



Planbureau voor de Leefomgeving

# FUNCTIONEEL ONTWERP VESTA MAIS 5.0

## Achtergrondstudie

**Planbureau voor de Leefomgeving**

**25 maart 2021**

PBL

## **Colofon**

### **Functioneel Ontwerp Vesta MAIS 5.0**

Den Haag, 2021

PBL-publicatienummer: 4583

## **Contact**

Voor vragen over dit rapport kunt u terecht bij ons mailadres: [info-vesta@pbl.nl](mailto:info-vesta@pbl.nl)

## **Auteurs**

Folckert van der Molen, Steven van Polen, Ruud van den Wijngaart, Joana Tavares, Bas van Bemmel, Joep Langeveld en Nico Hoogervorst

## **Verantwoording en dankwoord**

Delen van deze publicatie zijn overgenomen uit het functioneel ontwerp van eerdere versies van Vesta MAIS. Met dank aan alle auteurs van die functioneel ontwerpen, onder wie Cor Leguijt, Benno Schepers, Katja Kruit en Nanda Naber (allen CE Delft). We willen verder de volgende mensen dankzeggen: Maarten Hilferink en Martin van Beek (beiden ObjectVision) voor hun bijdragen aan de totstandkoming van deze en eerdere functioneel ontwerpen van Vesta MAIS, alsmede voor het programmeren van het Vesta MAIS model en technische ondersteuning bij de toepassing ervan; Alexander Oei en Maurice Thijssen (beiden Ecorys) voor hulp bij het opstellen van eerdere functionele ontwerpen en het leveren van waardevolle feedback op zowel dit document als het Vesta MAIS model in het algemeen. Bijzondere dank gaat uit naar RVO en de medewerkers van het Expertisecentrum Warmte (ECW) voor de samenwerking en waardevolle inbreng in het traject voorafgaande en rondom de publicaties van de Startanalyses van 2019 en 2020, onder wie Hein-Bert Schuring, Lex Bosselaar, Leo Brouwer, Tijs Langeveld, Walter van den Wittenboer, Roy Blokvoort en Jina Bhagwandas (allen ECW).

Verder dank aan Casper Tigchelaar en Robin Niessink (beiden TNO) voor het delen van expertise en kengetallen omtrent isolatiemaatregelen; Andries Lof en Daniël de Greeff (beiden Greenvis) voor het helpen verbeteren van de methodiek rondom warmtenetten; Nora Heijnen (EBN) voor het helpen aanscherpen van kengetallen voor geothermie; Barry Scholten en Frank Niewold (beiden IF Technology) voor de bijdragen aan de methoden rondom aquathermie; Marc Marsidi en Mike Muller (beiden PBL) voor verbeteringen aan de invoerbestanden en rekenmethoden voor warmtebronnen; Rolf van der Velde (Liander), Raoul Bernards (Enexis) en Rob Cloesen (Stedin) voor alle informatie over de gas- en elektriciteitsinfrastructuur en het gezamenlijk ontwikkelen van methoden op dat gebied; Anne Miek Kremer en Manon van Middelkoop (beiden CBS) voor analyse van het energiegebruik van woningen. Ook dank aan alle organisatoren en deelnemers in de validatiesessies en expertsessies in het kader van de Startanalyses van 2019 en 2020 voor de geleverde inbreng.

Als laatste ook dank aan alle gebruikers van het Vesta MAIS model, wier kritische blik en goede feedback bijdragen aan het doorlopend testen, verbeteren en documenteren van het model.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:

**van der Molen, F. et al. (2021). Functioneel Ontwerp Vesta MAIS 5.0, Den Haag: PBL.**

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

# Inhoud

1.	Inleiding .....	6
2.	Leeswijzer .....	8
3.	Algemene Beschrijving.....	9
3.1	Energievraag.....	10
3.2	Gebouwmaatregelen .....	10
3.3	Gebiedsmaatregelen .....	12
3.3.1	Primaire bronnen en transport.....	14
3.3.2	Distributienet en hulpwarmte-installatie.....	14
3.3.3	Inpandige systemen .....	15
3.4	Gas- en elektriciteitsinfrastructuur .....	16
3.5	Energieprijzen .....	16
3.6	Kostenontwikkeling .....	18
3.7	Beleid.....	18
4.	Geografie en Classificaties .....	19
4.1	Regio-indelingen.....	19
4.2	Modeldefinities .....	19
4.2.1	Gebiedsmaatregelen.....	19
4.2.2	Actoren.....	22
4.2.3	Bebouwingstypen.....	24
4.2.4	Gebouwmaatregelen .....	26
4.2.5	Bouwjaren .....	27
4.2.6	Energie.....	28
5.	Invoerdata .....	30
5.1	Ruimtelijke data .....	31
5.1.1	BAG .....	31
5.1.2	Sloop en Nieuwbouw .....	31
5.1.3	Glastuinbouw .....	35
5.1.4	Energielabels.....	35
5.1.5	Warmtebronnen.....	35
5.1.5.1	Aquathermiecontour.....	35
5.1.5.2	LT-puntbronnen.....	36
5.1.5.3	MT-puntbronnen .....	37
5.1.5.4	WKO-contour.....	39
5.1.5.5	Geothermiecontour .....	40
5.1.6	Buislengte.....	41
5.1.7	Infrastructuur.....	43
5.1.8	Klimaat.....	43

5.1.9	CBS kerncijfers .....	44
5.2	Gebouwinstallaties .....	44
5.2.1	Installaties .....	44
5.2.2	Performance.....	46
5.3	Kentallen .....	47
5.3.1	Bebouwing .....	47
5.3.2	Warmtebronnen.....	52
5.3.3	Leercurves .....	54
5.3.4	Infrastructuur.....	55
5.3.5	Waterstof.....	56
5.3.6	Overige kentallen.....	56
5.3.7	Netwerken .....	56
5.3.8	Onderhouden en administratie.....	57
5.4	Energieprijzen .....	57
5.4.1	Elektriciteit (niet-klimaatneutraal).....	58
5.4.2	Elektriciteit (klimaatneutraal) .....	60
5.4.3	Aardgas .....	60
5.4.4	Groengas .....	61
5.4.5	Biomassa .....	62
5.4.6	Waterstof.....	62
5.5	Defaultinstellingen .....	62
5.6	Specifieke instellingen .....	68
5.6.1	Gebouwmaatregelen.....	68
5.6.2	Gebiedsmaatregelen .....	69
<b>6.</b>	<b>Methode.....</b>	<b>70</b>
6.1	Energievraag.....	70
6.1.1	Ruimteverwarming .....	70
6.1.2	Warm tapwater.....	70
6.1.3	Ventilatie .....	70
6.1.4	Elektriciteit.....	71
6.1.5	Koude.....	71
6.2	Gebouwmaatregelen .....	71
6.3	Gebiedsmaatregelen .....	73
6.3.1	Bepaling afnamegebied.....	75
6.3.1.1	Contributiemarge .....	77
6.3.2	Matching vraaggebieden en bronnen .....	78
6.3.2.1	MT-puntbronnen .....	79
6.3.2.2	LT-puntbronnen .....	79
6.3.2.3	Potentiecontouren .....	79
6.3.3	Rentabiliteitsafweging.....	80
6.3.3.1	Opbrengsten .....	82

6.3.3.2	Kosten.....	83
6.3.3.3	Doorkoppelen primair net .....	85
6.3.3.4	Kosten WOS en hulpinstallatie .....	86
6.4	Gas- en Elektriciteitsinfrastructuur .....	87
6.5	Nationale kosten en Eindgebruikerskosten .....	88
6.6	Scenario-opbouw.....	89
6.6.1	Studiegebied .....	90
6.6.2	Rekenstappen en Zichtjaren .....	90
6.6.3	Startsituatie .....	91
6.6.4	Investeringscriteria .....	91
6.6.5	Achtergrondscenario.....	92
<b>7.</b>	<b>Rekenregels .....</b>	<b>96</b>
7.1	Gebouwmaatregelen .....	96
7.1.1	Functionele vraag .....	96
7.1.2	Metervraag .....	98
7.1.3	Capaciteitsvraag .....	99
7.1.4	Investeringskosten installaties.....	100
7.1.5	Investeringskosten schilverbetering .....	101
7.1.6	Onderhoud en beheer.....	102
7.1.7	Energiekosten .....	102
7.1.8	Vervroegde afschrijving .....	103
7.1.9	Subsidies .....	103
7.1.10	Split Incentive .....	103
7.1.11	Rentabiliteit.....	104
7.2	Gebiedsmaatregelen .....	105
7.2.1	Jaarlijkse kosten warmtenetten .....	105
7.2.1.2	Onderhoud en beheer.....	106
7.2.1.3	Energiekosten .....	108
7.2.1.4	CO2 installaties Glastuinbouw.....	109
7.2.2	Investeringskosten warmtenetten .....	110
7.2.3	Opbrengsten warmtenetten.....	117
7.2.4	Rentabiliteit.....	120
7.2.5	Waterstof.....	121
7.3	Gas- en Elektriciteitsinfrastructuur .....	123
7.3.1	Jaarlijkse kosten .....	123
7.3.2	Investeringskosten.....	124
7.3.3	Opbrengsten .....	126
<b>8.</b>	<b>Resultaten.....</b>	<b>127</b>
8.1	Flowtabellen.....	127
8.1.1	Eenmalig .....	127
8.1.2	Jaarlijks.....	128

8.1.3	Verbruik .....	129
8.1.4	Uitstoot .....	130
<b>Referenties .....</b>		<b>131</b>
<b>Bijlage A Kengetallen .....</b>		<b>135</b>
Tabel A.1 kentallen infrastructuur gas en elektriciteit.....	135	
Tabel A.2 kentallen inpandige distributie en wijkdistributie .....	136	
Tabel A.3 Percentages onderhoud en administratie.....	137	
Tabel A.4 Opbrengsten warmtenetten.....	137	
Tabel A.5 Kentallen efficiency warmtenetten.....	138	
Tabel A.6 kentallen investeringskosten warmtebronnen .....	139	
Tabel A.7 Vermogensvraag en gelijktijdigheid.....	140	
Tabel A.8 parameters waterstofnetten .....	140	
Tabel A.9 Standaardwaarden beleidsparameters .....	141	
<b>Bijlage B Invoerbestanden .....</b>		<b>142</b>
Tabel B.1 Gebouwopties.....	142	
Tabel B.2 Investeringskosten gebouwgebonden installaties voor lokale opwekking .....	143	
Tabel B.3 Performance gebouwgebonden installaties voor lokale opwekking .....	144	
Tabel B.4 Functionele vraag bestaande woningen.....	146	
Tabel B.5 Investeringskosten schilsprongen bestaande woningen.....	149	
Tabel B.6 Functionele vraag bestaande utiliteit .....	158	
Tabel B.7 Investeringskosten schilsprongen bestaande utiliteit .....	161	
Tabel B.8 Functionele vraag bestaande glastuinbouw.....	167	
Tabel B.9 Functionele vraag nieuwbouw woningen .....	168	
Tabel B.10 Functionele vraag nieuwbouw utiliteit .....	169	
Tabel B.11 Functionele vraag nieuwbouw glastuinbouw.....	170	
Tabel B.12 Leercurves optimistisch.....	171	
Tabel B.13 Energiekosten elektriciteit uit netwerk .....	172	
Tabel B.14 Energiekosten klimaatneutrale elektriciteit .....	176	
Tabel B.15 Energiekosten aardgas.....	180	
Tabel B.16 Energiekosten groengas.....	185	
Tabel B.17 Energiekosten overige energiedragers .....	190	
<b>Bijlage C systeemgrenzen infrastructuur .....</b>		<b>191</b>
<b>Bijlage D boekingen in flowtabellen .....</b>		<b>192</b>
Tabel D.1 Boekingen Flowtabel "eenmalig" .....	192	
Tabel D.2 Boekingen Flowtabel "jaarlijks".....	193	
Tabel D.3 Boekingen Flowtabel "verbruik" .....	196	
Tabel D.4 Emissiefactoren Flowtabel "uitstoot".....	197	

# 1. Inleiding

Vesta MAIS is een technisch-economisch rekenmodel dat is ontwikkeld om inzicht te krijgen in de mogelijke transitiepaden van de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving op de langere termijn (2050). Dit functioneel ontwerp geeft een beeld van de uitgangspunten en de werking van het Vesta MAIS model. Daarbij wordt de onderbouwing gegeven van de rekenregels die het Vesta MAIS model hanteert en wordt toegelicht hoe tot bepaalde keuzes is gekomen. Het model is sinds 2010 voortdurend in ontwikkeling en dit werd op gezette tijden vastgelegd in verschillende functionele ontwerpen. De laatste versie van het model is Vesta MAIS 5.0. Deze versie onderscheidt zich ten opzichte van Vesta MAIS 4.0 door de toevoeging van een aantal nieuwe functionaliteiten. Dit zijn met name functionaliteiten die zijn ontwikkeld in het kader van de Startanalyse 2020, waarbij Vesta MAIS 5.0 is gebruikt voor de berekeningen. De belangrijkste veranderingen t.o.v. de vorige versie zijn verbeteringen in de rekenmethode voor energiebesparing, uitbreiding van het aantal installaties dat kan worden meegenomen, en de toevoeging van een rekenmethode voor waterstofnetten in de gebouwde omgeving. Dit document is bedoeld voor onderzoekers, adviseurs, beleidsmedewerkers en modelleurs die geïnteresseerd zijn in de achtergrond en rekenregels van het model.

Het Vesta MAIS model geeft de mogelijkheid om verkenningen uit te voeren omtrent de warmtetransitie gegeven verschillende omgevingsfactoren zoals beleid, ontwikkeling van energieprijzen en andere factoren. Het model is zo ontworpen dat het mogelijk is om een grote diversiteit aan verkenningen te doen, waarbij het wel kennis van de warmtevoorziening en ervaring met het model vergt om deze toepassingen ook daadwerkelijk allemaal te kunnen gebruiken. Het model kan zowel op nationaal als regionaal niveau berekeningen uitvoeren. Daarbij wordt rekening gehouden met lokale omstandigheden, onder andere door het gebruik van ruimtelijke gegevensbestanden op gebouwniveau.

Vesta MAIS brengt de kosteneffectiviteit van gebouw- en gebiedsmaatregelen voor de warmtetransitie in beeld. Het is echter geen optimalisatiemodel dat ‘automatisch’ de meest kosteneffectieve route naar een aardgasvrije gebouwde omgeving berekent. Ook is het geen simulatiemodel waarmee een meest waarschijnlijke toekomst kan worden bepaald. Het model is primair ingericht op het verkennen van het technisch-economisch potentieel van maatregelen betreffende energiebesparing, hernieuwbare energie en collectieve energiesystemen in de gebouwde omgeving en de impact van beleidsmaatregelen daaromtrent. Dit betekent dat, gegeven de technische restricties van de gebouw- en gebiedsmaatregelen, de kosten en baten van maatregelen inzichtelijk gemaakt kunnen worden. Daartoe kunnen voor specifieke oplossingen de nationale kosten worden berekend en is het mogelijk de CO<sub>2</sub>-reductie, kosten en baten voor betrokken actoren te berekenen. Belangrijke actoren die worden onderscheiden zijn energieproducenten, transporteurs, distributeurs, leveranciers, netbeheerders, alsmede eigenaren en gebruikers van de gebouwen en de overheid.

Zowel gebouw- als gebiedsmaatregelen kunnen worden doorgerekend waarbij zoveel mogelijk rekening wordt gehouden met lokale omstandigheden in heel Nederland. Met het model kunnen verkenningen worden uitgevoerd om na te gaan welke mix en volgorden van gebouw- en gebiedsmaatregelen het meest kosteneffectief is. Het model berekent per individueel gebouw of woning de kosten van maatregelen om energie te besparen en de resterende energievraag aardgasvrij op te wekken. Voor het opwekken van warmte kijkt het model naar zowel gebouwgebonden maatregelen, zoals individueel per woning te plaatsen warmtepompen, als collectieve maatregelen zoals een collectieve WKO-bron of de ontwikkeling van een stedelijk warmtenet. Omdat bij collectieve energiesystemen de afstand tussen warmteaanbod en warmtevraag belangrijk is, bevat het model een ruimtelijke verdeling van potentiële warmtebronnen en -afnemers. Voor de aanbodkant is daartoe vastgelegd waar zich in Nederland bedrijven bevinden die restwarmte kunnen leveren, en waar de ondergrond meer of minder geschikt is voor geothermie en WKO. Voor de vraagkant is vastgelegd waar woningen en utiliteitsgebouwen zijn gelokaliseerd. De resultaten worden gerapporteerd per CBS-buurt, per gemeente, per RES-regio, per provincie, of voor Nederland als totaal.

Een belangrijk uitgangspunt van het model is dat er voor de toepassing van een maatregel een afweging wordt gemaakt tussen kosten en baten. Deze maatregelen variëren van energiebesparing, de toepassing van gebouwgebonden installaties en de verschillende vormen van warmtenetten. Wanneer de kosten van één van deze maatregelen hoger zijn dan de baten dan zal een maatregel in principe niet worden toegepast. Het is mogelijk om dit te overrulen, maar standaard wordt binnen het model uitgegaan van een afweging op basis van kosten en baten. Voor energiebesparing gebeurt dit op gebouwniveau waarbij het voor een gebouweigenaar financieel aantrekkelijk moet zijn om de maatregel toe te passen; hetzelfde geldt voor de toepassing van een elektrische warmtepomp of andere gebouwgebonden installaties. Voor warmtenetten wordt een afweging gemaakt vanuit het perspectief van een warmteleverancier. De leverancier finanziert alle investeringen die nodig zijn voor een warmtenet en weegt deze af tegen de opbrengsten uit de aansluitbijdrage, vastrecht en warmtelevering om te

komen tot een totaal kosten/baten plaatje vanuit het oogpunt van de leverancier. Als dit positief is dan wordt een warmtenet aangelegd.

Naast de kosten voor eindgebruikers kunnen de kosten ook worden gepresenteerd vanuit het perspectief van de samenleving als geheel. Deze worden ook wel de “maatschappelijke kosten” of “nationale kosten” genoemd. Daarbij wordt een andere rentekoer voor investeringen gehanteerd dan bij de berekening van eindgebruikerskosten en belastingen en subsidies blijven buiten beschouwing. Indien gewenst kunnen ook alleen die gebouwmaatregelen worden ingezet die vanuit het maatschappelijk perspectief rendabel zijn.

Het is mogelijk om het rentabiliteitscriterium aan te passen en een maatregel te laten plaatsvinden los van de rentabiliteit van deze toepassing. Voor een verkenning kan het interessant zijn om de situatie te verkennen gegeven een bepaalde mate van energiebesparing. Dit heeft bijvoorbeeld invloed op de rentabiliteit van warmtenetten omdat de warmtevraag van gebouwen lager wordt. Hierbij kan het zijn dat bijvoorbeeld energiebesparing naar Schillabel A+ niet rendabel is, maar dat een modelgebruiker wel wil verkennen wat de impact is op het algehele plaatje wanneer alle gebouwen overgaan naar Label A+. In dit geval is het mogelijk de schilsprong naar schillabel A+ op te leggen en daarna verder te rekenen met het model. Op dit moment is het mogelijk om binnen het model verschillende niveaus van energiebesparing en de toepassing van een scala aan verwarmingsinstallaties op te leggen.

Rekenen met het Vesta MAIS model geeft de modelleur de kans om inzicht te verkrijgen in waar in Nederland welke warmtevoorzieningsoplossingen technisch-economisch rendabel zijn en wanneer dat het geval is. Het modelleren van lange termijn trends en het gebruik van ‘zichtjaren’ stelt de modelleur in staat om op de lange termijn mogelijke toekomsten voor verduurzaming van de Nederlandse warmtevraag te verkennen. Daarnaast is het mogelijk de kosten van maatregelen te presenteren vanuit het perspectief van de samenleving, de zogeheten nationale kosten. Indien gewenst kunnen ook alleen die maatregelen worden ingezet die vanuit een nationale kosten perspectief het meest kosteneffectief zijn. Het is echter goed om te beseffen dat net zoals ieder ander model Vesta MAIS de werkelijkheid nabootst, maar niet volledig kan vatten. Beperkingen van het model zijn bijvoorbeeld dat het enkel de technisch-economische dimensie van de warmtetransitie simuleert en voor andere dimensies er enkel vooropgestelde aannames en toekomstscenario’s kunnen worden opgesteld. Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld gedragingen en keuzes die niet een technisch-economisch rationale grondslag hebben, maar voortkomen uit socio-economische, politieke of bijvoorbeeld emotionele drivers. Hierbij kan gedacht worden aan zaken zoals de investeringsbereidheid van woningeigenaren, politieke beleidskeuzen met betrekking tot het faciliteren of stimuleren van duurzame warmtetechnieken, of gedragseffecten van woningeigenaren wanneer zij hun woning isoleren. Samenvattend kan gesteld worden dat de resultaten van een doorrekening met Vesta MAIS met name op nationaal en regionaal niveau het best te interpreteren zijn. Ook op lokaal niveau zijn de inzichten met betrekking tot de kosten van verduurzaming, mogelijkheden voor energieprestatieverbettering en CO<sub>2</sub>-emissiereductie nuttig, maar ze dienen wel met de nodige terughoudendheid te worden bekeken.

Mede dankzij een financiële bijdrage van Netbeheer Nederland is in 2016 aandacht besteed aan het toegankelijk maken van het model voor externe energiedeskundigen met enige IT-kennis. Dit heeft geleid tot het vrijgeven van het model als open source code in januari 2017. Het Vesta MAIS model is eigendom van het Planbureau voor de Leefomgeving. Iedereen kan vrijelijk beschikken over het open source model met inachtneming van de GNU General Public License Version 3.

## 2. Leeswijzer

Dit document bestaat uit verschillende delen. Het eerste deel geeft een algemene beschrijving van het model (hoofdstuk 3). Vervolgens volgt een verdieping in de hoofdstukken 4, 5 en 6 waarin de werking van het model wordt uitgelegd, de geografie en classificaties die worden gebruikt in het model en de modelinput. In hoofdstuk 7 en 8 wordt ingegaan op de rekenregels en uitkomsten van het model. Het laatste onderdeel zijn de Bijlagen waarin onder andere de invoerparameters worden gegeven.

Het Vesta MAIS model wordt open-source aangeboden. Om de gebruikers te helpen met de toepassing van het Vesta MAIS model is een wiki-pagina ingericht. Deze wiki-pagina geeft een gebruiker de handvatten om aan de gang te gaan met het Vesta MAIS model. Om te zorgen dat de verbinding, voor de geïnteresseerde, makkelijker te leggen is tussen dit document en de wiki-pagina komt de structuur die wordt gehanteerd binnen de wiki-pagina en dit document grotendeels overeen. Deze koppeling is wel een momentopname. Hierna gaat de ontwikkeling van het model verder en kan het zijn dat er (kleine) verschillen komen tussen beide rapportages, maar getracht wordt dit zoveel mogelijk in lijn te houden.

De koppen in het Functioneel Ontwerp 5.0 hebben grotendeels dezelfde naam als de koppen in de wiki-pagina van het Vesta MAIS model (versie eind november 2020). In een tekstkader bij elke paragraaf wordt een link geplaatst naar de wiki. Op deze manier is het gemakkelijk om extra informatie over een bepaald onderdeel op te zoeken. Niet alle containers in het model worden genoemd in dit document, omdat sommige onderdelen interne tussenstappen bevatten die alleen relevant zijn voor de modelberekening. In het tekstkader bij elke paragraaf wordt ook het pad gegeven naar hetzelfde onderdeel in het model. Het pad linkt niet direct naar het model, maar kan wel gekopieerd worden en in het model worden geplaatst, zodat men direct naar het juiste onderdeel kan springen in het model.

Voorbeeld tekstkader per pad:

GeoDmsGui:	/Invoer/RuimtelijkeData/BAG
Wiki:	/wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

In hoofdstuk 7 en 8 worden de rekenregels weergegeven. Hierin staan alle formules die worden gebruikt in het model om tot resultaten te komen. In de formules wordt gebruikgemaakt van afkortingen of termen om beschrijvingen in te korten. Deze komen niet altijd overeen met de termen gebruikt in het model. Voor de modelbenaming van de verschillende termen is een parameterlijst opgesteld, te vinden in de wiki. Waarden van parameters gebruikt in de formule, zijn te vinden in Bijlage A, B en D.

### 3. Algemene Beschrijving

GeoDmsGui: N.v.t.

Wiki: [/wiki/A-Algemene\\_Beschrijving](/wiki/A-Algemene_Beschrijving)

Het Vesta MAIS model is een ruimtelijk energiemodel van de gebouwde omgeving (onder andere woningen, kantoren, winkels en andere bedrijfsgebouwen) en de glastuinbouw. Het doel van Vesta MAIS is het verkennen van mogelijkheden om het energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen in de periode tot 2050. Zowel de effecten van gebouw- als gebiedsmaatregelen kunnen worden doorgerekend waarbij rekening kan worden gehouden met lokale omstandigheden in heel Nederland. Met het model kunnen verkenningen worden uitgevoerd om na te gaan welke mix en volgorde van gebouw- en gebiedsmaatregelen het meest kosteneffectief is. Het is echter geen optimalisatiemodel dat ‘automatisch’ de meest kosteneffectieve route naar een CO<sub>2</sub>-arme gebouwde omgeving berekent. Het Vesta MAIS model is een beslissingsondersteunend ruimtelijk model voor beleidsmakers. Het model geeft inzicht in het technisch-economisch potentieel van energiebesparing, hernieuwbare energie, individuele gebouwinstallaties en warmtenetten. Dit geeft inzicht in mogelijke ontwikkelingen van het energiegebruik, de CO<sub>2</sub>-uitstoot en de kosten en baten van actoren naar een CO<sub>2</sub>-arme gebouwde omgeving.

Voor alle gebouwen in Nederland wordt in Vesta MAIS een individuele berekening gemaakt van de energievraag en bij elkaar opgeteld tot heel Nederland of gebieden daarbinnen. Binnen gebouwen worden twee verschillende vormen van warmtevraag onderscheiden. De eerste vorm betreft het temperatuurniveau van de ruimtes, dit wordt aangeduid met de term ruimteverwarming. Daarnaast wordt er ook warmte gevraagd in de vorm van warm water voor onder andere douchen, baden en afwassen, hier wordt de term warm tapwater voor gehanteerd. Naast de vraag naar warmte wordt ook de vraag naar koude berekend. Op dit moment hebben nog niet veel woningen in Nederland een actieve koelvoorziening maar in de toekomst kan dit toenemen. In bedrijfspanden is ruimtekoeling al veel voorkomend en ook in de nieuwbouw wordt aandacht voor koeling steeds belangrijker. De vraag naar ruimteverwarming, warm tapwater en koude zijn de belangrijkste energievragen waar in dit model naar wordt gekeken. Voor een aantal toepassingen kunnen deze verder opgedeeld worden in een basisvraag en een piekvraag, bijvoorbeeld bij de toepassing van hybride warmtepompen. Naast deze drie worden ook de elektriciteitsvraag voor apparaten en verlichting, en de eventuele extra elektriciteitsvraag voor ventilatie in beeld gebracht. Al deze energievragen vallen onder de term “functionele vraag”. Dat wil zeggen dat het energie is die nuttig wordt ingezet voor de behoeftes van de bewoner (of andere gebouwgebruiker). Voor elk van deze functionele vragen is er een apparaat (installatie) waarmee in de behoefte wordt voorzien, zoals een verwarmingsketel of een airconditioner. Het Vesta MAIS model houdt rekening met de benodigde energie van de installaties om in deze functionele energievraag te voorzien. De hoeveelheid energie die deze installaties gebruiken om in de behoefte van de bewoner te voorzien wordt de “metervraag” genoemd omdat dit de hoeveelheid energie is die door de energiemeter van het gebouw wordt geregistreerd. Het verschil tussen functionele vraag en metervraag wordt bepaald door de efficiëntie van de energieomzetting in de aanwezige installaties. Functionele vraag wordt in abstractie uitgedrukt in gigajoule nuttig geproduceerde warmte, terwijl metervragen concreet kunnen worden uitgedrukt in bijvoorbeeld kubieke meters aardgas.

Het model rekent zowel gebouw- als gebiedsmaatregelen door. Allereerst berekent het model de rentabiliteit van de gebouwmaatregelen. Daarbij weegt het model eerst per individueel gebouw de kosten van gebouwmaatregelen om energie te besparen af tegen de opbrengsten gerelateerd aan de bespaarde inzet van energiedragers. Dit gebeurt in combinatie met de overweging om op individueel niveau over te stappen naar een alternatieve verwarmingsmethode per gebouw. De effecten van deze gebouwmaatregelen hebben invloed op de warmtevraag die ingevuld kan worden door gebiedsmaatregelen. Vervolgens berekent het model, gegeven de resterende warmtevraag, de gebieden waar warmte- en koudelevering door gebiedsmaatregelen rendabel is. Dat wil zeggen dat het een rendabele investering is voor de leverancier en gebouweigenaren niet meer betalen dan voor verwarming op basis van aardgas. Hieronder wordt nader ingegaan op de manier waarop het Vesta MAIS model omgaat met gebouw- en gebiedsmaatregelen en de interactie tussen deze twee.

### 3.1 Energievraag

In Vesta MAIS wordt de energievraag naar warmte en elektriciteit van een woning en utiliteitsgebouw berekend op basis van de functionele behoefte aan warm tapwater, ruimteverwarming, koeling, elektrische apparatuur en verlichting. Deze functionele behoefte vertegenwoordigt vanuit energetisch oogpunt een bepaalde hoeveelheid energie: de functionele energievraag. Met andere woorden: de functionele energievraag staat voor de energiebehoefte die de gebruikers van het gebouw hebben. Deze vertaalt zich naar een vraag “aan de energiemeter” via de efficiency van de installatie en apparatuur. Daarbij wordt bijvoorbeeld rekening gehouden met pompenergie voor de ruimteverwarming om het warme water van de ketel door leidingen naar de radiatoren te laten stromen en met de warmteverliezen die daarbij optreden. De energievraag van koken wordt vooralsnog buiten beschouwing gelaten omdat deze relatief klein is. De functionele vraag wordt per individueel verblijfsobject bepaald, afhankelijk van onder andere de ligging in het land, het type gebouw, het schillabel en het vloeroppervlak.

De energievraag van glastuinbouw wordt door Vesta MAIS berekend op basis van de functionele energievraag naar ruimteverwarming en apparatuur/belichting per teelttype (bloemen, groente en vaste planten/bomen). De functionele energievraag naar warm tapwater, koelen en elektrische apparatuur anders dan verlichting is verwaarloosd in de glastuinbouw. Koeling wordt op dit moment vooral toegepast bij productkoeling bij fruitteelt en bollenteelt op koude grond, en niet zozeer bij glastuinbouw. Het energieverbruik voor warm tapwater en elektrische apparatuur is verwaarloosbaar ten opzichte van de energievraag naar verwarmen en belichten. Op basis van de efficiency van de schil van het gebouw (de kas), de warmteinstallaties en belichtingsapparatuur wordt de metervraag per oppervlakte-eenheid (gigajoule per m<sup>2</sup>) berekend. Hoe het areaal aan glastuinbouw wordt bepaald wordt beschreven in 5.1.3.

Bij de warmtevoorziening van een gebied is er interactie tussen vraag en aanbod. De omvang van de warmtevraag in een gebied is namelijk medebepalend voor de rentabiliteit van warmtedistributieprojecten. Isoleren van gebouwen reduceert zo bijvoorbeeld het potentieel aan rendabele warmteprojecten, maar maakt wel lagere temperaturen haalbaar of biedt de gelegenheid om meer aansluitingen te realiseren op dezelfde bron. De gebruiker van het model kan handmatig zoeken naar optimale situaties, en/of het rekenmodel gebruiken om (sub)optimale oplossingen te vinden.

Voorbeelden van maatregelen die de warmtevraag in een gebied beperken zijn het isoleren van gebouwen en alternatieven voor het warmteaanbod zoals de elektrische warmtepomp. De modelgebruiker kan ervoor kiezen om deze maatregelen (voor een deel van de gebouwen) wel of niet mee te nemen in de analyse door ze in het model op te leggen of op basis van rentabiliteit mee te nemen. Met de overgebleven warmtevraag is het vervolgens mogelijk om het potentieel van warmtenetten in te schatten. De warmtenetten kunnen in beperkte mate worden opgelegd in toekomstige situaties en als de modelgebruiker deze wil mee nemen zal de toepassing in de meeste gevallen worden gebaseerd op basis van rentabiliteitsafwegingen conform de prioriteringsvolgorde die wordt aangegeven door de modelgebruiker. Deze prioriteringsvolgorde houdt in dat in een, door de gebruiker, bepaalde volgorde een rentabiliteitsafweging wordt gemaakt voor het warmnet met MT-bron en clusters voor het warmnet met LT-bron.

Koken (op gas of elektrisch) wordt niet als expliciet onderdeel van de energievraag meegenomen in Vesta MAIS. De afgelopen jaren is binnen de nieuw verkochte inbouwkookplaten het aandeel elektrisch de afgelopen jaren sterk toegenomen (Natuur en Milieu, 2020). Omdat onbekend is welke woningen wel of niet elektrisch koken kan hier geen rekening mee worden gehouden in de doorrekening. Eventuele investeringen die nodig zijn om over te stappen van gas op elektrisch koken blijven ook buiten beschouwing. In de Startanalyse 2020 is hier wel rekening mee gehouden (van Polen, 2021).

### 3.2 Gebouwmaatregelen

Gebouwmaatregelen zijn, zoals de naam al aangeeft, maatregelen die plaatsvinden op gebouwniveau. Hierbij kan worden gedacht aan energiebesparende maatregelen zoals het aanbrengen van dak-, gevel- en vloerisolatie, het vervangen van enkel glas door glas met een hogere isolerende waarde en de ventilatie. Deze maatregelen resulteren in een warmtevraagreductie. Daarnaast vallen onder gebouwmaatregelen ook de technieken om op individueel gebouwniveau in de warmtevraag te voorzien, zoals bijvoorbeeld het vervangen van de ketel door een (hybride) warmtepomp.

#### Gebouwinstallaties

Sinds Vesta MAIS 5.0 is het, uitgebreider dan in 4.0, mogelijk om zeer veel combinaties van verschillende installaties op gebouw niveau door te rekenen. Ook is het eenvoudiger gemaakt voor modelgebruikers om zelf

nieuwe installaties aan het repertoire toe te voegen. Er kunnen verschillende combinaties van installaties worden opgegeven waarmee de vraag naar ruimteverwarming, warm tapwater en koude wordt ingevuld. Koude is in deze optioneel; de modelgebruiker kan er voor kiezen deze vraag buiten beschouwing te laten. Binnen de ruimteverwarming, koude en warm tapwater kan ook worden gekozen om voor de basislast een andere installaties in te zetten dan voor de pieklast. Een voorbeeld daarvan is de hybride warmtepomp waarbij een warmtepomp de basislast levert en een gasketel de pieklast.

Bij toepassing van een nieuwe installatie zijn er in sommige gevallen ook aanpassingen aan het afgiftesysteem nodig. Het warmteafgiftesysteem betreft de installaties waarmee de warmte in een gebouw wordt overgedragen aan de binnenlucht. Hierbij worden twee typen installaties onderscheiden:

- MT-radiatoren, ook wel MTAS (middentemperatuur afgiftesysteem): dit betreffen de huidige, gangbare radiatoren waar veruit het grootste deel van de Nederlandse gebouwen op dit moment mee wordt verwarmd. Wanneer een strategie gebruik maakt van deze optie, dan vindt er geen verandering van afgiftesysteem plaats;
- Convectoren, ook wel LTAS (lagetemperatuur afgiftesysteem): er zijn diverse mogelijkheden om een gebouw met een lage-temperatuursysteem (LT) te verwarmen, zoals vloerverwarming of LT-radiatoren. Vloerverwarming kan ook aangesloten worden op MT-systemen (zoals een Hr-ketel) maar is ook geschikt voor LT-systemen. Voor de gebouwopties die met LT-afgifte werken, is ervoor gekozen om uit te gaan van LT-radiatoren. Hoewel vloerverwarming over het algemeen een betere overdracht van LT-warmte heeft, is de toepassing van vloerverwarming niet altijd mogelijk of zeer kostbaar (Milieu Centraal, 2020a).

### Energiebesparing

Vesta MAIS kan een beeld geven van de potentie voor energiebesparende maatregelen door gebouwverbetering. Hierbij wordt gekeken naar de reductie in de warmtevraag van een woning of utiliteitsgebouw wanneer verschillende pakketten van maatregelen worden genomen. Deze pakketten van maatregelen worden binnen Vesta MAIS schilsprongen genoemd. Een schilsprong houdt in dat een gebouw vanaf het huidige schillabel naar een beter schillabel “springt”. Vesta MAIS gebruikt de schillabel van een gebouw om de status van de energiebesparende maatregelen van het gebouw te bepalen. Het schillabel is een indicatie van de kwaliteit van de gebouwschil. De gebouwschil bestaat uit de begane vloer, de buitenmuren, de deuren, de ramen en het dak. Het schillabel is gebaseerd op het energielabel van het gebouw (RVO, 2020a), maar dan exclusief de warmtevoorziening en eventuele lokale opwek van hernieuwbare elektriciteit of warmte, zoals door zonnepanelen. Een pakket van maatregelen waarmee een schilsprong wordt gerealiseerd kan bestaan uit verbetering van de dak-, gevel- en vloerisolatie of het vervangen van enkel glas door glas met een hogere mate van energiebesparing. In het Vesta MAIS model is het mogelijk om een schilsprong te maken naar schillabel D, C, B, of A+. Onder A+ worden hier alle labels verstaan vanaf label A en beter. Elk van deze sprongen heeft een andere mate van energiebesparing en ook andere investeringskosten. Voor al deze besparingsniveaus geldt dat de besparing alleen effect heeft op de ruimte-verwarmingsvraag en geen effect op de vraag naar warm tapwater. De mate van energiebesparing hangt af van de uitgangssituatie (de huidige isolatiegraad).

### Toekenning van maatregelen

Het Vesta MAIS model gebruikt informatie over de investeringskosten, de jaarlijkse kosten en de baten van vermeden gas- en elektriciteitsinzet als gevolg van energiebesparende maatregelen en individuele installaties om in de warmtevraag te voorzien. Met deze gegevens is het mogelijk om op gebouwniveau te analyseren of de baten van gebouwmaatregelen zich verhouden tot de benodigde investeringen. Indien de baten de kosten overstijgen beoordeelt het model de investering als positief en wordt de investering doorgevoerd. In deze afweging wordt alleen gekeken naar de technologische en economische aspecten van een dergelijke afweging en wordt bijvoorbeeld niet gekeken naar het (investerings)gedrag van gebouweigenaren. De afweging binnen Vesta MAIS wordt daarom een techno-economische analyse genoemd. Deze analyse kan worden gemaakt vanuit zowel het maatschappelijk perspectief als vanuit het eindgebruikersperspectief. Het verschil in deze perspectieven zit voornamelijk in de discontovoet die wordt gehanteerd bij investeringen en het wel of niet meenemen van belastingen en subsidies in de rentabiliteitsafweging. Binnen Vesta MAIS is het mogelijk om vanuit beide perspectieven te rekenen, wat verder wordt toegelicht in hoofdstuk 6.

In de standaardinstellingen van het model betekent een positieve businesscase dat de maatregel wordt toegepast. Naast deze mogelijkheid om de toepassing van gebouwmaatregelen te laten afhangen van de kosten en baten is het ook mogelijk om gebouwmaatregelen als modelgebruiker op te leggen. Dit houdt in dat in plaats van een rentabiliteitsberekening de modelgebruiker zelf invoert welke maatregelen waar toegepast moeten worden. De mogelijkheid voor het opleggen van een gebouwmaatregel wordt bijvoorbeeld gebruikt om te zien wat de effecten op de potentiële ingroei van verschillende warmtetechnieken zijn indien een bepaalde gebouwmaatregel

(bijvoorbeeld mate van isolatie) overal wordt toegepast. Het effect op de kosten wordt dan nog wel doorgerekend maar is niet van invloed op de keuze of de maatregel wel/niet wordt toegepast.

De kosten, baten en andere effecten van het al dan niet toepassen van maatregelen kunnen als resultaten worden uitgevoerd voor woningen, utiliteit en glastuinbouw. Daarbij wordt ook onderscheid gemaakt naar woning- en utiliteitstype, eigendom, inkomensklasse en verschillende bouwjaarklassen. De methodiek en achtergrond van de gebouwmaatregelen wordt verder toegelicht in 5.2.

### 3.3 Gebiedsmaatregelen

Met gebiedsmaatregelen worden maatregelen bedoeld die gebruik maken van een gezamenlijke energiebron en een collectieve aanpak vereisen om vanuit die bron in de energiebehoefte van gebouwen te voorzien. Denk hierbij voornamelijk aan warmtenetten met verschillende temperatuurniveaus en type warmtebronnen. Het woord warmte lijkt een vrij simpel begrip, maar alleen het begrip warmte geeft in de context van de energietransitie nog niet voldoende informatie. De reden hiervoor is dat er een behoorlijk verschil is tussen warmte van bijvoorbeeld 800 °C en 15 °C. Om deze reden is het van belang om duidelijk te maken welke definities worden gehanteerd met betrekking tot warmte. In een gangbare classificatie die ook is gehanteerd in de Startanalyse worden de volgende temperatuurranges aangehouden voor zowel de temperaturen waarop warmte wordt geproduceerd als de aanvoertemperatuur waarop de warmte bij de afnemers wordt afgeleverd:

- Hogetemperatuurwarmte (HT): 80 tot 100 °C
- Middentemperatuurwarmte (MT): 60 tot 80 °C
- Laagtemperatuurwarmte (LT): 30 tot 60 °C
- Zeer-laagtemperatuurwarmte (ZLT): 5 tot 30 °C

In Vesta MAIS wordt HT warmte geheel onder de MT warmte(bronnen) geschaard omdat ze functioneel vrijwel dezelfde rol spelen in de warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving. ZLT warmte wordt in Vesta MAIS gezien als een subcategorie van LT warmte(bronnen), waarvoor extra opwaardering nodig is ten opzichte van andere LT warmte(bronnen). In het verleden werd er binnen het Vesta MAIS model al een eerste onderscheid gemaakt naar bronnen met verschillende temperatuurniveaus, zoals beschreven in het Functioneel ontwerp Vesta 3.0 (CE Delft, 2017). Hier werd onderscheid gemaakt naar middentemperatuur (MT, ~70°C+) warmtebronnen, zoals restwarmte en geothermie, en de enige lagetemperatuur (LT, 15°C ~ 30°C) bron die werd onderscheiden was warmtekoudeopslag (WKO). In de ontwikkeling van het Vesta MAIS model in de afgelopen jaren zijn er veel aanpassingen geweest in de modellering van het warmtenet met MT-bron en is de modellering voor LT-bronnen sterk uitgebreid. Zo is het nu mogelijk meer verschillende netconfiguraties door te rekenen en kunnen ook aanvullende bronnen zoals datacenters en aquathermie worden meegenomen. Ook zijn de modelleringen van MT- en LT-warmtenetten meer met elkaar in overeenstemming gebracht.

Een belangrijk verschil in de modellering van MT-bronnen en LT-bronnen is het schaalniveau van de warmtenetten dat wordt verondersteld. Binnen Vesta MAIS wordt in de berekeningen ervan uitgegaan dat voor een MT-bron alle gebouwen binnen een CBS-buurt worden aangesloten op het warmtenet. Gemiddeld gaat het dan om 1000 tot 1500 aansluitingen. Het schaalniveau voor warmtenetten op LT-bronnen is in de meeste gevallen een stuk kleiner. Het gaat hier vaak om het aansluiten van 100 tot 150 woningen of enkele utiliteitsgebouwen. De reden hiervoor is dat het beschikbare vermogen voor uitkoppeling van warmte vaak een stuk kleiner is voor de LT-warmtebronnen. Met dit kleinere vermogen (dat ook opgewaardeerd moet worden) worden daarom doorgaans clusters van gebouwen aangesloten in plaats van hele buurten. De methode waarop deze clusters tot stand komen wordt verder toegelicht in paragraaf 6.3.1.

De meeste warmtenetten in de huidige situatie worden gevoed door HT-warmtebronnen (~90°C+). Het grootste deel van het beschikbare vermogen aan HT-warmte in Nederland komt van industriële installaties, afvalverwerkingsinstallaties en elektriciteitscentrales. De inzet van deze installaties als warmtebron is alleen logisch als de afzet een grote omvang heeft. Zij zijn dan ook met name geschikt als er een groot gebied met voldoende aansluitingen in aanmerking komt voor het warmtenet. Nu is dit nog meestal hogetemperatuurwarmte, maar in de toekomst is het ook mogelijk dat de grootschalige warmtenetten kunnen worden vervangen of nieuw worden uitgelegd op basis van middentemperatuur (MT) bronnen. Binnen Vesta MAIS wordt aangenomen dat de huidige warmtenetten een gasgestookte hulpwarmteketel hebben. Als binnen dit document wordt gesproken van een MT-warmtenet of een LT-warmtenet dan zegt dat iets over het temperatuurniveau van de primaire warmtebron. Aflevertemperaturen bij gebouwen kunnen verschillen per type net:

- MT-netten hebben een HT of MT bron en MT aflevering, de hulpinstallatie is een gasketel
- LT-netten hebben een LT of ZLT bron en LT of MT aflevering, de hulpinstallatie is een (collectieve) warmtepomp

In Vesta MAIS worden in een zichtjaar altijd eerst gebouwmaatregelen toegekend. Dat betekent dat de warmtevraag van gebouwen wordt verlaagd door isolatiemaatregelen en wellicht een aantal gebouwen kiest voor een alternatieve verwarmingsmethode voor de gasgestookte ketel. De kosten en baten van de aanleg en exploitatie van warmtenetten worden daarna berekend. Deze kosten en baten worden ingeschat vanuit het oogpunt van de warmteleverancier die onder andere verantwoordelijk is voor de investeringen vooraf en gedurende de levensduur van het warmtenet inkomsten heeft van vastrecht en de verkoop van warmte. Voor de inkomsten wordt er hierbij vanuit gegaan dat de warmtegebruikers niet meer betalen dan wanneer ze zouden zijn aangesloten op gas, ook wel het Niet Meer Dan Anders (NMDA) principe genoemd. De investeringen en exploitatiekosten kosten van de leverancier worden berekend voor:

- De primaire warmtebron
- De transportleidingen
- Het distributienet (inclusief hulpwarmteinstallaties)
- Installaties en leidingen binnen gebouwen

De investerings- en exploitatiekosten zijn afhankelijk van de benodigde fysieke netwerkonderdelen en naar energetische eigenschappen zoals temperatuurniveaus en warmteverliezen.

Het warmtenet met LT-bron is een warmtenet dat wordt gevoed door lagetemperatuur-warmtebronnen. Hierbij kan worden gedacht aan diverse bronnen zoals datacenters, supermarkten, zwembaden, rivieren of andere wateren en WKO. De temperatuur van de warmte in deze bronnen is doorgaans te laag om direct warm tapwater te maken of ruimtes te verwarmen. Het is daarom noodzakelijk om deze warmte op te waarderen naar een hoger temperatuurniveau om deze daarmee nuttig in te kunnen zetten voor de warmtevoorziening van gebouwen. Deze opwaardering van LT-warmte naar de benodigde temperatuurniveaus kan plaats vinden met verschillende typen systemen. Zo is het mogelijk om de LT-warmte op het benodigde temperatuurniveau te brengen door een collectieve warmtepomp of het is mogelijk dit te doen met individuele warmtepompen per gebouw.

Het collectief opwaarderen van de temperatuur van de aangeleverde warmte naar MT-niveau ( $70^{\circ}\text{C}$ ) kost veel elektriciteit, maar de aanpassingen in de woningen kunnen dan tot een minimum worden beperkt. Bij directe levering op LT-niveau dient er in elk aan te sluiten gebouw of woning een individuele warmtepomp geplaatst te worden. Wanneer de aflevertemperatuur aan gebouwen voldoende is voor de invulling van ruimteverwarming (maar wel lager dan  $55^{\circ}\text{C}$ ) is er alleen een boosterwarmtepomp nodig voor de warm tapwatervoorziening. De boosterwarmtepomp is een kleinere warmtepomp die in korte tijd hoge temperaturen kan bereiken door gebruik te maken van de aangeleverde warmte. Binnen dit type systemen moeten binnen het gebouw de radiatoren wel aangepast worden naar een LT-afgiftesysteem. Bij een aanvoer van MT-warmte op  $70^{\circ}\text{C}$  kunnen bestaande afgiftesystemen worden gehandhaafd. Daarbij is het temperatuurniveau van deze warmte ook voldoende om zowel de ruimteverwarmingsvraag als de warm tapwatervraag in te vullen.

Afhankelijk van de isolatie van de gebouwen, het type gebouwen, het temperatuurniveau van de bron, collectieve- of individuele opwaardering en de afgiftetemperatuur van gebouwen is het mogelijk om een aantal configuraties van het warmtenet met LT-bron mee te nemen binnen het Vesta MAIS model. Net als bij het warmtenet met MT-bron zijn de opbrengsten in het model afhankelijk van het NMDA-principe. Door de doorgaans kleinere schaal van het LT-warmtenet is er geen transportnet van de warmtebron naar het distributiegebied nodig en daarom zijn de kosten gebaseerd op investeringen en jaarlijkse kosten voor de opwekking, distributie, inpandige distributie en de warmte-aansluitingen van het warmtenet met LT-bron.

In een aantal warmtenetconfiguraties wordt gebruik gemaakt van warmtebuffers waarin rest- of omgevingswarmte wordt opgeslagen op momenten waarop het warmteaanbod groter is dan de warmtevraag. Op een later moment kan deze warmte dan weer gebruikt worden. Hiervoor kunnen twee verschillende systemen worden toegepast in de huidige gebiedsopties:

- Doublet voor Warmte-Koude Opslag (WKO): een systeem waarmee warmte en koude op ZLT-niveau in aquifers (watervoerende laag in de ondergrond) in de bodem wordt opgeslagen. Dit type buffer kan worden ingezet voor zowel de warmte- als de koudevoorziening.
- LT-warmtebuffer (gesloten buffervat): een systeem waarmee LT warmte in een groot vat wordt opgeslagen voor later gebruik. Dit type buffer kan uitsluitend worden ingezet voor het opslaan van warmte.

In configuraties waarin gebruik wordt gemaakt van een WKO-bron wordt een regeneratievoorziening opgenomen om te voorkomen dat de gemiddelde temperatuur van de bron op de lange termijn zal veranderen. De warmte die gedurende de winter aan de bron onttrokken wordt dient daarom gedurende de zomer weer aangevuld te worden, zodat de bron op jaarbasis energetisch in balans blijft. Hierin wordt voorzien door de gebouwen in de

zomer te koelen met water uit de koudebron. Het water dat gebruikt wordt om te koelen warmt hierdoor op en dit kan vervolgens gebufferd worden in de warmtebron voor gebruik in de koudere seizoenen. In veel gevallen zal het beschikbare volume restwarmte (door koeling) uit gebouwen onvoldoende van omvang zijn om de WKO-bron energetisch in balans te houden (CE Delft, 2019). In sommige gevallen wordt een regeneratievoorziening ingezet, hiermee wordt additionele warmte aan de WKO-bron aangeleverd. Er worden twee typen regeneratiebronnen toegepast:

- Droege koeler: met buitenluchtcollectoren wordt gedurende de warmere seizoenen warmte uit de buitenlucht geoogst en ondergronds opgeslagen in de WKO-bron voor gebruik in de winter. De droge koeler wordt aangedreven door elektriciteit.
- Oppervlaktewater: gedurende de warmere seizoenen wordt warmte uit oppervlaktewater gewonnen en ondergronds opgeslagen in de WKO-bron voor gebruik in de winter (ook wel aangeduid als Aquathermie of Thermische Energie uit Oppervlaktewater: TEO).

Sinds versie 5.0 is er ook de mogelijkheid om waterstofnetten als gebiedsoptie te onderzoeken, dit zal later worden besproken in 5.3.5.

### 3.3.1 Primaire bronnen en transport

De primaire bron beschrijft een installatie, bedrijf of centrale die (een overschat aan) warmte beschikbaar heeft en waarbij deze warmte ingezet kan worden voor de warmtevoorziening van gebouwen. Voor de HT/MT-warmtenetten worden verschillende van dergelijke warmtebronnen onderscheiden. Ten eerste gaat het om warmtebronnen met rest- of aftapwarmte. Deze warmtebronnen hebben vaak een specifieke locatie (x- en y-coördinaat) en worden daarom ook wel aangeduid met de term puntbronnen. Voorbeelden van puntbronnen zijn industriële installaties met een overschat aan warmte, afvalverbrandingsinstallaties (AVI's), biomassawarmtecentrales (BMC's) en gas- of biomassagestookte elektriciteitscentrales. Deze puntbronnen kunnen warmte over hebben doordat bij een productieproces warmte nodig is maar dit vervolgens binnen de het bedrijfscomplex niet nuttig ingezet kan worden (restwarmte). Andere installaties kunnen additionele warmte genereren door extra energie in te zetten, dit wordt dan aftapwarmte genoemd omdat het strikt gezien niet om een restproduct gaat. Een voordeel daarvan zijn gasgestookte centrales waarbij zowel warmte als elektriciteit wordt geproduceerd. Binnen dit document wordt voornamelijk de term restwarmte gebruikt maar daar moet bij worden onthouden dat ook aftapwarmte onder die term wordt geschaard. Naast rest- en aftapwarmte zijn er ook installaties die specifiek ingericht zijn op het genereren van warmte, zoals de biomassawarmtecentrales. Al deze vormen van puntbronnen kunnen worden meegenomen in de modelberekeningen waarbij het voornamelijk gaat om bestaande installaties en centrales (bij de gebiedsoptie "Restwarmte", of de LT-gebiedsopties m.u.v. WKO en TEO). Naast deze bestaande centrales en installaties is het ook mogelijk om de ingroei van nieuwe installaties mee te nemen. Deze installaties kunnen ook fungeren als een primaire bron voor een MT-warmtenet, maar er is nog geen locatie vastgesteld. Dit geldt voor de gebiedsopties "Geothermie", "Wijk-WKK", "Bio-WKK" binnen de MT-warmtenetten (zie 4.2.1), en binnen de LT-warmtenetten voor alle gebiedsopties waar een WKO wordt toegepast.

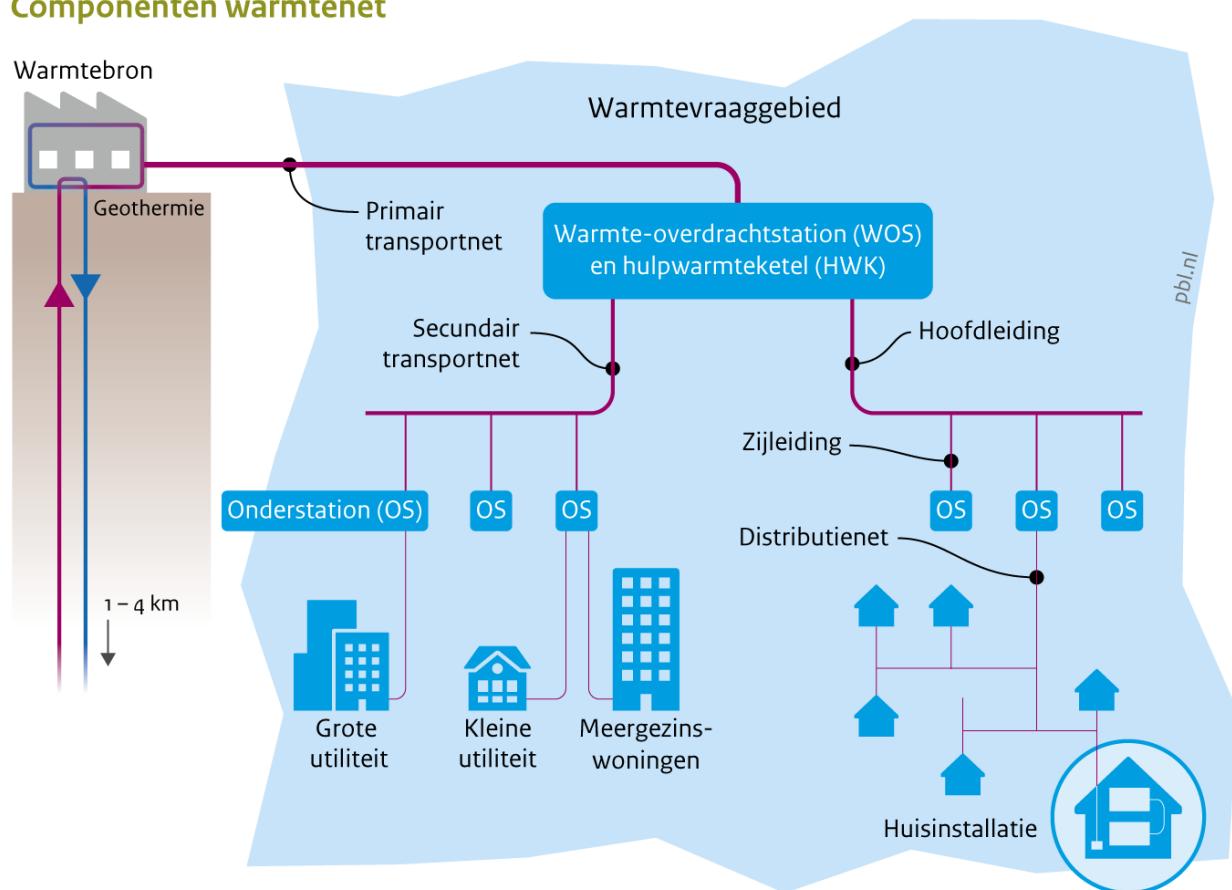
Het primaire transportnet omschrijft de leiding die nodig is om een warmtebron te verbinden met de buurt. Het gaat hierbij dus om een enkele leidingtracé dat zorgt dat de warmte wordt getransporteerd vanaf de warmtebron naar de buurt en niet om de verdeling van de warmte binnen het vraaggebied. Hierbij is het niet nodig om voor elke buurt individueel een primaire leiding aan te leggen, het is mogelijk om door te koppelen.

### 3.3.2 Distributienet en hulpwarmte-installatie

Naast het verbinden van de primaire bron en de buurt moet ook binnen de buurt de warmte gedistribueerd worden naar alle gebouwen. Het leidingnet dat hiervoor zorgt wordt aangeduid met de term wijkdistributienet en bestaat zelf uit enkele elementen, welke schematisch zijn weergegeven in onderstaande figuur.

**FIGUUR 3.1 – COMPONENTEN VAN EEN WARMTENET MET HT/MT-BRON**

### Componenten warmtenet



Bron: PBL

Zoals in de figuur is weergegeven wordt de warmte in de buurt ontvangen bij het Warmte Overdracht Station (WOS). Binnen het Vesta MAIS model wordt ervan uitgegaan dat de WOS behalve een verdeelstation ook een installatie bevat die de piek vraag en eventuele andere schommelingen in de warmtelevering op kan vangen. Deze installatie wordt aangeduid met de term hulpwarmte-installatie (HWI). In de huidige situatie zijn dit nog voornamelijk ketels en daarom wordt ook wel gesproken over hulpwarmteketels (HWK).

Naast het centrale punt voor de verdeling van warmte zijn er kleinere verdeelpunten van warmtenetten in de buurt, de zogeheten onderstations. Deze worden verbonden met de WOS door middel van de hoofdleidingen. Vanaf de onderstations wordt vervolgens de warmte verder verdeeld over de buurt met zijleidingen. Voor een inschatting van de lengte van de hoofd- en zijleidingen wordt, bij HT/MT-warmtenetten, gebruik gemaakt van de lengte van het wegennet in de betreffende buurt (Schepers et al., 2019).

Het laatste element van het distributienet is de aansluiteleitung voor elk pand. Hiervoor wordt een inschatting gemaakt van de gemiddelde afstand van de gevel tot aan de middellijn van de straat, per CBS-buurt. Voor een dichtbebouwde buurt is deze gemiddelde afstand dus significant lager dan voor een dun bebouwd gebied. Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat het gaat om de gemiddelde afstand per pand. Een pand met 50 appartementen krijgt in het model dus niet 50 aansluiteleidingen maar één grote leiding, omdat het gaat om één pand. Voor grondgebonden woningen is het nagenoeg altijd het geval dat elk pand één woning bevat.

#### 3.3.3 Inpandige systemen

Het laatste component van een warmtenet gaat om de aanpassingen binnen de panden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar aanpassingen in de installatie en de overige inpandige kosten. Met de installatie gaat het hierbij om de vervanging van de huidige Cv-ketel door een warmtemeter en afleverset. De overige inpandige kosten omschrijven de aanpassingen binnen het pand die nodig zijn om de warmte bij elke aansluiting te krijgen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het leidingnet dat binnen een flat aanwezig is om alle woningen van warmte te voorzien. Als in de huidige situatie alle woningen in een flat een Cv-ketel op gas hebben dan moeten niet alleen de installaties vervangen worden, maar ook de buizen binnen het pand. Als een pand blokverwarming met een

centrale ketel heeft dan dient enkel de ketel te worden vervangen door een centrale afgifteset en zijn de verdere inpandige aanpassingen beperkt. Mocht bij een specifiek type warmtenet ook nog een extra eigen warmtepomp of tapwaterapparaat nodig zijn dan valt dit ook onder inpandige systemen.

### 3.4 Gas- en elektriciteitsinfrastructuur

Veranderingen in de warmtevoorziening kunnen invloed hebben op de bestaande gas- en elektriciteitsinfrastructuur. De gevolgen die de warmtetransitie kan hebben op deze infrastructuren worden in beeld gebracht binnen het Vesta MAIS model. Een benodigde aanpassing door de warmtetransitie kan een verzwaring van het bestaande elektriciteitsnet zijn, ontwikkeling van nieuwe aansluitingen, verwijdering van gasnetten en aansluitingen, of aanpassingen aan het bestaande gasnet voor transport van hernieuwbaar gas. Het is belangrijk om te vermelden dat er ook andere factoren zijn, zoals elektrisch vervoer, die van invloed kunnen zijn op aanpassingen in het elektriciteitsnet die in het Vesta MAIS model niet worden meegenomen.

In samenwerking met Netbeheer Nederland is gewerkt aan een methode waarbij rekening wordt gehouden met de situatie van de gas- en elektriciteitsnetten op CBS-buurtniveau. De methode wordt verder beschreven in Paragraaf 7.3. Deze methodiek geeft een beeld van de kosten die gemaakt zouden moeten worden wanneer het gasnet verwijderd of het elektriciteitsnet verzuaid zou moeten worden. In eerdere modelversies werden nog kosten gerekend voor de vervanging van “grondroeringsgevoelige leidingen”. Dit zijn leidingen die vanwege het materiaal waar ze van gemaakt zijn gemakkelijk stuk kunnen gaan als er werkzaamheden in de bodem plaatsvinden. Overleg met netbeheerders leerde dat dit type leidingen sowieso vervangen worden, ongeacht wat er wordt besloten in het kader van de warmtetransitie. Daarom worden deze kosten in de huidige modelversie niet meer opgenomen.

Naast de kosten voor het aanpassen van het gas- en elektriciteitsnet worden ook de opbrengsten in beeld gebracht. Onder opbrengsten vallen de aansluitbijdrages en periodieke vergoedingen die aan de netbeheerders worden betaald door de aangesloten gebruikers. Deze opbrengsten kunnen veranderen door volumeveranderingen in het energiegebruik onder invloed van gebouw- en gebiedsmaatregelen. Daarnaast kunnen de opbrengsten van het gasnet gerelateerd aan de vaste jaarlijkse netbeheerkosten dalen wanneer het aantal gasaansluitingen daalt.

Als een buurt volledig van het aardgas af gaat (zonder dat daar groengas of waterstof voor in de plaats komt) moet het huidige gasdistributienet in de buurt worden verwijderd. Bovendien is het nodig de gasaansluitingen uit de gebouwen weg te halen. De kosten van gasnetverwijdering worden berekend o.b.v. de lengte van het gasnet in de buurt en een gemiddeld kostenbedrag per meter, zoals afgestemd met de netbeheerders. De kosten van het weghalen van een gasaansluiting zijn berekend met een gemiddeld bedrag per aansluiting. Er wordt vanuit gegaan dat netbeheerders hun investeringen over een lange periode kunnen afschrijven, wat leidt tot relatief lage jaarlijkse kosten. Er kunnen in een buurt andere gasaansluitingen zijn die buiten de scope van het model vallen, bijvoorbeeld procesgas voor industriële productie. Dit kan ertoe leiden dat ook als de gebouwde omgeving geen gas meer gebruikt, het net in de praktijk toch niet wordt verwijderd, ook al gaat de modelberekening ervan uit dat dit wel gebeurt. De netbeheerkosten van het aardgasnet vervallen voor het deel dat is verwijderd.

Bij de inzet van warmtepompen kan het nodig zijn het elektriciteitsnet te verzwaren. Dat is afhankelijk van de omvang van de buurt en van de capaciteitsruimte op het huidige net. Als in een buurt de huidige capaciteit tekortschiet, berekent Vesta de kapitaalslasten van netverzwaring in die buurt. Daarnaast kunnen aanpassingen in hogere netvakken noodzakelijk zijn; die kosten blijven hier buiten beschouwing.

In het huidige aardgasnet kan een beperkt aandeel waterstof worden bijgemengd zonder dat er technische problemen ontstaan. Voor de inzet van grotere aandelen waterstof, of de overstap naar 100% waterstof, zouden maatregelen nodig zijn om het gasnet daarvoor geschikt te maken. De noodzaak van aanpassing of vervanging van gasleidingen zal afhangen van het leidingmateriaal en de leeftijd van de leidingen. In Kiwa (2018) wordt geconcludeerd dat de bestaande gasdistributienetten in Nederland met beperkte aanpassingen geschikt te maken zijn voor transport van waterstof in plaats van aardgas. Met die aanpassingen in het gasnet is het mogelijk om waterstof te distribueren binnen een buurt. Eventuele aanpassingen aan het hoofdtransportnet op nationale schaal vallen buiten de in Vesta MAIS aangehouden systeemgrenzen. Op basis van de gegevens van experts en netbeheerders is een inschatting gemaakt van de kosten van deze aanpassingen.

### 3.5 Energieprijzen

De energieprijzen binnen Vesta MAIS zijn gebaseerd op de ontwikkelingen van de energieprijzen, zoals deze worden gehanteerd binnen de Klimaat- en Energie Verkenning 2019 (PBL, 2019). Binnen deze studie wordt een

verkenning gedaan van de ontwikkelingen in de energiehuishouding tot en met 2030, waarbij ook een beeld wordt gegeven van de ontwikkelingen in de groothandelsprijzen van gas, elektriciteit, CO<sub>2</sub> en biomassa. Daarnaast wordt voor gas en elektriciteit binnen Vesta MAIS deze prijs verhoogd met de volgende prijscomponenten:

- Variabele distributiekosten
- Transport- en capaciteitskosten
- Opslag duurzame energie (ODE-opslag)
- Energiebelasting
- BTW

De optelling van deze verschillende componenten geeft de totaalprijs van gas en elektriciteit. Binnen Vesta MAIS zelf worden de prijscomponenten apart meegenomen, omdat dan duidelijk blijft welke actoren bepaalde prijscomponenten binnen krijgen voor de geleverde diensten. Naast het onderscheid naar prijscomponenten, wordt ook het onderscheid gemaakt naar gebruiksklasse. Prijzen verschillen namelijk fors tussen kleinverbruikers en grootverbruikers en dit wordt meegenomen binnen Vesta MAIS. Het onderscheid voor de klassen is te vinden op Belastingdienst (Belastingdienst, lopend), waarbij binnen Vesta MAIS de volgende categorieën worden onderscheiden voor elektriciteit:

- Kleingebruiker (< 10.000 kWh/jaar)
- Klein-middelgroot gebruik (10.001 t/m 50.000 kWh)
- Midden-middelgroot gebruik (50.001 t/m 10 miljoen kWh)
- Grootgebruik (> 10 miljoen kWh)

Voor aardgas worden de volgende categorieën onderscheiden:

- Kleingebruiker (< 5.000 m<sup>3</sup>/jaar)
- Klein-middelgroot gebruik (5.001 t/m 170.000 m<sup>3</sup>)
- Midden-middelgroot gebruik (170.001 t/m 1 miljoen m<sup>3</sup>)
- Groot-middelgroot gebruik & groot gebruik (> 1 miljoen m<sup>3</sup>)
- Glastuinbouw: voor tuinders is een apart tarief van toepassing

In de KEV zijn geen prijzen voor waterstof, 100% duurzame elektriciteit of groen gas (zie tekstkader 1) opgenomen. Daarom zijn deze apart bepaald aan de hand van opzichzelfstaande notities. Voor zowel elektriciteit als gas is daarom een tweede invoerbestand met klimaatneutrale energiedragers opgenomen. De modelgebruiker kan aangeven in hoeverre de prijs zich op die schaal bevindt afhankelijk van veronderstellingen over het achtergrondscenario.

Groengas heeft dezelfde kenmerken als aardgas en het is hiermee geschikt om alle huidige toepassing van aardgas over te nemen. Met de inzet van groengas hoeft er dus weinig te veranderen aan de huidige infrastructuur omdat groengas gewoon kan worden getransporteerd door het bestaande gasnet. Een aandachtspunt bij groengas is dat er grote onzekerheid is over de toekomstige beschikbaarheid ervan (dit geldt ook voor waterstof). Op dit moment wordt het geproduceerde groengas bijgemengd in het aardgasnet en is dit goed voor +/-0,4% van de totale gasvraag in Nederland. Maar om een significante rol te spelen in de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving moet deze productie nog flink groeien. Deze groei kan via twee routes: vergisting en vergassing. Vergisting is hierbij een bekende technologie, maar kent beperkingen in de beschikbare grondstoffen. Vergassing is een beloftevolle technologie, maar deze moet nog in de praktijk ingezet worden. Naast de onzekerheid over de beschikbaarheid van groengas zijn ook de kosten om groengas te produceren nog onzeker. Ook hierbij kan het verschil gemaakt worden tussen vergisting en vergassing. Vergisting is, als aangegeven, een bekende technologie en daarom kan hiervoor een meer robuust beeld gegeven worden van de kosten. De kostenontwikkeling van vergassing is nog onzeker doordat het een nieuwe technologie is, dit maakt dat er ook meer verschillen zitten in de inschattingen van de kosten voor deze technologie. In paragraaf 5.4.4 wordt dieper ingegaan op de onzekerheden en de totstandkoming van de huidige kostenkantallen voor groen gas.

### TEKSTKADER 3.1 – DEFINITIES BIOGAS, GROENGAS EN BIOMETHAAN

#### Biogas, groengas en biomethaan: vergelijkbaar, maar toch anders

In het volgende lichten we deze drie termen kort toe, waarbij we vooral focussen op de voor dit onderzoek belangrijkste component van deze gassen: het methaangehalte. Methaan is de component in deze gassen dat de energie voor verbanding levert: hoe hoger het methaangehalte van het gas, des te hoger de energiedichtheid.

- **Biogas** is een brandstof die wordt geproduceerd uit biologische grondstoffen, d.m.v. vergisting of vergassing. Het methaangehalte varieert tussen ca. 55 en 65%; de rest van het gas (ca. 35%) is grotendeels CO<sub>2</sub>.
- **Groengas** is biogas dat is opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit. Hierbij wordt het CO<sub>2</sub> grotendeels verwijderd, waardoor het methaangehalte toeneemt. Ook moeten siloxanen, organisch actief materiaal, chloor, zwavel, etc. verwijderd worden. Het gas wordt daarmee van Nederlandse aardgaskwaliteit (het zogenaamde laagcalorisch gas, Slochterenkwaliteit) en mag worden bijgemengd in het aardgasnetwerk. Het methaangehalte van dit groene gas is ca. 89%.
- **Biomethaan** noemen we het gas dat ontstaat als het biogas of het groene gas wordt opgewaardeerd naar een methaangehalte van meer dan 97%. Dit methaangehalte komt overeen met de standaard aardgaskwaliteit die in bijvoorbeeld Duitsland en Zweden wordt gehanteerd, het zogenaamde hoog calorisch gas.

### 3.6 Kostenontwikkeling

Het Vesta MAIS model is een technisch-economisch model waarin er ook rekening mee wordt gehouden dat de investeringen of onderhoud- en beheerskosten (O&B-kosten) van technologieën kunnen stijgen of dalen. De ontwikkelingen in investeringen en O&B-kosten worden binnen Vesta MAIS gebaseerd op zogeheten leerfactoren. Deze leerfactoren geven de relatieve verandering in het investeringsbedrag of de O&B-kosten van de technologie in een zichtjaar ten opzichte van de uitgangssituatie in het startjaar. Deze leercurves zijn een input die de modelgebruiker kan opgeven, waarbij de onderbouwing van de huidige leercurves van Vesta MAIS verder worden beschreven in 5.3.3.

Naast de toekomstige ontwikkeling in de kosten wordt binnen Vesta MAIS ook een bandbreedte gegeven van de investeringen en kosten voor de huidige situatie. De bovenkant van de bandbreedte van bijvoorbeeld investeringenkosten wordt bepaald door een relatief pessimistische inschatting van de investeringenkosten voor een bepaalde technologie. Daarentegen wordt de onderkant van de bandbreedte bepaald door een relatief optimistische inschatting van de technologie. Standaard wordt binnen het Vesta MAIS model uitgegaan van de gemiddelde investeringen voor een technologie, maar het is voor een modelgebruiker mogelijk om in te stellen dat alleen wordt uitgegaan van de pessimistische of optimistische inschattingen van de investeringenkosten in de huidige situatie. Als hier een pessimistische inschatting wordt aangehouden dan zal voor de toekomstige ontwikkeling worden uitgegaan van de relatieve ontwikkeling ten opzichte van deze pessimistische inschatting.

### 3.7 Beleid

Naast de kostenontwikkelingen van technologieën zelf is het ook mogelijk dat er vanuit beleid bepaalde instrumenten worden geïntroduceerd of aangepast die invloed hebben op de warmtetransitie. Binnen Vesta MAIS is het op dit moment mogelijk om de volgende beleidsinstrumenten door te rekenen:

- Veranderingen in de energiebelasting en de opslag duurzame energie voor gas en elektriciteit
- Investeringssubsidies voor gebouw- en gebiedsmaatregelen
- Exploitatiessubsidies op gebiedsmaatregelen
- CO<sub>2</sub>-heffing op elektriciteit
- Eventuele verplichtingen voor verbeteringen in schillabels

Naast deze instrumenten wordt op dit moment uitgegaan van het NMDA-principe voor de vaststelling van de maximum warmteprijs conform het huidige beleid. Het is mogelijk om berekeningen te maken voor de rentabiliteit van een warmtenet wanneer wordt afgeweken van dit beleid door bijvoorbeeld een vast warmtetarief per gigajoule warmte te introduceren. Of door niet exact aan het NMDA-principe vast te houden maar aan te geven dat de warmteprijs een factor lager (bijvoorbeeld 90%) of hoger komt te liggen dan het tarief op basis van het NMDA-principe. Dergelijke mogelijkheden geven een modelgebruiker gevoel voor het effect van aanpassingen in de vaststelling van de warmteprijs.

## 4. Geografie en Classificaties

Voor een berekening met het Vesta MAIS model is het van belang om allereerst vast te leggen van welke geografische indeling gebruik wordt gemaakt. Standaard wordt ervan uitgegaan dat wordt gerekend voor heel Nederland waarbij het mogelijk is om Nederland op verschillende manier in te delen. Ook is het mogelijk om voor een deel van Nederland te rekenen, dit wordt toegelicht in 6.6. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk beschreven welke classificaties worden gebruikt binnen het model. Met een classificatie wordt hiermee een grootheid binnen Vesta MAIS aangegeven met daarbij de klassen waaruit een dergelijke grootheid bestaat. Bijvoorbeeld welke woningklassen vallen onder de grootheid "Bestaande woning".

### 4.1 Regio-indelingen

GeoDmsGui:	/Geography
Wiki:	/wiki/C.2-Geography

Regio-indelingen worden gebruikt voor het plannen van ruimtelijke berekeningen van veelal gebiedsmaatregelen. Dit zijn de zogenoemde planregio's en bij de huidige versie van het model zijn dit CBS-buurten. De omvang van de CBS-buurten vormt meestal een goed gebied voor het doorrekenen van de rentabiliteit van grootschalige warmtelevering. Het buurtniveau doorsnijdt doorgaans geen grote barrières als waterwegen en vormt voor de woningbouw in de meeste gevallen een relatief homogene woonwijk. Ook worden regio-indelingen gebruikt voor het schaalniveau waarop rapportages worden gemaakt. Dit zijn de zogeheten rapportageregio's.

Mogelijke rapportageregio's in Vesta MAIS zijn:

- Buurt
- Wijk
- Gemeente
- Energieregio
- Provincie
- Nederland

In de huidige modelversie wordt uitgegaan van de CBS-indelingen van 1-1-2020 (CBS buurten 2019).

### 4.2 Modeldefinities

GeoDmsGui:	/Classifications
Wiki:	/wiki/C.3-Classifications

In de container classificaties worden de klassen die gebruikt worden in het model gedefinieerd. In dit hoofdstuk worden deze klassen weergegeven.

#### 4.2.1 Gebiedsmaatregelen

Gebiedsmaatregelen zijn in de meeste gevallen collectieve verwarmingssystemen waarbij een groep afnemers gezamenlijk op een warmtebron wordt aangesloten voor warmtelevering via een warmtenet. Binnen Vesta MAIS zijn verschillende gebiedsmaatregelen door te rekenen. Deze verschillen onderling in het type warmtebron, temperatuurniveaus en omvang van het net. Ook kunnen er verschillende technieken voor opwekking en opslag worden gebruikt. Momenteel zijn de volgende typen warmtenetten Vesta MAIS opgenomen:

- Restwarmte
- Geothermie
- Bio-WKK
- Wijk-WKK
- WKO
- BuurtWKO
- TEO
- LT15\_30
- LT15\_50
- LT15\_70

- LT30\_30
- LT30\_50
- LT30\_70

Een aantal van deze gebiedsmaatregelen maakt gebruik van bestaande (rest)warmtebronnen, bij anderen wordt gerekend met een nieuw te realiseren warmtebron. Afhankelijk van het temperatuurniveau van de warmtebron ( $T_{Bron}$ ) en het temperatuurniveau dat in het secundaire distributienet wordt aangeboden ( $T_{Sec}$ ) moet er wellicht op gebouwniveau nog met behulp van een inpandige warmtepomp opwaardering plaatsvinden. Dit moet in sommige gevallen alleen voor warm tapwater (WW) en in andere gevallen ook voor ruimteverwarming (RV). Bij lage aflevertemperaturen vanuit het net kan ook een lagetemperatuur (LT) afgiftesysteem nodig zijn.

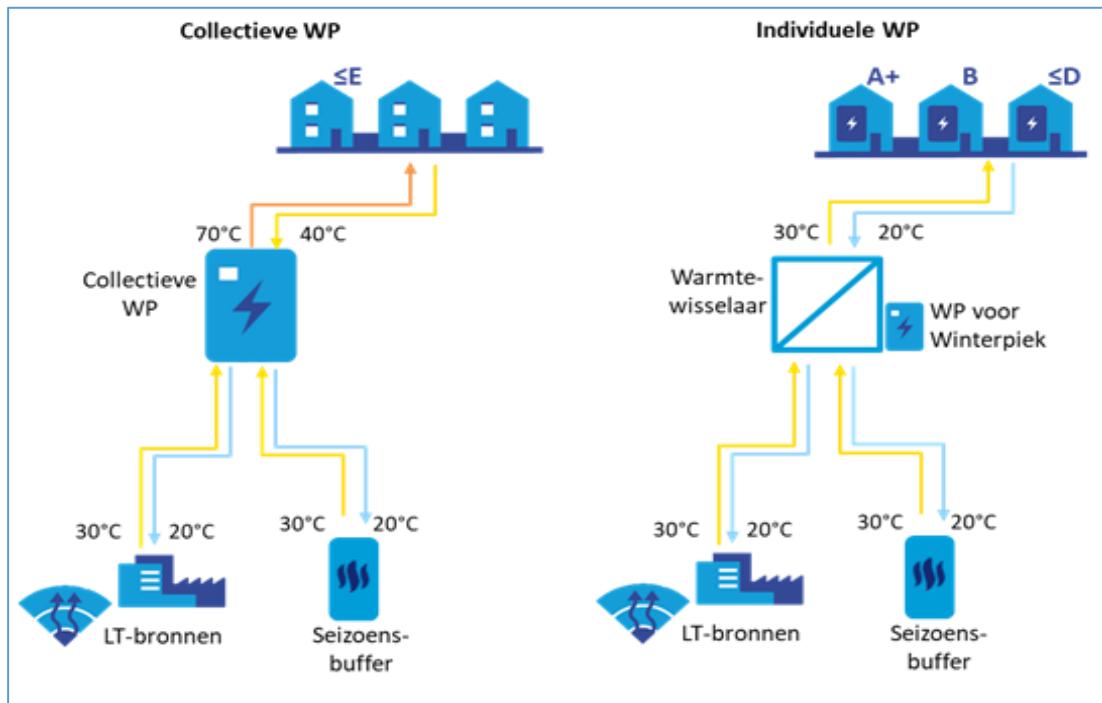
Een bijzonder type gebiedsoptie is het waterstofnet. Hiervoor zijn twee opties opgenomen: met aanpassing van bestaande gasketels (“WaterstofHR”) of met speciale hybride warmtepompen (“WaterstofWP”).

#### 4.2.1.1 Collectieve warmteopties

De configuraties voor het warmtenet met LT-bron zijn zeer divers binnen het Vesta MAIS model, maar net als bij het warmtenet met MT-bron bestaat het warmtenet uit primaire warmtelevering en hulpwarmtelevering. Bij het warmtenet met MT-bron was dit een hulpwarmteketel, maar bij het warmtenet met LT-bron wordt uitgegaan van collectieve of individuele opwaardering van de LT-warmte naar de gewenste temperaturen. De LT-warmte kan vanuit de bronnen direct worden geleverd aan de gebouwen en daar met individuele warmtepompen worden opgewaardeerd naar de gewenste temperaturen. Een andere mogelijkheid is dat de LT-warmte wordt geleverd aan een collectieve warmtepomp die de warmte vervolgens op 50°C of 70°C aanlevert aan de gebouwen, waarbij in het geval van 50°C de gebouwen individueel nog een booster warmtepomp hebben voor het warme tapwater. Kortom, er zijn meerdere configuraties mogelijk voor een LT-warmtenet binnen het Vesta MAIS model en hieronder wordt in Figuur 4.1 een weergave gegeven van twee van deze configuraties. De opbouw van de warmtenetten qua kostencomponenten komt overeen met de opbouw van het warmtenet met MT-bron. Het verschil is dat er voor het warmtenet met LT-bron nooit sprake is van een primair net en voor een aantal componenten andere kostenkengetallen worden aangenomen, maar de opbouw van het warmtenet qua kostencomponenten volgt dezelfde logica. LT-netten worden in de doorrekening toegepast met behulp van de clustermethode, met uitzondering van ‘BuurtWKO’ die wordt toegepast op CBS-buurtniveau. De mogelijke LT-configuraties in Vesta MAIS zijn:

- **WKO:** warmte- koudeopslag, brontemperatuur 20°C, aflevering 50°C. Regeneratie met koudelevering.
- **TEO:** WKO met regeneratie uit oppervlaktewater, aflevering 70°C, geen koudelevering.
- **BuurtWKO:** WKO op CBS-buurtniveau, aflevering 70°C, geen regeneratie of koudelevering.
- **LT 15-30:** restwarmte op 15°C, aflevering 30°C, geen koudelevering
- **LT 15-50:** restwarmte op 15°C, aflevering 50°C, geen koudelevering
- **LT 15-70:** restwarmte op 15°C, aflevering 70°C, geen koudelevering
- **LT 30-30:** restwarmte op 30°C, aflevering 30°C, geen koudelevering
- **LT 30-50:** restwarmte op 30°C, aflevering 50°C, geen koudelevering
- **LT 30-70:** restwarmte op 30°C, aflevering 70°C, geen koudelevering

**FIGUUR 4.1 – MOGELIJKE CONFIGURATIES VOOR EEN WARMTENET MET LT-BRONNEN (BRON: CE DELFT)**



**TABEL 4.2 – VERSCHILLENDEN TYPEN WARMTENETTEN EN HUN EIGENSCHAPPEN**

Type	Soort bron	T_bron	T_sec	Eigen WW	Eigen RV	LTAS	Koudelevering
Restwarmte	Bestaand	> 70°C	70°C	Nee	Nee	Nee	Nee
Geothermie	Nieuw	> 70°C	70°C	Nee	Nee	Nee	Nee
Bio-WKK	Nieuw	> 70°C	70°C	Nee	Nee	Nee	Nee
WijkWKK	Nieuw	> 70°C	70°C	Nee	Nee	Nee	Nee
WKO	Nieuw	+/- 15°C	50°C	Ja	Vanaf C*	Ja	Ja
TEO	Nieuw	+/- 15°C	70°C	Nee	Nee	Nee	Nee
BuurtWKO	Nieuw	+/- 15°C	70°C	Nee	Nee	Nee	Nee
LT15-30	Bestaand	+/- 15°C	30°C	Ja	Ja	Ja	Nee
LT15-50	Bestaand	+/- 15°C	50°C	Ja	Vanaf C*	Ja	Nee
LT15-70	Bestaand	+/- 15°C	70°C	Nee	Nee	Nee	Nee
LT30-30	Bestaand	+/- 30°C	30°C	Ja	Ja	Ja	Nee
LT30-50	Bestaand	+/- 30°C	50°C	Ja	Vanaf C*	Ja	Nee
LT30-70	Bestaand	+/- 30°C	70°C	Nee	Nee	Nee	Nee

\* Bij gebouwen met schillabel C of slechter wordt er vanuit gegaan dat bij aflevertemperaturen van +/- 50°C aanvullende eigen voorzieningen voor ruimteverwarming nodig zijn. Bij schillabel B of beter kan worden volstaan met alleen een tapwaterinstallatie.

Voor de wijze van koppeling tussen vraag en aanbod en de omvang van vraaggebieden waarover deze opties worden afgewogen zie 6.3.1. Hierin wordt ook vermeld welke type gebouwen in aanmerking komen voor elk type warmtenet.

## TEKSTKADER 4.1 – BIOMASSACENTRALES, BIO-WKK EN BIJSTOOK

Vaak worden biomassacentrales en Bio-WKK door elkaar gebruikt. In de praktijk zijn er meerdere mogelijkheden om biomassa in te zetten voor warmtelevering aan gebieden.

De belangrijkste mogelijkheden zijn de onderstaande drie, die allen met Vesta MAIS kunnen worden gesimuleerd. De eerste en derde categorie onderscheiden zich in het algemeen doordat de centrales van de eerste categorie kleiner zijn en in iedere buurt kunnen worden geplaatst terwijl de tweede categorie al bestaat of is gepland op een bepaalde locatie.

- **Bio-WKK's** zijn bio-energiecentrales die zowel warmte als elektriciteit leveren (warmtekrachtkoppeling). Deze worden hier aangeduid met Bio-WKK. In de praktijk kunnen ze met zowel vaste biomassa als groengas worden gevoed. In het model wordt onder Bio-WKK een installatie die draait op vaste biomassa verstaan. In principe zijn er weinig restricties voor op welke locatie ze kunnen worden ingezet, net als Wijk-WKK.
- **Biomassacentrales** (ook wel biowarmtecentrales genoemd) zijn warmtecentrales zoals de Purmer in Purmerend die alleen warmte leveren. In het model wordt aangenomen dat de brandstof bestaat uit alleen vaste biomassa. In het model kunnen de warmtecentrales worden ingezet als puntbron met een bepaalde locatie in het warmtebronnenbestand.
- **Bijstook** in elektriciteitscentrales vindt in de praktijk ook plaats – zoals in de Amercentrale in Geertruidenberg. Deze centrales kunnen ook restwarmte leveren aan een gebied. In het model kunnen ook deze centrales worden ingezet in het warmtebronnenbestand.

### 4.2.2 Actoren

De partijen die onderscheiden worden ten behoeve van Vesta zijn:

- Gebouweigenaar (te onderscheiden naar bestaand en nieuw)
  - Woningen
  - Utiliteit
  - Glastuinbouw
- Gebouwgebruiker (te onderscheiden naar bestaand en nieuw)
  - Woningen
  - Utiliteit
  - Glastuinbouw
- Warmteopwekker (te onderscheiden naar type bron)
- Warmtetransporteur
- Warmtedistributeur in de wijk/buurt
- Warmtedistributeur binnen panden
- Warmteleverancier
- Overheid
- Netbeheerder
  - Elektriciteit
  - Gas

#### 4.2.2.1 Gebouwen

- Bestaande woning (eigenaar)
- Bestaande woning (gebruiker)
- Bestaande utiliteit (eigenaar)
- Bestaande utiliteit (gebruiker)
- Bestaande glastuinbouw (eigenaar)
- Bestaande glastuinbouw (gebruiker)
- Nieuwbouw woning (eigenaar)
- Nieuwbouw woning (gebruiker)
- Nieuwbouw utiliteit (eigenaar)
- Nieuwbouw utiliteit (gebruiker)
- Nieuwbouw glastuinbouw (eigenaar)
- Nieuwbouw glastuinbouw (gebruiker)

#### 4.2.2.2 Gebiedsopties

Voor de gekozen ruimtelijke schaal berekent het Vesta MAIS model de opbrengsten en kosten van grootschalige warmtelevering op basis van aantallen en kenmerken van gebouwen, zoals warmtebehoefte, aansluitdichtheid en -capaciteit per gebouw. De opbrengsten bestaan uit een eenmalige aansluitbijdrage en de jaarlijkse opbrengsten voor vastrecht en geleverde warmte. Bij de vaststelling van de opbrengsten uit geleverde warmte wordt het “Niet Meer Dan Anders”-principe gehanteerd. De kosten voor de warmtelevering zijn meer complex om te bepalen vanwege de vele actoren en onderdelen en bestaan uit de eenmalige investeringen (CAPEX) en jaarlijkse operationele (OPEX) kosten. Deze worden binnen het model uitgesplitst naar de volgende actoren):

**Warmteopwekker:** De warmteopwekker is de eigenaar van de warmtebron. De warmteproductiekosten worden berekend op basis van de eenmalige investering voor de uitkoppeling van de restwarmtebron zoals een elektriciteitscentrale of nieuwe warmtebronnen, zoals geothermie en de bio-warmtekrachtkoppeling; en de jaarlijkse operationele kosten, zoals onderhoud en bediening en energie (euro/gigajoule). Bij de warmteaftap van een elektriciteitscentrale wordt rekening gehouden met het feit dat het rendement van elektriciteitscentrales door warmtelevering omlaag gaat.

**Transporteur:** De transporteur is eigenaar van het primaire transportnet van een warmtebron naar het warmtevraaggebied. De kosten komen voort uit eenmalige investeringen en jaarlijks onderhoud en bediening. Het model veronderstelt dat er bij wijk-WKK en bio-wijk-WKK geen transport over langere afstand plaatsvindt. De bebouwing waar de geproduceerde warmte wordt ingezet bevindt zich dus rondom de bron. Bij restwarmte en geothermie staat het model wel warmtetransport toe naar gebieden die daarvoor zelf geen geschikte ondergrond hebben of waar geen restwarmtebron aanwezig is in het gebied zelf.

**Distributeur (gebied):** De distributeur zorgt voor het warmtedistributienet binnen het warmtevraaggebied. Hij doet eenmalige investeringen in:

- Warmteoverdrachtstation
- Transport- en distributienet binnen het warmtevraaggebied
- Onderstations
- Hulpwarmteketels / collectieve warmtepompen
- Aansluitleidingen

De operationele kosten bestaan naast onderhoud en bediening uit de bijstook van (aard)gas door de hulpwarmteketels. Hierbij kan de modelgebruiker aangeven welke aandelen worden meegenomen in de berekeningen van het Vesta MAIS model, voor de standaard uitgangspunten zie 6.3.3.4.

**Distributeur (inpandig):** Binnen het gebouw worden eenmalige investeringen alsmede onderhoud en bediening gedaan ten behoeve van het inpandige distributienet en de warmtemeter. Veelal is vooraf onduidelijk wie de investeringen doet en is dit de uitkomst van de onderhandeling tussen de distributeur van het warmtevraaggebied en de eigenaar van het gebouw. Daarom is er in het Vesta MAIS model voor gekozen om de kosten van inpandige distributie apart zichtbaar te maken bij de actor “distributeur (inpandig)” hoewel deze in de praktijk zelden zal voorkomen. De gebruiker van het model kan — indien gewenst — na de doorrekening zelf bepalen of de inpandige distributiekosten moeten worden opgeteld bij de distributeur van het warmtevraaggebied of de gebouweigenaar.

**Gebouweigenaar:** De gebouweigenaar maakt eenmalig kosten bestaande uit de aansluitbijdrage. Daarnaast kan in sommige gevallen huurverlaging plaatsvinden als gevolg van de lagere waardering van warmtenetten vergeleken met de individuele warmtevoorziening volgens het puntensysteem van sociale huurwoningen.

**Gebouwgebruiker:** De gebouwgebruiker betaalt het jaarlijkse vastrecht van het warmtenet en voor het warmteverbruik. De prijs is gebaseerd op wat de gebouwgebruiker zou betalen als deze gas zou gebruiken. De gebouwgebruiker betaalt dus hetzelfde voor warmte indien hij/zij gas zou verbruiken. Dit komt overeen met de maximumprijs van het “Niet-meer-dan-anders”-principe dat van toepassing is voor kleinverbruikers volgens de Warmtewet. In sommige gevallen ontvangt de gebouwgebruiker eenmalig een ongeriefsvergoeding en vindt er huurverlaging plaats.

**Warmteleverancier:** De warmteleverancier wordt in het Vesta MAIS model beschouwd als de actor die de opbrengsten van de warmtelevering int en de kosten van alle actoren betrokken bij de warmtelevering vergoedt. De warmteleverancier beheert zelf geen fysieke goederen anders dan het gebruik van een administratiekantoor voor de boekhouding. Daarnaast zorgt deze actor voor de vergoeding van het projectmanagement waaronder het informeren van de gebouwgebruikers en de ongeriefsvergoeding voor alternatief verblijf en overnachting van de

gebouwgebruiker tijdens de renovatie. Winst en verlies van de warmtelevering komen bij de warmteleverancier tot uiting.

### 4.2.3 Bebouwingstypen

Binnen Vesta MAIS worden verschillende typen bebouwing onderscheiden. Op het hoogste niveau wordt een onderscheid gemaakt tussen glastuinbouw, utiliteitsbouw en woningen. Binnen elk van deze drie categorieën wordt ook nieuwbouw en bestaande bouw als een aparte categorie gezien. Hieronder zijn deze groepen bebouwing verder onderverdeeld naar type gebouw, het soort activiteit dat er plaatsvindt, en bouwjaarklasse.

#### 4.2.3.1 Bestaande Woningen

Alle verblijfsobjecten die in de BAG (Kadaster, 2020) een gebruiksfunctie ‘wonen’ hebben worden geschaard onder bestaande woningen, ongeacht of er naast de woonfunctie ook een andere gebruiksfunctie staat geregistreerd op hetzelfde object. Bestaande woningen worden onderverdeeld in 6 categorieën op basis van het soort pand waarbinnen het verblijfsobject zich bevindt. Dit wordt afgeleid van het ‘woonpand type’ zoals dat uit de BAG wordt ingelezen. De klassen waarin woningen worden ingedeeld zijn:

- Vrijstaand
- 2 onder 1 kap
- Rijwoning hoek
- Rijwoning tussen
- Meergezins: laag en midden
- Meergezins: hoog

Het onderscheid in meergezinswoningen (laatste 2 categorieën) is niet expliciet in de BAG af te lezen, maar wordt modelmatig toegevoegd. Het aantal verdiepingen van een pand wordt afgeleid van het Pand Hoogtebestand Nederland (ObjectVision, 2018) waarin de hoogte van gebouwen in meters is te vinden. Daarbij wordt ervanuit gegaan dat de gemiddelde verdieping 2,8 meter hoog is. De grens tussen Meergezins: ‘laag en midden’ en ‘Meergezins: hoog’ ligt bij 4 verdiepingen. Vanaf 5 verdiepingen wordt een pand gezien als ‘hoog’.

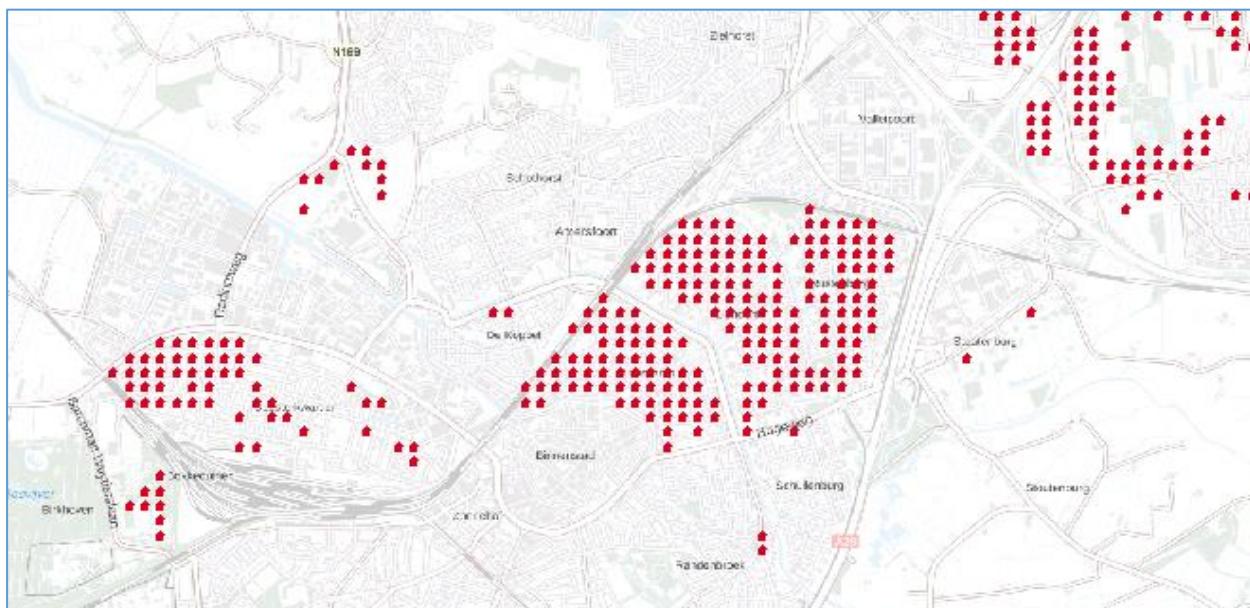
#### 4.2.3.2 Nieuwbouw Woningen

Nieuwbouwwoningen zijn niet ingedeeld volgens de BAG-klassen (Kadaster, 2020), maar volgens de Geomarktprofieltype. Dit is omdat in eerdere modelversies deze typering werd aangehouden voor alle woningen (Folkert & van den Wijngaart, 2012). Deze typen zijn als volgt:

- Vrijstaand/bungalows
- Twee onder een kap
- Rijtjeshuizen/eengezinswoningen
- Flats 4 of minder verdiepingen
- Flats meer dan 4 verdiepingen
- Etagewoning/maisonnette
- Etage/flats grachtenpand
- Herenhuis grachtenpand
- Zelfstandige bejaardenwoning
- Boerderij/tuinderij
- Studentenwoning/flat
- Woonboten
- Woonwagens
- Divers

Van deze typen worden Woonboten en Woonwagens in de praktijk niet gebruikt in Vesta. De typen die wel mee worden genomen worden ingelezen als eenheden van 100\*100 meter rasters (van Bemmel, 2015). Zoals in Figuur 4.2 is te zien wordt in elk raster vak een fictief verblijfsobject geplaatst wat een aantal woningen representeert.

**FIGUUR 4.2 – IMPRESSIE VAN INLEZEN NIEUWBOUW O.B.V. RASTERS (BRON: RIJKEN & VAN BEMMEL, 2015)**



#### 4.2.3.3 Bestaande Utiliteit

De classificaties voor utiliteitspanden zijn gelijk gesteld aan de gebruiksfuncties in de BAG (Kadaster, 2020). Deze zijn gebaseerd op het bouwbesluit uit 2012 (BZK, 2012).

- **Kantoor:** Gebruiksfunctie voor administratie.
- **Winkel:** Gebruiksfunctie voor het verhandelen van materialen, goederen of diensten.
- **Gezondheidszorg:** Gebruiksfunctie voor medisch onderzoek, verpleging, verzorging of behandeling.
- **Logies:** Gebruiksfunctie voor het bieden van recreatief verblijf of tijdelijk onderdak aan personen.
- **Onderwijs:** Gebruiksfunctie voor het geven van onderwijs.
- **Industrie\***: Gebruiksfunctie voor het bedrijfsmatig bewerken of opslaan van materialen en goederen, of voor agrarische doeleinden.
- **Bijeenkomst:** Gebruiksfunctie voor samenkomst van personen voor kunst, cultuur, godsdienst, communicatie, kinderopvang, verstrekking van consumpties voor gebruik te plaatse of aanschouwen van sport.
- **Sport:** Gebruiksfunctie voor het beoefenen van sport.
- **Overige:** Niet in de overige functies benoemde gebruiksfunctie voor activiteiten waarbij het verblijven van personen een ondergeschikte rol speelt.
- **Cel:** Gebruiksfunctie voor het dwangverblijf van personen (gevangenissen).

\* Verblijfsobjecten met industrie als (een van de) gebruiksfunctie(s) worden wel of niet meegenomen in een modelrun afhankelijk van de gebruikersinstellingen. Zie invoerparameter *IndustrieDoetMee* (5.5.1.2).

In de BAG kunnen verblijfsobjecten tot meerdere gebruiksfuncties behoren. Deze worden in dat geval toegedeeld aan een specifieke categorie, waarbij de categorie met het hoogste gemiddelde vloeroppervlak per verblijfsobject voorrang krijgt. Bij de BAG van 1 januari 2020 (Kadaster, 2020) is de volgorde van toekenning als volgt, op basis van het gemiddelde oppervlakte per verblijfsobject (vbo):

1. Cel (gemiddeld 8289 m<sup>2</sup> / vbo)
2. Onderwijs (gemiddeld 2308 m<sup>2</sup> / vbo)
3. Industrie (gemiddeld 1533 m<sup>2</sup> / vbo)
4. Sport (gemiddeld 1179 m<sup>2</sup> / vbo)
5. Kantoor (gemiddeld 909 m<sup>2</sup> / vbo)
6. Gezondheidszorg (gemiddeld 827 m<sup>2</sup> / vbo)
7. Bijeenkomst (gemiddeld 706 m<sup>2</sup> / vbo)
8. Winkel (gemiddeld 432 m<sup>2</sup> / vbo)
9. Logies (gemiddeld 139 m<sup>2</sup> / vbo)
10. Overige (gemiddeld 94 m<sup>2</sup> / vbo)

Voorbeeld: een verblijfsobject utiliteit met zowel een verbruksfunctie kantoor als een functie industrie, wordt ingedeeld als een verblijfsobject utiliteit met type industrie, omdat industrie gemiddeld een omvang van 1533 m<sup>2</sup> / vbo heeft, wat meer is dan kantoren met een gemiddelde omvang van 909 m<sup>2</sup> / vbo. Verblijfsobjecten die zowel een functie ‘wonen’ hebben als een utiliteitsfunctie worden altijd als woning ingedeeld. Een beperking van de classificering o.b.v. BAG-indeling is dat het hier toegestane gebruiksfuncties betreft. In de praktijk kunnen er andersoortige activiteiten op een locatie plaatsvinden dan op basis van de BAG-kenmerken zou worden verwacht. Indien er een andere instelling wordt gekozen voor een studiegebied of de parameter *IndustrieDoeMee* kunnen bovenstaande gemiddelden anders uitvallen.

#### 4.2.3.4 Nieuwbouw Utiliteit

Bij nieuw te bouwen utiliteitspanden wordt een onderscheid gemaakt in de volgende categorieën:

- Kantoor
- Winkel
- Verzorging / verpleging
- Onderwijs
- Horeca
- Overig

#### 4.2.3.5 Glastuinbouw

Glastuinbouw kan op drie manieren worden onderscheiden: Type product, verwarmd/onverwarmd en belicht/onbelicht. Op één glastuinbouwcomplex kunnen meerdere categorieën van toepassing zijn. In dat geval wordt het object opgesplitst in verschillende oppervlaktes qua areaal wat binnen de ene of andere categorie valt. Op het niveau van (verbruiks)kengetallen en labels kunnen de volgende categorieën worden onderscheiden:

- Groente verwarmd
- Groente onverwarmd
- Groente belicht
- Groente onbelicht
- Bloemen verwarmd
- Bloemen onverwarmd
- Bloemen belicht
- Bloemen onbelicht
- Overig verwarmd
- Overig onverwarmd
- Overig belicht
- Overig onbelicht

#### 4.2.4 Gebouwmaatregelen

Gebouwmaatregelen zijn een combinatie van een doellabel (beoogd minimum) voor de gebouwschil en/of een aanpassing van de aanwezige energie-installaties. De belangrijkste gebouwmaatregelen om energie te besparen zijn verbeteringen aan de schil van het gebouw met name gevel-, vloer- en dakisolatie en het vervangen van enkel of dubbel glas door HR++(+)glas. Wanneer dit soort maatregelen wordt genomen, kan een woning ‘springen’ naar een beter schillabel. Daarnaast kan er ook een andere warmteoptie dan de gasketel worden gekozen.

##### 4.2.4.1 Schillabels

Alle woningen en utiliteitsgebouwen hebben een energielabel in het basisjaar op basis van de energiekwaliteit. In Vesta MAIS wordt gewerkt met een schillabel. Het schillabel heeft hetzelfde idee als het energielabel, behalve dan dat er hiervoor alleen schilmaatregelen mee worden genomen en geen installatiemaatregelen, zoals een warmtepomp of zon-PV. Deze schillabels worden voor woningen afgeleid van de database van RVO waarin alle afgemelde energielabels zijn opgenomen. Indien een woning geen afgemeld schillabel heeft wordt deze aangemerkt als schillabel N (onbekend). Bij utiliteit wordt geen database met afgemelde schillabels ingelezen en krijgen alle utiliteitsgebouwen een geschat label toegekend op basis van het bouwjaar (B t/m G).

Mogelijke schillabels zijn:

- A+ (verzamelnaam voor label A en alle betere labels, zoals A+, A++, etc.)
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- N (onbekend)

Voor utiliteit kunnen doellabels B zijn of A+, wat overeenkomt met  $R_c = 3.5$  of  $R_c = 5.0$ . Voor woningen kunnen de schillabels D/C/B/A+ het doellabel zijn.

#### 4.2.4.2 Installaties

Sinds Vesta MAIS 5.0 is het mogelijk voor de modelgebruiker om zelf nieuwe installatie-typen voor lokale opwekking op te geven. De individuele installatie-opties die default, zonder eigen toevoeging van kentallen, in het model kunnen worden meegenomen zijn:

- Vr-ketel
- Hr-ketel
- Elektrische luchtwarmtepomp
- Elektrische bodemwarmtepomp
- Elektrische ventilatiewarmtepomp
- Pelletkachel
- Biomassa-ketel
- Infraroodpaneel
- Waterstofketel
- Elektrische weerstandsverwarming
- Micro warmte-kracht-koppeling
- Airconditioner
- Hybride warmtepomp (warmtepomp deel)
- Hybride warmtepomp (gasketel deel)

Merk op dat ventilatiesystemen niet als aparte installaties zijn gemodelleerd. Investeringskosten van ventilatie zijn onderdeel van het maatregelpakket naar Schillabel B of A+.

#### 4.2.5 Bouwjaren

##### 4.2.5.1 Bestaande Woningen

Voor bestaande woningen worden de bouwjaren gegroepeerd in 11 klassen. De klassegrenzen zijn gekozen op basis van trends in bouwnormen en bouwkwaliteit, waarbij woningen binnen een klasse veel overeenkomstige bouwkundige kenmerken hebben:

- Tot en met 1929
- Van 1930 t/m 1945
- Van 1946 t/m 1964
- Van 1965 t/m 1974
- Van 1975 t/m 1991
- Van 1992 t/m 1995
- Van 1996 t/m 1999
- Van 2000 t/m 2005
- Van 2006 t/m 2010
- Van 2011 t/m 2014
- Vanaf 2015

#### 4.2.5.2 Bestaande Utiliteit

Voor de bestaande utiliteit worden de bouwjaren gegroepeerd in vijf klassen:

- Voor 1920
- Van 1920 t/m 1974
- Van 1975 t/m 1989
- Van 1990 t/m 1995
- Vanaf 1996

#### 4.2.5.3 Nieuwbouw en Glastuinbouw

Voor de nieuwbouw en de glastuinbouw worden voor toekomstige panden generieke bouwjaarperioden van tien jaar aangehouden.

- Voor 1800
- Tussen 1800 en 1899
- Tussen 1900 en 1919
- Tussen 1920 en 1939
- Tussen 1940 en 1959
- Tussen 1960 en 1969
- Tussen 1970 en 1979
- Tussen 1980 en 1989
- Tussen 1990 en 1994
- Tussen 1995 en 1999
- Tussen 2000 en 2009
- Tussen 2010 en 2019
- Tussen 2020 en 2029
- Tussen 2030 en 2039
- Vanaf 2040

### 4.2.6 Energie

#### 4.2.6.1 Functionele vraag

De functionele vraag van een bebouwingsobject is de hoeveelheid energie die de gebouwgebruiker nuttig wenst te gebruiken. Bijvoorbeeld: een aangename binnentemperatuur, een gegeven volume aan warm water, en het gebruik van huishoudelijke apparaten. Als deze vraag wordt vertaald naar een hoeveelheid in gigajoule per jaar dan noemen we dit de functionele vraag. De functionele vraag wordt gescheiden in vijf categorieën:

- Ruimteverwarming (piek en basis)
- Tapwater (piek en basis)
- Koude (piek en basis)
- Ventilatie
- Apparatuur

Ruimteverwarming, tapwater en koude kunnen verder worden gesplitst in piek en basis, indien er op gebouwniveau meerdere installaties aanwezig zijn die elk in een deel van de vraag voorzien. Bijvoorbeeld bij een hybride warmtepomp waar de basislast voor ruimteverwarming wordt gedekt m.b.v. elektriciteit, en de pieklast wordt ingevuld met gas. Een ander voorbeeld is de inzet van elektrische boilers of doorstroomapparaten om een deel van de tapwatervraag elektrisch te voldoen in plaats van met inzet van gas.

Onder functionele vraag naar ventilatie wordt verstaan: de extra vraag naar elektriciteit voor ventilatiesystemen die voortkomt uit het toepassen van schilmaatregelen, bovenop de vaste vraag naar elektrische apparatuur in de uitgangssituatie van een gegeven type-bouwjaar categorie.

#### 4.2.6.2 Inputs

Per installatietype en geleverd functioneel product wordt in het invoerbestand data/Performance.csv opgegeven welk type input een apparaat gebruikt om het functionele product mee te produceren. Dit is altijd de primaire

input die door de eigenaar of gebruiker wordt ingekocht. Bijvoorbeeld bij warmtepompen is de primaire input hier elektriciteit omdat deze aan de meter wordt afgerekend, in plaats van omgevingswarmte welke groter kan zijn qua volume maar niet wordt afgerekend door de gebruiker. Voor de huidige voorkomende inputs zijn energieprijzen opgenomen in de invoerdata. Dit zijn:

- Elektriciteit
- Gas (aardgas of groengas)
- Waterstof
- Biomassa
- Pellets

#### 4.2.6.3 Emissies

Vesta MAIS kan als deel van de uitvoer berekenen welke luchtemissies er vrij komen in het energiesysteem van de gebouwde omgeving. De vijf typen emissies die worden berekend zijn:

- CO<sub>2</sub>
- NO<sub>x</sub>
- SO<sub>2</sub>
- VOS
- TS

Er worden emissiefactoren van deze stoffen ingevoerd voor elektriciteit, warmteproductie en gasverbruik en op die wijze kan op elk punt waar een van deze energiedragers wordt ingezet bepaald worden hoeveel van deze luchtemissies vrijkomt.

## 5. Invoerdata

GeoDmsGui: /Invoer

Wiki: /wiki/C.4-Invoer

Als een van de eerste stappen worden er vier verschillende verzamelingen van invoerdata ingelezen in het model: ruimtelijke data, gebouwinstallaties, kengetallen en energieprijzen. Daarna volgen de instellingen die een modelleur meegeeft aan het model voor het doorrekenen van een toekomstscenario. In het model zijn hiervoor twee plaatsen gereserveerd: de default instellingen en specifieke instellingen. Voorbeelden van ruimtelijke data zijn het Nederlandse gebouwenbestand van de gebouwde omgeving (de BAG), de grootte en plaatsing van glastuinbouwobjecten in Nederland (relevant voor warmtevraag), maar ook toekomstscenario's voor sloop en nieuwbouw van gebouwen tot en met 2050. Voor gebouwinstallaties worden inputbestanden ingelezen met informatie over apparaten, zoals kosten en performance. Hierbij hoort ook een lijst met mogelijke gebouwopties die kunnen worden toegepast. De kengetallen omvatten specifieke cijfers die nodig zijn ten behoeve van het matchen van de vraag naar en het aanbod van warmte, dan wel de kosten en baten, dan wel de emissies van schadelijke stoffen die daarmee gepaard gaan.

Voorbeelden van kengetallen zijn de vraag naar elektriciteit en warmte van verschillende typen gebouwen, maar ook bijvoorbeeld de kosten voor het uitkoppelen van restwarmte vanuit een elektriciteitscentrale. Weer andere kengetallen zijn bijvoorbeeld de leercurves die in het model zijn opgenomen om aannames te kunnen doen over de kostenontwikkeling van verschillende installatie- en infrastructuurcomponenten waaraan gerekend wordt in het model. Als laatste blok leest het model tevens alle benodigde energieprijzen in voor het uitvoeren van een doorrekening. Het gaat hierbij om prijzen voor zowel kleinverbruikers als grootverbruikers van onder andere aardgas en elektriciteit, maar ook om de commodity prijzen van verschillende energiedragers, zoals waterstof en biomassa of de schaduwprijs van CO<sub>2</sub>-emissies (ten behoeve van een doorrekening van het maatschappelijk effect van CO<sub>2</sub>-emissies). De investeringskengetallen zijn zoals de meeste kengetallen voorzien van een range met minimum- en maximumwaarde, en van een leercurve die aangeeft hoe het kengetal zich in de loop van de tijd ontwikkelt. De gebruiker kan in de modelinput kiezen op welk punt tussen minimum en maximum de investering wordt genomen, en in hoeverre de leercurve wordt gevolgd.

Naast het inlezen van de invoerdata leest het model tevens een aantal keuzes in. In het Vesta MAIS model is een selectie van een handzaam aantal parameters verzameld onder de plaatsen default instellingen en specifieke instellingen. Onder de default instellingen vindt men een breed scala aan instellingen. Het gaat om instellingen zoals beleidskeuzes over de vraag of men subsidies wil verlenen voor specifieke technologieën, met welk prijsscenario men de doorrekening wil uitvoeren of aannames aangaande de kostenontwikkelingen van installaties en infrastructuurcomponenten. Deze verzameling aan keuzes biedt het startpunt van een doorrekening, dat wil zeggen, de default instellingen bepalen de instellingen voor het startjaar van de doorrekening van een toekomstscenario. Los van deze parameters kan men alle uitgangspunten in het Vesta MAIS model naar eigen inzicht aanpassen; de default instellingen bieden enkel een verzamelplaats en hulpmiddel voor de modelleur om in één overzicht een groot aantal belangrijke keuzes te kunnen bekijken en aan te passen. Naast de default instellingen is er tevens een plaats gereserveerd voor het toevoegen van specifieke instellingen per zichtjaar. Op deze plaats kan men specifieke wijzigingen opgeven ten opzichte van de default instellingen die worden meegegeven aan het startjaar van een doorrekening. Het Vesta MAIS model werkt hierbij met een "overervingsprincipe", in de eerste plaats gelden de instellingen voor het startjaar tevens allen voor de opvolgende zichtjaren (standaard 2020, 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 en 2050), tenzij anders is opgegeven.

In dit hoofdstuk wordt alle invoer van het Vesta MAIS model nader besproken in dezelfde volgorde als hierboven. Dit is bovendien tevens dezelfde volgorde waarin het Vesta MAIS model alle data en instellingen inleest en verder meeneemt in de doorrekening.

Hierbij moet de modelleur zich realiseren dat de invoerdata van Vesta MAIS enkel een inschatting bieden van de werkelijke situatie. De databronnen voor Vesta MAIS worden voortdurend bijgewerkt. Echter, op lokaal niveau is het mogelijk dat er een niet adequate weerspiegeling van de werkelijke kosten, baten of technische (on)mogelijkheden is opgenomen omdat inzicht in lokale specifieke omstandigheden ontbreekt.

## 5.1 Ruimtelijke data

GeoDmsGui:	/Invoer/RuimtelijkeData
Wiki:	/wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

Een onderdeel van de invoer zijn de ruimtelijke data. Dit zijn data die gekoppeld zijn aan een bepaalde locatie of gebied.

### 5.1.1 BAG

GeoDmsGui:	/Invoer/RuimtelijkeData/BAG
Wiki:	/wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

In het Vesta MAIS model zijn gegevens van (nagenoeg alle individuele) bestaande woningen, utiliteitsgebouwen en glastuinbouwkassen in Nederland met hun locatie opgenomen. De woningen en utiliteitsgebouwen zijn gebaseerd op de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) van 1 januari 2020 en het Pand Hoogtebestand Nederland (PHN, 2018). Het BAG-bestand zoals gebruikt in Vesta MAIS maakt gebruik van het datamodel-object verblijfsobject (vbo) en pand. Het vbo-deel beschrijft onder andere de geografische ligging, verblijfsfunctie en oppervlakte. Het pand-deel beschrijft het bouwjaar en geeft het woningtype op basis van de geometrie van het gebouw. Het is mogelijk dat een gebouw uit meerdere vbo's bestaat, zo is bijvoorbeeld elk appartement in een appartementencomplex een individuele vbo. De BAG, zoals gebruikt in Vesta MAIS, geeft een overzicht van al deze vbo's in Nederland. De BAG wordt door elke gemeente gevuld met hun gegevens over adressen en gebouwen. De BAG wordt beheerd en landelijk ontsloten door het Kadaster<sup>1</sup>. Binnen Vesta MAIS wordt met name de ruimtelijke component van de BAG gebruikt voor de datamodel-objecten Pand (o.a. oppervlakte) en Verblijfsobject (o.a. functie).

Eén van de kenmerken die wordt meegegeven aan een vbo is de status die de desbetreffende vbo heeft. In de selectie die wordt gemaakt door Vesta MAIS wordt een selectie gemaakt van de vbo's met bepaalde statussen. Naast de status van een pand wordt ook een selectie gedaan op basis van oppervlakte. Zo worden vbo's met een woonfunctie die kleiner zijn dan 10 m<sup>2</sup> of groter dan 1,000 m<sup>2</sup> niet meegenomen. Voor vbo's met een utiliteitsfunctie worden oppervlaktes groter dan 160,000 m<sup>2</sup> niet meegenomen. Verder worden panden zonder vbo's, zoals schuren en garages, niet meegenomen binnen Vesta MAIS en worden vbo's met alleen een industriefunctie uitgesloten, omdat de industrie buiten de systeemgrenzen ligt van het Vesta MAIS model.

De BAG is een omvangrijke database en niet al deze data wordt gebruikt in Vesta MAIS. Dit is één van de redenen dat het PBL voor Vesta MAIS gebruik maakt van de BAG-tool, een instrument ontwikkeld door ObjectVision en de VU om de relevante gegevens voor Vesta MAIS en andere ruimtelijke modellen uit de centrale BAG-database te halen. Door de BAG-gegevens via de BAG-tool te combineren met de hoogte van het gebouw uit het PHN-bestand kan ieder gebouw worden ingedeeld in één van de woning- en utiliteitscategorieën. De geografische ligging van de glastuinbouwkassen is gebaseerd op de CBS landbouwtellingen per gemeente (CBS, 2017) in combinatie met het glastuinbouwbestand uit de WarmteAtlas (RVO, 2019).

### 5.1.2 Sloop en Nieuwbouw

GeoDmsGui:	/Invoer/RuimtelijkeData/Nieuwbouw en /Invoer/RuimtelijkeData/Sloop
Wiki:	/wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

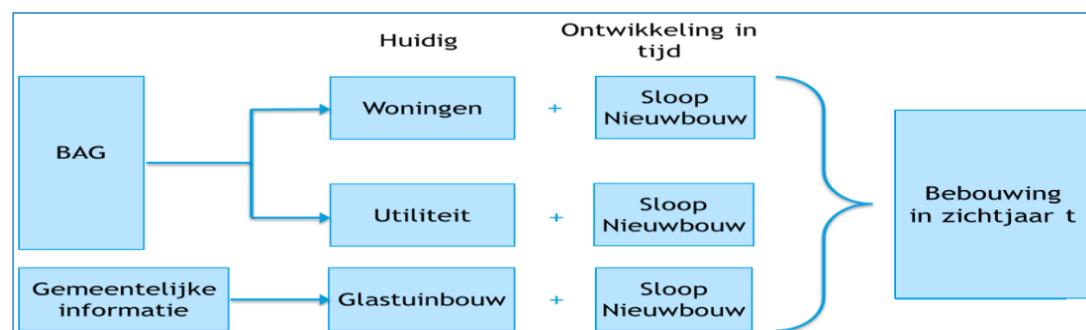
Voor de ruimtelijke ontwikkeling van de gebouwde omgeving binnen Nederland wordt in de berekeningen met Vesta MAIS voor de toekomstige jaren uitgegaan van de WLO-scenario's (CPB & PBL, 2015) waarbij invoerbestanden voor nieuwbouw en sloop vorm zijn gegeven in de Ruimtescanner (Rijken, B. & van Bemmel, B., 2015). Binnen deze scenario's wordt op basis van economische en demografische uitgangspunten de regionale ontwikkeling in COROP-gebieden van sloop en nieuwbouw van woningen en utiliteit opgesteld. Deze zijn op basis van heuristische regels verder gedetailleerd in specifieke locaties voor heel Nederland, met als doel de resultaten

<sup>1</sup> De BAG wordt verkregen via [INSPIRE Download Service van BAG - INSPIRE Adressen](#), zie ook [Kadaster Bag-overzicht](#)

nationaal dekkend te kunnen presenteren. Deze detaillering kan afwijken van de daadwerkelijk te verwachten regionale of lokale ontwikkeling op basis van recentere data en kwalitatief betere lokale data. De WLO-gegevens zijn niet bedoeld om te worden gebruikt voor een analyse op dit niveau. Indien het Vesta MAIS model lokaal of regionaal wordt toegepast dan wordt geadviseerd om de ruimtelijke ontwikkeling te bevriezen of gebruik te maken van informatie over de ruimtelijke ontwikkeling van lokale overheden, woningcorporaties en andere stakeholders.

Binnen het Vesta MAIS model worden bovenstaande gegevens gecombineerd om een beeld te geven van de bebouwing in verschillende zichtjaren. Hierbij gaat het erom hoe de totale gebouwvoorraad van woningen, utiliteit en glastuinbouw is verdeeld over Nederland. Dit is een resultante van de berekening die wordt weergegeven in Figuur 5.1, waarbij de bebouwing in een toekomstig zichtjaar vastgesteld wordt door de sloop en nieuwbouw mee te nemen ten opzichte van de bebouwing in het zichtjaar ervoor. In het geval van het Startjaar worden nog geen bewerkingen gedaan voor nieuwbouw en sloop. Na ieder zichtjaar wordt de status van bebouwingsobjecten meegenomen naar een volgend zichtjaar.

**FIGUUR 5.1 – SCHEMATISCHE OPBOUW VAN DE BEBOUWING IN ZICHTJAAR t (BRON: CE DELFT)**



Het is mogelijk om extra beslisregels toe te voegen waarmee bijvoorbeeld slechts een deel van de bebouwing wordt meegenomen in de berekeningen. Zo kan bijvoorbeeld een run worden opgesteld met of zonder glastuinbouw, zie 6.6.5.4. Er zijn ook meerdere scenario's voor nieuwbouw te gebruiken. Voor woningen zijn de aantallen nieuw te bouwen objecten per scenario gegeven in Tabel 5.1 en 5.2. Hierbij is ook nieuwbouw voor de periode 2010-2020. Het is aan te raden voor deze periode de nieuwbouw-toepassing in de parameters voor scenario-opbouw uit te schakelen omdat in de praktijk deze periode al is verstreken.

**TABEL 5.1 – NIEUWBOUW WONINGEN SCENARIO WLO HOOG-CONCENTRATIE (BRON: RIJKEN & VAN BEMMEL, 2015)**

Geomarktprofieltype	2010 - 2020	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Onbekend	20,503	19,200	14,106	13,891
Vrijstaand	120,707	113,459	77,493	78,760
Twee onder een kap	122,187	112,540	78,628	76,277
Rijtjeshuis	421,062	379,065	270,197	254,630
Flats t/m 4 verdiep.	114,769	102,641	74,458	70,122
Flats > 4 verdiep.	58,309	54,543	39,607	38,803
Etagewoning	62,932	57,217	41,851	39,948
Appartement	6,504	5,994	4,394	4,230
Herenhuis	15,538	13,965	10,193	9,685
Bejaardenwoning	28,355	26,957	19,209	18,910
Boerderij	12,018	11,826	8,254	8,956
Studentenwoning	5,537	5,942	4,135	4,683
Diversen	31,548	28,750	20,372	19,551
TOTAAL	1,019,969	932,099	662,897	638,446

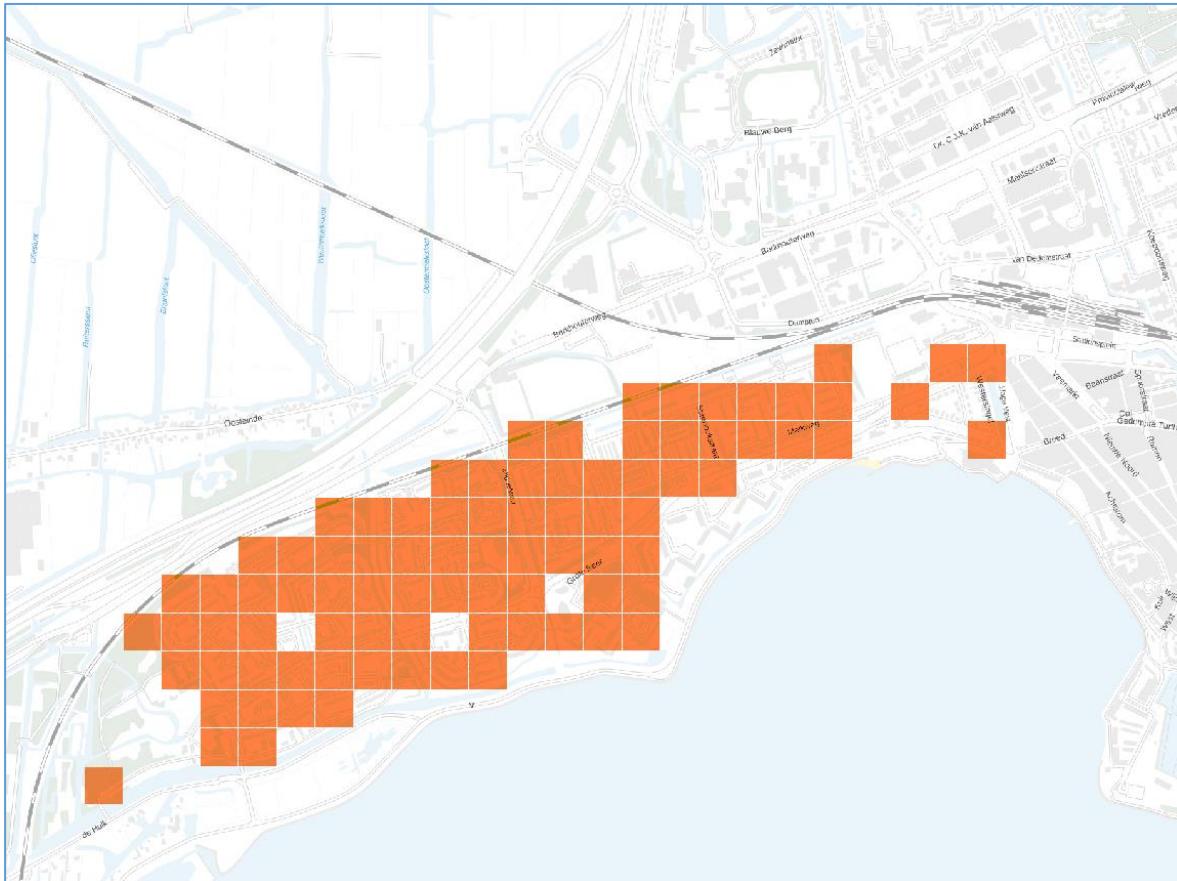
**TABEL 5.2 – NIEUWBOUW WONINGEN SCENARIO WLO LAAG-SPREIDING (BRON: RIJKEN & VAN BEMMEL, 2015)**

Geomarktprofieltype	2010 - 2020	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Onbekend	10,563	8,132	4,269	4,104
Vrijstaand	79,970	59,125	21,275	24,996

Twee onder een kap	61,642	47,707	21,200	22,261
Rijtjeshuis	191,168	155,444	79,833	76,258
Flats t/m 4 verdiep.	54,280	43,697	24,664	21,475
Flats > 4 verdiep.	29,750	22,846	13,457	11,202
Etagewoning	31,461	24,346	13,891	11,991
Appartement	3,344	2,537	1,475	1,250
Herenhuis	7,707	6,048	3,218	2,982
Bejaardenwoning	14,381	10,955	6,123	5,278
Boerderij	10,222	7,419	2,536	3,122
Studentenwoning	3,148	2,408	1,338	1,125
Diversen	15,931	12,431	6,155	5,881
<b>TOTAAL</b>	<b>513,567</b>	<b>403,095</b>	<b>199,434</b>	<b>191,925</b>

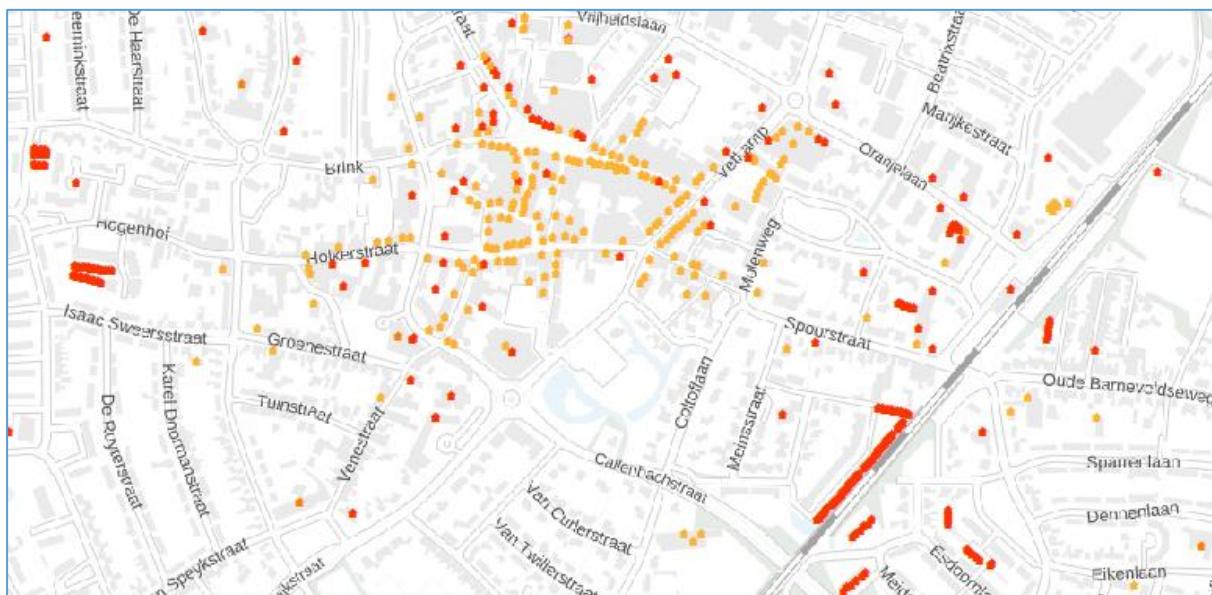
Voor elke 100\*100 meter cel is opgegeven hoeveel woningen per type er in elke periode worden bijgebouwd. Voor sloop is een andere methode gehanteerd. Daarvoor zijn gridcellen aangegeven waarin alle bestaande woningen van een specifiek type in een gegeven periode worden verwijderd.

**FIGUUR 5.2 – IMPRESSIE VAN SLOOPLOCATIES IN INVOERBESTANDEN SCENARIO WLO LAAG-SPREIDING; IN ORANJE RASTERCELLEN WORDEN BESTAANDE WONINGEN VAN EEN GEGEVEN TYPE IN EEN GEGEVEN ZICHTJAAR VERWIJDERD (BRON: RIJKEN & VAN BEMMEL, 2015)**



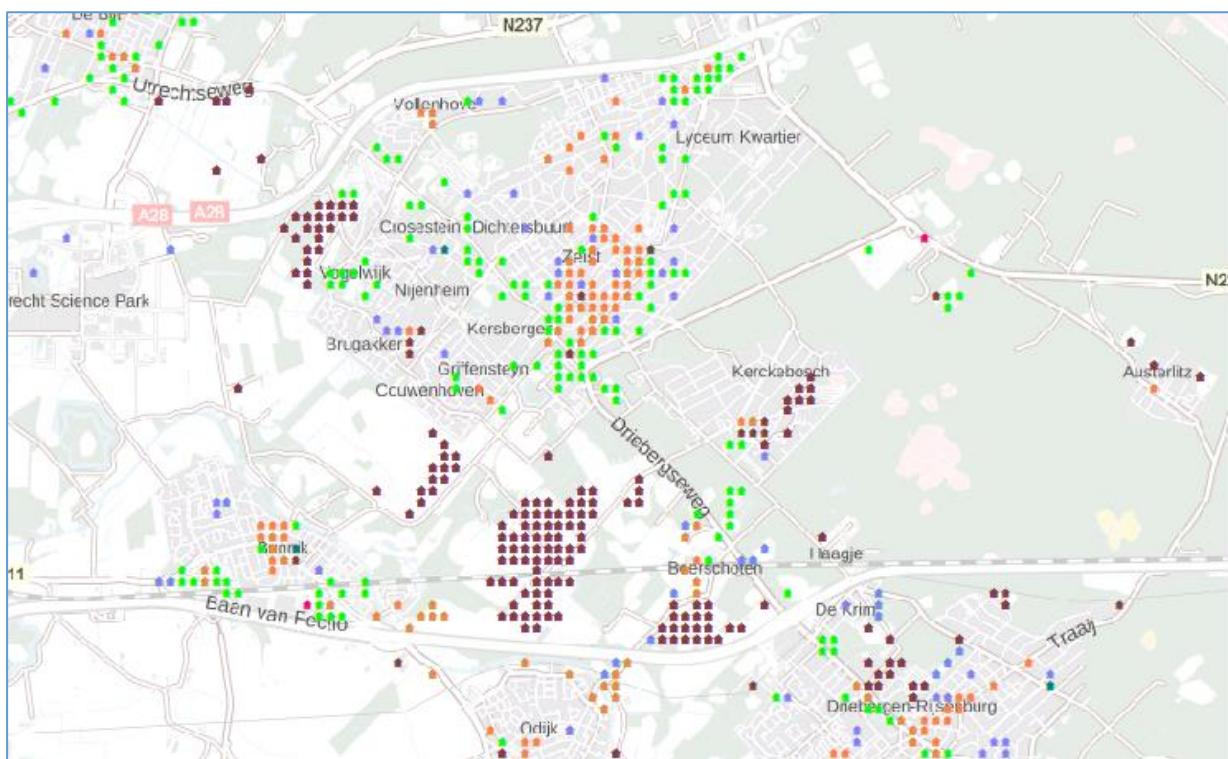
In de utiliteitsbouw wordt er onderscheid gemaakt tussen uitbreiding, inbreidung en sloop (Folkert & van den Wijngaart 2012) om de ruimtelijke ontwikkeling aan te geven. Voor sloop zijn per 100\*100 meter cel percentages opgegeven waarmee het oppervlak van een bepaald type utiliteit wordt verondersteld te krimpen in een gegeven periode. Hierbij worden dezelfde periodes aangehouden als bij woningen. Deze percentages worden vertaald naar de utiliteitsgebouwen van het desbetreffende type die zich in dat gebied bevinden. In onderstaande voorbeeld zijn de utiliteitsobjecten rood indien er geen correctie op het oppervlak plaatsvindt, bij de oranje objecten wordt het oppervlakte van het utiliteitsobject met het opgegeven percentage naar beneden gecorrigeerd (in dit voorbeeld, 4% in scenario WLO Laag-Spreiding).

**FIGUUR 5.3 – IMPRESSIE VAN SLOOPLOCATIES IN INVOERBESTANDEN SCENARIO WLO LAAG-SPREIDING; IN ORANJE OBJECTEN WORDEN BESTAANDE UTILITEITSPANDEN VAN EEN GEGEVEN TYPE IN EEN GEGEVEN ZICHTJAAR INGEKROMPEN MET HET OPGEGEVEN PERCENTAGE (BRON: RIJKEN & VAN BEMMEL, 2015)**



Figuur 5.4 hieronder toont een voorbeeld van het invoerbestand voor nieuwbouw utiliteit. Hierin wordt in een select aantal 100\*100 meter cellen een aantal vierkante meters opgegeven. Dit kunnen dezelfde locaties zijn waar sloop plaatsvindt. In deze bewerking zijn inbreidung en uitbreidung met elkaar gecombineerd.

**FIGUUR 5.4 – IMPRESSIE VAN NIEUWBOUWLLOCATIES IN INVOERBESTANDEN SCENARIO WLO LAAG-SPREIDING; OP DE GETOONDE PUNTLOCATIES WORDT VAN EEN GEGEVEN TYPE IN EEN GEGEVEN ZICHTJAAR EEN AANTAL VIERKANTE METERS UTILITEIT BIJGEOUWD. GROEN = KANTOREN, ORANJE = WINKELS, BLAUW = ONDERWIJS, BRUIN = OVERIGE. (BRON: RIJKEN & VAN BEMMEL, 2015)**



### 5.1.3 Glastuinbouw

GeoDmsGui: /Invoer/RuimtelijkeData/GlasTuinBouw

Wiki: /wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

De huidige omvang van glastuinbouw wordt ontleend aan de Landbouwtelling uit 2017 voor glastuinbouw per gemeente (CBS). Dit wordt onderscheiden in de types bloemen, groente en overig (i.e. "blijvende teelt"). De input is gegeven in m<sup>2</sup> oppervlak, en verdeeld naar de categorieën. Voor de indeling van deze klassen zie 4.2.3.5. De indeling is niet disjunct omdat de eerste zes categorieën volledig de laatste zes categorieën overlappen. De reden is dat geen nauwkeurige statistiek kon worden gevonden over combinaties van (on)verwarmd en (on)belicht. In het model wordt hier pragmatisch mee om gegaan door aan de categorieën (on)verwarmd wel een warmtevraag toe te kennen en geen elektriciteitsvraag en aan de categorieën (on)belicht geen warmtevraag toe te kennen en wel een elektriciteitsvraag. Een uitgebreidere beschrijving is gegeven in het functioneel ontwerp 3.0 (CE Delft, 2017). In de functionaliteit van het model wordt de glastuinbouw volgens dezelfde bouwjaarklassen verdeeld als de utiliteitsbouw. Omdat de energievraaggegevens van glastuinbouw die differentiatie echter momenteel nog niet kennen, wordt alle bestaande glastuinbouw aan de categorie "bouwjaar onbekend" toegedeeld.

### 5.1.4 Energielabels

GeoDmsGui: /Invoer/RuimtelijkeData/Energielabel

Wiki: /wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

Elk gebouwobject krijgt een schillabel mee. Deze schillabels zijn gebaseerd op het werkelijke — door RVO gecertificeerde — energielabel van een verblijfsobject en zijn opgenomen in de database van het Vesta MAIS model. De label van verblijfsobjecten zonder RVO gecertificeerd label wordt (behalve bij bestaande woningen) ingeschat op basis van het gebouwtype en de bouwjaarklasse. Het schillabel verschilt van het energielabel in het feit dat er hiervoor alleen schilmaatregelen mee worden genomen en geen installatiemaatregelen, zoals een warmtepomp of zon-PV. In Vesta MAIS worden de energielabels van RVO geïnterpreteerd als schillabels. Uit analyse van data van het CBS blijkt dat dit geen groot verschil oplevert (van den Wijngaart, 2020). Het verschil in de toekomst tussen schillabel en energielabel kan wel toenemen naarmate er meer zon-PV en overige installaties zoals warmtepompen worden geïnstalleerd.

### 5.1.5 Warmtebronnen

GeoDmsGui: /Invoer/RuimtelijkeData/Energielabel

Wiki: /wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

Er zijn verschillende warmtebronnen die kunnen worden meegenomen binnen het Vesta MAIS model. Hieronder wordt per type warmtebron binnen Vesta een korte toelichting gegeven op de onderbouwing van deze warmtebronnen.

#### 5.1.5.1 Aquathermiecontour

Naast puntbronnen worden WKO-systeem meegenomen, waarbij ook de combinatie van WKO met aquathermie op basis van oppervlaktewater wordt meegenomen in de analyses. Voor zowel WKO als oppervlaktewater is een zogeheten contour opgenomen in het Vesta MAIS model. Deze contour geeft door middel van vlakken de locaties binnen Nederland aan waar de ondergrond geschikt is voor WKO (bijvoorbeeld niet in drinkwatergebieden) of waar oppervlaktewater beschikbaar is voor aquathermie (bijvoorbeeld rivieren). Hiervoor is dus geen exact x/y-coördinaat bekend zoals voor de puntbronnen maar deze contouren bestaan uit ruimtelijke vlakken die de potentie voor Nederland weergeven, zie Figuur 5.5. Het is hierbij nog niet zeker of het water ook kan worden gewonnen, dit kan namelijk worden beïnvloed door verschillende andere factoren. Kleine wateren (klein debiet en volume, zoals greppels, sloten, drooggallende beken, e.d.) zijn uitgesloten omdat het potentieel voor energiewinning hierin zeer klein is. Voor de onderbouwing van deze contour is gebruik gemaakt van diverse bronnen. Dit is een combinatie van de WarmteAtlas (<https://rvo.b3p.nl/viewer/app/WarmteAtlas/v2>), Oppervlaktewater TOP10NL kaart van het Kadaster, Watertypekaart 2009. En:

(<https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/api/records/c36c462c-fd18-492a-bb03-0c97eba06803>), Bodemgeschiktheid voor open bodemenergiesystemen NHI 2.1 en IF Technology (Energie uit oppervlaktewater).

**FIGUUR 5.5 – POTENTIEELKAART ENERGIE UIT OPPERVLAKTEWATER. BLAUW GEEFT HET OPPERVLAKTEWATER DAT IN POTENTIE GESCHIKT IS VOOR ONTTREKKING VAN THERMISCHE ENERGIE**



#### 5.1.5.2 LT-puntbronnen

Voor de aanbodzijde zijn er diverse bronnen die LT-warmte kunnen leveren en die als voeding gebruikt kan worden voor een warmtenet met LT-bron. In het Vesta MAIS model worden nu de volgende LT-warmtebronnen meegegenomen:

- middelgrote industrie (bedrijventerreinen)
- rioolwaterzuiveringsinstallaties
- koel- en vrieshuizen
- industriële bakkerijen
- industriële wasserijen
- diervoederbedrijven
- levensmiddelenindustrie
- slachthuizen
- datacenters
- kunstijsbanen
- supermarkt

Dit zijn allemaal zogeheten puntbronnen voor LT-warmte. Ze hebben namelijk een bepaalde locatie (punt) in Nederland van waaruit ze eventueel LT-warmte kunnen leveren aan een warmtenet.

**TABEL 5.3 – OVERZICHT VAN AANTALLEN LT-PUNTBRONNEN EN CAPACITEIT PER BRONTYPE**

Type warmtebron	Aantal bronnen in invoerbestand	Gezamenlijke capaciteit in MWth
Supermarkt	2959	133
RWZI	355	3950
Koel- en vrieshuizen	116	205
Bakkerij	114	6
Wasserij	38	78
IT-dienstverlening	47	103
Voedingsmiddelenindustrie	134	74
Slachthuis	754	2343
Datacenter	253	3218
Ijsbaan	1	0
Gemaal (Warmte)	324	3478
Gemaal (Koude)	0	0
Glastuinbouw	1	14
Industrie	0	0
WKO	0	0
Zwembad	0	0
Totaal	5096	13603

### 5.1.5.3 MT-puntbronnen

Dit zijn bronnen met een vaste locatie binnen Nederland met een mogelijk warmte-overschot (bijvoorbeeld restwarmte) of die warmte extra kunnen produceren (bijvoorbeeld aftapwarmte bij elektriciteitscentrales). De basis voor de invoerbestanden voor MT-warmtebronnen is de WarmteAtlas van RVO (<https://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>). Deze bevatten de locaties van een zeer groot aantal warmtebronnen en waar mogelijk een inschatting van het thermische inputvermogen. Waar gegevens bekend zijn over dit inputvermogen wordt een correctie toegepast naar outputvermogen. Dit omdat de beschikbare warmte afhankelijk is van de outputwarmte en niet van de input. Daarnaast worden er regelmatig aanvullingen gedaan op dit bestand, waarbij de meest recente in februari 2020 heeft plaatsgevonden. In het kader van de Leidraad Aardgasvrije Wijken hebben enkele gemeentes toen namelijk aanvullende informatie aangeleverd over mogelijkheden van puntbronnen.

Voor de ingevoerde bronnen wordt zoveel mogelijk opgegeven wat de beschikbare capaciteit is. In de vorige modelversies was een inschatting gemaakt van de capaciteit en locatie van de warmtebronnen o.b.v. nationale databestanden (RVO, 2020b). Deze informatie is in januari 2020 verrijkt doordat gemeenten meer informatie over de verschillende warmtebronnen hebben aangeleverd. Het is denkbaar dat overige potentieel interessante restwarmtebronnen momenteel nog buiten het zicht van het model vallen of dat de informatie over de warmtebronnen die wel opgenomen zijn onvolledig is. Tenzij anders bekend wordt van alle ingevoerde bronnen de aanname gedaan dat deze warmtebronnen kunnen worden ingezet voor een warmtenet in de gebouwde omgeving. Per bron kan worden opgegeven wat de status van de bron is. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden tussen:

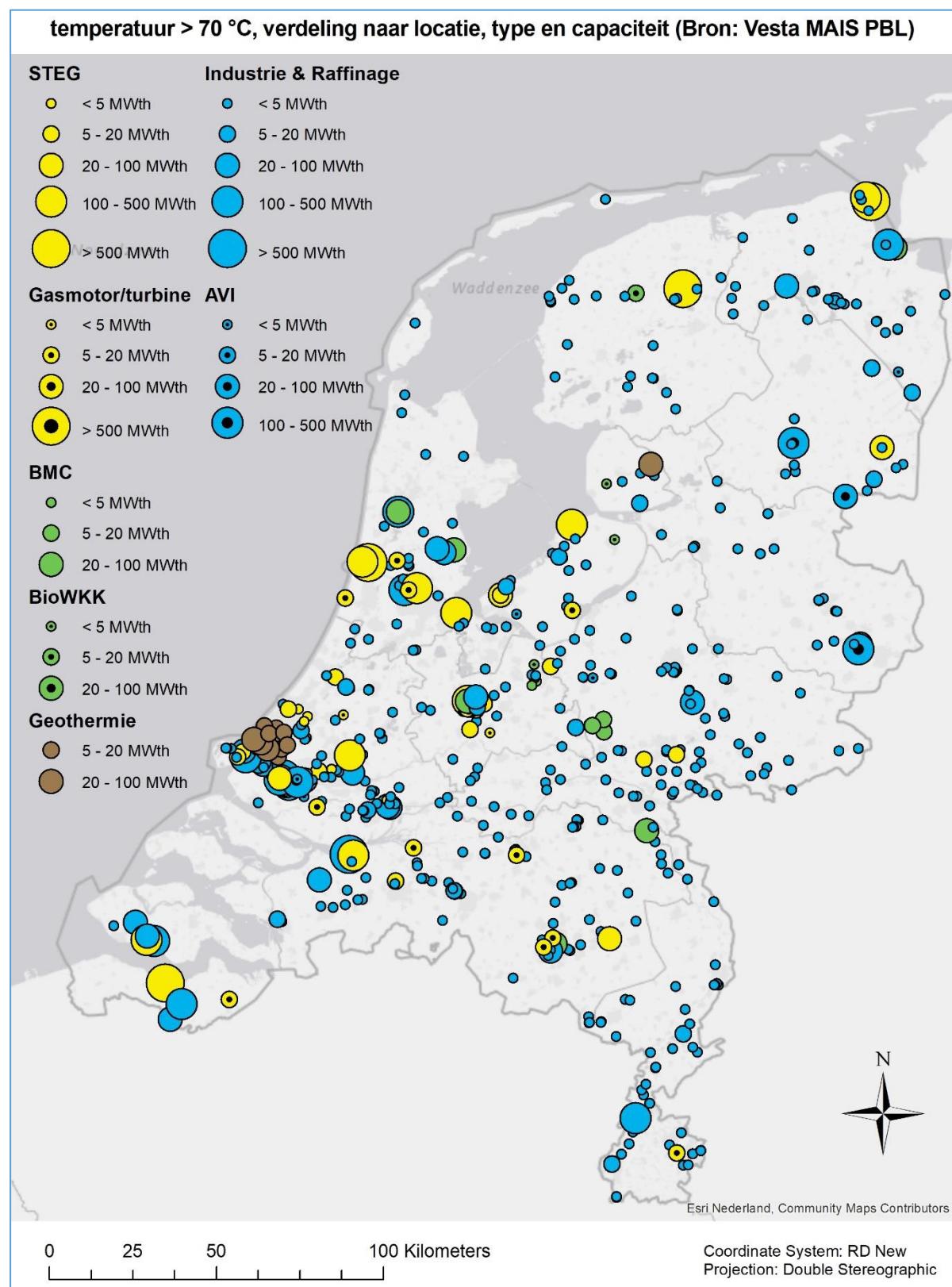
- Optie A: nieuw aan te leggen bron, zal vanaf 2030 beschikbaar zijn
- Optie B: bron is nu al beschikbaar en zal ook na 2030 beschikbaar blijven
- Optie C: bron is nu al beschikbaar maar zal na 2030 niet meer beschikbaar zijn

Figuur 5.6 geeft een indruk van het huidige bronnenbestand voor het jaar 2019. Daarbij zijn de bronnen opgedeeld in categorieën en wordt een indicatie gegeven van het vermogen en de locaties. Tabel 5.4 geeft aan hoeveel bronnen er van elk type in totaal in het bestand zijn opgenomen inclusief de opgetelde capaciteit per categorie.

**TABEL 5.4 – OVERZICHT VAN AANTALLEN MT-PUNTBRONNEN EN CAPACITEIT PER BRONTYPE**

Type warmtebron	Aantal bronnen in invoerbestand	Gezamenlijke capaciteit in MWth
STEG	37	6089
Gasmotor	4	18
Gasturbine	8	839
Industrie	519	3956
Raffinaderij	9	845
AVI	20	1024
BMC	19	275
Geothermie	17	332
Hulpketel	4	182
Bio-WKK	5	52
Nucleair	0	0
<i>Totaal</i>	<i>642</i>	<i>13612</i>

**FIGUUR 5.6 – POTENTIËLE MT-WARMTEBRONNEN IN NEDERLAND**

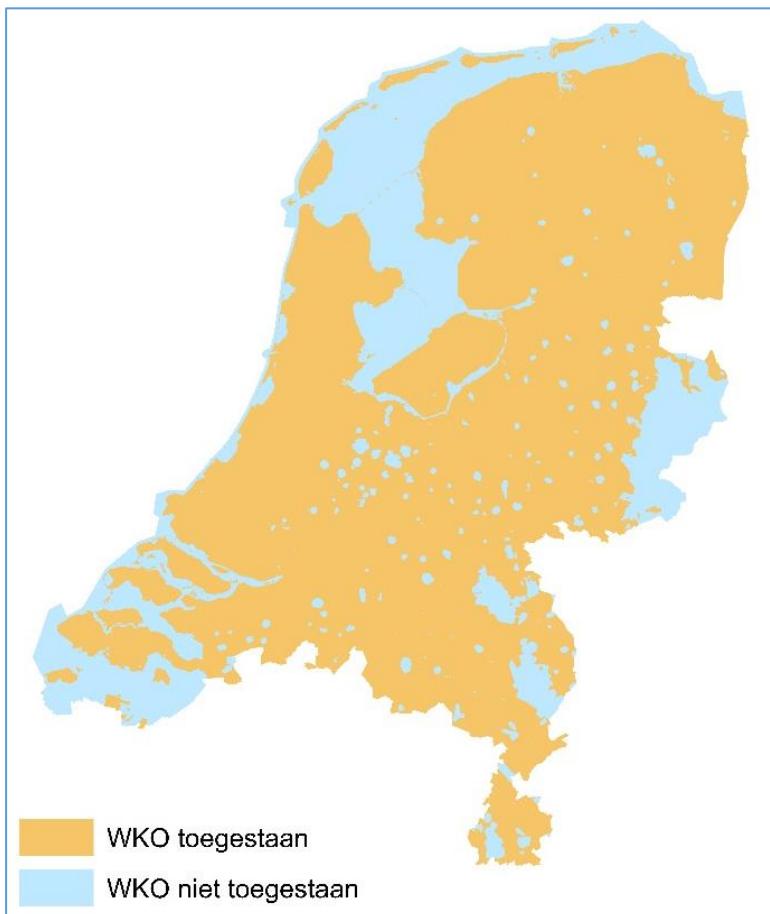


#### 5.1.5.4 WKO-contour

Deze contour geeft aan waar het mogelijk is om nieuwe WKO-installaties te realiseren, waarbij rekening wordt gehouden met de geschiktheid van de ondergrond voor WKO. Heel Nederland wordt opgedeeld in WEL of NIET geschikt. Er wordt geen onderscheid gemaakt in gradaties of kwaliteit van de eventuele installatie. WKO wordt benaderd vanuit een ja-tenzij-principe. Er wordt aangenomen dat overal in Nederland WKO toegepast kan worden,

tenzij bekend is dat er een fysieke of juridische reden is dat het aanleggen van een WKO-systeem onmogelijk maakt. Dit kunnen bijvoorbeeld gebieden zijn waar drinkwater wordt gewonnen. Voor WKO wordt geen rekening gehouden met de capaciteit van de bodem. Hierbij worden alle gebieden meegenomen waar in de open WarmteAtlas (<https://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>) enig potentieel is aangegeven, waarbij grondwaterbeschermingsgebieden zijn “geknipt” uit de ontstane contour.

**FIGUUR 5.7 – OVERZIJK VAN NEDERLAND WAAR WARMTE-KOODE OPSLAG WEL / NIET TOEGEPAST KAN WORDEN**

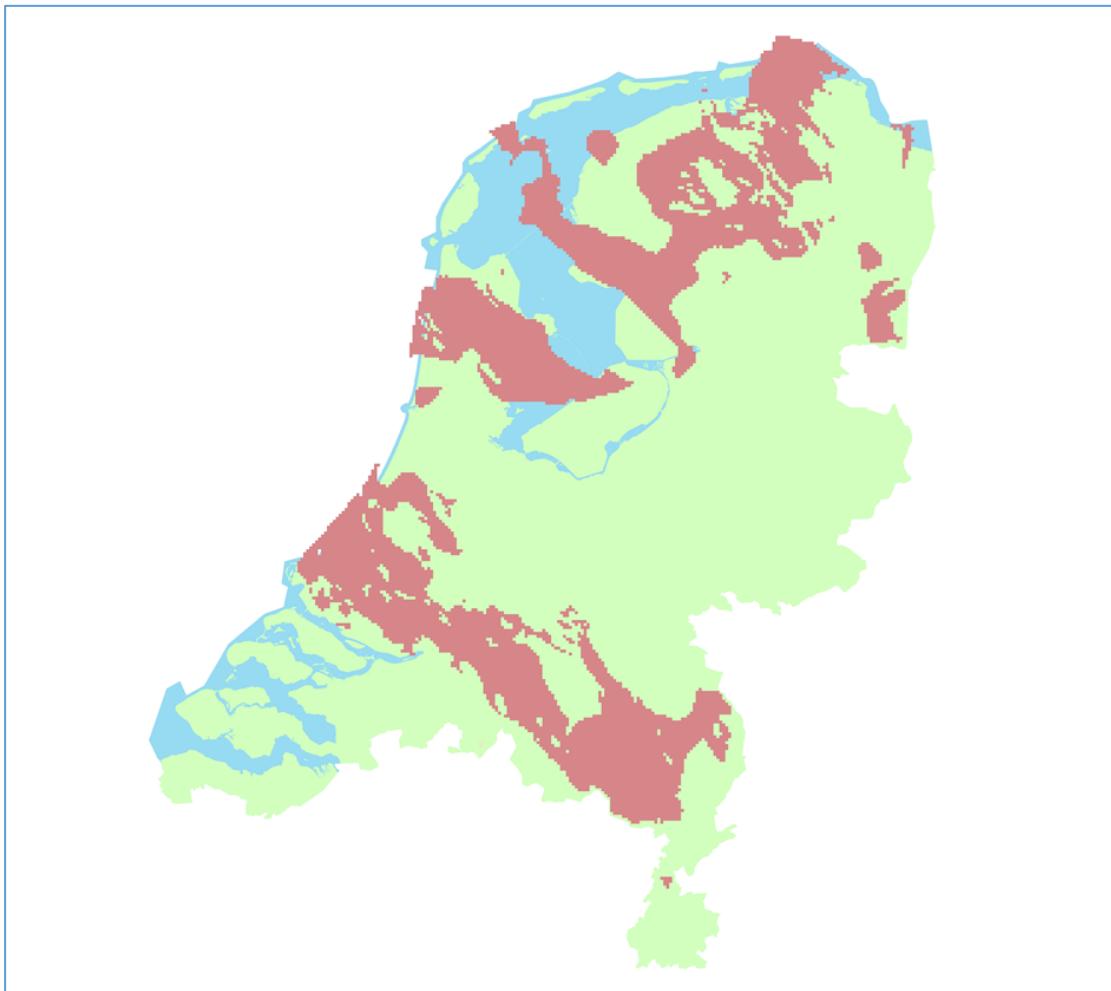


#### 5.1.5.5 Geothermiecontour

Deze contour beschrijft in welke gebieden in Nederland er sterke indicaties zijn dat er in theorie een geothermiebron kan worden gerealiseerd. Buiten deze kansrijke gebieden is dat niet het geval, of is er onvoldoende data beschikbaar op dit moment om dat vast te kunnen stellen. De primaire bron van de geothermiecontour is ThermoGIS v2.1 en de data is opgehaald in maart 2019 (<https://www.thermogis.nl/mapviewer>). Deze contour beschrijft de kaartlaag “Technisch Potentieel” en is geclassificeerd op basis van het aantal theoretisch winbare MW thermisch. De keuze is gemaakt om alle gebieden met een goede indicatie van meer dan 5 MWh aan te merken als kansrijke gebieden. Deze gebieden zijn op de kaart bruin gekleurd. In andere gebieden is ofwel te weinig data beschikbaar ofwel is er uit de beschikbare data niet naar voren gekomen dat er aan dit minimumpotentieel wordt voldaan. In deze contour zijn niet alle mogelijk geschikte lagen voor aardwarmte uit de Nederlandse ondergrond opgenomen, omdat niet van alle lagen voldoende informatie beschikbaar is om een potentiekaart te maken. Ook is nog geen rekening gehouden met gebieden waar in de komende tijd meer informatie beschikbaar kan komen vanuit het SCAN-project.

Voor zover bekend wordt de staat van de ondergrond uitgedrukt in geothermische potentiekaarten van Nederland (TNO, 2020). Deze geothermische potentiekaarten geven aan in welke gebieden er sterke indicaties zijn dat er in theorie een geothermiebron gerealiseerd kan worden. In figuur 5.8 wordt de kaart voor Nederland gepresenteerd zoals deze is gebruikt voor de SA-2020. De rode vlakken op deze kaart geven de kansrijke gebieden weer. Voor het niet-rode gebied kan het zijn dat het gebied daadwerkelijk minder kansrijk is of er is op dit moment niet voldoende informatie beschikbaar om dit vast te kunnen stellen.

**FIGUUR 5.8 – THEORETISCHE POTENTIEGEBIEDEN VOOR GEOTHERMIE. ROOD GEEFT HET GEBIED DAT IN POTENTIE GESCHIKT IS VOOR ONTTREKKING VAN WARMTE**



Ongeacht de positie van een gebied op de potentiekaarten vereist een definitief oordeel over de werkelijke bodemgeschiktheid altijd nader onderzoek. Er zijn momenteel op landelijk niveau onvoldoende gegevens over bodemgeschiktheid beschikbaar om zonder meer vast te kunnen stellen in hoeverre geothermie haalbaar is.

### 5.1.6 Buislengte

Het buislengtebestand geeft een schatting van de totale lengte van de aansluit- en distributieleiding per buurt voor warmtenetten. Dit is afgeleid uit een rekenmodel (Greenvis, 2020). Het Greenvis model berekent de lengte van een warmtenet voor een cluster van panden, bijv. een CBS buurt. Het model berekent, met behulp van OpenStreetMap (OSM) gegevens over het stratenennetwerk, de lengte van alle individuele aansluiteidingen vanaf de gevel tot de middellijn van de straat. De lengtes van alle aansluiteidingen bij elkaar opgeteld bepaalt de totale aansluitlengte van het cluster. De coördinaten van de aansluiteidingen in de straat worden als input gebruikt voor het berekenen van de distributieleiding. Hier wordt een “minimum spanning tree” algoritme voor gebruikt. Het algoritme dat hiervoor gebruikt wordt is het Kruskal algoritme. Het Kruskal algoritme verbindt alle aanwezige coördinaten met lijnen, beginnend bij de kortste afstand tussen twee coördinaten en vervolgens de één na kortste, etc. Het resultaat is de “minimum spanning tree”, de totale lengte hiervan is gelijk aan de totale distributielengte. Hierbij is gebruik gemaakt van de panden uit het Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) peildatum 2020-01-01 aangeleverd door PBL. Daarbij is alleen de aansluitlengte van panden in categorie 0 en 2 bepaald (0 = Wonen, 2 = Utiliteit excl. industrie). Dat zijn in totaal ~ 6 miljoen panden in Nederland.

De panden die geselecteerd zijn met bovenstaand criterium worden aangesloten op het OSM-stratennetwerk als deze binnen een straal van 500m van het pand liggen. De aansluiteiding met de “beste” keuze (keuze 1) en de kortste lengte wordt gekozen:

- Keuze 1: wegen waarvan de straatnaam overeenkomt met het adres van het pand, en voorkomt in “ranking 0”\* van het OSM-stratennetwerk
- Keuze 2: wegen waarvan de straatnaam overeenkomt met het adres van het pand, en voorkomt in “ranking 1”\* van het OSM-stratennetwerk
- Keuze 3: Wegen waarvan de straatnaam niet overeenkomt met het adres van het pand en voorkomt in “ranking 0”\* van het OSM-stratennetwerk
- Keuze 4: Wegen waarvan de straatnaam niet overeenkomt met het adres van het pand en voorkomt in “ranking 1”\* van het OSM-stratennetwerk. Of wegen waarvan de straatnaam overeenkomt met het adres van het pand, en voorkomt in “ranking 2” van het OSM-stratennetwerk.
- Keuze 5: Wegen waarvan de straatnaam niet overeenkomt met het adres van het pand en voorkomt in “ranking 2”\* van het OSM-stratennetwerk
- Keuze 6: Wordt gekozen als geen van de overige keuzes is gemaakt.

\* Deze rankings geven het type straat of weg, zoals die zijn gelabeld in de OpenStreetMap:

- |            |   |
|------------|---|
| ranking 0: | 'living_street', 'residential', 'unclassified', 'tertiary' of 'tertiary_link'                     |
| ranking 1: | 'aser', 'construction', 'cycleway', 'footway', 'pedestrian', 'road', 'service', 'track' of 'path' |
| ranking 2: | 'secondary' of 'secondary_link'   |

Omdat een realistisch tracé van een warmtenet erg buurt-specifiek is, wijkt de berekende lengte in het model soms af van de lengte die een realistisch warmtenet zou hebben. De aansluitlengte wordt vaak overschat doordat het model parallelle aansluiteidingen niet bundelt tot één leiding. Dit effect treedt op als huisblokken haaks of aan het einde van een straat staan. Ditzelfde effect zorgt ook voor een onderschatting van de lengte van de distributieleidingen. Ook kan het script zorgen voor een onderschatting van de lengte van de distributieleidingen als leidingen door panden worden getekend. Dit effect is zeer klein in wijken met veel bebouwing, maar zal naar verwachting groter zijn in wijken met uitsluitend grote flats. Echter blijkt dat over het totaal deze onderschatting klein blijft (Greenvis, 2020). En “telt” de overschatting van de aansluiteidingen “harder”. Uit een aantal tests van Greenvis blijkt dat de totale buislengte (aansluiteidingen + distributieleidingen) die met het script is berekend in een ongunstig geval, ongeveer 10% langer is t.o.v. een handmatig getekend warmtenet.

**FIGUUR 5.9 – VOORBEELDRUITSTAAT GREENVIS LEIDINGNET MODEL. ROOD GEEFT DE DISTRIBUTIELEIDINGEN. BLAUW GEEFT DE AANSLUITLEIDINGEN.**



### 5.1.7 Infrastructuur

GeoDmsGui: /Invoer/RuimtelijkeData/Infra

Wiki: /wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

Informatie over het huidige gas- en elektriciteitsnet worden aangeleverd door netbeheerders.

De gegevens die zijn aangeleverd, worden beschreven in 5.5:

**TABEL 5.5 – GEBRUIKTE GEGEVENS NETBEHEERDERS OMTRENT GAS- EN ELEKTRICITEITSNETTEN (BRON: REGIONALE NETBEHEERDERS)**

Gegevenstype op CBS-buurtniveau	Variabelenaam	Eenheid
Aantal gasaansluitingen	aant <sub>Gaansl</sub>	Aantal
Lengte LD-gasnet	lengte <sub>LDnet</sub>	Meter
Aandeel van aansluitingen dat momenteel al 3x25 of groter is	fractie <sub>3x25aansl</sub>	Aandeel
Huidige opgestelde capaciteit aan MS-ruimtes	capaciteit <sub>buurt</sub>	Kilowatt
Totale lengte van het LS-net	lengte <sub>LSbuurt</sub>	Meter

De data is geaggregeerd op buurtniveau aangeleverd per BU-code (Buurten-definitie van CBS 2018) en heeft peildatum 1-1-2019. Voor dit bestand hebben alle Nederlandse regionale netbeheerders de informatie voor hun verzorgingsgebied aangeleverd. Dit is vervolgens door PBL opnieuw geordend naar de CBS buurten van 2019 (peildatum 1-1-2020). Bij de herordening zijn de waarden in het invoerbestand per buurt herverdeeld over gesplitste buurten gewogen naar aantallen aansluitingen. Deze invoerparameters houden in:

**aant<sub>Gaansl</sub>:** het aantal aansluitingen op het gasnet dat de netbeheerder heeft in de gegeven buurt, exclusief grootverbruksaansluitingen voor de industrie. Hierbij kan het zijn dat sommige gebouwen meerdere individuele aansluitingen hebben en andere gebouwen geheel geen aansluiting hebben, bijvoorbeeld in nieuwbouw die al all-electric is opgeleverd.

**lengte<sub>LDnet</sub>:** het aantal meter lagedruk gasnet in de buurt dat de netbeheerder in beheer heeft. Hierbij worden transportleidingen niet meegeteld.

**fractie<sub>3x25aansl</sub>:** het aandeel van alle elektriciteitsaansluitingen in een buurt dat is uitgevoerd in 3 maal 25 ampère waarmee het zonder aanpassing aan de aansluiting geschikt is voor onder andere een elektrische warmtepomp en elektrisch koken.

**capaciteit<sub>buurt</sub>:** de hoeveelheid capaciteit die er op dit moment staat opgesteld aan middenspanningsruimtes in een buurt voor de huidige bebouwing. Hierbij worden middenspanningsruimtes die specifiek voor een individuele grootgebruiker zijn geplaatst niet meegenomen en worden ook inpandige middenspanningsruimtes bij bedrijven niet meegeteld.

**lengte<sub>LSbuurt</sub>:** het aantal meter laagspanningskabel in de buurt dat de netbeheerder in beheer heeft. Hierbij worden de middenspanning- en hoogspanningskabel niet meegenomen.

### 5.1.8 Klimaat

GeoDmsGui: /Invoer/RuimtelijkeData/Klimaat

Wiki: /wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

Het klimaat verschilt binnen Nederland. Zo zijn er temperatuurverschillen tussen het Zuidwesten van Nederland en het Noordoosten. Vanwege de ruimtelijke opzet van Vesta MAIS is het mogelijk om deze verschillen in temperatuur mee te nemen in de afwegingen van de verschillende energie gerelateerde opties. De gebruikte bron achter deze temperatuurverschillen is het KNMI (KNMI, 2014). Er wordt door Vesta MAIS een 100\*100 m<sup>2</sup> rasterbestand met zogenaamde graaddagencorrectie ingelezen. De warmte- en koudebehoefte wordt standaard ruimtelijk gecorrigeerd met deze graaddagencorrectie. De correctiefactor wordt toegepast op de functionele vraag

naar ruimteverwarming en koude in gebouwen, en dient om te kunnen corrigeren voor de ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaartemperatuur in Nederland en voor de toekomstige temperatuurstijging in de zichtjaren. De jaarvraag naar ruimteverwarming is recht evenredig met het aantal graaddagen per jaar in het beschouwde gebied. Elke dag met een daggemiddelde temperatuur met x-aantal graden onder de 18 graden telt voor x-aantal graaddagen.

De gebiedscorrectie voor de ruimtelijke verdeling wordt toegepast op de functionele vraag naar ruimteverwarming van gebouwen. Deze functionele ruimteverwarmingsvraag is gebaseerd op een actueel gemeten referentiejaar dat op diens beurt is gecorrigeerd voor de buitentemperatuur op basis van het langjarig Nederlands gemiddelde zoals gemeten in De Bilt (Zie voor nadere informatie: van Bemmel, 2019).

Daarnaast kunnen er diverse klimaatscenario's worden meegenomen. Vesta MAIS gebruikt hiervoor de WLO-scenario's van de CPB/PBL-studie Welvaart en Leefomgeving (CPB & PBL, 2015). De WLO-scenario's sluiten aan bij mondiale klimaatscenario's die op lange termijn leiden tot een mondiale gemiddelde temperatuurstijging.

### 5.1.9 CBS kerncijfers

GeoDmsGui:	/Invoer/RuimtelijkeData/ CBSWijkEnBuurt
Wiki:	/wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

In het Vesta MAIS model worden meerdere ruimtelijke databestanden op wijk- en buurtniveau van het CBS (2019) gebruikt als input voor de analyse. Voorbeelden hiervan zijn het aandeel oppervlaktewater voor de aanleg van warmtenetten en het percentage stadsverwarming voor de narekening in de leidraad-startanalyse. Daarnaast kunnen inkomen en eigendom van verblijfsobjecten worden gebruikt voor de rapportage. De CBS-kerncijfers van de afgelopen zes jaren worden ingelezen waarbij voor elke buurt per attribuut het meest recente beschikbare jaar wordt gebruikt.

## 5.2 Gebouwinstallaties

Vanaf Vesta MAIS 5.0 is het mogelijk voor de modelgebruiker zelf installaties voor lokale opwekking binnen een gebouw toe te voegen in een doorrekening. De eigenschappen voor installaties worden opgegeven in twee invoerbestanden. Installaties/Installaties.csv geeft het type functionele producten dat een installatie kan leveren, de investeringskosten voor het aanbrengen ervan, eventueel welke leercurves er op van toepassing zijn, de onderhoudskosten en de afschrijftermijn. Installaties/Performance.csv geeft de benodigde kentallen voor het berekenen van het verbruik van een installatie in diverse situaties, zoals bij verschillende schillabels of tussen piek- en basislast. Hier wordt ook eventuele pomptenergie of andere bijkomende elektriciteiteffecten gegeven.

### 5.2.1 Installaties

Het bestand Installaties.csv bevat een lijst van alle typen installaties die kunnen worden doorgerekend als onderdeel van een gebouwoptie. Voor elk van deze installaties zijn de benodigde kentallen hier op te geven zodat zij kunnen worden meegenomen in de berekeningen.

#### 5.2.1.1 Geleverde producten

Onder geleverde producten kan worden aangegeven welke rol een installatie kan vervullen in een gebouwoptie. Voor de productie van warm tapwater zijn er meerdere mogelijke installaties opgenomen in het standaard invoerbestand. Er wordt van alle mogelijkheden aangenomen dat zij voldoen aan de criteria die er zijn voor de productie van warm tapwater. Dit is voornamelijk een minimum temperatuur van 60 °C, omdat er anders een risico is op de vorming van legionella (Milieucentraal, 2020). Voorbeelden van installaties die verschillende typen producten kunnen leveren zijn:

**TABEL 5.6 – INVOERBESTAND INSTALLATIES.CSV VOORBEELD: FUNCTIONELE PRODUCTEN**

naam	RVb	RVp	TWb	TWp	Kb	Kp
Hr-ketel	1	1	1	1	0	0
Airconditioner	0	0	0	0	1	1
Lucht-warmtepomp	1	1	1	1	1	1

Hierin staan RVb en RVp voor ruimteverwarming in respectievelijk basis- en pieklast. Dezelfde onderverdeling tussen basis en piek is te maken voor tapwater (TW) en koude (K). Een 1 staat ervoor dat het apparaat het betreffende product kan invullen, een 0 betekent dat dit niet het geval is.

#### 5.2.1.2 Investeringskosten

De investeringskosten voor installaties kunnen worden opgegeven als bedrag per benodigde kilowatt (schaalt mee met de omvang van het apparaat), als bedrag per vierkante meter (schaalt mee met de omvang van het verblijfsobject) of als vast bedrag per aansluiting. Als meerdere opties tegelijk worden opgegeven dan worden de kosten bij elkaar opgeteld. Ook kunnen deze afzonderlijk worden opgegeven voor woningen en voor utiliteit. Dat onderscheid wordt gemaakt in de laatste suffix "w" of "u". In onderstaande voorbeeld in tabel 5.7 zijn alle kolomheaders gegeven met suffix "w", maar in het invoerbestand komen standaard beiden voor. De invoerkantallen voor woningen en utiliteit worden zowel gebruikt voor bestaande bouw als voor nieuwbouw.

**TABEL 5.7 – INVOERBESTAND INSTALLATIES.CSV VOORBEELD: INVESTERINGSKOSTEN**

naam	Ki_asl_min_w	Ki_asl_max_w	Ki_cap_min_w	Ki_cap_max_w	Ki_opp_min_w	Ki_opp_max_w
Hr-ketel	1,692 €/aansl	1,860 €/aansl	0 €/kW	0 €/kW	0 €/m <sup>2</sup>	0 €/m <sup>2</sup>
Airco	1,343 €/aansl	2,025 €/aansl	0 €/kW	0 €/kW	0 €/m <sup>2</sup>	0 €/m <sup>2</sup>
LuchtWP	5,359 €/aansl	4,637 €/aansl	320 €/kW	500 €/kW	0 €/m <sup>2</sup>	0 €/m <sup>2</sup>

In bovenstaande tabel Hierin staat de suffix "asl" voor "euro per aansluiting". De suffix "cap" staat voor "euro per kilowatt". En de suffix "opp" staat voor "euro per vierkante meter". Ook zijn de waarden onderscheiden naar "max" en "min", om een spreiding te geven in de kosten van investeringen. In welke mate de onderwaarde of de bovenwaarde wordt gebruikt hangt af van de gebruikersinstellingen in de *VerbeterMinMaxSchuif*, zie 5.5.4.2.

#### 5.2.1.3 Leercurve, Onderhoud en Afschrijftermijn

Er zijn naast kosten en functionele producten nog een aantal aanvullende parameters op te geven die impact kunnen hebben op de businesscase van een specifiek apparaat. Dit is de te gebruiken leercurve, de percentages aan jaarlijkse onderhoud- en administratiekosten, en de afschrijftermijn van (delen van) de installatie. Deze worden opgegeven zoals het voorbeeld in tabel 5.8:

**TABEL 5.8 – INVOERBESTAND INSTALLATIES.CSV VOORBEELD: AANVULLENDE PARAMETERS**

naam	LeerCurve	R_OH	R_ADMIN	AT30	AT20
Hr-ketel	HR	0.03	0.00	0	0
Airconditioner		0.01	0.00	0	0
Bodemwarmtepomp	BeWP	0.02	0.00	0.40	0

De kolom LeerCurve kan de naam bevatten van een leercurve die in de modelinput is gedefinieerd (zie 5.3.3), en die moet worden gebruikt voor de kostendaling aan de investering van dit apparaat. Als geen leercurve is opgegeven (zoals in het voorbeeld hierboven bij airconditioners) wordt allereerst binnen de aanwezige curves gekeken of er een curve bestaat met dezelfde naam als het opgegeven apparaat. Als dat niet het geval is wordt gebruik gemaakt van curve "Default" (zie Bijlage B.12).

De percentages R\_OH en R\_ADMIN staan voor het procentuele deel van de oorspronkelijke investering dat jaarlijks wordt gerekend voor onderhoud, respectievelijk administratie, voor eigenaren van een specifieke installatie. Wanneer zoals in het voorbeeld hierboven die voor Hr-ketels staat ingesteld op 0.03 voor R\_OH, dan houdt dat in dat jaarlijks 3% van de initiële investeringskosten wordt ingerekend voor onderhoud. In de huidige standardinvoer staan alle percentages voor administratiekosten op nul.

AT30 en AT20 staan voor het aandeel van de investering dat over een periode van 30, dan wel 20 jaar moet worden afgeschreven. AT30 is in het bovenstaande voorbeeld 0.40 voor bodemwarmtepompen, dat wil zeggen dat 40% van de investeringskosten worden afgeschreven over een periode van 30 jaar. Indien AT30 en AT20 niet optellen tot 100% wordt het resterende deel standaard afgeschreven over een periode van 15 jaar. In dit voorbeeld wordt bijvoorbeeld de Hr-ketel in het geheel afgeschreven over een periode van 15 jaar.

## 5.2.2 Performance

De invoer over de performance van installaties als onderdeel van een gebouwoptie wordt niet alleen per installatie opgegeven, maar per combinatie van installatie, schillabel en functioneel product. In het voorbeeld hieronder zijn de verschillende regels gegeven voor een luchtwarmtepomp. Daarin is onderscheid gemaakt naar schillabel A, B, C en "x" als het gaat om ruimteverwarming (RV). Dat wil zeggen dat het voor de performance in de productie van ruimteverwarming andere waardes gelden als een gebouw een ander schillabel heeft. Label A, B en C refereren direct aan die schillabels. Label "x" wil zeggen: alle overige labels die niet explicet zijn gedefinieerd voor dit product. In onderstaande voorbeeld zou dat dus voor ruimteverwarming gelden voor de labels D en lager. Voor tapwater (TW) en koude (K) zijn alleen regels voor schillabel "x" opgegeven wat inhoudt dat de performance voor koudeproductie en tapwaterproductie voor dit apparaat geen relatie heeft tot het schillabel.

**TABEL 5.9 – INVOERBESTAND PERFORMANCE.CSV VOORBEELD: INVOER VOOR EEN INSTALLATIE NAAR SCHILLABEL EN PRODUCT.**

Installatie	Schillabel	Product
Lucht-WP	A	RV
Lucht-WP	B	RV
Lucht-WP	C	RV
Lucht-WP	x	RV
Lucht-WP	x	TW
Lucht-WP	x	K

Voor elke combinatie van installatie, label en product is vervolgens op te geven welk type afgiftesysteem er vereist is, welke energiedragers er worden gevraagd, hoe het apparaat functioneert in combinatie met andere apparaten voor pieklast, met welke efficiency energiedragers worden omgezet in nuttige energie, en eventuele aanvullende elektriciteitsvraag voor bijv. pompenergie. In onderstaande paragrafen 5.2.2.1 tot en met 5.2.2.5 wordt beschreven welke kolommen er verder worden ingelezen in Performance.csv per combinatie van installatie, schillabel en product.

### 5.2.2.1 Afgiftesysteem

Het afgiftesysteem dat nodig is (kolom "AS\_name") om met een specifiek type installatie comfortabel te kunnen verwarmen kan hier worden opgegeven per combinatie van label, installatie en product. Typen op te geven afgiftesystemen zijn beperkt tot drie soorten: MTAS, LTAS en "geen". MTAS staat hier voor traditionele radiatoren die ontworpen zijn om hogere temperaturen (ca. 70 °C) te kunnen verwerken. LTAS staat voor lage-temperatuur-afgiftesysteem, wat kan worden ingevuld door lagetemperatuur radiatoren of vloerverwarming. Een aantal functionele producten, zoals koude of tapwaters, kunnen hier de waarde "geen" krijgen, wat inhoudt dat er geen aanvullende afgiftesystemen nodig zijn bovenop dat wat er nodig is voor ruimteverwarming.

### 5.2.2.2 Energiedrager

Het type energiedrager dat een installatie gebruikt (kolom "Input\_name") kan hier worden opgegeven als:

- "gas" – aardgas of groengas, afhankelijk van wat er geleverd wordt
- "e" – elektriciteit
- "biomassa" – niet vanuit een netwerk, maar kan gebruikt worden als brandstof in bijv. pelletkachel
- "H2" – waterstof, geleverd vanuit een omgebouwd gasnet

De opgave in deze kolom wordt gebruikt om de functionele vraag om te zetten naar een metervraag van een specifiek type energiedrager, inclusief eventuele bijbehorende luchtemissies.

### 5.2.2.3 Aandeel op volume en capaciteit

Indien de piekvraag en basisvraag door twee verschillende apparaten worden ingevuld moet worden vastgesteld hoe groot beide apparaten moeten worden gedimensioneerd ten opzichte van de totale capaciteitsvraag en welk aandeel van de jaarlijkse productie door het ene of het andere apparaat wordt ingevuld. Voor beiden geldt dat het apparaat dat staan ingesteld als basislast leidend is voor de verdeling van deze percentages. Bijvoorbeeld, als het basislast-apparaat in basislast 60% van het jaarlijks gevraagde volume kan leveren, dan zal het piekapparaat ongeacht de eigen performance-parameters de resterende 40% leveren. Hetzelfde geldt voor capaciteit: indien het basislast-apparaat gedimensioneerd wordt op 30% van de piekvraag in kilowatt, dan zal het apparaat voor pieklast op 70% van de piekvraag gedimensioneerd worden. De schaal waarop en apparaat wordt gedimensioneerd is in

Performance.csv op te geven in de kolom "P\_cap". Indien hier bijvoorbeeld 0.4 staat ingesteld dan betekent dit dat dit apparaat, indien het de basislast levert, wordt gedimensioneerd op 40% van de piek vraag in kilowatt. Voor het geleverde volume kan het aandeel worden opgegeven in kolom "P\_vol". Indien bijvoorbeeld voor een apparaat 0.55 staat ingevoerd voor P\_vol, wil dit zeggen dat het apparaat, indien het ingezet wordt als basislast, 55% van het jaarlijkse volume zal leveren.

#### 5.2.2.4 Efficiency

De efficiency van omzetting van primaire inputs naar nuttige functionele producten in een apparaat wordt uitgedrukt in de Seasonal Performance Factor (SPF). Deze staat voor het rendement van omzetting gecorrigeerd voor seisoens-fluctuaties over een heel jaar. Bijvoorbeeld, een SPF van 0.72 betekent dat van de gebruikte energie 72% wordt omgezet in nuttige functionele producten. Apparaten zoals warmtepompen die onder andere ook omgevingswarmte kunnen inzetten hebben rendementen van boven de 100% (SPF > 1.0) wat aangeeft dat per gebruikte eenheid elektriciteit meerdere eenheden warmte of koude kunnen worden geproduceerd. Ook de efficiency van een apparaat kan afhankelijk van het schillabel en het product worden opgegeven zoals aangegeven in tabel 5.9. De efficiency kan apart worden opgegeven voor basislast en pieklast. Op dit moment staan in het standaard-invoerbestand de efficiency in pieklast (SPF\_p) en de efficiency in basislast (SPF\_b) identiek ingesteld. Dit is naar beter inzicht aan te passen indien gewenst.

#### 5.2.2.5 Elektriciteitseffect

Bij de productie van warmte, koude of tapwater kan het zijn dat er extra elektriciteit wordt verbruikt voor bijvoorbeeld pompenergie. In Performance.csv kan de omvang van de aanvullende elektriciteitsvraag worden opgegeven in de kolommen "eEffect\_cap" en "eEffect\_vol". In eEffect\_cap kan de vraag naar hulpenergie worden gegeven als functie van het piekvermogen van het apparaat in kW, hier op te geven als gigajoule elektriciteit per jaar per kilowatt. In eEffect\_vol kan hulpenergie worden opgegeven als functie van het geproduceerde volume aan nuttige functionele producten, in te voeren als gigajoule elektriciteit per gigajoule warmte of koude.

### 5.3 Kentallen

GeoDmsGui: /Invoer/Kengetallen

Wiki: /wiki/C.4.2-Kengetallen

In de container 'Kengetallen' worden kengetallen ingeladen voor verschillende thema's ten behoeve van de modelberekeningen. Het gaat hierbij om niet-ruimtelijke kengetallen van:

- Bebouwing
- Warmtebronnen
- LeerCurves
- Infra
- Onderhoud
- Warmtetechnieken

In de volgende paragrafen wordt per onderdeel toegelicht wat voor type kengetallen worden gebruikt in het Vesta MAIS model. Waar nodig wordt een toelichting gegeven op de herkomst van de kengetallen. De waarden van de kengetallen zelf en de bronnen achter de getallen zijn te vinden in Bijlagen A, B en D.

#### 5.3.1 Bebouwing

GeoDmsGui: /Invoer/Kengetallen/Bebouwing

Wiki: /wiki/C.4.2-Kengetallen

##### 5.3.1.1 Default schillabel

Voor utiliteit wordt erkend met een default label. Zoals wordt beschreven in CE Delft (2015) wordt voor de gevelisolatie, dakisolatie en vloerisolatie van de huidige situatie uitgegaan van een bepaalde Rc-waarde. Deze Rc-waarde voor de huidige situatie wordt hoger bij latere bouwjaarklassen, omdat later al meer isolerende

maatregelen standaard in de bouw van gebouwen werd meegenomen. Omdat het Vesta MAIS-model rekent met schilsprongen zijn deze Rc-waarden per bouwjaarklasse vertaald naar een overeenkomend schillabel. Dit schillabel geeft hiermee een standaard (oftewel default) label aan voor de huidige situatie van utiliteitsgebouwen in de desbetreffende bouwjaarklasse.

### 5.3.1.2 Functionele vraag ruimteverwarming

Voor de vaststelling van de energievraag van woningen in het basisjaar (voor dit functioneel ontwerp is dit 2018) wordt uitgegaan van CBS-data met de werkelijke verbruiken (CBS, 2019) uitgesplitst naar woningtype, bouwjaarklasse, oppervlakteklasse en gecertificeerd energielabel (RVO, 1-1-2020). Op basis van deze gegevens is het mogelijk om een inschatting te maken van de aardgasvraag afhankelijk van bovenstaande uitsplitsingen en dit terug te voeren naar de functionele ruimteverwarmingsvraag van woningen per m<sup>2</sup>. Met deze gegevens is het mogelijk om een inschatting te maken van het huidige energieverbruik per woning op basis van landelijk gemiddelde kengetallen die gelden voor de desbetreffende woning. De functionele ruimteverwarmingsvraag voor utiliteit wordt opgesplitst naar utiliteitstype en bouwjaarklasse, waarbij deze wordt uitgedrukt in het verbruik per m<sup>2</sup>.

In de CBS-statistieken wordt het gasverbruik van zowel woningen met als zonder gecertificeerd energielabel gerapporteerd. Voor woningen waarvoor een gecertificeerd energielabel beschikbaar is, wordt bij de berekening van de functionele warmtevraag voor ruimteverwarming gebruik gemaakt van de statistieken voor woningen met gecertificeerd energielabel. Voor woningen waar geen energielabel voor is afgemeld, wordt bij de berekening van de functionele warmtevraag voor ruimteverwarming gebruik gemaakt van de statistieken van het gasverbruik voor woningen zonder afgemeld energielabel. In een eigen analyse wordt de dataset met gemeten gasverbruik vanuit het CBS omgezet naar het Vesta MAIS format om de data in het model te voeren. Er is een lineaire regressie gebruikt om het gasverbruik van een woning uit te drukken als functie van het vloeroppervlak voor alle energielabels. Binnen de CBS-data is de woningvoorraad opgedeeld in klassen op basis van het vloeroppervlak:

- 2 m<sup>2</sup> tot 15 m<sup>2</sup>
- 15 m<sup>2</sup> tot 50 m<sup>2</sup>
- 50 m<sup>2</sup> tot 75 m<sup>2</sup>
- 75 m<sup>2</sup> tot 100 m<sup>2</sup>
- 100 m<sup>2</sup> tot 150 m<sup>2</sup>
- 150 m<sup>2</sup> tot 250 m<sup>2</sup>
- 250 m<sup>2</sup> tot 500 m<sup>2</sup>
- 500 m<sup>2</sup> tot 10.000 m<sup>2</sup>

Vanuit het oorspronkelijke inputbestand wordt het gemiddelde gasverbruik uitgelezen (in m<sup>3</sup>) per combinatie van woningtype, bouwjaarklasse en oppervlakteklasse voor alle energielabels. Door de regressie worden deze datapunten gepast op een lineaire vergelijking ( $y = a \cdot x + b$ ) die het gasverbruik  $y$  berekent als een functie van het vloeroppervlak  $x$ . Naast oppervlakteklasse worden er meerdere categorieën van woningen onderscheiden:

- 10 energielabels: geen label, A++, A+, A, B, C, D, E, F en G
- 5 woningtypen: appartement, rijwoning hoek, 2 onder 1 kap, rijwoning tussen en vrijstaand
- 11 bouwjaarklassen: tot en met 1929, 1930-1945, 1946-1964, 1965-1974, 1975-1991, 1992-1995, 1996-1999, 2000-2005, 2006-2010, 2011-2014 en vanaf 2015

De lineaire regressielijn is geschat voor elke combinatie van deze categorieën. Vervolgens is voor elke combinatie het gasverbruik voor een voorbeeld vloeroppervlak van 120m<sup>2</sup> beoordeeld op plausibiliteit. Indien er minder dan twee datapunten binnen een specifieke combinatie vallen worden de resultaten ongeldig verklaard. De resulterende kentallen zijn gecorrigeerd van metervraag naar functionele vraag door rekening te houden met ketelefficiëntie. Voorafgaand wordt 37 m<sup>3</sup> per woning in mindering gebracht als correctie voor kookgas. Bij de berekening van de ketelefficiëntie wordt volgens de Vesta-rekenmethodes onderscheid tussen tapwater (SPF 0.72) en ruimteverwarming (SPF 1.04). Vervolgens is een graaddagencorrectie toegepast conform de meest recente klimaat- en energieverkenning (KEV, Correctiefactor 2018) wat concreet neerkomt op een verhoging van het berekende gasverbruik met 4 procent. De verbruiken zijn omgerekend van m<sup>3</sup> naar GJ uitgaande van de onderwaarde van de energie-inhoud van aardgas: 0.03165 GJ per m<sup>3</sup>.

Omdat binnen de CBS-data een aandeel verouderde of vervuilde energielabels aanwezig is wordt een correctie toegepast op het verbruik bij label B. Voor vrijstaande woningen wordt het verbruik gecorrigeerd naar 91% van de oorspronkelijke waarde. Voor 2-onder-1-kap woningen naar 94.4%, rijwoningen naar 100.5%, en appartementen

95.2% (van den Wijngaart, 2020). De uiteindelijke invoerkentallen zoals die volgen uit deze analyses zijn te vinden in Bijlage B.4.

#### 5.3.1.3 Functionele vraag tapwater

Naast de functionele vraag naar ruimteverwarming, heeft elke woning ook een functionele vraag naar warm tapwater. De basis voor de afleiding van de functionele warm tapwatervraag is Rooijers et al. (1993), waarbij onderscheid wordt gemaakt naar de warmtapwatervraag voor grondgebonden woningen en meergezinswoningen. In Folkert & van den Wijngaart (2012) wordt voortgebouwd op Rooijers et al. (1993) en in bijlage 4 wordt de functionele vraag gegeven, gecorrigeerd voor het verschil tussen theoretisch en werkelijk verbruik. In de huidige kentallen van het Vesta MAIS model voor de functionele warm tapwatervraag is een grotere spreiding te vinden voor de verschillende woningtypen en bouwjaarklassen. Deze spreiding is het gevolg van de relatie die is gelegd met de gemiddelde oppervlakte van de woning. In Rooijers et al. (1993) wordt één inschatting gegeven voor grondgebonden woningen, maar de verwachting is dat grotere huizen ook grotere gezinnen bevatten en daardoor ook een hogere warm tapwatervraag hebben. Om deze reden is er een correctie gedaan naar het gemiddelde oppervlakte per combinatie van woningtype en bouwjaarklas. De gasvraag zoals berekend door Vesta MAIS is vervolgens vergeleken met gegevens uit de Nationale Energie Verkenning 2015 (Schoots & Hammingh, 2015). De energiekentallen in Vesta MAIS zijn vervolgens gefit met de nationale verbruikscijfers binnen de NEV 2015 en hierdoor is de functionele vraag naar warm tapwater omlaag gegaan (met +/- 15%).

#### 5.3.1.4 Functionele vraag ventilatie

Binnen het Vesta MAIS model wordt rekening gehouden met de elektriciteitsvraag van ventilatie, hierbij wordt aangesloten op de Variatietool van TNO. In Rover & Tigchelaar (2019) wordt de onderbouwing gegeven van de elektriciteitsvraag van ventilatie. Bij minder goed geïsoleerde woningen wordt hierbij uitgegaan van natuurlijke ventilatie. Wanneer deze woningen geïsoleerd worden is het noodzakelijk om ook over te gaan op vraaggestuurde ventilatie, wat resulteert in een lichte stijging van het elektriciteitsverbruik. Nu al goed geïsoleerde woningen hebben vaak al mechanische ventilatie, en hierdoor stijgt het elektriciteitsverbruik door ventilatie van deze woningen niet bij verder isolatie.

#### 5.3.1.5 Functionele vraag elektriciteit

De functionele vraag van elektriciteit binnen het Vesta MAIS-model beschrijft de elektriciteitsvraag voor apparaten en verlichting. In Folkert & van de Wijngaart (2012) wordt onderscheid gemaakt naar het elektriciteitsverbruik van meergezinswoningen en grondgebonden woningen en deze data vormen de basis voor de huidige inschatting van de functionele vraag naar elektriciteit. Om te komen tot de huidige inzichten zijn twee additionele bewerkingen gedaan. Ten eerste wordt binnen het Vesta MAIS-model de pompenergie van Hr-ketels sinds 2016 apart in beeld gebracht, dit elektriciteitsverbruik zat hiervoor nog in de functionele vraag naar elektriciteit en hiervoor wordt nu gecorrigeerd. De verwachte inzet van pompenergie is afhankelijk van de hoeveelheid gasverbruik, welke weer afhankelijk is van de oppervlakte van de woning. Doordat er verschil zit in de gemiddelde oppervlakte per bouwjaarklas ontstaat er ook een verschil in de elektriciteitsinzet voor pompenergie. Doordat de elektriciteitsinzet voor pompenergie verschilt per bouwjaarklas, komt er ook variatie in de functionele vraag naar elektriciteit. De tweede bewerking betreft het fitten van de totale elektriciteitsvraag op de nationale verbruikscijfers binnen de NEV 2015 (Schoots & Hammingh, 2015).

#### 5.3.1.6 Functionele vraag koude

Voor bepaling van het aandeel ruimtekoeling op het elektriciteitsgebruik is gebruik gemaakt van een KWA-rapport uit 2016 (KWA, 2016). Hierin staan gegevens over het energiegebruik voor koelinstallaties in de dienstensector. Het betreft het percentage van het totale elektriciteitsgebruik per gebouwtype dat naar koeling gaat. Dit betreft zowel ruimtekoeling als proceskoeling. Per gebouwtype is beredeneerd of proceskoeling een groot aandeel zou kunnen hebben. Wanneer dat het geval is dan is het percentage niet gebruikt.

Voor kantoren en horeca (alleen airco) stonden er bijvoorbeeld percentages in het KWA-rapport die gebruikt zijn voor Vesta MAIS. Voor andere typen utiliteit is gebruik gemaakt van een rapport van Meijer (Meijer E&M, 2009). Dit rapport maakt een opdeling van het energiegebruik per gebouwtype naar energiefunctie. In dit rapport wordt steeds onderscheid gemaakt tussen de functies proces en ruimtekoeling. Voor gebouwtypes die ontbreken in beide rapporten zijn inschattingen gemaakt door de gevonden % voor de gebouwtypes onderling te vergelijken en te beredeneren welke gebouwtypes qua koelvraag enigszins op elkaar zouden kunnen lijken.

De functionele koelvraag wordt vervolgens berekend door het elektriciteitskengetal te vermenigvuldigen met het aandeel ruimtekoeling. De elektriciteit intensiteiten (kWh/m<sup>2</sup>GO) per gebouwtype zijn afkomstig uit de ECN kentallen studie (ECN, 2016). Door te vermenigvuldigen met het aandeel ruimtekoeling is de functionele koelvraag

bepaald. In de omrekening is de gemiddelde waarde voor het rendement (COP) van koelmachines per branche gebruikt op basis van KWA (KWA, 2016). In dit geval geldt voor alle gebouwtypen COP=4. Dit komt overeen met het rendement van compressiekoelmachines in de EPA-U labelmethodiek. Dit is 1.56 op primair. Het rendement van elektriciteitsopwekking dat is aangenomen in EPA-U is 39%. Teruggerekend komt dit uit op een COP van 4, oftewel hetzelfde als KWA.

Er is per BAG-gebruiksfunctie een gewogen gemiddelde koelvraag bepaald voor de gebouw-typen die binnen de betreffende BAG-gebruiksfunctie vallen. Dit is gedaan door per BAG-gebruiksfunctie (voor de gebouwtypen die binnen de betreffende BAG-gebruiksfunctie vallen) en bouwjaarklasse een weging te maken van de kentallen op basis van de totale m<sup>2</sup> BVO per gebouwtype binnen de betreffende BAG-gebruiksfunctie.

De koudevraag van de Nederlandse gebouwen gaat naar verwachting stijgen door de opwarming van de aarde als gevolg van klimaatverandering. Met de stijging van de temperatuur kan in het Vesta MAIS model, net als bij de warmtevraag, rekening worden gehouden met behulp van klimaatscenario's (zie 5.1.8).

Voor het effect op de stijging van de koudevraag worden de onderzoeksresultaten uit het W/E-rapport 'Ontwikkeling van koudevraag van woningen' 2018 gebruikt. In het rapport wordt aangenomen dat de temperatuur in 2050 zal stijgen met 1,4 tot 3,3°C ten opzichte van het huidige niveau waarbij het aantal zomerse dagen van het huidige 21 dagen tot 35 dagen kan toenemen (W/E adviseurs, 2018a). Dit heeft als gevolg dat de koudevraag aanzienlijk zal toenemen. In het rapport wordt de huidige koelbehoefte vastgesteld op 3,6 kWh/m<sup>2</sup>. Hierbij wordt uitgegaan van woningen die aan het voorgenomen BENG-niveau van een EPC ≤ 0,4 voldoen omdat juist van deze woningen een zeer hoge binnentemperatuuroverschrijding wordt verwacht. De resultaten stellen dat de koudebehoefte oploopt tot 5 à 10 kWh/m<sup>2</sup> in 2050 (W/E adviseurs, 2018a) afhankelijk van de genoemde stijging van de buitentemperatuur. In Vesta MAIS zijn deze resultaten als uitgangspunt genomen en wordt de koudebehoefte van woningen gecorrigeerd voor de buitentemperatuur afhankelijk van het zichtjaar, de regio en het klimaatscenario waarvoor is gekozen. Deze waarde is in Vesta MAIS aangenomen voor alle woningen ongeacht het schillabel. Op deze wijze wordt de koudevraag berekend op basis van de oppervlakte van de woning. Lokale verschillen naar aanleiding van het urban heat island effect zijn hierin niet opgenomen.

### 5.3.1.7 Kosten labelsprong bestaande woningen

In toevoeging op vloeroppervlak-afhankelijke kentallen voor de warmtevraag zijn ook vloer-oppervlak-afhankelijke kentallen voor de investeringskosten in schilmaatregelen bepaald. Deze zijn gebaseerd op regressieanalyses op data afkomstig uit de Variatietool van TNO, waarbij gebruik is gemaakt van kostenkentallen voor schilmaatregelen van Arcadis gebaseerd op de wet- en regelgeving geldend per oktober 2019. De Variatietool rekent met de werkelijke isolatiekenmerken en geometrie van woningen uit de energiemodule van WoON 2018. Dit leidt tot een oorspronkelijk invoerbestand in de vorm van een dataset met o.a. het vloeroppervlak en totale investeringsbedragen van schilsprongen onder een grote steekproef van individuele woningen. In een eigen analyse worden de investeringskosten in de dataset van TNO naar het Vesta MAIS format verwerkt om de data in het model te voeren. Daarbij is gebruik gemaakt van lineaire regressie om de investeringskosten van schilmaatregelen van een woning uit te drukken als functie van het vloeroppervlak voor alle mogelijke labelstappen. Er is uitgegaan van een investering op een natuurlijk moment voor het bepalen van de minimum kosten en een investering op een zelfstandig moment voor de maximum kosten.

Het oorspronkelijke inputbestand geeft een breakdown van maatregelenkosten en de eigenschappen van 3151 klassen woningen (met verschillende combinaties van bouwtype en bouwperiode) per categorie. Deze twee categorieën zijn: "zelfstandig" (die Vesta als "MAX" waarde voor investeringskosten gebruikt) en "natuurlijk" (die Vesta als "MIN" waarde voor investeringskosten gebruikt). De totale investeringskosten in het oorspronkelijke bestand zijn exclusief ventilatiekosten, deze worden later toegevoegd. Door de regressie toe te passen ontstaat een lineaire vergelijking ( $y = a \cdot x + b$ ) die de totale investeringskosten y formuleert als een functie van het vloeroppervlak x. De waarden van het gebruikte vloeroppervlak in het oorspronkelijke bestand zijn daarin in een kolom aangegeven. De regressielijn die ontstaat uit de datapunten in het invoerbestand is voor elke bouwjaar-type combinatie van woning getoetst op plausibiliteit bij vloeroppervlakken van 30 m<sup>2</sup>, 120 m<sup>2</sup> en 400 m<sup>2</sup>. In theorie zijn er voor elke categorie woning 20 verschillende labelstappen mogelijk (combinatie van oorspronkelijk label en doellabel, zie Figuur 5.10). Door het grote aantal combinaties van woningtypen, bouwjaren en verschillende labelstappen bevat de dataset niet voor alle combinaties voldoende datapunten om een betrouwbare regressielijn te kunnen bepalen. Daarom zijn voor de gevallen waar er onvoldoende datapunten zijn meerdere bouwperiodes samengevoegd. Voor elke woningcategorie is in eerste instantie op elk resolutieniveau van bouwjaar een regressielijn bepaald (zie ook Figuur 5.10 voor bouwjaarklassen per resolutieniveau). Onder de figuur zijn de drie stappen beschreven waarmee de invoerkentallen tot stand zijn gekomen.

**FIGUUR 5.10 – MOGELIJKE LABELSPRONGEN EN NIVEAUS VAN NAUWKEURIGHEID IN BOUWPERIODES**

Van label	Naar label		Op niveau 1 zijn er 11 bouwperioden
G	F*		1200-1929
G	E*		1930-1945
G	D		1946-1964
G	C		1965-1974
G	B		1975-1991
G	A		1992-1995
F	E*		1996-1999
F	D		2000-2005
F	C		2006-2010
F	B		2011-2014
F	A		2015-2020
E	D		Op niveau 2 zijn er 3 bouwperioden
E	B		1200-1964
E	A		1965-1995
D	C		1996-2020
D	B		
D	A		Op niveau 3 is er één bouwperiode
C	B		1200-2020
C	A		

\*Niet alle labelsprongen zijn ook mogelijk in het Vesta model. Sprongen naar F of E zijn niet opgenomen.

#### *Stap 1: opstellen regressielijnen*

In de eerste stap worden regressielijnen bepaald voor drie niveaus:

- Op niveau 1 wordt een regressielijn bepaald voor iedere bouwjaarklasse;
- Op niveau 2 zijn de bouwjaarklassen samengevoegd in drie bouwperioden, zie tabel 5.10. De regressielijn wordt bepaald voor ieder van deze bouwperioden;
- Op niveau 3 zijn alle bouwjaarklassen samen genomen tot één bouwperiode waarvan de regressielijn wordt bepaald.

#### *Stap 2: toetsen aan criteria*

In de tweede stap wordt voor iedere bouwjaarklasse bepaald of de regressielijn van niveau 1, 2 of 3 kan worden gebruikt. Dit hangt af van de volgende drie criteria waaraan voldaan moet worden voor zowel het natuurlijk als zelfstandig moment van investeren:

- Minimaal 10 datapunten zijn gebruikt om de lijn op te stellen
- Bij een woning van 30 m<sup>2</sup> zijn de kosten hoger dan nul
- De richtingscoëfficiënt van de regressielijn is positief (hoe groter het oppervlak hoe groter de kosten)

Voor iedere bouwjaarklasse wordt de volgende procedure doorlopen. Eerst wordt gekeken naar de regressielijn van de bouwjaarklasse zelf, dus de regressielijn op niveau 1. Indien aan de criteria wordt voldaan dan is de procedure klaar. Indien niet aan één van de criteria wordt voldaan dan wordt overgegaan naar niveau 2. Voldoet de regressielijn van niveau 2 aan de drie criteria dan wordt deze gebruikt voor de beschouwde bouwjaarklasse en is de procedure klaar. Als echter niet wordt voldaan dan wordt overgegaan naar niveau 3. Als de regressielijn van niveau 3 voldoet aan de criteria dan wordt deze gebruikt voor de beschouwde bouwjaarklasse. Mocht ook op niveau 3 niet zijn voldaan aan de drie criteria dan volgt stap 3.

### *Stap 3: vaste waarde indien niet wordt voldaan aan criteria*

Deze stap volgt alleen als op niveau 3 nog niet is voldaan aan de eerdergenoemde criteria. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als er nog steeds minder dan 10 woningen van een bepaald woningtype en labelstap is. In dat geval kan geen valide regressielijn worden bepaald en wordt teruggevallen op een berekening van het gemiddelde over alle beschikbare datapunten (bouwperiode niveau 3) voor de gegeven combinatie woningtype-labelstap, wat als vaste waarde wordt gehanteerd. De variabele coëfficiënt wordt dan op 0 €/m<sup>2</sup> gesteld. We noem die ook wel niveau 4.

Nadat deze drie stappen zijn doorlopen, worden bij alle schilsprongen naar label B kosten voor het aanpassen of installeren van het ventilatiesysteem toegevoegd. Ook deze zijn ontleend aan de Variatietool van TNO maar zijn niet meegenomen in de regressieanalyse omdat de kosten van ventilatiesystemen worden verondersteld niet afhankelijk te zijn van het vloeroppervlak. In de Variatietool wordt uitgegaan van een bandbreedte van kosten. Voor zelfstandige momenten is dit een bandbreedte van 2797 tot 2828 euro per woning. Voor natuurlijke momenten is dit 2590 tot 2619 euro per woning. Bij het opstellen van de Vesta modelinvoer is het gemiddelde van die twee aangehouden: 2813 euro per woning voor zelfstandige momenten (max waarde) en 2605 euro per woning voor natuurlijke momenten (min waarde). Deze bedragen zijn opgeteld bij de vaste investeringskosten per woning voor alle sprongen van G naar B, F naar B, E naar B, D naar B en C naar B.

Als laatste stap zijn de coëfficiënten van twee labelstappen (G naar B en F naar B) handmatig gecorrigeerd. In de analyse van de investeringskosten van de vorige sectie kwam een tweetal opvallende investeringskosten naar voren. Het ging hierbij om de investeringskosten van G naar B en F naar B voor hoekwoningen en 2-onder-1kap woningen. Deze investeringskosten waren aanvankelijk hoger voor F naar B dan voor G naar B, wat ingaat tegen de verwachtingen omdat de woning met F in de uitgangssituatie al enkele maatregelen heeft genomen. Uit aanvullende analyse is naar voren gekomen dat het aantal datapunten waar deze uitkomsten op waren gebaseerd gemiddeld relatief laag was. Daarom is besloten om deze investeringskosten gelijk te trekken door een gewogen gemiddelde te maken van de investeringskosten voor G naar B en F naar B. De uiteindelijke resultaten van de gehele verwerking naar model-invoerbestanden is te vinden in Bijlage B.5.

#### **5.3.1.8 Kosten labelsprong bestaande utiliteit**

Begin 2020 heeft Brink groep i.s.m. met TNO een update gemaakt van de investeringskosten van schilsprongen in utiliteit naar label B conform de laatste inzichten binnen de Arcadis database. Voor utiliteit is het alleen mogelijk te springen naar label B of A.

#### **5.3.2 Warmtebronnen**

Om te voorzien in de warmtevraag van de gebouwen wordt binnen een warmtenet met MT-bron voornamelijk een beroep gedaan op een primaire bron van warmte die voorziet in de basislast. Binnen het Vesta MAIS model worden verschillende opties meegenomen die kunnen dienen als primaire bron. Dit is een brede categorie met bijvoorbeeld warmte van elektriciteitscentrales, afvalverbrandingsinstallaties en industriële bedrijven. Maar hieronder valt ook warmte van de warmtecentrales gestookt op snoei hout en houtpellets. Er zijn een aantal andere opties mogelijk, die binnen Vesta MAIS zowel als bestaande bron kunnen worden meegenomen als in een nieuwe gebiedsoptie worden aangelegd:

- Geothermie: Warmte uit diepe aardlagen op 1.500 tot 4.000 meter diepte.
- Wijk-WKK: Efficiënt geproduceerde warmte uit (aardgasgestookte) warmtekrachtkoppeling in de wijk.
- Bio-wijk-WKK: Warmte verkregen uit een wijk-WKK door te stoken met biomassa bestaande uit snoei hout, houtpellets of biogas.

Dit zijn de primaire bronnen voor warmtelevering in een warmtenet met MT-bron, maar niet de enige bron van warmte omdat er naast de primaire bronnen ook hulpwarmteinstallaties worden ingezet. Per bron worden kentallen gekoppeld om deze berekeningen uit te kunnen voeren.

Indien de gegevens niet beschikbaar zijn in het puntbronnenbestand (zie 5.1.5), worden brontype-specifieke gegevens gebruikt (TypeInfo.csv). Indien die ook niet zijn opgegeven wordt teruggevallen op een ingevoerd kengetal in de code. De inkoopkosten van (rest)warmte worden uit een invoerbestand ingelezen in het model. De gebruiker kan desgewenst een ander invoerbestand aankoppelen met eigen gegevens. Elk type rest-warmtebron kent een eigen bedrag per MWth aan eenmalige investering voor de uitkoppeling van de restwarmte. Deze is gegeven in een range van minimum tot maximum investeringskosten voor de uitkoppeling om warmte te kunnen leveren. Om geen onrealistisch kleine uitkoppelingen te genereren in het model is er een ondergrens aan uitkoppelingsvermogen aan elk type verbonden. Verder wordt rekening gehouden met een jaarlijks percentage

aan onderhoud op de uitkoppelingsinvestering, en met de variabele kostprijs van een GJ warmte. Deze laatste zijn per zichtjaar bepaald.

#### 5.3.2.1 Investeringskosten

In TypeInfo.csv worden de investeringskosten voor het aanleggen of in gebruik nemen van diverse typen warmtebronnen opgegeven. Hierin is een bandbreedte opgenomen tussen de ondergrens en de bovengrens. De kosten zijn gegeven in euro per kilowatt thermisch:  $K_{kW\_min}$  en  $K_{kW\_max}$ . Deze waarden zijn apart gedefinieerd voor verschillende categorieën:

- STEG/KVSTEG/Kolen/AVI
- Gasmotor
- Gasturbine/Conventioneel
- Industrie/Raffinaderij
- BMC
- Wijk-WKK
- Geothermie
- Bio-WKK
- Hulpketel

Bovenstaande kentallen zijn grotendeels vastgesteld in het Functioneel Ontwerp 3.0 (CE Delft, 2017). De waardes die in dat ontwerp zijn genoemd zijn geverifieerd in een marktconsultatie uit 2012. Omdat inmiddels kosten kunnen zijn veranderd is op een aantal punten een update van de kosten gedaan. De categorie "Hulpketel" werd nog niet apart gedefinieerd in 2017, maar is later toegevoegd tijdens een update van de puntbronnenbestanden in het kader van de Startanalyse 2020. Daarbij is aangenomen dat die qua kosten gelijkgesteld kan worden aan de Wijk-WKK. In de oorspronkelijke invoerdata was voor "Industrie" een extra lage ondergrens voor de uitkoppelkosten opgenomen. Deze is later gelijkgesteld aan uitkoppeling voor raffinaderijen. In het Functioneel Ontwerp 3.0 stonden initieel hogere kosten voor de categorie "BMC". Deze zijn later gelijkgetrokken met de lagere kosten van uitkoppeling van STEG/AVI/Kolen/KVSTEG. Voor de kosten voor geothermie en Bio-WKK zijn in het kader van de Startanalyses van 2019 en 2020 updates van de kosten gedaan op basis van de laatste SDE-kosteninschattingen op dat moment (Lensink, S., 2018 & Lensink, S., 2020). Daarbij is geen bandbreedte opgegeven. Voor de waarden van deze kengetallen zie bijlage A.7.

#### 5.3.2.2 Aandeel capaciteit

Een warmtenet met HT/MT-bron bevat ook een hulp-warmteketel die functioneert als aanvullend piekvermogen of als reservevermogen voor de momenten dat de primaire warmtebron in onderhoud is of onverwacht uitvalt. Omdat de hulpwarmteketel als back-up dient voor het totale vermogen is het benodigde vermogen van deze hulpwarmteketel relatief groot ten opzichte van het volume dat deze standaard levert. Standaard wordt binnen het Vesta MAIS model aangenomen dat 30% van het warmtevraagvermogen wordt geleverd door de primaire bron en 85% door de hulpwarmte-ketel, waarmee het vermogen wordt overgedimensioneerd. Als er betere lokale informatie beschikbaar is kan dit percentage in het invoerbestand voor individuele bronnen worden overschreven.

#### 5.3.2.3 Aandeel volume

De verdeling van het volume van de warmtevraag over de hulpwarmteketel en de primaire bron laat een tegengesteld beeld zien als het aandeel op capaciteit. De primaire bron levert de basislast met standaard 80% van de warmtelevering en de hulpwarmteketel levert 20% van de warmte. Het model houdt rekening met warmteverliezen die optreden bij het transport en de distributie van de warmte. Als er betere lokale informatie beschikbaar is kan dit percentage in het invoerbestand voor individuele bronnen worden overschreven.

#### 5.3.2.4 Onderhoudskosten

Binnen TypeInfo.csv is van een aantal soorten warmtebronnen opgegeven welk percentage aan onderhoudskosten er wordt gerekend (als percentage van de initiële investering).

#### 5.3.2.5 Emissies

De emissiefactoren van warmtebronnen zijn opgegeven voor vijf typen emissies. Deze zijn met name relevant voor installaties die gebruik maken van biomassa. De invoer is gegeven in kilogram uitstoot per gigajoule geproduceerde warmte:

- CO<sub>2</sub>
- NO<sub>x</sub>
- SO<sub>2</sub>
- VOS
- TS

De waarden van deze getallen zijn aangeleverd door Arjan Plomp (ECN, 2015).

### 5.3.3 Leercurves

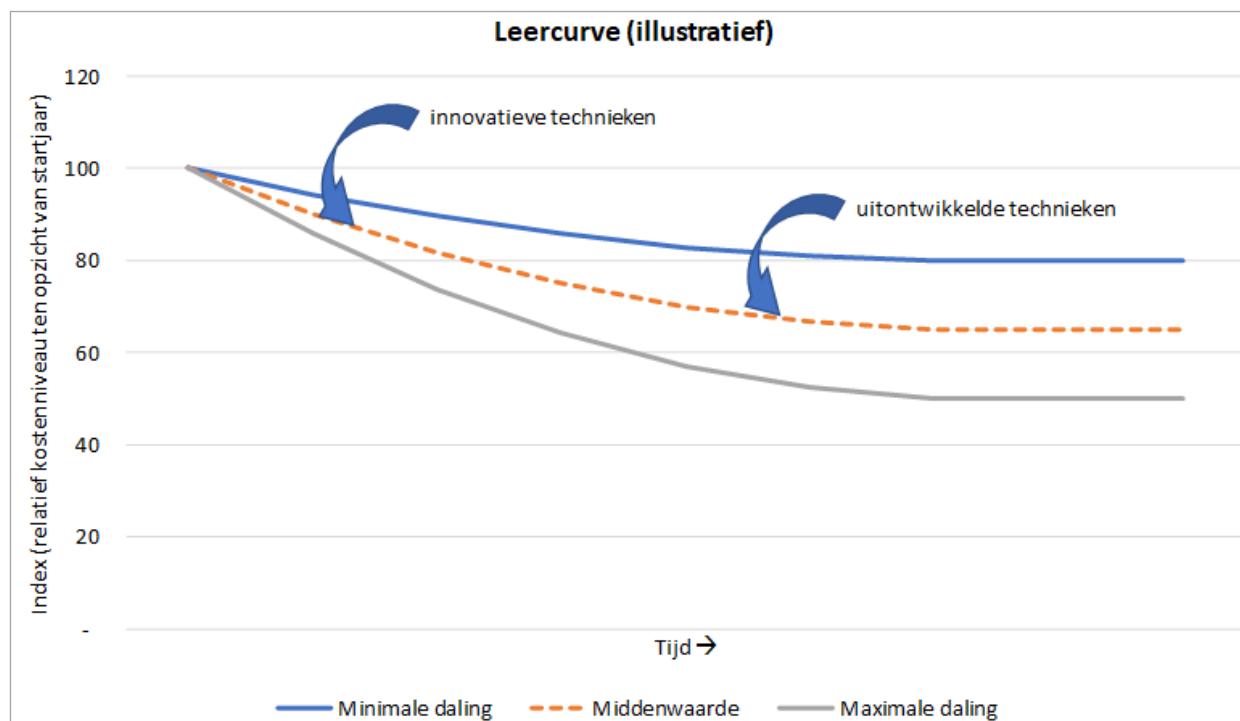
GeoDmsGui: /Invoer/Kengetallen/ LeerCurves

Wiki: /wiki/C.4.2-Kengetallen

Alle investeringskengetallen kunnen in de toekomst veranderen door ontwikkelingen in materiaalprijzen, arbeidskosten en productiviteit. Zo kunnen door innovaties de kosten voor bepaalde materialen, producten en installaties dalen. De kosten kunnen echter ook toenemen, bijvoorbeeld door schaarste en stijgende lonen. De ontwikkeling van de kosten kan worden weergegeven in zogenoemde leercurves. De basisgedachte van leercurves is dat de kosten dalen door het opdoen van ervaring met een technologie. De leercurves van maatregelen zijn geïnventariseerd voor een minimale en maximale waarde die het innovatiesucces en het opdoen van ervaring weerspiegelen in de loop van de tijd. In Vesta MAIS wordt met een grote diversiteit aan leercurves gewerkt, welke onder andere van toepassing zijn op alle investeringen.

De opbouw van de curves is voortgekomen uit verschillende studies, aannames en inventarisaties. In het huidige FO bestaan de leercurves voor de eerste jaren uit de aannames die zijn gedaan in het Klimaatakkoord en in de jaren naar 2050 toe uit inventarisaties in markt. Veel technieken en/of investeringen maken daarbij gebruik van dezelfde leercurves, maar bevinden zich op een andere plek. Technieken die al lang worden toegepast en waar weinig innovatie nog mogelijk is bevinden zich redelijk aan het eind (weinig kostendaling naar de toekomst) en degenen die aan het begin van de marktintroductie staan bevinden zich aan de start van de curve (veel kostendaling naar de toekomst). In Figuur 5.11 wordt dit illustratief weergegeven.

**FIGUUR 5.11 – LEERCURVE IN VESTA MAIS (ILLUSTRATIEF, BRON: CE DELFT)**



De leercurves voor schilsprongen zijn opgedeeld in:

- Schilsprongen tot en met schillabel C (Cmin)
- Schilsprongen naar schillabel B (Bpls)
- Schilsprongen naar schillabel A+ (Verder)

De leercurves voor investeringen in gebouwinstallaties zijn opgedeeld in:

- Micro-WKK installaties (mWKK)
- Zonneboilers (ZonB)
- Zonnepanelen (ZonPV)
- Warmtepompen met lucht als bron (eWP<sub>lw</sub>)
- Warmtepompen met bodem of water als bron (eWP<sub>ww</sub>)
- Hybride warmtepompen (elektrisch deel en gas deel) (hWP)
- Elektrische weerstandsverwarming (EWV)
- Lagetemperatuur afgiftesystemen (LTAS)
- Vr-ketels en Hr-ketels in gebouwen (HR)

De leercurves voor investeringen in warmtenetten zijn opgedeeld in:

- Onderdelen van MT-warmtenetten zonder eigen curve (MTnet)
- Inpandige systemen in warmtenetten (Inpand)
- Gebouwaansluitingen in warmtenetten (Aansl)
- Warmteverlies in warmtenetten (Verl)
- Onderhoud en beheerkosten (OenM)
- Onderdelen van LT-warmtenetten zonder eigen curve (LTnet)
- Aanleggen geothermiebronnen (Geothermie)
- Installaties in gebouwen zonder eigen curve (Default)

De leercurves voor aanpassingen van gas- en elektriciteitsinfrastructuur zijn opgedeeld in:

- Aanpassingen aan de gas- en elektriciteitsinfrastructuur (Infra)
- Waterstofketels en aanpassingen aan het gasnet voor waterstof (Waterstof)

De laatst gebruikte bron voor nieuwe leercurves is het kostprijsmodel van de subtafel kostenontwikkeling van het klimataakkoord gebouwde omgeving (KA ST-GO, 2018). Hierbij zijn de beoogde besparingen uit dit document gezien als de bovenwaarde, ofwel de “optimistische” leercurve. De onderwaarde ofwel “pessimistische” leercurve is gedefinieerd als gelijk blijvende kosten.

### 5.3.4 Infrastructuur

#### 5.3.4.1 Jaarlijkse kosten

Voor de kosten van de gas- en elektriciteitsinfrastructuur worden invoerwaarden ingelezen die aangeven wat de kosten van de netbeheerders zijn en welke tarieven zij hanteren voor hun afnemers. De volgende waarden worden ingelezen:

- Aansluittarief
- Vastrecht
- Periodieke aansluitvergoeding
- Meterhuur
- Capaciteitstarief
- Leveringstarief
- Kapitaallasten transportnet
- Kapitaallasten distributienet
- Onderhoudskosten transportnet
- Onderhoudskosten distributienet

Deze waarden worden eenmalig ingelezen voor het startjaar en vervolgens ieder jaar gelijk gehouden, behoudens kostenstijging of -daling door aanpassingen aan het net werk die voortvloeien uit aanpassingen aan de warmtevoorziening.

### 5.3.5 Waterstof

In Vesta zijn een aantal kentallen opgenomen die nodig zijn om berekeningen te maken voor waterstofnetten (bronnen: CE Delft, 2020 & Hoogervorst, 2020b). Hieronder wordt uitgelegd welke kentallen worden ingevoerd. Voor de actuele parameterwaarden zie Bijlage A.8.

#### Energie-inhoud

Voor de energie-inhoud van waterstof zijn twee parameters opgenomen: de energie-inhoud op onderwaarde en op bovenwaarde. In principe wordt alleen de energie-inhoud op onderwaarde gebruikt. Deze waarden zijn gebaseerd op CE Delft (2020) *parameters waterstof voor Vesta MAIS*, tabel 1 op pagina 6.

#### Onderhoudskosten

Er wordt vanuit gegaan dat waterstofnetten en waterstofaansluitingen hogere onderhoudskosten hebben dan aardgasnetten en -aansluitingen. Onder andere omdat er onder hogere gasdruk wordt gewerkt, en door nog te ontwikkelen strengere certificering. Het onderhoud bestaat uit een vast bedrag aan meerkosten voor de netbeheerder in euro per aansluiting per jaar, met daar bovenop nog een vast bedrag in euro per aansluiting per jaar voor CO-metingen (Hoogervorst, 2020b). Om deze kosten schaalbaar te maken voor o.a. utiliteitsaansluitingen zijn ze uitgedrukt als een jaarlijks in te rekenen percentage van de initiële investeringskosten voor ombouw van het gasnet.

#### Aansluitkosten

Om het gasnet en de gasaansluitingen geschikt te maken voor waterstof wordt een vast bedrag in euro per aansluiting gerekend voor het aanpassen van de infrastructuur, met daar bovenop nog een vast bedrag in euro per aansluiting voor het aanpassen van de bestaande gasmeter (Hoogervorst, 2020b). Voor utiliteit zijn deze kosten uitgedrukt als euro per vierkante meter vloeroppervlak door het bedrag dat bij woningen geldt te delen door het oppervlakte van een woningequivalent aan utiliteitsbouw: 130 m<sup>2</sup> (Hoogervorst et al., 2020b).

#### Sectioneren

Om het gasnet over te schakelen van aardgas (of groengas) naar waterstof moet een deel van het net worden geïsoleerd van de rest van het netwerk. Dit wordt sectioneren genoemd. Dit kan gebeuren door een aantal afsluiters op strategische plekken in het netwerk af te sluiten. Hiervoor wordt gerekend met een vast bedrag per CBS-buurt gerekend (CE Delft, 2020, tabel 13 p.18).

### 5.3.6 Overige kentallen

Naast de tot nu toe genoemde kentallen zijn er nog een aantal specifieke parameters die niet onder een breder thema vallen maar die hier afzonderlijk genoemd worden:

#### Energie-inhoud gas

Dit is de omrekenfactor van kubieke meters naar gigajoule voor aardgas. Er zijn twee parameters opgenomen: voor de onderwaarde en de bovenwaarde van de energie-inhoud. In de rest van de berekeningen wordt alleen de onderwaarde gebruikt.

#### Efficiency apparatuur

Voor elke woning en elk utiliteitsgebouw is er een elektriciteitsvraag opgenomen voor het verbruik van apparatuur en verlichting (zie o.a. Bijlage B). Er wordt standaard verondersteld dat dit ook gelijk is aan de metervraag, omdat de efficiency van huishoudelijke apparatuur geen onderdeel is van de scope van Vesta MAIS. Omdat het voor specifieke studies wenselijk kan zijn om wel aannames te doen voor alternatieve efficiency is deze parameter opgenomen.

#### Resterende afschrijving

Bij overstappen op warmtenetten wordt verondersteld dat niet iedereen in een buurt op dat moment ook een natuurlijk vervangingsmoment heeft voor de bestaande ketel. Daarom wordt er vanuit gegaan dat de huidige installatie nog een resterende waarde heeft die vervroegd moet worden afgeschreven. Deze invoerparameter geeft aan welk aandeel van de oorspronkelijke waarde dat is.

### 5.3.7 Netwerken

Het Vesta model simuleert een aantal ingrepen aan de gas- en elektriciteitsinfrastructuur die voortkomen uit aanpassingen van de warmtevoorziening. In het kader van de Startanalyse 2019 (Hoogervorst et al., 2019) zijn de invoerkentallen die nodig zijn om de kosten van die ingrepen te berekenen overeengekomen met

vertegenwoordigers van de grootste regionale netbeheerders; Enexis, Stedin en Liander (Netbeheer Nederland, 2019). Het soort ingrepen waarvoor kentallen zijn opgesteld zijn:

- Vervangen grondroeringsgevoelige leidingen
- Verwijderen gasaansluitingen laagbouw
- Verwijderen gasaansluitingen hoogbouw
- Verwijderen gasaansluitingen utiliteit
- Verwijderen lagedruk gasnet
- Verzwaren laagspanning elektriciteitsnet
- Verzwaren elektriciteitsaansluitingen
- Verzwaren middenspanningsruimtes

In de volgende versie van de Startanalyse (Hoogervorst et al., 2020) is besloten om de vervanging van grondroeringsgevoelige leidingen niet langer mee te nemen en de kosten hiervan op nul te stellen. Voor de overige ingrepen zijn de kostenkentallen overgenomen zoals aangeleverd door de netbeheerders, en deze zijn gegeven in Bijlage A.1. Hierbij zijn de systeemgrenzen vastgehouden zoals gegeven in Bijlage C. De kosten voor het vervangen van grondroeringsgevoelige leidingen, het verwijderen van lagedruk gasleidingen en het verzwaren van het laagspanningsnet zijn gegeven in een vast bedrag per meter netwerk dat moet worden verwijderd of aangepast. De kosten van het verwijderen van een gasaansluiting of verzwaring van een elektriciteitsaansluiting (naar 3 x 25 ampère) worden gegeven als een vast bedrag per aansluiting. Hierbij is aangenomen dat elk verblijfsobject dat in Vesta wordt meegenomen één aansluiting heeft, indien er een gas- of elektriciteitsnet aanwezig is. Voor het verzwaren van middenspanningsruimtes is er een kostenkental opgegeven voor het bijbouwen van een nieuwe middenspanningsruimte, plus de capaciteit die een standaard middenspanningsruimte heeft (in kilowatt).

In de oorspronkelijke aanlevering vanuit de netbeheerders is geen bandbreedte van onzekerheid in de kosten aangegeven. Die is toegevoegd door PBL waarbij met de netbeheerders is afgesproken dat een afwijking van 10% naar boven of naar beneden een redelijke inschatting van de onzekerheid is.

### 5.3.8 Onderhouden en administratie

De jaarlijkse kosten van onderhoud en administratie worden berekend als percentage van het initiële investeringsbedrag. Welk percentage er wordt gehanteerd varieert per onderdeel. Er zijn aparte parameters opgenomen voor:

- Warmteoverdrachtstation
- Onderstations
- Secundair net
- Primair transport
- Inpandige installaties
- Leverancierskosten
- Inpandige distributie
- Opwekking
- Wijkdistributie
- Collectieve warmtepomp
- Warmtebuffer
- WKO
- TEO

## 5.4 Energieprijzen

GeoDmsGui: /Invoer/energieprijzen

Wiki: /wiki/C.4.3-Energieprijzen

De totale energieprijs van een energiedrager is een optelling van verschillende prijscomponenten. Een prijscomponent dat terugkomt in alle energieprijzen is de groothandelsprijs van een energiedrager

De basis voor de groothandelsprijzen van conventionele energiedragers (zoals aardgas en niet-klimaatneutrale elektriciteit) is de Klimaat- en Energieverkenning 2019 (PBL, 2019). Dit document beschrijft de ontwikkelingen in de groothandelsprijzen van aardgas, kolen, niet-klimaatneutrale elektriciteit en verschillende biomassastromen tot en met 2030. Voor zichtjaren na 2030 worden de prijzen geëxtrapoleerd. De groothandelsprijzen van opkomende energiedragers (zoals groengas, klimaatneutrale elektriciteit en waterstof) worden niet behandeld binnen de KEV 2019, maar de onderbouwing voor de energieprijzen van deze energiedragers is te vinden in aparte notities over deze energiedragers.

Over het geheel worden de volgende prijscomponenten gehanteerd binnen het Vesta MAIS model:

- Leveringsprijs
  - o Groothandelsprijzen
  - o Overheadkosten
- Variabele distributiekosten
- Variabele transport- en capaciteitskosten
- Opslag Duurzame Energie (ODE)
- Energiebelasting
- BTW

Binnen Vesta MAIS worde de prijscomponenten apart meegenomen, omdat het dan mogelijk blijft om de financiële stromen tussen verschillende actoren in kaart te blijven brengen. Naast het onderscheid naar prijscomponenten wordt ook het onderscheid gemaakt naar gebruikersklassen. De hoogte van verschillende prijscomponenten kan namelijk fors verschillen tussen kleinverbruikers en grootverbruikers. Het onderscheid voor de gehanteerde gebruikersklassen binnen Vesta MAIS sluit hierbij aan op het onderscheid dat wordt gehanteerd door de Belastingdienst (Belastingdienst, 2020). Er wordt ook rekening gehouden met de heffingskorting voor iedere aansluiting, zie daarvoor 5.5.2.5.

### **Invloed gebruikersklassen op energieprijs**

De variabele energieprijs wordt lager wanneer het verbruik hoger wordt, maar het is niet zo dat grootverbruikers alleen maar het laagste tarief betalen. Voordat ze het lagere tarief betalen moeten ze wel eerst de hogere tarieven op het lagere verbruik betalen, wat ook wel wordt aangeduid met het doorlopen van de staffel. De doorwerking van deze staffel wordt toegelicht aan de hand van de gebruikersklassen van elektriciteit (zie eerste sub-paragraaf). Voor de eerste 10,000 kWh die een grootverbruiker verbruikt betaalt de grootverbruiker het kleinverbruikerstarief, voor het verbruik tussen de 10,001 en 50,000 kWh betaalt de grootverbruiker het tarief voor klein-middelgrootgebruikers. Het verbruik van 50,001 kWh tot 10 miljoen kWh valt onder het tarief voor midden-middelgroot gebruikers en het verbruik boven de 10 miljoen kWh valt pas onder het grootverbruikerstarief. Voordat de grootverbruiker het laagste tarief kan betalen moeten eerst de tarieven worden betaald voor het verbruik in de andere gebruikersklassen conform de hier geldende tarieven. Deze systematiek wordt dus ook wel aangeduid met het doorlopen van de staffel.

#### **5.4.1 Elektriciteit (niet-klimaatneutraal)**

Elektriciteit is een energiedrager die kan worden opgewekt met hernieuwbare en fossiele bronnen. In 2019 werd ongeveer 18% van de elektriciteit opgewekt door hernieuwbare bronnen (CBS Statline, 2020a), in de KEV 2019 wordt geraamd dat dit aandeel stijgt naar meer dan 70% in 2030 (PBL, 2019). De overige 30% van de elektriciteit wordt opgewekt door middel van aardgascentrales, kerncentrales en nog enkele kleine fossiele bronnen. Met deze verdeling van hernieuwbaar en fossiel wordt het grootste deel van de elektriciteit klimaatneutraal opgewekt, maar nog niet alle elektriciteit. In deze paragraaf wordt ingegaan op de kosten voor deze mix, waarbij de volgende sub-paragraaf een beeld geeft van de kosten indien alle elektriciteit hernieuwbaar opgewekt zou worden.

##### **5.4.1.1 Gebruikersklassen elektriciteit**

Binnen het Vesta MAIS model worden de volgende gebruikersklassen onderscheiden voor de elektriciteitsprijzen:

- Kleingebruiker (t/m 10,000 kWh/jaar)
- Klein-middelgroot gebruik (10,001 t/m 50,000 kWh/jaar)
- Midden-middelgroot gebruik (50,001 t/m 10 miljoen kWh/jaar)
- Grootgebruik (meer dan 10 miljoen kWh/jaar)

##### **5.4.1.2 Leveringsprijs elektriciteit**

De leveringsprijs bestaat uit twee verschillende prijselementen, namelijk de groothandelsprijs en de overheadkosten. De groothandelsprijs is de prijs die tot stand komt op de markt van een energiedrager, in het geval van elektriciteit dus op de elektriciteitsmarkt. De elektriciteitsmarkt wordt door een groot aantal factoren

beïnvloedt zoals brandstofprijzen, het opgestelde vermogen in Nederland en andere landen in Europa, verandering in vraag en aanbod en het energiebeleid in binnen- en buitenland. Dit maakt de ontwikkeling van de groothandelsprijs voor elektriciteit zeer onzeker, zoals ook beschreven in de KEV 2019 (PBL, 2019). Gegeven deze onzekerheid wordt er in de KEV 2019 wel een beeld geschetst van de ontwikkeling van de groothandelprijs voor elektriciteit. Deze groothandelsprijs wordt ook gehanteerd als de groothandelsprijs voor niet-klimaatneutrale elektriciteit binnen het Vesta MAIS model.

### **Overheadkosten van elektriciteit**

In de groothandelsprijs wordt rekening gehouden met de productiekosten van elektriciteit, maar dit zijn niet de enige kosten die de producenten van elektriciteit maken. De overige kosten worden aangeduid met de term overheadkosten en deze overheadkosten omvatten administratiekosten, personeelskosten en overige bedrijfskosten. Deze overheadkosten worden binnen het Vesta MAIS model uitgedrukt in euro/kWh, waarbij de overheadkosten verschillen voor de gebruikersklassen. De reden hiervoor is dat bijvoorbeeld de administratiekosten bij grootverbruikers worden verdeeld over een groter verbruik en hierdoor de kosten per kWh lager zijn.

De overheadkosten worden afgeleid van het CBS Statline (2020b). In deze CBS-tabel wordt een overzicht gegeven van de prijzen voor verschillende gebruikersklassen, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar leveringsprijzen, netwerkprijzen en de transactieprijs. Voor de vaststelling van de overheadkosten zijn alleen de leveringsprijzen (exclusief BTW en andere belastingen) van belang. De eerste stap om te komen tot de overheadkosten per gebruikersklasse is om de gebruikersklassen van het CBS overeen te laten komen met de gebruikersklassen van de Belastingdienst. Hiervoor worden de volgende aannames gedaan (met tussen haakjes de CBS-klassen):

- Kleingebruiker (1 tot 2.5 MWh en 2.5 tot 5 MWh)
- Klein-middelgroot gebruik (20 tot 500 MWh, 500 tot 2,000 MWh en 2,000 tot 20,000 MWh)
- Midden-middelgroot gebruik (20,000 tot 70,000 MWh, 70,000 tot 150,000 MWh, 150,000 MWh en meer)
- Grootgebruik (zelfde als voor midden-middelgroot gebruik)

In de tweede stap moet het onderscheid worden gemaakt tussen vaste leveringsprijzen en variabele leveringsprijzen. In de CBS-data zijn de (totale) leveringsprijzen namelijk een optelling van de variabele leveringsprijzen en de vaste leveringsprijzen, waarbij de vaste leveringsprijzen zijn vertaald naar een bedrag per kWh. Binnen het Vesta MAIS model worden deze posten apart meegenomen en daarom worden de variabele leveringskosten en vaste leveringskosten uitgesplitst. Om dit uit te splitsen wordt, per jaar, een lineaire trend vastgesteld op basis van de inverse van het gemiddelde verbruik per gebruikersklasse en de totale leveringsprijs per gebruikersklasse. Met deze lineaire trend is het mogelijk om de vaste leveringskosten (uitgedrukt in euro/kWh) uit te rekenen door het verbruik op 0 te zetten. Vervolgens is het ook mogelijk de variabele leveringskosten uit te rekenen door de vaste leveringskosten (in euro/kWh) af te trekken van de totale leveringskosten.

Het resultaat van de voorgaande stap is de ontwikkeling van variabele leveringskosten per jaar, waarbij op het moment van publiceren data beschikbaar was voor 2007 – 2019. Om te komen tot de overheadkosten wordt de groothandelsprijs per zichtjaar afgetrokken van deze variabele leveringskosten. De resulterende overheadkosten fluctueren per jaar, maar blijven uiteindelijk in dezelfde ordegrootte per gebruikersklasse. In de ontwikkeling tot 2030 wordt daarom in de basis uitgegaan van de gemiddelde overheadkosten van de laatste 5 jaar (2015 -2019).

### **Additionele kosten binnen Startanalyse**

Binnen de Startanalyse wordt uitgegaan van nationale kosten, dit is dus exclusief belastingen en subsidies. Binnen de KEV 2019 wordt in 2019 een groot deel van de elektriciteit opgewekt door middel van windmolens en zonnepanelen. De productie van deze hernieuwbare elektriciteit wordt gesubsidieerd door middel van de SDE+(+) en hier moet worden voor gecorrigeerd om te komen tot nationale kosten. In tabel 2 van Hoogervorst (2020a) wordt inzicht gegeven in de correctiefactor die is gebruikt voor de correctie van de SDE+-subsidies. Naast deze correctie voor de SDE+-subsidies worden in Hoogervorst (2020a) zijn twee additionele kostenverhogende factoren opgenomen, namelijk onbalanskosten en extra overheadkosten. Beide worden meegenomen in de vaststelling van de totale leveringskosten binnen de 2020-versie van de Startanalyse.

#### **5.4.1.3 Variabele distributiekosten en variabele transport- en capaciteitskosten**

De leveringstarieven zijn bestemd voor de producenten van elektriciteit. Vervolgens moet de elektriciteit nog worden getransporteerd naar de gebruikers van elektriciteit en ook hier worden kosten voor gemaakt. Meestal worden deze kosten, ook wel aangeduid met de term netbeheerkosten, verrekend als een vast bedrage per dag en

aansluiting, onafhankelijk van het verbruik. Voor bedrijven is het nettarief nog complexer, en hangt het ook af van de aansluitwaarde zelf en het verbruikersprofiel. Binnen het Vesta MAIS model wordt met dit verschil rekening gehouden door verschillende tarieven per gebruikersklassen.

De kleingebruikers hebben alleen een vast tarief per aansluiting en hiervoor worden dus geen variabele kosten voor het netbeheer (distributie, transport en capaciteit) meegenomen. Voor de overige gebruikersklassen worden wel variabele tarieven meegenomen. Voor de vaststelling van deze variabele kosten wordt uitgegaan van een gemiddelde aansluitwaarde per gebruikersklasse en vervolgens worden de netbeheerkosten voor een dergelijke aansluitwaarde gedeeld door het gemiddelde verbruik per gebruikersklasse. Dit geeft de variabele kosten voor netbeheer van de desbetreffende gebruikersklasse. De redenering hierbij is dat wanneer het verbruik van een gebouw hoger/lager is dan het gemiddelde verbruik van deze gebruikersklasse, de aansluitwaarde ook hoger/lager zal zijn en daarmee ook de netbeheerkosten van dit gebouw. De basis voor de kosten van aansluitwaarden zijn te vinden in de publicaties over tarieven van de verschillende netbeheerders (Stedin, Enexis en Liander).

#### Additionele kosten binnen Startanalyse

Zoals vermeld in Hoogervorst (2020a) wordt binnen de Startanalyse rekening gehouden met een stijging van de distributiekosten als gevolg van de extra netkosten op land en zee. Het gaat hierbij dan om bijvoorbeeld hogere kosten als gevolg van de investeringen die moeten worden gedaan om de windparken op zee te verbinden met het landnetwerk. De investeringen in het elektriciteitsnet op buurtniveau als gevolg van verzwarening van het net bij voorbeeld elektrische warmtepompen wordt meegenomen binnen het Vesta MAIS model.

##### 5.4.1.4 Energiebelasting en Opslag Duurzame Energie (ODE)

Er worden twee heffingen geheven op het verbruik van elektriciteit, namelijk energiebelasting en de ODE. Het verschil tussen deze twee heffingen zit voornamelijk in het doel waar de opbrengsten voor gebruikt worden. De opbrengsten van de ODE worden ingezet om de productie van duurzame energie te stimuleren, de opbrengsten van energiebelasting gaan naar de algemene inkomsten van de overheid. Beide heffingen spelen geen rol in de berekeningen voor de Startanalyse, omdat binnen deze berekeningen alleen wordt ingegaan op de nationale kosten. De ontwikkeling in de ODE is gebaseerd op informatie uit de KEV 2019. Voor de energiebelasting wordt ervan uitgegaan dat deze op hetzelfde niveau blijft als in 2020.

##### 5.4.2 Elektriciteit (klimaatneutraal)

De opbouw van de klimaatneutrale elektriciteitsprijs is hetzelfde als voor de niet-klimaatneutrale elektriciteitsprijs, alleen zit er verschil in de hoogte van de prijscomponenten. In tabel 9 van Hoogervorst (2020a) wordt een overzicht gegeven van de kostenposten bij klimaatneutrale elektriciteit. Zowel de productiekosten als de overheadkosten zijn hoger bij de productie van klimaatneutrale elektriciteit dan bij niet-klimaatneutrale elektriciteit. Hierdoor is de totale leveringsprijs van klimaatneutrale elektriciteit hoger dan bij niet-klimaatneutrale elektriciteit. De additionele netkosten worden ook hoger verondersteld voor klimaatneutrale elektriciteit dan voor niet-klimaatneutrale elektriciteit.

De definitie van klimaatneutrale elektriciteit en alle aannames en systeemeigenschappen die daarbij worden verondersteld zijn overgenomen uit Hoogervorst (2020a).

##### 5.4.3 Aardgas

Op dit moment wordt het grootste deel van de gebouwen in Nederland verwarmd door middel van aardgas, daarnaast wordt aardgas ook ingezet in andere sectoren zoals binnen de industrie of voor de productie van elektriciteit. De prijs van aardgas in Nederland was in het verleden direct gekoppeld aan het aardgas dat werd gewonnen binnen Nederland. Met de afbouw van de gaswinning in Nederland wordt er steeds meer aardgas geïmporteerd, waarbij het aardgas per pijplijn wordt ingevoerd vanuit Noorwegen, Rusland, het Verenigd Koninkrijk, Duitsland en Denemarken. Ook is er import per schip, LNG. De prijsontwikkelingen op de wereldmarkt van gas zullen hiermee een directere invloed hebben op de aardgaslijnen in Nederland. Het effect van deze ontwikkelingen op de leveringsprijzen wordt verder toegelicht in het onderdeel over de leveringsprijzen van aardgas. De opbouw van deze paragraaf volgt verder dezelfde opbouw als gehanteerd bij de toelichting op elektriciteitsprijzen, alleen bij de gasprijzen worden geen variabele netbeheerkosten meegenomen.

##### 5.4.3.1 Gebruikersklassen gas

Binnen het Vesta MAIS model worden de volgende gebruikersklassen onderscheiden voor de gasprijzen:

- Kleingebruiker (t/m 5,000 m<sup>3</sup>/jaar)
- Klein-middelgroot gebruik (5,001 t/m 170,000 m<sup>3</sup>/jaar)

- Midden-middelgroot gebruik (170,001 t/m 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar)
- Grootgebruik (meer dan 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar)
- Glastuinbouw

De glastuinbouw is een aparte gebruikersklasse, omdat deze ook een eigen categorie hebben binnen Belastingdienst (2020).

#### 5.4.3.2 Leveringsprijs aardgas

De leveringsprijs van aardgas kent dezelfde opbouw als van elektriciteit, namelijk op basis van de groothandelsprijs en overheadkosten. De groothandelsprijs voor aardgas is gebaseerd op de KEV 2019, waarin tussen 2020 en 2030 een lichte stijging is te zien in de aardgasprijs (PBL, 2019). Een reden hiervoor is de verwachte groei in de wereldwijde vraag naar aardgas, doordat landen overstappen van energiedragers zoals kolen naar aardgas. De ontwikkeling in deze aardgasprijs is wel onzeker door bijvoorbeeld de rol die onconventionele aardgasproductie (zoals schaliegas) kan gaan spelen in de markt voor aardgas.

#### Overheadkosten van aardgas

De methode voor de vaststelling van de overheadkosten van aardgas is gelijk aan die van elektriciteit. In CBS Statline (2020b) wordt een overzicht gegeven van o.a. de leveringsprijzen van aardgas voor verschillende gebruikersklassen. De CBS-gebruikersklassen komen niet overeen met de gebruikersklassen zoals gehanteerd door Belastingdienst (2020), in de vertaling van de CBS-gebruikersklassen worden de volgende aannames gedaan (met tussen haakjes de CBS-gebruikersklassen):

- Kleingebruiker (minder dan 20 GJ en 20 tot 200 GJ)
- Klein-middelgroot gebruik (1 tot 10 TJ)
- Midden-middelgroot gebruik (10 tot 100 TJ, 100 tot 1,000 TJ en 1,000 TJ en meer)
- Grootgebruik (10 tot 100 TJ, 100 tot 1,000 TJ en 1,000 TJ en meer)
- Glastuinbouw (10 tot 100 TJ, 100 tot 1,000 TJ en 1,000 TJ en meer)

Vervolgens moeten de leveringskosten weer worden uitgesplitst in vaste en variabele leveringskosten. Hiervoor wordt wederom een lineaire trend vastgesteld op basis van het totale leveringstarief en de inverse van het gemiddelde verbruik per gebruikersklasse. Door een verbruik van nul in te vullen binnen deze formule worden vervolgens de vaste leveringskosten vastgesteld, en daarmee ook de variabele leveringskosten. Deze stappen worden doorlopen voor de jaren 2007 - 2019, de jaren waarvoor data beschikbaar was. Vervolgens wordt per jaar de groothandelsprijs van gas afgetrokken van de variabele leveringskosten om te komen tot de overheadkosten. De resulterende overheadkosten fluctueren per jaar, maar blijven uiteindelijk in dezelfde ordergrootte per gebruikersklasse. In de ontwikkeling tot 2030 wordt daarom in de basis uitgegaan van de gemiddelde overheadkosten van de laatste 5 jaar (2015 -2019).

#### 5.4.3.3 Energiebelasting en Opslag Duurzame Energie

Ook bij het verbruik van aardgas wordt zowel energiebelasting als ODE geheven. Beide heffingen spelen geen rol in de berekeningen voor de Startanalyse, omdat binnen deze berekeningen alleen wordt ingegaan op de nationale kosten. De ontwikkeling in de ODE is gebaseerd op informatie uit de KEV 2019. Voor de energiebelasting wordt ervan uitgegaan dat deze op hetzelfde niveau blijft als in 2020.

#### 5.4.4 Groengas

De prijs van groengas binnen het Vesta MAIS model bevat op dit moment alleen de leveringskosten van groengas. Hierbij wordt aangenomen wordt dat de overheadkosten hetzelfde zijn als bij aardgas, maar de productiekosten (gelijk aan de groothandelsprijs) verschillen wel. In Hoogervorst et al. (2019) wordt de methode toegelicht die binnen de 2019-versie van de Startanalyse is gebruikt voor de vaststelling van de productiekosten van groengas. Deze methode is ook gebruikt voor de 2020-versie van de Startanalyse, waarbij de informatie is bijgewerkt met de laatste inzichten binnen de SDE +(+). In van Polen et al. (2020) wordt een beschrijving gegeven van de hernieuwde berekening van de kosten voor groengas binnen de 2020-versie van de Startanalyse. Er is nog geen specifiek beleid geformuleerd voor de energiebelasting en ODE op groengas, daarom wordt voor nu uitgegaan dat deze gelijk zijn aan de energiebelasting en ODE op aardgas.

#### 5.4.5 Biomassa

Binnen het Vesta MAIS model wordt biomassa ingezet binnen biomassawarmtecentrales (BMC's) en Bio-WKK's, hierbij wordt uitgegaan van vaste biomassa. Voor de prijs van biomassa wordt daarom uitgegaan van de prijs van houtpellets binnen de KEV 2019 (PBL, 2019).

#### 5.4.6 Waterstof

Waterstof kan op verschillende manieren worden geproduceerd, zo wordt op dit moment al waterstof geproduceerd op basis van aardgas. Bij deze productie komt CO<sub>2</sub> vrij en daarom wordt gesproken over bruine of grijze waterstof; wanneer deze CO<sub>2</sub> afgevangen zou worden wordt gesproken van blauwe waterstof. Het is ook mogelijk om waterstof te produceren op basis van hernieuwbare bronnen. Dit gaat dan voornamelijk door de productie van hernieuwbare elektriciteit die vervolgens door middel van elektrolyse wordt omgezet naar de zogeheten groene waterstof. Het onderscheid tussen verschillende typen waterstof is van belang bij de onderbouwing van de prijzen voor waterstof binnen het Vesta MAIS model.

In Hoogervorst (2020b) wordt de onderbouwing van de prijzen voor waterstof binnen de 2020-versie van de Startanalyse beschreven. In deze studie wordt ingegaan op de mogelijke prijsontwikkelingen van zowel blauwe als groene waterstof. Beide zijn opgenomen in het energieprijsbestand van het Vesta MAIS model en de gebruiker kan een keuze maken met welke prijs gerekend moet worden in zijn/haar studie. Hierbij kan de modelgebruiker de ratio aangeven tussen blauwe waterstof, groene waterstof en eventuele geïmporteerde schone waterstof. In de 2020-versie van de Startanalyse wordt uitgegaan van de prijs van blauwe waterstof (Hoogervorst, 2020b) en daarom staat de ratio in deze energieprijsbestand op 100% blauwe waterstof en 0% groene waterstof.

Er is nog geen informatie bekend over eventuele heffingen op het gebruik van waterstof, deze zitten daarom ook nog niet apart opgenomen in het Vesta MAIS model. Daarnaast worden de overheadkosten voor waterstof meegenomen als een vast bedrag, zoals wordt toegelicht in Hoogervorst (2020b).

### 5.5 Defaultinstellingen

GeoDmsGui: /Invoer/DefaultInstellingen

Wiki: /wiki/C.4.4-Defaultinstellingen

Het Vesta MAIS model heeft voor alle parameters die deel uitmaken van de modelrun-instellingen een defaultwaarde. Alle waarden die genoemd staan in defaultinstellingen kunnen door de gebruiker worden aangepast maar het is ook mogelijk het model te gebruiken op basis van defaults. Er zijn defaultinstellingen voor het startjaar en specifieke instellingen voor de toekomstige jaren. In theorie zijn alle defaultinstellingen per zichtjaar apart in te stellen. Als de gebruiker een defaultinstelling niet apart specificert worden de instellingen die in het startjaar gehanteerd worden voortgezet in de toekomstige jaren. De waarden van de parameters zijn terug te vinden in Bijlage A.9. Achtereenvolgens komen de volgende defaultinstellingen aan bod: achtergrond-, beleids-, gedrag- en techniekinstellingen.

#### 5.5.1 Achtergrondinstellingen

Achtergrondinstellingen kunnen worden gebruikt om de studie af te kaderen en in te stellen welke achtergrondfactoren wel of niet mee worden gewogen.

##### 5.5.1.1 Regio

De gebruiker kan hier kiezen op welk niveau de resultaten in de rapportage worden gepresenteerd, waarbij kan worden gekozen uit:

- gemeente (of verzameling van gemeenten)
- energieregio (RES-regio)
- provincie
- Nederland

### 5.5.1.2 IndustrieDoetMee

De gebruiker kan voor industrie in defaultinstellingen aangeven welk gedeelte van de industrie binnen de scope van de studie valt. Hierbij kan er een keuze worden gemaakt uit:

- in utiliteit doet alle industrie niet mee (ook niet de vbo's die industrie in combinatie met een ander gebruiksdool hebben)
- in utiliteit doen vbo's niet mee die alleen een industriefunctie hebben
- in utiliteit doet alle industrie mee

### 5.5.1.3 WloScenarioFolder

Hier geeft de gebruiker op welk scenario voor sloop en nieuwbouw er wordt gebruikt. Deze parameter moet verwijzen naar een map in de SourceData directory waarin de relevante rasterbestanden staan die per zichtjaar aangeven waar er gesloopt en gebouwd wordt. Zie ook Paragraaf 5.1.2.

### 5.5.1.4 Prijzenbron

Hier kan de gebruiker aangeven welk bestand met energieprijzen moet worden ingeladen. Er is standaard een aantal prijzenbestanden opgenomen in de folder DATA in de modelconfiguratie. De energieprijzen bestaan uit vijf bestanden:

- \_Gas gasprijzen
- \_GroenGas groengasprijzen
- \_Elek elektriciteitsprijzen (grijs)
- \_GroenElek elektriciteitsprijzen (groen)
- Overigekosten CO<sub>2</sub>, Biomassa, waterstof en Kolen

De DATA-folder moet vijf bestanden bevatten met de opgegeven naam in de parameter Prijzenbron, met elk een van deze suffixen. Uitzondering hierop is Overigekosten.csv, welke als zelfstandig bestand bestaat ongeacht de opgegeven prijzenbron.

### 5.5.1.5 LeercurveMinMaxSchuif

Via deze schuif kan de gebruiker aangeven welke leercurve gebruikt moet worden. Vesta MAIS bevat twee leercurves: één met een optimistische inschatting van toekomstige kostendaling en één met een pessimistische inschatting. Als deze parameter op 0 wordt gezet wordt volledig gebruik gemaakt van de meest optimistische inschatting en als de parameter op 1 wordt gezet de meest pessimistische. Tussenliggende waarden zijn ook mogelijk waarbij naar rato een tussenwaarde tussen de twee curves wordt gehanteerd.

### 5.5.1.6 LeercurveGebruikSchuif

Afzonderlijk van wat er bij bovenstaande *LeercurveMinMaxSchuif* wordt opgegeven kan de gebruiker ook opgeven dat de leercurves in het geheel niet gebruikt moeten worden. Dat kan door deze parameter in een 0 te veranderen. Als de gebruiker dat invoert worden toekomstige kosten gelijk aan het startjaar gehouden. Waarden tussen 0 en 1 zijn ook mogelijk, in dat geval wordt de leercurve slechts gedeeltelijk toegepast.

## 5.5.2 Beleidsinstellingen

### 5.5.2.1 Opbrengsten MinMaxSchuif

Met deze schuif kunnen de tarieven voor Vastrecht en Aansluitbijdrage kunstmatig met een bepaald percentage worden verhoogd of verlaagd.

### 5.5.2.2 HuurVerlagingBijGebiedsoptie

Met deze schuif kan worden aangegeven in hoeverre er huurverlaging gegeven wordt bij aansluiting op MT-warmtenetten.

### 5.5.2.3 VAT & VAT\_gv

De gebruiker kan hier de hoogte van de BTW instellen. De extra parameter *VAT<sub>gv</sub>* geeft de mogelijkheid om voor gebouwverbetering een ander BTW-tarief op te geven dan voor overige uitgaven.

#### 5.5.2.4 Extra\_CO2\_heffing

Hoewel de invoerbestanden voor gas en elektriciteit al een bedrag kunnen bevatten voor bestaande CO<sub>2</sub>-heffing kan de gebruiker via deze parameter een extra bedrag in euro per ton uitgestoten CO<sub>2</sub> opgeven. Dit bedrag komt bovenop de bestaande heffingen die in de prijzenbron worden ingelezen.

#### 5.5.2.5 Heffingskorting

De heffingskorting is een tegemoetkoming van de overheid om energiegebruikers te ontzien qua belastingen voor het eerste deel van de energierekening. Dit bedrag wordt hier ingevoerd in euro per aansluiting per jaar. Dit bedrag wordt in Vesta MAIS per elektriciteitsaansluiting afgetrokken van de energiebelasting die de gebruiker betaalt.

#### 5.5.2.6 R\_SplitIncentiveFactor

Split Incentive ontstaat doordat de gebouweigenaar verantwoordelijk is voor investeringen in gebouwmaatregelen en dat de gebouwgebruiker daar vervolgens van profiteert door een lagere energierekening. Indien de eigenaar niet zelf de gebruiker is betekent dit dat er voor de eigenaar geen incentive is om te investeren tenzij de eigenaar kan meedelen in de besparing. Via deze parameter kan de modelgebruiker een percentage invoeren dat staat voor welk deel van de energiebesparing door gebouwmaatregelen wordt teruggesluisd naar de gebouweigenaar via de gebouwgebruiker.

#### 5.5.2.7 EIA

EIA is overheidssubsidie voor investeringen. Via deze regeling wordt een vast percentage van een specifiek type investering teruggegeven aan de actor die de investering doet. Er zijn verschillende actoren en componenten in te stellen en voor elk type EIA kan een andere hoogte worden opgegeven. Voor gebouw gerelateerde investeringen kan de modelgebruiker eventueel per soort bebouwing andere subsidiehoogtes instellen. Componenten waarop EIA gegeven kan worden zijn:

- $RS_{LokaleOpwekking}$ : (Hybride) warmtepompen, zonneboilers en microWKK.
- $RS_{GebouwVerbetering}$ : Schilsprongen en elektrische warmtepompen.
- $RS_{OngeriefsVergoeding}$ : Vergoeding aan bewoner bij aanleg van warmtenetten.
- $RS_{ProjectManagement}$ : Proceskosten bij aanleg van warmtenetten.
- $RS_{id}$ : Inpandige systemen en individuele opwaardering in warmtenetten.
- $RS_{wd}$ : Distributieleidingen in warmtenetten van aansluitleiding tot en met WOS.
- $RS_{pt}$ : Warmtetransportleidingen van primaire bron naar de buurt.
- $RS_{ow}$ : Uitkoppeling van MT-warmtebronnen en realisatie van nieuwe MT-bronnen.
- $RS_{LT}$ : Uitkoppeling van LT-warmtebronnen.
- $RS_{WKO}$ : Realisatie van nieuwe WKO-installaties, eventueel inclusief TEO-bron.

Voor de component  $ow$  kan per brontype een specifiek bedrag worden opgegeven of er kan een generiek bedrag worden opgevoerd dat voor alle brontypen geldt.

#### 5.5.2.8 SDE, SDE\_LT & SDE\_WKO

SDE is een productiesubsidie voor warmtenetten gebaseerd op de hoeveelheid geleverde warmte door de primaire bron. Deze subsidie wordt uitgedrukt in euro per gigajoule en wordt afgerekend op het volume aan warmte dat de primaire bron uitgaat. Dit is inclusief leidingverliezen en exclusief bijstook in hulpketels. Deze subsidie kan in de parameter  $SDE_{LT}$  specifiek worden opgegeven voor LT-puntbronnen en in de parameter  $SDE_{WKO}$  apart voor WKO waaronder ook TEO valt. De parameter SDE op zich werkt alleen door op MT-bronnen. Deze kan bron-specifiek worden opgegeven, bijvoorbeeld op een andere hoogte voor geothermie dan voor industriële restwarmte.

#### 5.5.2.9 VastrechtTarief

Default staat het jaarlijkse vastrechttarief voor warmtelevering gelijk aan de NMDA-tariefregulering zoals bepaald door de ACM. Het is via deze parameter mogelijk om per type bebouwingsobject hier een ander bedrag op te geven. Dit geeft vervolgens in de berekeningen van warmtenetten het bedrag aan jaarlijkse opbrengsten voor het warmtebedrijf die ze ontvangen van afnemers als onderdeel van hun energierekening. Voor een aantal bebouwingscomponenten — zoals utiliteit — staat default een ander kostenbedrag opgegeven dan het standaard ACM-tarief.

#### 5.5.2.10 AansluitTarief

Ook het aansluittarief voor warmtenetten staat default gelijk aan de NMDA-tariefregulering. Dit is voor een aantal gevallen default overschreven met een ander bedrag, bijvoorbeeld voor nieuwbouwwoningen. Het aansluittarief geeft aan hoe hoog de eenmalige bijdrage van gebouweigenaren is bij aansluiting op een nieuw warmtenet. Er worden gelijke aansluittarieven verondersteld voor alle typen warmtenetten. Het is mogelijk om voor subklassen van gebouwen aparte tarieven in te voeren in Vesta MAIS, bijvoorbeeld een ander bedrag voor gestapelde bouw dan voor grondgebonden woningen.

#### 5.5.2.11 NMDA Prijzen

Binnen de NMDA prijzen kunnen twee parameters worden aangegeven: "Aansluitbijdrage/Maximum2019" en "Vastrecht/Maximum2019". Dit zijn invoerwaarden voor de maximumtarieven voor aansluitbijdrages en vastrecht bij warmtenetten zoals die jaarlijks worden vastgesteld door de ACM (Besluit maximumprijs levering warmte 2019, 2018). Dit zijn defaultwaarden die gehanteerd worden voor alle typen bebouwingsobjecten tenzij voor dat type object een afwijkende waarde is opgegeven.

#### 5.5.2.12 BuitenContour

Deze parameter bestaat in de aanbodkentallen voor zowel WKO als voor TEO. Door deze binaire parameter van "false" naar "true" te veranderen, of vice-versa, kan worden aangegeven of bij het aanleggen van nieuwe WKO- of TEO-gebiedsmaatregelen rekening gehouden moet worden met ruimtelijke beperkingen. Deze beperkingen zijn in de invoerbestanden ingelezen als een ruimtelijke contour en betreffen onder andere begrenzingen aan de inzet van bodemsystemen in drinkwatergebieden. Default worden gebouwen die niet binnen deze contour vallen uitgesloten van deelname aan WKO en TEO. Via deze knop kan die beperking worden uitgezet.

#### 5.5.2.13 HuurverlagingBijGebiedsOptieSchuif

In de invoerkentallen is een bedrag opgenomen voor huurverlaging als gevolg van aansluiting op een collectieve warmteoptie. Dit is een uitvloeisel van het puntensysteem voor huurwoningen waarbij een eigen verwarmingsinstallatie hoger staat gewaardeerd dan collectieve warmtelevering. Via deze schuif kan de gebruiker de hoogte van dit bedrag aanpassen door procentueel het bedrag op te schalen of te verlagen – eventueel tot 0. Deze huurverlaging wordt ingerekend als een kostenpost voor gebouweigenaren en als baat voor gebouwgebruikers.

#### 5.5.2.14 MinderDanAndersFactor

Default wordt de warmteprijs bepaald aan de hand van de prijs van aardgas, conform het "Niet-Meer-Dan-Anders-principe" (NMDA). Deze parameter staat dan op 1.0 ingesteld. Door deze parameter te veranderen kan de modelgebruiker rekenen met een hogere of lagere prijs die afnemers betalen voor warmtelevering. Als deze parameter bijvoorbeeld wordt ingesteld op 0.9, dan krijgen afnemers van warmte 10% korting ten opzichte van de gasreferentie. Staat deze parameter op 1.1 dan betalen afnemers juist 10% meer dan de gasreferentie.

#### 5.5.2.15 IsVasteWarmtePrijs & VasteWarmteprijs

De instelling *IsVasteWarmtePrijs* geeft aan of er wel of geen vaste warmteprijs geldt. Default staat deze instelling op "false" wat aangeeft dat het NMDA-principe geldt en de prijs die afnemers betalen voor warmtelevering dus gekoppeld is aan de aardgasprijs. Deze koppeling tussen de warmteprijs en de aardgasprijs kan de modelgebruiker uitzetten door deze instelling in "true" te veranderen. In dat getal wordt de warmteprijs die onder de parameter *VasteWarmtePrijs* opgegeven is gehanteerd voor alle afnemers van warmtenetten. Dit is een vast bedrag in euro per gigajoule en kan eventueel door de modelgebruiker per zichtjaar worden aangepast om een alternatief prijspad van warmte door te rekenen los van de aardgasprijs.

### 5.5.3 Gedragsinstellingen

#### 5.5.3.1 Drager

De vaststelling van de functionele energievraag wordt beïnvloed door een grote hoeveelheid factoren. Binnen het Vesta MAIS model wordt een uitsplitsing gemaakt van de woningen zodat de inschatting per woning al behoorlijk verbeterd, maar als er wordt gekeken naar het daadwerkelijke energieverbruik dan zijn er verschillende factoren die ervoor zorgen dat er een grote bandbreedte zit in het gemiddelde verbruik van woningen. Factoren die de functionele energievraag kunnen veranderen zijn veranderingen in de samenstelling van huishoudens en bedrijfsactiviteiten, aanschaf en gebruik van installaties, apparaten en verlichting.

Binnen het Vesta MAIS model worden dit soort factoren op dit moment niet gemodelleerd, maar het is wel mogelijk om de verwachtingen van de modelgebruiker mee te nemen over deze ontwikkelingen. Het is namelijk mogelijk om voor de toekomstige ontwikkeling een autonome groei- of krimpfactor mee te geven voor de verschillende vormen van functionele energievraag. Bij de functionele energievraag naar warm tapwater, ruimteverwarming, elektriciteitsvraag voor apparatuur en verlichting wordt veelal verondersteld dat deze in de toekomst gelijk blijft, maar het is voor een modelgebruiker mogelijk om een autonome ontwikkeling mee te nemen. Bij elektrische apparatuur en verlichting wordt veelal verondersteld dat de consumptiegroei wordt gecompenseerd door efficiencyverbetering waardoor de metervraag in de toekomst gelijk blijft.

Hier kan de gebruiker via vier schuiven de functionele vraag naar vier producten aanpassen:

- Ruimteverwarming
- Koude
- Tapwater
- Elektrische apparatuur en verlichting

Default staan deze schuiven ingesteld op 100 procent (1.0). Oftewel, de ingevoerde kentallenbestanden worden gebruikt zonder aanpassingen. Als bijvoorbeeld tapwater wordt ingesteld op 0.8, dan wordt de functionele vraag naar tapwater voor alle gebouwen naar beneden bijgesteld naar 80% van de waarde uit het kentallenbestand.

#### 5.5.3.2 LTversusWP

Via deze instelling kan de modelgebruiker opgeven wat de referentie is waartegen wordt afgewogen wat een individuele afnemer kan bijdragen aan contributiemarge bij LT-opties. Default wordt ook voor LT-opties alleen de gasreferentie gebruikt, waarbij gebruikers alleen worden geacht te betalen voor warmte volgens het NMDA-principe waaruit vervolgens de contributiemarge wordt vastgesteld. Deze contributiemarge is vervolgens leidend voor de rentabiliteitsafweging en of een object wel of niet deelneemt aan LT-gebiedsmaatregelen. Als alternatief hierop kan de modelgebruiker deze schuif van “false” naar “true” zetten om aan te geven dat niet aardgas maar de elektrische warmtepomp gehanteerd wordt als referentie bij LT-opties. In dat geval wordt de rentabiliteit van een hypothetische overstap naar een elektrische warmtepomp per object ingecalculerd bij de berekening van de contributiemarge van een object en is daarmee van invloed op de beslissing om wel of niet deel te nemen aan een LT-optie. Hiermee wordt een situatie geschat waarin de gebouweigenaar zou moeten kiezen om ofwel deel te nemen aan een collectieve LT-gebiedsmaatregel ofwel een individuele elektrische warmtepomp aan te schaffen. Deze instelling heeft alleen invloed op de rentabiliteitsafweging voor LT-opties en brengt verder geen kosten of baten in rekening bij actoren.

#### 5.5.3.3 Discontovoet

Om rentabiliteitsberekeningen te kunnen maken, wordt in het model gerekend met verschillende discontovoeten voor verschillende stakeholders. De volgende stakeholders worden apart meegenomen in de berekening en voor elk kan individueel de gehanteerde discontovoet worden aangepast:

- $Mr$  - Maatschappij
- $Ow$  - Energieproducenten
- $Wd$  - Wijkdistributeurs
- $Pt$  - Primaire transporteurs
- $Id$  - Inpandige distributeurs
- $E_{bw}$  - Eigenaren van bestaande woningen
- $E_{nw}$  - Eigenaren van nieuwe woningen
- $E_{bu}$  - Eigenaren van bestaande utiliteit
- $E_{nu}$  - Eigenaren van nieuwe utiliteit
- $E_{bt}$  - Eigenaren van bestaande glastuinbouw
- $E_{nt}$  - Eigenaren van nieuwe glastuinbouw

#### 5.5.4 Techniekinstellingen

##### 5.5.4.1 Efficiencieschuif

Vesta MAIS bevat veel kentallen die de efficiëntie van bepaalde componenten van het energiesysteem beschrijven. De meeste van deze kentallen hebben een bandbreedte van onzekerheid er omheen in de vorm van een minimum- en maximum waarde. Bij deze parameter kan de modelgebruiker een 0 invoeren om te rekenen

met de meest pessimistische inschatting van deze kengetallen en door een 1 in te voeren met de meest optimistische inschatting. Deze schuif heeft onder andere invloed op:

- leidingverliezen in warmtenetten
- conversieverliezen in gasketels
- capaciteitsvraag van gebouwen
- efficiëntie van elektrische warmtepompen

#### 5.5.4.2 VerbeterMinMaxSchuif

Deze schuif schaalt tussen minimum en maximumwaarde van kostenkentallen. Vesta MAIS bevat veel kengetallen die de investeringskosten van bepaalde componenten van het energiesysteem beschrijven. De meeste van deze kentallen hebben een bandbreedte van onzekerheid er omheen in de vorm van een minimum- en maximum waarde. Bij deze parameter kan de modelgebruiker een 0 invoeren om te rekenen met de meest pessimistische inschatting van deze kengetallen en door een 1 in te voeren met de meest optimistische inschatting. Deze schuif heeft onder andere invloed op:

- kosten van schilverbetering in gebouwen
- kosten voor de aanleg van nieuwe warmtenetten
- kosten van gebouwinstallaties zoals warmtepompen

#### 5.5.4.3 IndividueleVerwarmingSchuif

Deze parameter geeft aan welk aandeel van de bestaande meergezinswoningen in de uitgangssituatie verwarmd wordt met een individuele gasketel, en welk deel wordt verwarmd met blokverwarming. Dit heeft onder andere invloed op de kosten van inpandige leidingen bij aansluiting op een warmtenet. Als deze schuif op 1 staat wordt 100% van de meergezinswoningen verondersteld individuele gasketels te hebben. Default staat deze parameter ingesteld op een waarde tussen de 0 en 1.

#### 5.5.4.4 GroenGasFactor

Het Nederlandse gasnet vervoert zowel aardgas als groengas. Omdat deze functioneel gelijk zijn gebruiken zij dezelfde infrastructuur. Op elk gegeven moment is daarom een bepaald aandeel van het gas wat door het netwerk stroomt groengas. Deze parameter kan gebruikt worden om dat aandeel op te geven en wordt vervolgens gebruikt om de berekende uitstoot van broeikasgassen gerelateerd aan gasverbruik te verlagen.

#### 5.5.4.5 AlwaysBIO, AlwaysH2 & AlwaysGEO

Deze twee instellingen kunnen worden gebruikt om voor alle planregio's in één keer over te schakelen op Geothermie (*AlwaysGEO*), Waterstof (*AlwaysH2*) of Bio-WKK (*AlwaysBIO*). Als deze knoppen op "true" worden gezet wordt bij de afweging van de betreffende gebiedsmaatregel automatisch overal een positieve aanlegafweging gemaakt, ook als deze eigenlijk verlieslijidend is. Deze opties kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden als sluitstuk bij het opstellen van 100% aardgasvrije scenario's. De optie *AlwaysGEO* verandert niets aan de manier waarop wordt omgegaan met de geothermie-potentiecontour.

#### 5.5.4.6 GEOcontour

Door deze binaire parameter van "false" naar "true" te veranderen, of vice versa, kan worden aangegeven of bij het aanleggen van nieuwe geothermie-gebiedsmaatregelen rekening gehouden moet worden met ruimtelijke beperkingen. Deze beperkingen zijn in de invoerbestanden ingelezen als een ruimtelijke contour en geven een inschatting van welke gebieden kansrijk zijn voor geothermie. Default wordt ervan uit gegaan dat vraaggebieden die niet binnen deze contour vallen voor de aanleg van geothermie eerst een transportleiding naar een gunstiger gebied moeten leggen. Via deze knop kan die beperking worden uitgezet, het potentieel van geothermie wordt dan als onbeperkt beschouwd.

#### 5.5.4.7 OnrendabelMT

Bij standaardinstellingen worden alleen warmtenetten op basis van MT-puntbronnen aangelegd in Vesta MAIS als er een positieve rentabiliteitsafweging is vanuit het perspectief van de warmteleverancier. Voor sommige specifieke modeldoeleinden kan het wenselijk zijn om ook de aanleg van onrendabele MT-netten te simuleren. Daarvoor kan bij de parameter *OnrendabelMT* een bedrag per gigajoule worden ingevoerd. Als hier een bedrag

wordt ingevoerd dan wordt er vanaf de 10<sup>e</sup> iteratie voor de aanleg van restwarmte geleidelijk een toegestane onrendabele top meegenomen. Op deze manier worden eerst alle rendabele buurten aangesloten, en worden deze netten vervolgens eventueel uitgebreid naar minder rendabele buurten. De invoer wordt verwerkt in de berekening van de afweging voor restwarmte (zie 6.3). Dit leidt tot een toegestane onrendabele top wat functioneel inhoudt dat er een fictief bedrag aan ongedefinieerde opbrengsten wordt meegerekend bij de rentabiliteitsafweging wat bij de warmteleverancier in rekening wordt gebracht. Dit kan de aanleg van verliesgevende warmtenetten simuleren. De gebruiker kan het invoerbedrag variëren totdat het gewenste niveau wordt bereikt.

#### 5.5.4.8 BeginOpbrengstJaar & EindOpbrengstJaar

Bij de aanleg van warmtenetten wordt er doorgaans eerst een grote investering gedaan en komen er pas later inkomsten binnen. Deze investeringen worden in Vesta MAIS over een periode van 30 jaar afgeschreven (de verwachte technische levensduur). Via deze twee parameters *BeginOpbrengstJaar* en *EindOpbrengstJaar* kan de gebruiker aangeven over welk deel van die periode er ook inkomsten worden ontvangen. Default staat dit bijvoorbeeld ingesteld op respectievelijk 2 en 30 jaar. Dit betekent dat ervan uit wordt gegaan dat twee jaar na de start van de aanleg er inkomsten gevind kunnen worden van afnemers en dat dit vervolgens 28 jaar gevind kan blijven worden. Via deze instellingen kan een modelgebruiker daar andere aannames voor doen.

## 5.6 Specifieke instellingen

GeoDmsGui: /Invoer/ SpecifiekeInstellingen

Wiki: /wiki/C.4.4- SpecifiekeInstellingen

Voor toekomstige zichtjaren worden dezelfde instellingen aangehouden als in basisinstellingen is ingesteld, tenzij anders wordt opgegeven door de modelgebruiker. Dit kan door instellingen te overschrijven per zichtjaar in het toekomst-bestand. Standaard staan hier twee onderdelen die kunnen worden aangepast: afwegingscriteria voor gebouwmaatregelen en de selectie en volgorde van gebiedsmaatregelen. De gebruiker kan zelf meer onderdelen toevoegen aan het toekomst-bestand als er meer wijzigingen gewenst zijn ten opzichte van de defaultinstellingen.

### 5.6.1 Gebouwmaatregelen

Binnen de specifieke instellingen per zichtjaar is het aan de modelgebruiker om op te geven welke gebouwopties wel en niet worden meegenomen in de overweging. Daarnaast wordt per gebouwoptie opgegeven welke criteria er gelden voor het al dan niet toepassen van de optie in een verblijfsobject. Deze opgave kan afzonderlijk gebeuren voor woningen, utiliteit en glastuinbouw, waarbinnen verder onderscheid wordt gemaakt naar nieuwbouw en bestaande bouw. In de standaardinstellingen zijn er een aantal gebouwopties opgenomen in Installaties/GebouwOptie.csv (zie Tabel B.1 Gebouwopties, in Bijlage B Invoerbestanden). Het is ook mogelijk dat de modelgebruiker aan dat bestand nieuwe combinaties toevoegt als gebouwoptie.

Standaard krijgen alle gebouwopties (voor alle soorten bebouwing) vanuit de defaultinstellingen het criterium ‘never’ mee. Dat wil zeggen dat er niet wordt overwogen de optie toe te passen in een zichtjaar. Per zichtjaar kan de modelgebruiker dit overrulen voor (een selectie van) gebouwopties, door een ander criterium op te geven. In de standaardconfiguratie zijn zeven voorbeelden van criteria opgenomen:

- “Always” : deze optie wordt altijd doorgerekend en is altijd een mogelijkheid om in te zetten.
- “Never” : deze optie wordt niet doorgerekend en wordt nergens toegepast
- “Gebied” : deze optie kan niet individueel worden toegepast, mogelijk wel als onderdeel van gebiedsoptie
- “Alloc” : deze optie kan alleen worden ingezet in gebouwen die al op een gebiedsoptie zijn aangesloten
- “NoAlloc” : deze optie is alleen mogelijk in gebouwen die niet op een gebiedsoptie zijn aangesloten
- “isUtilGroot” : deze optie wordt alleen ingezet bij gebouwen met capaciteitsvraag van 100kW of meer
- “isUtilKlein” : deze optie wordt alleen ingezet bij gebouwen met capaciteitsvraag van minder dan 100kW

In onderstaande voorbeeld is een indruk gegeven van hoe bovenstaande instellingen door de gebruiker opgegeven kunnen worden. Hierin zijn voor bestaande woningen de instellingen overgenomen van defaultinstellingen, en wordt vervolgens voor deze rekenstap per optie aangegeven onder welke voorwaarden (criteria) die kan worden toegepast. In onderstaande voorbeeld zijn vervolgens de instellingen voor nieuwbouwwoningen gelijkgesteld aan die voor bestaande woningen.

**FIGUUR 5.12 – VOORBEELD VAN INSTELLINGEN VOOR AFWEGING VAN GEBOUWOPTIES**

```

container·BestaandeWoning·:=·Generiek
{
  >> container·GebouwOpties·:=·Basis/RuimtelijkeVraag/Lokaal/Generiek/GebouwOpties
  >>
  >> parameter<string>·geen:·····['Criteria/Never']··//··geen·labelsprong·····behoud·huidig·label·en·installaties
  >> parameter<string>·VRw:·····['Criteria/Never']··//··geen·labelsprong·····VR·ketel··zonder·koeling
  >> parameter<string>·HRw:·····['Criteria/NoAlloc']··//··geen·labelsprong·····HR·ketel··zonder·koeling
  >> parameter<string>·NaarA_w:··['Criteria/Always']··//··Sprong·naar·label·A···behoud·aansluitingen·en·installaties
  >> parameter<string>·NaarB_w:··['Criteria/Always']··//··Sprong·naar·label·B···behoud·aansluitingen·en·installaties
  >> parameter<string>·NaarC_w:··['Criteria/Always']··//··Sprong·naar·label·C···behoud·aansluitingen·en·installaties
  >> parameter<string>·NaarD_w:··['Criteria/Always']··//··Sprong·naar·label·D···behoud·aansluitingen·en·installaties
  >> parameter<string>·LeWPw_B:··['Criteria/NoAlloc']··//··Sprong·naar·label·B···met·luchtwarmtepomp
  >> parameter<string>·LeWPw_A:··['Criteria/NoAlloc']··//··Sprong·naar·label·A···met·luchtwarmtepomp
  >> parameter<string>·BeWPw_B:··['Criteria/NoAlloc']··//··Sprong·naar·label·B···met·bodemwarmtepomp
  >> parameter<string>·BeWPw_A:··['Criteria/NoAlloc']··//··Sprong·naar·label·A···met·bodemwarmtepomp
  >> parameter<string>·HWP_D:·····['Criteria/NoAlloc']··//··Sprong·naar·label·D···met·hybride·warmtepomp
  >> parameter<string>·HWP_C:·····['Criteria/NoAlloc']··//··Sprong·naar·label·C···met·hybride·warmtepomp
  >> parameter<string>·HWP_B:·····['Criteria/NoAlloc']··//··Sprong·naar·label·B···met·hybride·warmtepomp
  >> parameter<string>·HWP_A:·····['Criteria/NoAlloc']··//··Sprong·naar·label·A···met·hybride·warmtepomp
}
}

```

In bovenstaand voorbeeld zijn de opties “geen” en “VRw” ingesteld op “never”, wat wil zeggen dat in deze rekenstap die opties (niets doen, met behoud van een Vr-ketel indien aanwezig) geen toegestane mogelijkheid zijn voor woningen. Een aantal schilmaatregelen (NaarA\_w, etc.) waarbij de huidige installaties en aansluitingen worden behouden zijn ingesteld op “Always”. Dit betekent dat voor alle woningen, ongeacht wat de situatie is, isolatie aanbrengen tot een met label A, B, C of D altijd een optie is die wordt meegewogen. Voor de overige opties, waar naast isolatiemaatregelen ook installaties worden aangepast (bijvoorbeeld een warmtepomp) zijn de criteria ingesteld op ‘NoAlloc’. Deze opties kunnen dus alleen toegepast worden in gebouwen die in dit zichtjaar niet zijn aangesloten op een gebiedsoptie, zoals een warmtenet.

## 5.6.2 Gebiedsmaatregelen

Hier moet de gebruiker opgeven hoeveel verschillende gebiedsmaatregelen er doorgerekend moeten worden. Dit kan ook 0 zijn als er in het geheel geen gebiedsopties doorgerekend moeten worden. Vervolgens moet er gedefinieerd worden welke opties er mee doen. Voor een overzicht van welke gebiedsopties er mogelijk kunnen worden opgegeven zie Paragraaf 4.2.1. Zie onderstaande voorbeeld voor een situatie waarin acht verschillende gebiedsopties mee worden genomen.

In Vesta MAIS worden gebiedsmaatregelen één voor één doorgerekend. Er is geen afweging tussen verschillende gebiedsmaatregelen om te bepalen welke het meest geschikt is. In plaats daarvan wordt elke gebiedsmaatregel op zichzelf doorgerekend en indien er een rendabele businesscase gevonden is wordt de gebiedsmaatregel daar toegepast. Gebouwen die zo worden aangesloten blijven in volgende rondes buiten beschouwing voor andere gebiedsopties. De gebruiker moet daarom per zichtjaar opgeven in welke volgorde de opties moeten worden doorgerekend. Dit gebeurt door de opties hoger of lager in de lijst te zetten en de nummering aan te passen. Zie onderstaande voorbeeld voor een situatie waar Restwarmte als eerste optie wordt afgewogen, vervolgens Geothermie, en zo verder totdat WKO als laatste optie wordt doorgerekend.

**FIGUUR 5.13 – VOORBEELD VAN INSTELLINGEN VOOR AFWEGING VAN GEBIEDSMAATREGELEN**

```

container·GebiedsOpties
{
  parameter<UInt32>·Aantal:·····[·8·];
  parameter<Classifications/GebiedsOptie>·Optie1·:=·Classifications/GebiedsOptie/V/Restwarmte;
  parameter<Classifications/GebiedsOptie>·Optie2·:=·Classifications/GebiedsOptie/V/Geothermie;
  parameter<Classifications/GebiedsOptie>·Optie3·:=·Classifications/GebiedsOptie/V/BioWKK;
  parameter<Classifications/GebiedsOptie>·Optie4·:=·Classifications/GebiedsOptie/V/Lt30_30;
  parameter<Classifications/GebiedsOptie>·Optie5·:=·Classifications/GebiedsOptie/V/Lt30_50;
  parameter<Classifications/GebiedsOptie>·Optie6·:=·Classifications/GebiedsOptie/V/Lt30_70;
  parameter<Classifications/GebiedsOptie>·Optie7·:=·Classifications/GebiedsOptie/V/TEO;
  parameter<Classifications/GebiedsOptie>·Optie8·:=·Classifications/GebiedsOptie/V/WKO;
}

```

# 6. Methode

Dit hoofdstuk beschrijft de uitwerking van de rekenmethodes die binnen het Vesta MAIS model worden toegepast. Hierbij gaat het om de algemene gedachtegang die wordt gehanteerd in de doorrekening van gebouw- en gebiedsmaatregelen, hierbij worden nog niet de formules vermeld omdat het dan minder overzichtelijk zou worden.

## 6.1 Energievraag

Energievraag wordt onderscheiden naar functionele vragen en metervragen. Functionele vragen zijn nuttige producten die een eindgebruiker nodig heeft, zoals warm water of ruimteverwarming. Metervragen zijn de inputs die netto aan de meter worden afgenomen, zoals bijvoorbeeld de gasvraag van een gebouw. Er zijn verschillende typen functionele vragen per gebouw, zie 4.2.6.1. Binnen deze functionele vragen zijn ruimteverwarming, warm tapwater en koude de drie typen functionele vraag waarvoor binnen Vesta MAIS explicet gekeken wordt naar alternatieve manieren om ze in te vullen. Elektriciteitsverbruik voor apparatuur en ventilatie worden hier beschouwd als gegeven en hoewel ze kunnen veranderen als bijverschijnsel van maatregelen op het gebied van de eerste drie typen vraag, zijn er geen maatregelen opgenomen die specifiek op ventilatie of apparatuur aanpassingen doen. Bij woningen die geïsoleerd worden naar niveau A of B is een aangepast ventilatiesysteem opgenomen in de kosten van de schilsprong en wordt ook extra elektriciteitsverbruik ingerekend. Gebiedsopties kunnen ook energievraag hebben in wijkdistributie, inpandige distributie, of opwekking. Functionele vraag is wat er nuttig gebruikt wordt, metervraag is wat er uit het netwerk gevraagd wordt na verrekening van performance van installaties.

### 6.1.1 Ruimteverwarming

De functionele vraag naar ruimteverwarming in gebouwen is afhankelijk van het schillabel, wat betekent dat het verandert met het maken van schilsprongen. De functionele vraag die per gebouwtype geldt bij elk schillabel wordt ingelezen uit het kentallenbestand (zie 5.3.1.2). Deze functionele vraag bestaat uit een vaste component per aansluiting en een variabele component die schaalt met het vloeroppervlak. Naast de invloed van het schillabel (het isolatieniveau) is er ook de invloed van de buitentemperatuur, en hoe die verandert als gevolg van klimaatverandering. Dit betekent dat er een ruimtelijke differentiatie is in de functionele vraag naar ruimteverwarming om rekening te houden met het feit dat niet alle plekken in Nederland exact dezelfde buitentemperatuur hebben, en dat die buitentemperaturen ook in de toekomst zullen veranderen (zie ook 5.1.8). Als naast de functionele vraag ook rekening wordt gehouden met omzettingsverliezen en/of omgevingswinst wordt dit tezamen de metervraag. Hoe de metervraag wordt berekend uit de functionele vraag is afhankelijk van de efficiency van de apparatuur die de warmte produceert. Het type apparaat bepaalt ook het soort input als energiedrager voor de metervraag, bijvoorbeeld elektriciteit of gas. Indien de vraag naar ruimteverwarming wordt ingevuld met een gebiedsoptie, dan wordt de metervraag uitgedrukt als een vraag naar MT of LT warmte.

### 6.1.2 Warm tapwater

De functionele vraag naar warm tapwater is afhankelijk van het gebouwtype, en wordt berekend uit parameters die zijn opgenomen in het kentallenbestand (zie 5.3.1.3). De invoer gebeurt per aansluiting en/of per m<sup>2</sup> vloeroppervlak. Deze functionele vraag wordt binnen Vesta MAIS behandeld als een statische hoeveelheid, die niet wijzigt in de loop der tijd of als gevolg van technische maatregelen. Het is wel mogelijk om als modelgebruiker zelf de (toekomstige) vraag omhoog of omlaag te schalen (zie 5.5.3.1). Afhankelijk van het soort installatie dat aanwezig is in een gebouw worden de omzettingsverliezen en/of omgevingswinst berekend die komen kijken bij de productie van warm tapwater. Dit leidt tot een metervraag, meestal (maar niet noodzakelijk) in de vorm van gas of elektriciteit. De precieze soort input wordt bepaald door het type apparaat. De functionele vraag naar warm tapwater kan ook worden ingevuld met een gebiedsoptie. In dat geval is de installatie een afleerset of een lokale tapwaterbooster, en is er een metervraag naar MT of LT warmte. In het geval van een lokale tapwaterbooster voor lagetemperatuurnetten is er een aanvullende metervraag aan elektriciteit.

### 6.1.3 Ventilatie

Als gebouwen beter geïsoleerd worden is er vanaf een bepaald punt niet meer genoeg natuurlijke ventilatie. Op dat punt moet een mechanisch ventilatiesysteem worden aangebracht. Of dit een eenvoudige mechanische ventilatie is of ventilatie met warmterugwinning is afhankelijk van het soort schilsprong dat wordt gemaakt. Beide soorten verbruiken energie om in de ventilatiebehoefte te kunnen voorzien. De functionele vraag naar ventilatie wordt uitgedrukt als de elektriciteit die nodig is om te ventileren, met een kengetal per m<sup>2</sup> vloeroppervlak in het kentallenbestand voor energievraag in gebouwen. Het uitgangspunt is dat bij label B of hoger geventileerd moet worden. Bij woningen die in het startjaar al label B of hoger hebben is dit al deel van het

gewone elektriciteitsverbruik voor elektrische apparatuur (zie 6.1.4). Bij gebouwen met een startlabel lager dan B wordt de ventilatievraag hoger als het schillabel verbeterd wordt naar B of A+. Het kentallenbestand geeft aan hoeveel extra elektriciteit er nodig is om in de toegenomen ventilatievraag te voorzien. Bij utiliteit (en glastuinbouw) wordt er vanuit gegaan dat er geen extra ventilatie ingerekend hoeft te worden als het label wordt verbeterd. Dit is omdat er vanuit wordt gegaan dat er ook bij utiliteitsgebouwen met een label slechter dan B er in de startsituatie al wel ventilatie aanwezig is en daarmee het energieverbruik van deze installaties al onderdeel is van het standaardverbruik voor elektrische apparatuur. Omdat nieuwbouw standaard al een hoger label dan B heeft wordt ook bij nieuwbouw geen extra elektriciteitsvraag voor ventilatie ingerekend bovenop de normale vraag naar elektriciteit voor apparatuur.

#### 6.1.4 Elektriciteit

Er wordt een vaste hoeveelheid (functionele) elektriciteitsvraag ingerekend voor apparatuur en verlichting. De invoer kan per aansluiting of per m<sup>2</sup> vloeroppervlak, of beiden. Default wordt deze functionele vraag één op één omgezet naar een metervraag aan elektriciteit, maar dit is instelbaar door de gebruiker (zie 5.5.3 en 5.3.6). Naast de elektriciteitsvraag voor apparatuur en verlichting kan er ook vanuit de warmte- en/of koudevoorziening een aanvullende elektriciteitsvraag worden gegenereerd. Pompenergie (voor verplaatsen van warmte door een gebouw) of elektriciteit voor warmtepompen of boilers wordt erbij opgeteld. Ventilatievraag wordt ook in elektriciteitsvraag uitgedrukt, indien een gebouw maatregelen neemt waardoor de isolatiegraad dermate hoog wordt dat extra ventilatie nodig is. Koudeproductie wordt ook onder elektriciteitsvraag geschaard, met name in de utiliteitsbouw waar wordt verondersteld dat er met airconditioners gekoeld wordt.

#### 6.1.5 Koude

Er wordt verondersteld dat alle gebouwen een koudevraag hebben (een vraag naar ruimtekoeling) en dat deze oploopt met hogere buitentemperaturen. Deze vraag wordt ingevoerd door kentallen per gebouwtype, met een vaste component en een component per m<sup>2</sup> vloeroppervlak. De gebruiker kan deze vraag schalen indien dat nodig is voor een specifieke studie (zie 5.5.3). Deze koudevraag kan een latente vraag zijn waar niet in voorzien wordt, zoals in de huidige situatie bij veel woningen het geval is, of er kunnen installaties en systemen zijn die daadwerkelijke koude produceren of leveren. Indien de koudevraag wordt ingevuld met een gebiedsoptie (zoals WKO), dan wordt de levering van de gebiedsoptie één op één gelijkgesteld aan functionele vraag. Als het niet door een gebiedsoptie wordt ingevuld dan is de vraag of er op gebouwniveau een installatie is die koude kan produceren, bijvoorbeeld een airconditioner of een warmtepomp. Als dat het geval is dan wordt de functionele vraag naar koude omgezet in een metervraag naar (meestal) elektriciteit.

### 6.2 Gebouwmaatregelen

Deze paragraaf beschrijft de methode omtrent gebouwmaatregelen in Vesta MAIS. Daarbij wordt achtereenvolgens aandacht besteed aan gebouwverbetering, gebouwgebonden installaties, en de wijze van toekenning van maatregelen aan verblijfsobjecten. Zoals de naam al aangeeft gaat het bij gebouwmaatregelen om de maatregelen die een gebouweigenaar kan toepassen op gebouwniveau, denk hierbij aan energiebesparing en gebouwgebonden installaties. Over de toepassing van deze maatregelen kan elke gebouweigenaar individueel beslissen en daarom wordt de rentabiliteitsberekening ook gedaan op individueel niveau. De individuele mogelijkheden om in de functionele warmtevraag te voorzien vallen binnen het Vesta MAIS model onder de term gebouwgebonden installaties. Met gebouwgebonden installaties wordt aangegeven dat het om installaties gaat die elk vbo (verblijfsobject) individueel voorzien van warmte. In de afgelopen decennia waren dit voornamelijk verschillende vormen van gasketels die elk gebouw individueel voorzagen van warmte. In de modellering van het Vesta MAIS model zijn deze gasketels ook het uitgangspunt voor de huidige situatie. De warmtevoorziening op basis van gasketels is immers in veel gebouwen de referentiesituatie. Om over te gaan op een andere invulling van de warmtevoorziening moet, binnen het Vesta MAIS model, de andere warmtevoorziening financieel aantrekkelijker zijn dan het voortzetten van de warmtevoorziening met de gasketel. Voor deze technologie wordt de afweging gemaakt of de reductie in vaste en variabele kosten voor gas een positief resultaat oplevert ten opzichte van de investeringskosten en additionele inzet van andere energiedragers.

#### Gebouwverbetering

Binnen het Vesta MAIS model wordt energiebesparing meegenomen op basis van zogeheten schilsprongen. Deze schilsprong geeft bijvoorbeeld de verwachte gasbesparing van Schillabel D naar Schillabel A+ en de daarbij behorende investeringskosten om deze schilsprong te realiseren. Hierbij wordt rekening gehouden met de oppervlakte van het gebouw en de gemiddelde samenstelling van de dak-, gevel- en vloerisolatie bij Schillabel D ten opzichte van de gemiddelde samenstelling bij Schillabel A+. De data die wordt gebruikt als input voor deze schilsprongen is eerder beschreven in Paragraaf 5.3.1.7. Voor energiebesparing zijn de kosten alleen afhankelijk

van de investering die moet worden gedaan om de energiebesparende maatregelen te financieren. De investeringskosten (inclusief ventilatie) zijn hierbij afhankelijk van de oppervlakte van het gebouw en het schillabel waarnaar gesprongen wordt. Vervolgens worden deze investeringskosten vertaald naar geannualiseerde kosten. Deze geannualiseerde kosten worden berekend door de investeringskosten te vermenigvuldigen met de annualisatiefactor een factor gebaseerd op de levensduur van de maatregel (in het geval van energiebesparing 30 jaar) en de discontovoet van de actor. Binnen het model is dit in te stellen door de modelgebruiker, standaard is de discontovoet voor bedrijfsmatige actoren, zoals utiliteit en glastuinbouw, hoger dan voor woningeigenaren. De reden voor deze hogere discontovoet is dat het voor bedrijven gangbaar is om met hogere rendementen op hun investeringen te rekenen.

Naast de geannualiseerde investeringskosten is het mogelijk om onderhoudskosten mee te nemen voor gebouwverbetering. Standaard wordt ervan uitgegaan dat er geen onderhoudskosten zijn voor energiebesparing, maar het is als modelgebruiker mogelijk om dit percentage aan te passen als hiervoor wel kosten worden verwacht. Voor het vaststellen van de baten van energiebesparing wordt uitgegaan van de vermeden inzet van energiedragers na het toepassen van de maatregelen ten opzichte van de situatie aan de begin van het zichtjaar. Voor het bepalen of een schilsprong rendabel is wordt voor de baten uitgegaan van de uitgespaarde energie-inkoopkosten waarbij wordt gerekend met de energieprijzen van het jaar waarin de investering wordt gedaan. Zoals in eerdere hoofdstukken duidelijk is gemaakt worden er veronderstellingen gedaan over het energieverbruik bij verschillende schillabels, afhankelijk van het oppervlak van het gebouw. De jaarlijkse baten gerelateerd aan de bespaarde energie kunnen worden vastgesteld door de bespaarde hoeveelheid energie per jaar te vermenigvuldigen met de energieprijs van het desbetreffende jaar en dit geeft de jaarlijkse opbrengsten van de vermeden inzet van aardgas. Voor warmte geldt hetzelfde principe omdat hier wordt uitgegaan van het NMDA-principe.

### **Gebouwgebonden installaties**

Energiebesparing heeft invloed op de vraagzijde van warmte en aan deze warmtevraag kan op verschillende manieren worden voldaan. Op gebouwniveau kan deze warmtevraag worden ingevuld door technologieën zoals de elektrische warmtepomp, de hybride warmtepomp of een elektrische boiler. Investeringen zijn net als bij energiebesparing een belangrijke component in de kosten van gebouwgebonden installaties. De investeringen variëren per technologie en zijn daarbij ook doorgaans afhankelijk van het vermogen dat nodig is om het gebouw te verwarmen. De investeringen voor de meeste installaties zijn te vinden in Bijlage B.2. Om de investeringen te vergelijken met de jaarlijkse opbrengsten worden ook deze investeringskosten geannualiseerd, waarbij voor de levensduur meestal wordt uitgegaan van 15 jaar. Daarnaast zijn ook hier de discontovoeten afhankelijk van de actor.

De tweede component die een rol speelt in de kosten van gebouwgebonden installaties zijn de onderhoudskosten. Een installatie vergt onderhoud en beheer en hiervoor betaald de gebouweigenaar jaarlijks een bedrag. De hoogte van dit bedrag wordt vastgesteld op basis van een percentage van de investeringskosten, waarbij dit percentage apart opgegeven kan worden voor de elektrische warmtepomp en voor de overige gebouwgebonden installaties gezamen. De aanname die met het percentage wordt gedaan is dat dure installaties gemiddeld ook duurder zijn om te onderhouden. Naast onderhoudskosten is het ook mogelijk om de administratiekosten mee te nemen. Standaard wordt aangenomen dat er geen administratiekosten zijn bij deze installaties, maar als modelgebruiker is het mogelijk dit aan te passen. De doorwerking van de administratiekosten werkt op eenzelfde manier als de onderhoudskosten, dus een percentage van het investeringsbedrag.

Energiekosten zijn de derde component van de kosten die een rol spelen in de totale kosten van gebouwgebonden installaties. Onder energiekosten verstaan we in dit geval de kosten van de inkoop van energie die nodig is voor het functioneren van de installaties. Het niveau van de energiekosten is sterk afhankelijk van het type installatie, waarbij het per installatie kan verschillen welke energiedrager wordt gebruikt om aan de warmtevraag te voldoen. Zo zijn er bijvoorbeeld meerdere typen volledig elektrische warmtepompen die meegenomen worden in de berekeningen, zoals een bodem- of luchtwarmtepomp. Binnen het model zitten de verschillen in de investeringskosten en een schilafhankelijke Seasonal Performance factor (SPF) die de verhouding geeft tussen de warmtevraag die ingevuld kan worden met omgevingswarmte en de additionele elektriciteitsinzet die nodig is om aan de functionele vraag te voldoen. Naast de volledig elektrische warmtepomp is het ook mogelijk om een gebouw te verwarmen met een hybridewarmtepomp. Deze hybridewarmtepomp maakt gebruik van zowel (aard)gas als een warmtepomp om te voldoen aan de functionele vraag. Voor deze installatie wordt ook een schilafhankelijke SPF gehanteerd, waarbij de warmtepomp een aandeel van de ruimteverwarmingsvraag invult. Het restant van de ruimteverwarmingsvraag en de warm tapwatervraag worden ingevuld met behulp van (aard)gas. Voor de micro-WKK geldt dat deze installatie (aard)gas als input gebruikt en dit omzet naar warmte en elektriciteit.

Met uitzondering van de micro-WKK hebben de overige gebouwgebonden installaties een lagere gasinzet dan een Hr-ketel (de installatie in het startjaar, instelbaar door gebruiker). Een belangrijke baat voor de gebouwgebonden installaties is daarom de vermeden gasinzet van een installatie. De hoogte van deze baat is afhankelijk van zowel de variabele vermeden gasinzet vermenigvuldigd met de gasprijs als ook de vaste netbeheerkosten voor gas wanneer de gebouweigenaar in zijn geheel van het gas af gaat. De gasinzet van een micro-WKK is mogelijk hoger dan de gasinzet bij een Hr-ketel, maar een micro-WKK levert niet alleen warmte maar wekt ook elektriciteit op. De opbrengsten voor deze elektriciteitsopwekking is een baat in het geval van de micro-WKK. Hierbij wordt uitgegaan van saldering waarbij de jaarlijkse opgewekte elektriciteit wordt afgetrokken van de jaarlijkse elektriciteitsvraag van het gebouw. Bij een overschat van de opgewekte elektriciteit ten opzichte van de elektriciteitsvraag wordt het volume van het overschat vermenigvuldigd met de groothandelsprijs van elektriciteit om de baten te berekenen. Als laatste is een baat dat de onderhoudskosten voor de huidige installatie niet langer hoeven te worden betaald, deze worden wel vervangen door onderhoudskosten van de installatie zelf. Deze onderhoudskosten zijn overigens veelal hoger dan die van de Hr-ketel. Binnen het model worden de kosten en baten van energiebesparing en gebouwgebonden installaties berekend, maar deze spelen (nog) niet altijd een rol in de beslissing of een gebouwmaatregel wordt toegepast. Op dit moment is het mogelijk om meerdere combinaties van energiebesparing met een gebouwgebonden installatie binnen het model door te laten rekenen op basis van rentabiliteit voor gebouwen. De modelgebruiker geeft zelf op welke opties en combinaties er meedoen.

### Toekenning van maatregelen

Voor alle technische maatregelen wordt per gebouw berekend wat de balans is van de jaarlijkse kosten en baten, oftewel een businesscase. Wanneer de businesscase positief uitvalt dan zal de combinatie van schilsprong en installatie worden toegepast. In het geval er meerdere combinaties zijn met een positieve businesscase wordt een afweging gemaakt tussen deze verschillende combinaties. In deze afweging wordt de combinatie gekozen die jaarlijks het meeste oplevert, dus de combinatie die jaarlijks de hoogste positieve balans heeft wordt gekozen door de gebouweigenaar. Wanneer de businesscase van alle combinaties negatief is wordt ervoor gekozen om niet te investeren. De berekening van de businesscase kan worden gedaan op basis van maatschappelijke kosten of op basis van eindgebruikerskosten.

In de businesscase berekening wordt gekeken naar de jaarlijkse kosten en baten. Bij de eindgebruikerskosten wordt in deze afweging nog wel rekening gehouden met een factor die invloed heeft op deze verdeling van kosten en baten bij woningen. Er wordt namelijk rekening gehouden met de *SplitIncentiveFactor* (zie 5.5.2.6), een factor die met name een rol speelt binnen de huursector. In de huursector is het namelijk zo dat de eigenaar van de woning (verhuurder) niet direct profijt heeft van een investering in energiebesparende maatregelen omdat de besparings effect heeft op de energierekening van de woninggebruiker (huurder). In de berekening van de businesscase wordt er binnen het model daarom vanuit gegaan dat een aandeel van deze besparingseffecten wordt teruggebruikt naar de woningeigenaar omdat deze zonder baten de investering anders nooit zou doen.

Combinatie-maatregelen kunnen ingroeien op basis van de rentabiliteit van de businesscases, maar deze afweging kan ook worden overgeslagen door een combinatie-maatregel op te leggen. Hierbij wordt de combinatiemaatregel altijd toegepast ook al heeft deze geen positieve businesscase. De effecten op het energieverbruik, CO<sub>2</sub>-uitstoot en de kosten en baten worden wel meegenomen, maar de afweging zelf wordt opgelegd. Ook hier is het uitgangspunt dat dit wordt toegepast voor alle gebouwen, maar het is mogelijk om regels toe te voegen en de ingroepaden verder te specificeren voor bepaalde type gebouwen. Het Vesta MAIS model biedt verschillende mogelijkheden voor de modelgebruiker om de effecten van gebouwmaatregelen mee te nemen in de verkenning die hij/zij wil doen. Voordat een modelgebruiker een verkenning kan maken met het model is het daarom essentieel om te bepalen wat de scope is die de modelgebruiker mee wil nemen voor de gebouwmaatregelen.

## 6.3 Gebiedsmaatregelen

Wanneer de afwegingen op gebouwniveau zijn doorlopen is bekend wat de resterende functionele vraag naar warmte is die ingevuld kan worden door collectieve opties. Met gebiedsmaatregelen wordt aangegeven dat het gaat om collectieve maatregelen die vanuit één of een beperkt aantal warmtebronnen meerdere vbo's (verblijfsobjecten) van warmte voorzien. Een voorbeeld hiervan zijn warmtenetten, ook wel stadsverwarming genoemd, die nu ongeveer 5% van de woningen in Nederland van warmte voorzien. In deze warmtenetten wordt de warmte voor soms duizenden woningen geleverd door enkele installaties die hiermee dus een gebied van warmte voorzien. Om deze reden wordt de term gebiedsmaatregelen gehanteerd. Deze warmtenetten kunnen variëren in de temperatuurniveaus waarop de warmte wordt aangeleverd op gebouwniveau, type bronnen die worden gebruikt voor de primaire warmtelevering, de kansrijkheid van bepaalde bronnen, de grootte van het

gebied waar het warmtenet wordt uitgelegd en nog diverse andere zaken (zie ook 4.2.1.1). Wat deze warmtenetten wel allemaal gemeen hebben is dat er altijd een gebied aangesloten moet worden en daarom worden deze maatregelen binnen het Vesta MAIS model aangeduid met de term gebiedsmaatregelen. Voor de toepassing van deze warmtenetten is de warmtevraag in een bepaald gebied van belang, maar ook de energievraag van warmteproductie, -transport en -distributie spelen een belangrijke rol in de vraag of een gebiedsmaatregel een gunstig alternatief is voor de warmtevoorziening. Binnen het Vesta MAIS model worden al deze componenten meegenomen in de afwegingen om een warmtenet uit te leggen. Zoals eerder toegelicht wordt binnen het Vesta MAIS model onderscheid gemaakt tussen meerdere typen warmtenetten, voornamelijk te onderscheiden in warmtenet met middentemperatuurbron (warmtenet met MT-bron) en warmtenet met een lagetemperatuurbron (warmtenet met LT-bron). Deze netten verschillen in het temperatuurniveau dat de initiële warmtebronnen aanleveren en de grootte van de warmtenetten. Dit wordt verder toegelicht in de volgende paragrafen.

### **MT-warmtenetten**

Bij gebiedsmaatregelen met de typering Warmtenet met MT-bron gaat het om warmtenetten met een middentemperatuur (MT) warmtebron als primaire bron voor de warmtelevering. Het gaat hierbij om warmtebronnen die zelf een temperatuur produceren van 70°C of hoger en die warmte af kunnen leveren aan de gebouwen van 70°C. Met deze temperaturen is het mogelijk om gebouwen te verwarmen met de radiatoren die nu aanwezig zijn in veel gebouwen. Dit is een belangrijk voordeel omdat er dan relatief weinig aan het gebouw hoeft te veranderen om te zorgen dat het gebouw verwarmd kan worden. Om een warmtenet met MT-bron uit te leggen moet de warmtevraag wel voldoende groot zijn. Binnen het Vesta MAIS model wordt standaard uitgegaan van het CBS-buurtniveau, met gemiddeld ongeveer 580 woningen en een variërend aantal utiliteitsgebouwen. Bij MT-warmtenetten geldt geen verplichte minimum isolatielijn.

Standaard wordt er vanuit gegaan dat de primaire MT-bron wordt geschaald op 30% van de piekvraag van de aangesloten gebouwen, en daarmee 80% van de gevraagde warmte levert. De aandelen die hier genoemd worden zijn de uitgangspunten waar het Vesta MAIS model op terugvalt wanneer er geen andere informatie bekend is. Wanneer er meer informatie bekend is over de daadwerkelijke situatie voor bepaalde (rest)warmtebron in Nederland dan is het mogelijk om deze informatie op te geven voor een specifieke bron in Nederland. Meer generiek is het ook mogelijk om de bovenstaande aandelen op te geven per type warmtebron, hierbij kunnen de aandelen dus afwijken tussen bijvoorbeeld geothermie of restwarmtelevering. Als modelgebruiker is het ook mogelijk om de aandelen aan te passen voor de standaardsituatie, waarbij men dus kan differentiëren in het aandeel vermogen/volume uit de primaire bron of de hulpwarmteketel.

De hulpwarmteketel bij de MT-bron wordt binnen het Vesta MAIS model nog gevoed met (aard)gas, omdat dit veelal nu ook nog het geval is. Naar de toekomst toe is het in de praktijk mogelijk om deze hulpwarmteketels te voeden met andere energiedragers of hier andere type installaties in te zetten om de piekvraag op te vangen. Deze opties zijn nog niet standaard opgenomen in het Vesta MAIS model, maar een modelgebruiker zou dit wel mee kunnen nemen bij de interpretatie van de resultaten.

### **LT-warmtenetten**

Naast de gebiedsmaatregelen gevoed door MT-warmtebronnen is het binnen het Vesta MAIS model ook mogelijk om te rekenen met warmtenetten gevoed door lagetemperatuur (LT) warmtebronnen. De temperatuurniveaus voor deze warmtebronnen variëren binnen Vesta MAIS tussen 15°C en 30°C. In vorige versies van het Vesta MAIS model was het al wel mogelijk om warmte-koude opslag (WKO) mee te nemen als LT-bron maar de modellering van het warmtenet met LT-bron is significant uitgebreid. Het is nu mogelijk om diverse LT-warmtebronnen mee te nemen in de modellering waarbij de configuraties van het warmtenet met LT-bron ook de warmte op verschillende temperatuurniveaus aan kunnen leveren aan de gebouwen. Waar bij het warmtenet met MT-bron de warmte wordt aangeleverd op minimaal 70°C kan het warmtenet met LT-bron binnen het Vesta MAIS model warmte afleveren op 30°C, 50°C of 70°C. In het laatste geval is wederom geen aanpassing nodig aan de radiatoren. Voor de andere twee temperatuurniveaus is het nodig om een lagetemperatuur-afgiftesysteem (LTAS) te installeren om zo de ruimtes in het gebouw voldoende te kunnen verwarmen. LT-convectieradiatoren zijn een vorm van LTAS en in bestaande woningen zijn deze makkelijker te plaatsen dan bijvoorbeeld vloerverwarming wat een andere vorm van LTAS is. Daarnaast zijn aanvullende installaties voor de ruimteverwarming of het tapwater nodig in het gebouw om de warmte op voldoende hoge temperatuur te brengen. De warmtelevering door het warmtenet met LT-bron kan dus als gevolg hebben dat er ook nog aanpassingen nodig zijn op gebouwniveau, los van de aansluiting op het warmtenet met LT-bron.

### Afweging van gebiedsmaatregelen

Bovenstaande configuraties kunnen worden doorgerekend, maar de modelgebruiker heeft nog wel invloed op de volgorde waarop de rentabiliteit van de configuraties wordt doorgerekend. De volgorde waarin de gebiedsmaatregelen worden meegenomen wordt de prioriteitsvolgorde genoemd, zoals beschreven wordt in 5.6.2. Deze prioriteitsvolgorde kan invloed hebben op de uitkomsten van het model omdat er in het model geen optimalisering plaatsvindt van de gebiedsmaatregelen. Waar bij combinatie-maatregelen van gebouwmaatregelen wordt gekozen voor de combinatie-maatregel met de hoogste positieve balans voor de gebouweigenaar wordt deze afweging bij gebiedsmaatregelen niet gedaan. De reden hiervoor is dat er bij gebiedsmaatregelen diverse actoren betrokken zijn en het per configuratie kan verschillen voor welke actor de businesscase het meest gunstig uitzalt. Het model kan geen keuzen maken welke businesscase het belangrijkste is en daarom is ervoor gekozen om geen optimalisering op te nemen voor de gebiedsmaatregelen. Als een optie aan de eisen voldoet, wat meestal inhoudt dat er een rendabele businesscase is, dan wordt die ingezet en wordt er voor die gebouwen niet meer gekeken naar alternatieven. Opties die later in de volgorde voorkomen worden hebben daarmee dus een competitief nadeel in de modelafweging.

Standaard staat Restwarmte bij de afweging voor de aanleg van warmtenetten als eerste optie ingesteld. Het gevolg van deze prioriteitsvolgorde is dat eerst alle businesscases worden doorgerekend in Nederland met Restwarmte als primaire warmtebron. Wanneer de businesscase positief is dan wordt Restwarmte toegepast voor dit gebied. Vervolgens wordt dezelfde doorrekening gedaan voor alle gebieden in Nederland met "Geothermie" als primaire warmtebron en zo worden alle configuraties afgelopen. Concreet is het mogelijk dat voor een bepaald gebied zowel Restwarmte en Geothermie een positieve businesscase hebben voor de warmteleverancier, waarbij de businesscase voor Geothermie een hogere positieve waarde heeft voor de warmteleverancier dan Restwarmte. Het gevolg van de prioriteitsvolgorde die hierboven wordt aangehouden is dat dit gebied nog steeds aangesloten wordt op Restwarmte. Deze heeft namelijk een positieve businesscase en staat boven Geothermie in de prioriteitsvolgorde. Om te analyseren wat de invloed van deze prioriteitsvolgorde is, is het mogelijk deze volgorde aan te passen. Het is daarbij ook mogelijk om LT-warmtenetconfiguraties hoger in de prioriteitsvolgorde te zetten dan de MT-warmtenetten. De instelling voor deze prioriteitsvolgorde is afhankelijk van de scope van de verkenning, waarbij het ook mogelijk is om bepaalde configuraties niet mee te nemen in de verkenning. De stappen die nodig zijn om dit in te stellen binnen het model worden verder toegelicht op de volgende wiki-pagina: <https://github.com/RuudvandenWijngaart/VestaDV/wiki/D.1-Doorrekening-van-een-run>

Waar het voor gebouwmaatregelen mogelijk is om de keuze te maken tussen het opleggen van gebouwmaatregelen en de ingroei op basis van rentabiliteit is dit niet mogelijk voor alle gebiedsmaatregelen. De modelgebruiker kan voor Waterstof, Bio-WKK en Geothermie opgeven dat de rentabiliteitsafweging moet worden overgeslagen en dat deze gebiedsoptie moet worden toegepast. Dit heeft als gevolg dat alle verblijfsobjecten in het studiegebied (die bij de afweging van de gebiedsmaatregel nog volledig met aardgas worden verwarmd) dan gebruik gaan maken van de gebiedsmaatregel, ongeacht of deze rendabel is (zoals beschreven in Paragraaf 5.5.4). In de toepassing van geothermie is dan van belang dat de modelgebruiker ook stilstaat bij de kansrijkheid van geothermie. Standaard wordt in het model uitgegaan van een geothermiecontour die een indicatie geeft van de gebieden waar geothermie potentieel gewonnen kan worden, waarbij de achtergrond wordt beschreven in Paragraaf 5.1.5.5. Het is ook mogelijk om aan te nemen dat geothermie mogelijk is in het hele studiegebied, zie Paragraaf 5.5.4.6. Het effect van deze functie is dat wanneer wordt aangehouden dat geothermie overal toegepast kan worden dan hoeven er geen primaire netten te worden gelegd om de gebieden te verbinden die buiten de geothermiecontour vallen. Wanneer wel wordt gerekend met de geothermiecontour worden de kosten van deze primaire netten wel in rekening gebracht.

Voor de overige gebiedsmaatregelen is het op dit moment niet mogelijk om de toepassing van deze maatregelen op te leggen. De ingroei van deze type warmtenetten kan alleen plaatsvinden op basis van rentabiliteitsafwegingen zoals hierboven beschreven. Wel is het mogelijk om specifieke criteria mee te nemen voor de rentabiliteitsafweging, bijvoorbeeld door bij de rentabiliteitsafweging van LT-gebiedsmaatregelen de individuele elektrische warmtepomp als referentie te gebruiken in plaats van een individuele aardgasgestookte ketel. Daarnaast heeft het model de mogelijkheid om ook onrendabele restwarmtenetten door te rekenen. De modelgebruiker bepaalt in dat geval de hoogte van de toegestane onrendabele top als bedrag per gigajoule geproduceerde warmte. Standaard worden deze instellingen niet gebruikt, maar het is wel mogelijk om hier mee te rekenen als modelgebruiker.

#### 6.3.1 Bepaling afnamegebied

Na de berekening van de gebouwmaatregelen is per gebouw bekend wat de resterende functionele warmtevraag is, ten opzichte van de beginsituatie van het zichtjaar. Die ingevuld kan worden door warmtenetten. Om deze

warmtenetten door te kunnen rekenen worden deze gebouwen verzameld in vraaggebieden. Vraaggebieden zijn hierbij groepen verblijfsobjecten waarvoor een gezamenlijke gebiedsmaatregel wordt overwogen. Bij MT-warmtenetten (en BuurtWKO) zijn vraaggebieden gelijk aan planregio's, waarbij de CBS-buurt in principe de standaard planregio is. Bij LT-warmtenetten (m.u.v. BuurtWKO) worden de vraaggebieden niet vastgesteld door middel van een planregio, maar worden vraaggebieden elke keer opnieuw bepaald. Tabel 6.1 geeft een samenvattend overzicht van de standaardregels die worden meegenomen voor het vaststellen van de verschillende gebiedsmaatregelen binnen het Vesta MAIS model. Dit laat zien of er voor een specifieke groep warmtenetten beperkingen gelden op basis van deelnamegeschiktheid, de huidige situatie in het gebouw, een ruimtelijke restrictie of een minimaal isolatieniveau. Omdat de vraaggebieden voor LT-netten op een complexere manier tot stand komen dan voor MT-netten, worden die onder de tabel verder toegelicht.

**TABEL 6.1 – OVERZICHT REGELS VOOR BEPALEN VAN VRAAGGEBIEDEN IN GEBIEDSMAATREGELEN**

Type	Deelname ja/nee	Huidig	Ruimtelijk filter	Isolatie	Vraaggebied
WKO, TEO	Contributiemarge > 0	(Aard)gas	Potentiecontour	Min. B	Cluster o.b.v. contributie
LT-puntbron	Contributiemarge > 0	(Aard)gas	Nabij puntbron	Min. E	Cluster rondom puntbron
Overig	Geen beperking	(Aard)gas	Geen filter	n.v.t.	Volledige CBS buurt

#### Afnamegebied LT-warmtenetten

De basis voor de vaststelling van de grootte van het afnamegebied bij LT-warmtenetten is de contributiemarge. De berekening van de contributiemarge wordt toegelicht in Paragraaf 6.3.1.1, maar samengevat betekent een positieve contributiemarge dat het financieel aantrekkelijk lijkt om een gebouw bij een warmtenet te betrekken. Bij alle LT-warmtebronconfiguraties geldt dat individuele verblijfsobjecten een positieve contributiemarge moeten hebben om onderdeel van het afnamegebied te kunnen worden. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat een positieve contributiemarge nog niet per definitie een positieve businesscase geeft, voor de businesscase berekening worden nog andere kosten meegenomen. De vervolgstep is dat voor elk gebouw met een positieve contributiemarge berekend of de gezamenlijke contributiemarge groter zou worden wanneer het gebouw wordt gekoppeld met een nabijgelegen gebouw (met ook een positieve contributiemarge). Deze zogeheten clustering wordt toegepast totdat er geen gebouwen meer gevonden kunnen worden waarvoor deze koppeling financieel interessant is. Het resultaat is meerdere netwerken van gebouwen met een zo groot mogelijke gezamenlijk contributiemarge per netwerk.

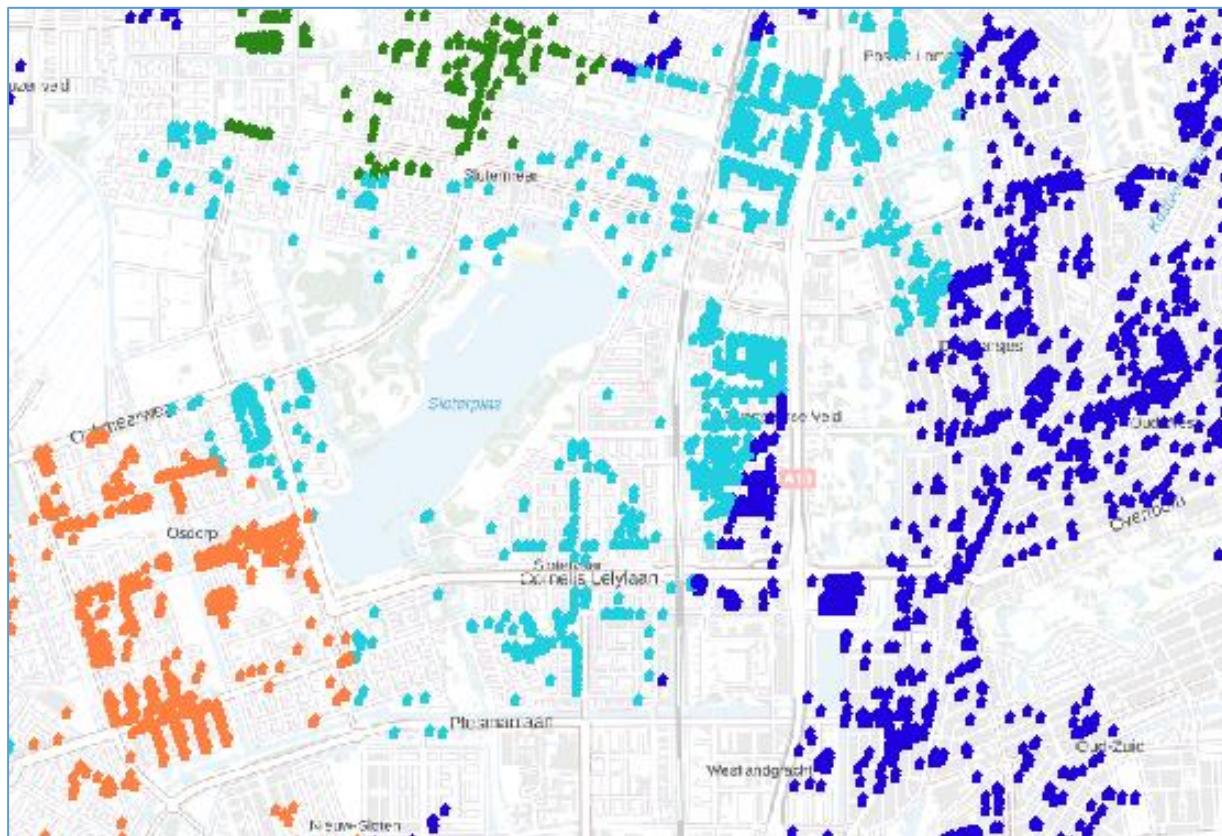
Dezelfde methodiek wordt toegepast op de aanbodzijde. De LT-bronnen worden ook onderling gekoppeld om lokale broncluster te creëren die als gezamenlijke bron kunnen dienen voor een warmtenet.

#### Aanvullende voorwaarden

Naast een positieve contributiemarge kunnen er nog aanvullende voorwaarden zijn waaraan moet worden voldaan om onderdeel te worden van het vraaggebied van een LT-warmtenet. Voor WKO en TEO wordt eerst voor alle bebouwingsobjecten bepaald of ze in aanmerking komen voor dit type gebiedsmaatregel. In beide gevallen moet het object binnen de WKO-contour liggen en in de uitgangssituatie met een individuele aardgasketel verwarmd worden. Bij TEO geldt aanvullend dat de afstand tot de TEO-contour kleiner moet zijn dan de maximale leidinglengte, gegeven in invoerparameter  $L_{maxTEObron}$  (zie Bijlage A.2). Ook worden eisen gesteld aan het isolatieniveau van het gebouw. Default moet een gebouw minimaal schillabel B hebben om in aanmerking te komen voor WKO of TEO. Bij andere LT-warmtebronnen wordt gekeken of het gebouw minimaal schillabel E heeft, omdat daar doorgaans hogere brontemperaturen beschikbaar zijn.

De locatie van deze overige LT-warmtebronnen waar LT-warmte beschikbaar is staat in een puntbronnenbestand. De vraaggebieden voor deze overige LT-warmtebronnen worden bepaald door de verblijfsobjecten in te delen bij de dichtstbijzijnde warmtebron, gezamenlijk vormen deze verblijfsobjecten dan een vraaggebied.

**FIGUUR 6.1 – SELECTIE VAN OBJECTEN MET POSITIEVE CONTRIBUTIEMARGE, GEKLEURD NAAR VRAAGGEBIED PER BRON**



In het geval van WKO en TEO is de bronlocatie niet op voorhand bekend (al zij het wel ruimtelijk beperkt) en daarom wordt er gestreefd zo efficiënt mogelijk gebouwen samen te voegen tot een vraaggebied alvorens bronkosten worden bepaald. In Paragraaf 5.1.5 wordt ingegaan op de contouren die de kansrijkheid aangeven voor deze warmtebronnen. Het doel is daarbij een verzameling verblijfsobjecten samen te stellen met een zo hoog mogelijke totale contributiemarge. Dit biedt de beste kans op een positieve rentabiliteitsafweging.

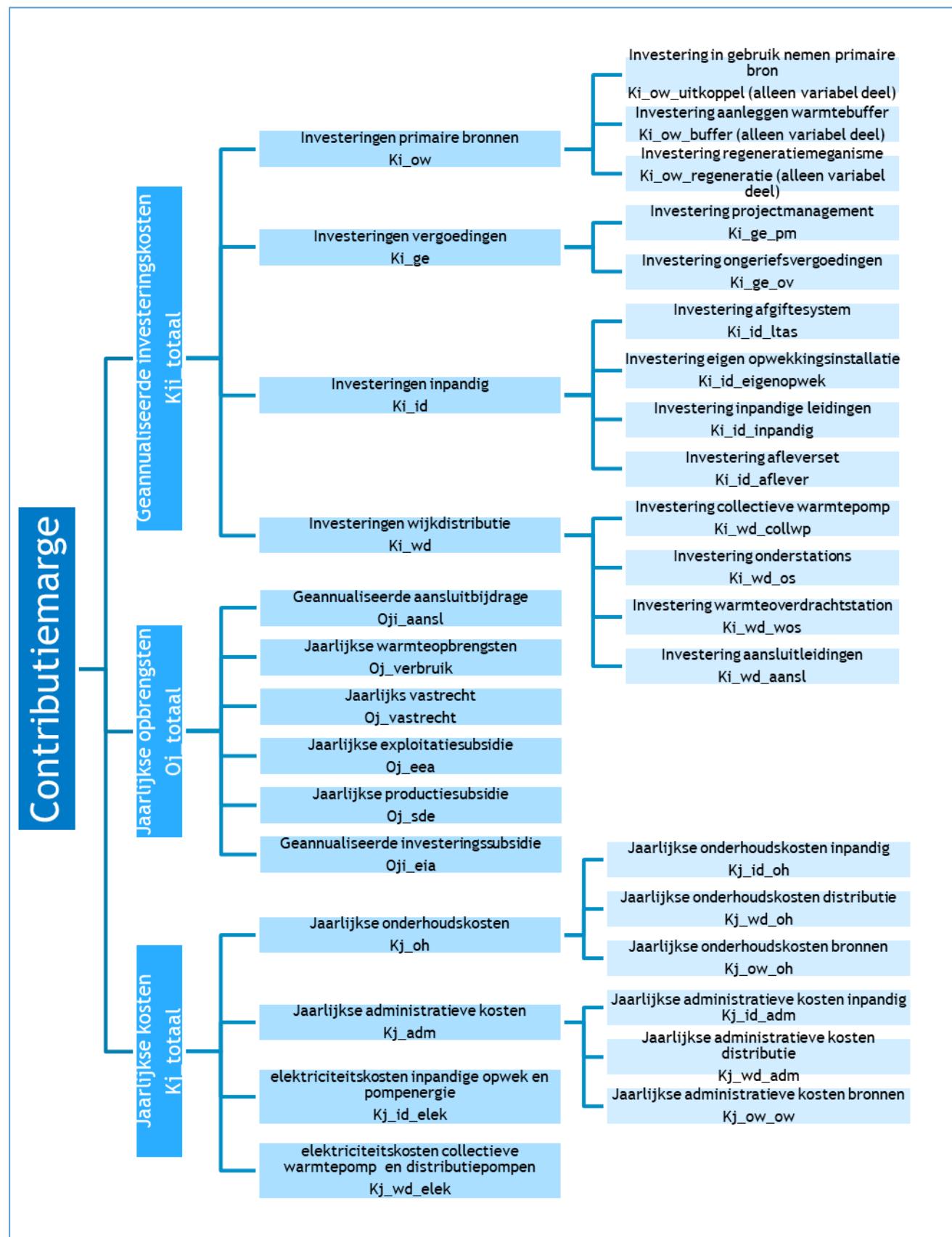
Dit gebeurt in een iteratief proces waarbij in de eerste stap elk gebouw met positieve contributiemarge zoekt naar het dichtstbijzijnde andere gebouw dat ook een positieve contributiemarge heeft. Als de gezamenlijke contributiemarge — na aftrek van distributieleidingen om ze te verbinden — hoger wordt dan de individuele marges, is er een match en vormen de gebouwen een duo. In volgende iteraties proberen duo's zich met andere gebouwen of duo's te verbinden volgens dezelfde logica. Dit wordt herhaald totdat geen nieuwe verbindingen meer gevonden worden.

### 6.3.1.1 Contributiemarge

De basis voor de vaststelling van het vraaggebied bij LT-warmtenetten is de contributiemarge. Deze contributiemarge geeft een beeld van de balans voor kosten en baten die allemaal op individueel niveau al afgewogen kunnen worden. Voor de kosten kan hierbij worden gedacht aan bijvoorbeeld de investeringen die nodig zijn voor de inpandige distributie die elk gebouw moet maken. Daarnaast zijn de investeringen van een primaire bron voor een gedeelte afhankelijk van het gevraagde vermogen door de gebouwen.

Per gebouw kan daarom worden berekend wat het qua investeringen zou kosten als deze bron toegevoegd zou worden aan een warmtenet gevoed met een bepaald type warmtebron. Hierbij gaat het alleen om het variabele deel van de investeringen in de primaire bron en wordt de vaste component niet meegenomen in de contributiemarge (want er is nog niet bekend over hoeveel gebouwen deze verdeeld worden). Deze vaste component wordt wel opgenomen in de uiteindelijke totale businesscase van een LT-warmtenet. De baten van een warmtenet zijn vaak wel bekend per gebouw en deze kunnen daarom al worden opgenomen bij de contributiemarge. In Figuur 6.2 wordt een overzicht gegeven van alle componenten die meegenomen worden in de vaststelling van de contributiemarge. Niet alle rekenregels worden hier apart behandeld, deze worden namelijk in meer detail behandeld in Hoofdstuk 7.

FIGUUR 6.2 - OPBOUW CONTRIBUTIEMARGE PER OBJECT IN LT-WARMTENETTEN



### 6.3.2 Matching vraaggebieden en bronnen

Met de informatie over de vaststelling van de energievraag in vraaggebieden is het nu mogelijk om een analyse te maken van de matching tussen vraaggebieden en bronnen voor warmte. De methodiek voor deze matching is afhankelijk van het type bron, waarbij het onderscheid wordt gemaakt tussen puntbronnen en contouren. Met

puntbronnen worden hier warmtebronnen bedoeld met een vaste locatie, het is mogelijk om met een x- en y-coördinaat aan te geven waar deze bron zich begeeft. Daarnaast zijn er enkele warmtebronnen waarbij de toepassing afhankelijk is van specifieke ruimtelijke beperkingen, zoals de mogelijkheden voor de toepassing van geothermie. De ruimtelijke spreiding in het potentieel van dergelijke warmtebronnen wordt in Vesta MAIS meegenomen op basis van vlakken die aangeven of er potentieel is in een bepaald gebied, deze vlakken worden contouren genoemd.

Een puntbron is een warmtebron met een specifieke locatie, waarbij er een verschil kan zitten in het temperatuurniveau van de beschikbare warmte. Om deze reden wordt er onderscheid gemaakt tussen de HT/MT-puntbronnen en LT-puntbronnen, die elk ook een eigen manier van matching hebben tussen vraag en aanbod. Deze methodieken worden hieronder kort toegelicht, maar de onderbouwing van de huidige waarden voor deze bronnen wordt omschreven in Paragraaf 5.1.5 en de rekenregels in Hoofdstuk 7.

### 6.3.2.1 MT-puntbronnen

Voor de MT-warmtebronnen is het mogelijk om verschillende puntbronnen op te geven, maar de grootste hoeveelheid bronnen bestaat nu uit restwarmtebronnen. Binnen Vesta MAIS is het mogelijk verschillende typen bronnen (bijvoorbeeld industrie of raffinaderijen) mee te nemen. Maar daarnaast vallen ook type bronnen zoals elektriciteitscentrales of afvalcentrales onder de typering Restwarmte. Deze bronnen hebben wel hun eigen investeringskosten en variabele kosten (euro/GJ warmte), maar vallen wel onder de categorie Restwarmte binnen het Vesta MAIS model.

Het transportnet voor warmte wordt bij Restwarmte stapsgewijs vormgegeven. Het model breidt het netwerk iteratief uit om op die manier zo logisch mogelijke verbindingen te maken tussen buurten en bronnen. Bij Restwarmte wordt voor iedere planregio in de eerste iteratieslag de dichtstbijzijnde puntbron beschouwd die voldoende restcapaciteit beschikbaar heeft. Per bron adminstreert het model door de zichtjaren heen de hoeveelheid nog beschikbare capaciteit, waarbij rekening wordt gehouden met buurten die al eerder op de bron zijn aangesloten. In de tweede (en volgende) iteratieslag wordt de dichtstbijzijnde puntbron en/of centrum van aangesloten planregio beschouwd, weer rekening houdend met de benodigde aansluit capaciteit. In het geval dat binnen één iteratieslag meerdere buurten rendabel zijn om aan te sluiten kan het zijn dat de warmtebron onvoldoende capaciteit heeft voor alle gebieden. Als dit voorkomt moet er gekozen worden welke buurt wordt aangesloten en welke niet. De toewijzing van gebieden aan een specifieke bron gaat in dat geval in volgorde van maximale opbrengst per eenheid warmtecapaciteit (euro per megawatt), omdat de warmtecapaciteit van de bron uiteindelijk de limiterende factor is.

### 6.3.2.2 LT-puntbronnen

Bij LT-puntbronnen is de locatie van de bron leidend voor het bepalen van het vraaggebied en daarmee ook voor de matching tussen vraag en aanbod. Ieder object is daarmee namelijk op voorhand ingedeeld bij een specifieke puntbron, zoals te zien in Figuur 6.1. Vervolgens vallen gebouwen met een negatieve contributiemarge af en van de overgebleven objecten wordt eerste degene met de kortste afstand tot de LT-puntbron aangesloten, vervolgens de op een na kortste afstand, enzovoorts. Zo worden steeds verder weggelegen panden uitgesloten in een uitdijend leveringsgebied totdat de capaciteit van de bron volledig in gebruik is. Overige gebouwen nemen niet deel aan de gebiedsmaatregelen en blijven bij hun oorspronkelijke methode van verwarmen.

### 6.3.2.3 Potentiecontouren

Naast de warmtebronnen met een specifieke locatie is het ook mogelijk om inschattingen te maken voor warmtebronnen o.b.v. potentieelgebieden, de contouren. Voor de berekening van dit potentieel wordt een check gedaan of het betreffende vraaggebied binnen de potentieelcontour voor de desbetreffende warmte-optie ligt. Wanneer dit het geval is dan wordt ervan uitgegaan dat er geen primair net nodig is om dit vraaggebied te voorzien van warmte door deze warmte-optie. Het is ook mogelijk dat het vraaggebied buiten de contour ligt. In dit geval is het wel nodig om een primair net aan te leggen om het vraaggebied te voorzien van warmte op basis van deze warmte-optie. Het primaire net wordt dan aangelegd van het centrale punt van het vraaggebied naar de dichtstbijzijnde rand van de contour voor de warmte-optie.

Het is binnen het model mogelijk om aan te geven dat er een maximum zit aan de afstand die dit primaire net kan zijn. Zo wordt er standaard vanuit gegaan dat de lengte van het primaire net bij een nieuw WKO-systeem niet langer mag zijn dan een aantal kilometer. Dergelijke afwegingen kunnen worden meegegeven door de modelgebruiker. Een belangrijk verschil met de puntbronnen is de bekendheid van het beschikbare warmte-vermogen. Voor de puntbronnen wordt een inschatting gemaakt van het beschikbare vermogen van de puntbron

en hier wordt ook rekening mee gehouden in de berekening bij de toedeling van capaciteit. Voor de potentieelcontouren is er minder informatie bekend over de hoeveelheid beschikbare vermogen. Binnen Vesta MAIS wordt de aanname gedaan dat er voldoende vermogen beschikbaar binnen de potentieelcontour is om aan de warmtevraag in vraaggebieden te voorzien. Hierbij wordt dus nog geen rekening gehouden met de eventuele uitputting van het beschikbare vermogen voor de warmte-optie in de contour.

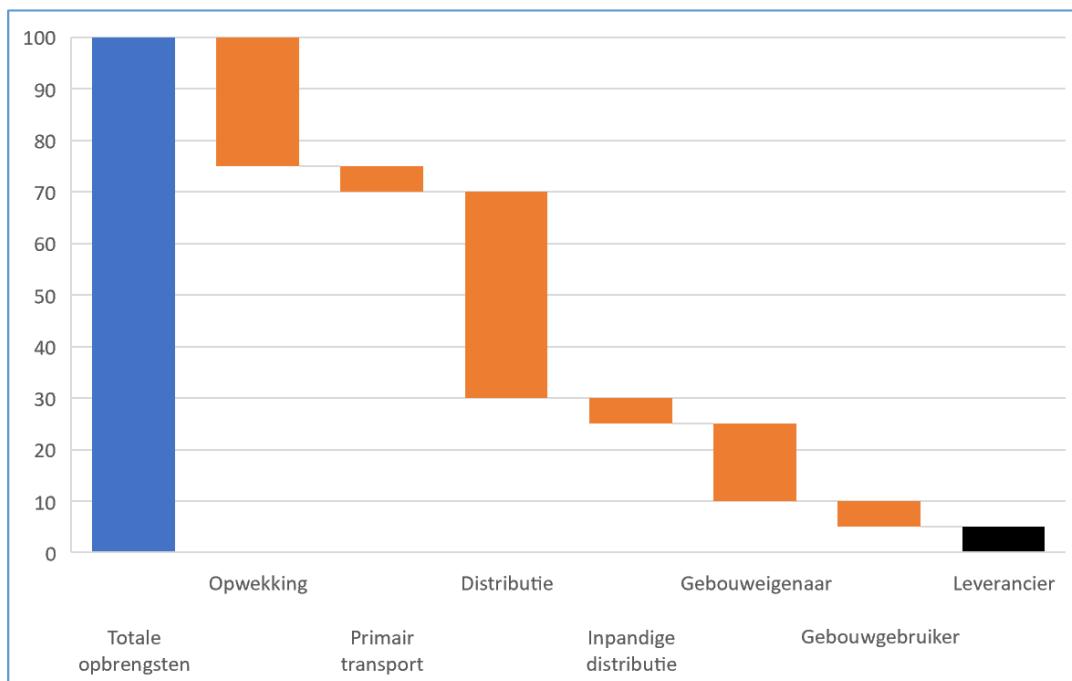
### 6.3.3 Rentabiliteitsafweging

De opbouw van de rentabiliteitsafweging van de LT-warmtenetten en de HT/MT warmtenetten is ongeveer hetzelfde. Deze worden daarom in deze paragraaf in dezelfde onderdelen beschreven, waarbij uitzonderingen voor één van beide gebiedsmaatregelen zal worden toegelicht. De opbouw van deze paragraaf is als volgt, eerst wordt een beeld gegeven van de opbrengsten voor gebiedsmaatregelen, vervolgens wordt de opbouw van de investeringskosten en de vertaling naar geannualiseerde kosten aangegeven, met daarbij ook de methode voor de jaarlijkse kosten. Deze opbouw volgt hiermee de algemene opbouw van de rentabiliteitsafweging, die op basis van de volgende berekening wordt gemaakt:

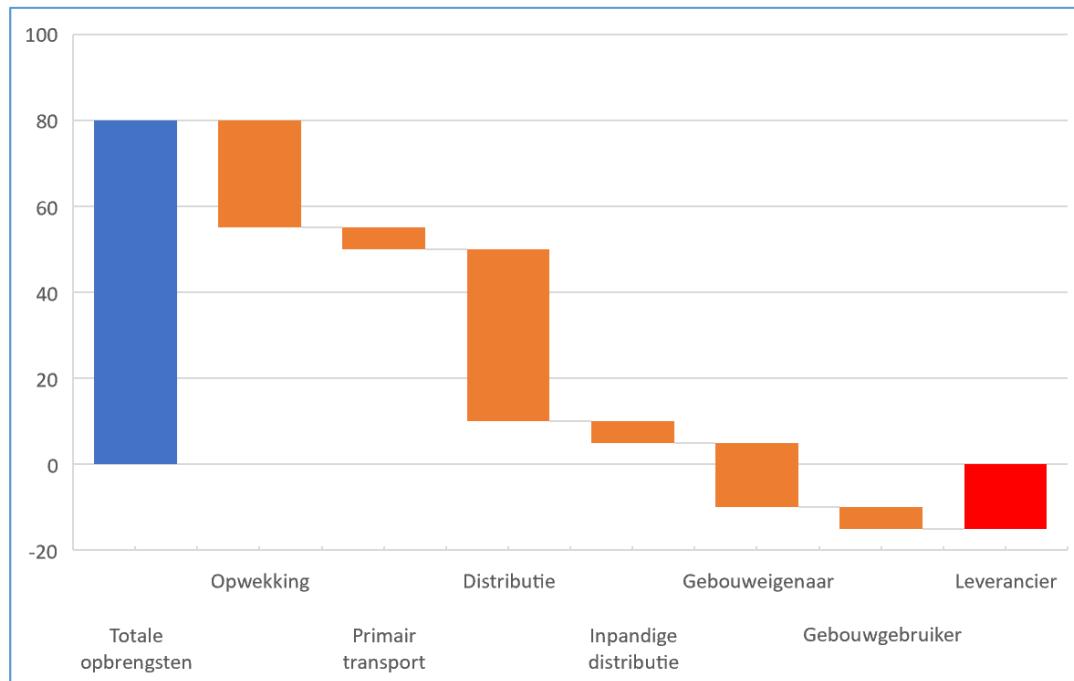
$$\text{Rentabiliteit} = \text{Jaarlijkse opbrengsten} - (\text{jaarlijkse kapitaallasten} + \text{overige jaarlijkse kosten})$$

Als deze berekening positief is, dan zijn de opbrengsten hoger dan de kosten en is het project rendabel. Dit betekent dat er binnen het project voldoende jaarlijkse opbrengsten zijn om alle jaarlijkse kosten (CAPEX en OPEX) te dekken. De volgende grafieken geven hiervan indicatief weer hoe dit werkt.

**FIGUUR 6.4 - INDICATIEF VOORBEELD VAN EEN RENDABEL PROJECT (BLAUW GEEFT DE TOTALE OPBRENGSTEN WEER, ORANJE ZIJN KOSTEN, ZWART DE WINST VOOR DE LEVERANCIER) BRON: CE DELFT**



**FIGUUR 6.5 - INDICATIEF VOORBEELD VAN EEN ONRENDABEL PROJECT (BLAUW GEEFT DE TOTALE OPBRENGSTEN WEER, ORANJE ZIJN KOSTEN, ROOD HET VERLIES VOOR DE LEVERANCIER) BRON: CE DELFT**



In Figuur 6.4 is zichtbaar dat de totale jaarlijkse opbrengsten in het project voldoende zijn om alle jaarlijkse kosten van de actoren te dekken: de leverancier kan “zwarte cijfers” schrijven en het project is daarmee dus rendabel. Figuur 6.5 laat de situatie zien, waarbij de opbrengsten te laag zijn en de leverancier (fictief) moet bijdragen om alle kosten van de andere actoren te dekken en het project quitte te laten draaien: de leverancier heeft ‘rode cijfers’. Het aanleggen van een warmtenet kan ook kosten en baten voor andere actoren ten gevolge hebben die niet onderdeel zijn van de rentabiliteitsafweging. Dit kan bijvoorbeeld de herverdeling van kosten tussen gebouweigenaren en gebouwgebruikers zijn of vervroegde afschrijving van bestaande Hr-ketels in gebouwen.

Bij de aanleg van een warmtenet is er sprake van een investeringsfase en een exploitatie-fase. Deze fases worden ook onderscheiden binnen het model, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar de inkomsten en uitgaven die horen bij deze fases. In Tabel 6.2 wordt een overzicht gegeven van deze fases voor de verschillende onderdelen, waarbij opvalt dat een project start met verschillende investeringen en de exploitatiefase pas start vanaf jaar 3. Vanaf jaar 3 worden ook pas de inkomsten geïnd van de uitleg van warmtenetten en dus niet voor de eerste 2 jaren na de investering.

Merk op: in de figuren ontbreekt de overheid als actor. De overheid maakt kosten in de vorm van subsidies (positieve kosten) en belastingen (negatieve kosten).

**TABEL 6.2 - SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN INKOMSTEN EN UITGAVEN IN DE TIJD IN HET MODEL MET BETREKKING TOT WARMTENETTEN (BRON: CE DELFT)**

Jaar	Investering		Exploitatie					Opmerkingen
	1	2	3	4	...	29	30	
<b>Onderdeel: distributie</b>								
Investering aanleg distributienet	X	X						Inclusief aansluitingen, meters, WOS, piekketels
Uitgaven hulpinstallaties			X	X	X	X	X	
Uitgaven bediening en onderhoud, etc.			X	X	X	X	X	Alles wat nodig is om distributienet werkend te houden
Inkomsten verkoop warmte en evt. koude			X	X	X	X	X	
Inkomsten vastrecht			X	X	X	X	X	
Inkomsten aansluit-bijdrage			X					
<b>Onderdeel: transport en opwekking</b>								
Investering uitkoppeling of warmtebron	X	X						Bij "uitkoppeling": dit betreft bestaande installaties
Investering transportpijpen	X	X						Indien bron buiten het distributiegebied ligt
Uitgaven bediening en onderhoud, etc.			X	X	X	X	X	Alles wat nodig is om transportnet werkend te houden
Productie warmte en eventueel koude			X	X	X	X	X	O.a. derving elektriciteit bij aftapwarmte STEG

### 6.3.3.1 Opbrengsten

De leverancier is een denkbeeldige actor die de uitgaven aan energie-inkoop van eindgebruikers int. Deze inning zijn de opbrengsten van de leverancier en worden gebruikt om alle kosten te vergoeden. De opbrengsten voor de Leverancier bestaan uit eenmalige opbrengsten zoals de aansluitbijdrage, en jaarlijkse opbrengsten. De jaarlijkse opbrengsten bestaan uit het vastrecht en de variabele inkomsten afhankelijk van de warmtevraag van gebouwen in het vraaggebied en de warmteprijs.

Voor de aansluitbijdrage van woningen geldt dat wordt aangesloten op het bedrag dat wordt genoemd door de ACM (2020). Er wordt aangenomen dat de eenmalige aansluitbijdrage twee jaar na aanvang van de investeringen wordt geïnd. De reden hiervoor betreft de aanname dat niet vanaf jaar 0 alle gebouwen zijn aangesloten op een warmtenet. Meestal worden de gebouwen verspreid over een periode van 4 jaar vanaf de start van een project aangesloten. Binnen het model wordt voor de eenvoud uit gegaan van een gemiddelde waarbij er de eerste twee jaar nog geen opbrengsten zijn en daarna volledig binnen komen. Voor het vastrecht geldt dat dit een vast bedrag per jaar is voor alle gebouwtypes, deze is voor utiliteit en glastuinbouw dus niet afhankelijk van het vermogen van de aansluiting. Hierbij verschillen de vastrechtbedragen tussen woningen en utiliteit. Deze zijn nu gebaseerd op de tarieven zoals vastgesteld door de ACM (2020). Als modelgebruiker is het wel mogelijk deze bedragen aan te passen indien de modelgebruiker een ander inzicht heeft over de hoogte van het vastrecht.

De andere vorm van jaarlijkse opbrengsten zijn de variabele opbrengsten afhankelijk van het verbruik van een gebouw. De variabele opbrengsten worden gebaseerd op het warmteverbruik van een gebouw en de prijs van warmte. Voor de prijs van warmte wordt uitgegaan van het Niet Meer Dan Anders (NMDA)-principe, zoals beschreven in ACM (2020). Dit principe geeft aan dat de maximumprijs van warmte voor een gebruiker niet hoger mag zijn dan de kosten die een gebruiker maakt bij het gemiddelde gebruik van gas als energiebron. De hoogte van de warmteprijs is daarbij afhankelijk van het type gebouw. Woningen vallen eigenlijk allemaal onder het kleinverbruikerstarief voor gas en daarom worden deze tarieven ook meegenomen in de vaststelling van de warmteprijs van woningen. Voor utiliteit en glastuinbouw worden andere tarieven in rekening gebracht, zo wordt voor utiliteit de staffel doorlopen voor gasprijzen waardoor de gasprijs afhankelijk is van de grootte van het verbruik door utiliteit. Voor glastuinbouw worden aparte prijzen gehanteerd voor gas (en daarmee ook voor warmte) omdat deze een energiebelastingtarief hebben die afwijkt van de staffel. Standaard wordt er uitgegaan van het NMDA-principe, maar het is als modelgebruiker mogelijk om hier andere verkenningen mee te doen. Zo is het mogelijk te rekenen met een vaste warmteprijs, zoals beschreven in Paragraaf 5.5.2.15. Hierbij geldt deze vaste warmteprijs nu nog wel voor alle gebouweigenaren en nog niet apart opgegeven kan worden voor de verschillende gebouwtypen. Daarnaast is het ook mogelijk om af te wijken van het NMDA-principe, door bijvoorbeeld aan te geven dat de kosten voor warmte 10% lager of hoger moeten zijn ten opzichte van de verwarming met gas. Dit kan worden gedaan door de *MinderDanAndersFactor*, beschreven in Paragraaf 5.5.2.15. Dit heeft invloed op de opbrengsten van het warmtenet en daarmee ook op de rentabiliteit.

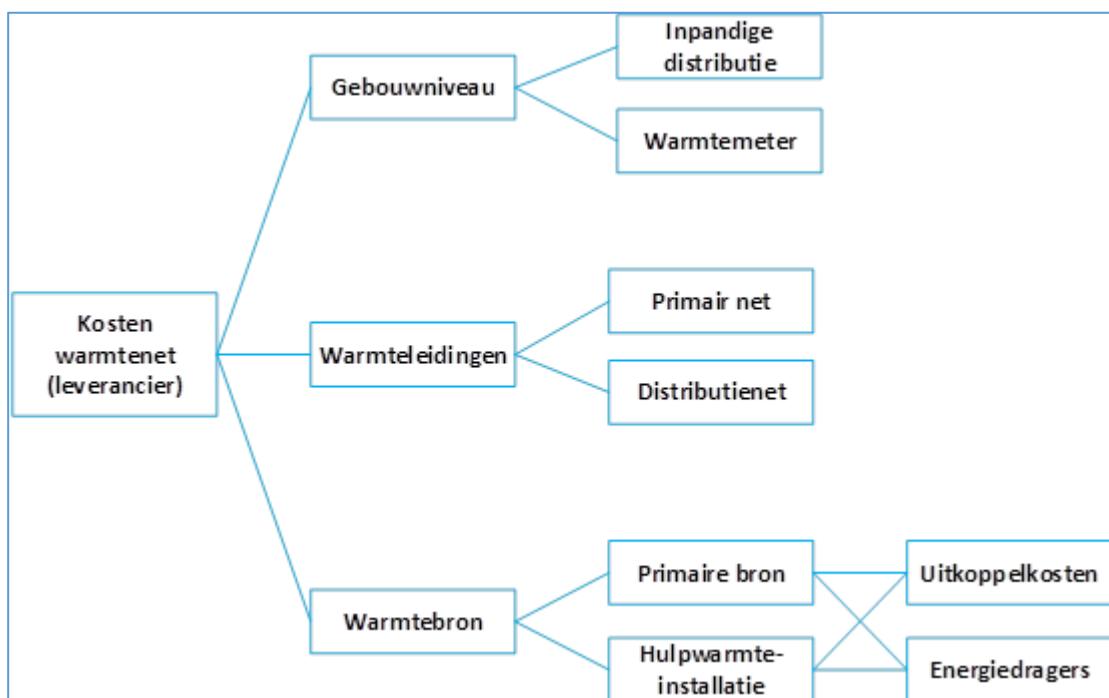
Naast de bovenstaande opbrengsten is het ook mogelijk dat er subsidies worden meegenomen in de berekening of andere specifieke opbrengsten. Afhankelijk van het niveau waarop deze subsidie of andere opbrengsten worden vastgesteld wordt op verschillende momenten in de berekening geaggregeerd van gebouwniveau naar

gebiedsniveau. Hierbij wordt ook op verschillende momenten de vertaalslag gemaakt van investeringsbedragen naar geannuleerde jaarlijkse kapitaallasten.

### 6.3.3.2 Kosten

Het Vesta MAIS model rekent per gebied uit wat de jaarlijkse kosten zijn. Hierbij worden de investeringen omgerekend naar jaarlijkse kapitaallasten (CAPEX) en worden de jaarlijkse operationele kosten bepaald (OPEX). Zowel de CAPEX als de OPEX worden gealloceerd naar één van de acht door het model gebruikte actoren. Per actor wordt een specifieke discontovoet toegepast om de investeringen om te rekenen naar CAPEX (zie Bijlage A.9 voor waarden van de discontovoet). In Figuur 6.6 zijn enkele onderdelen van de kosten van een warmtenet weergegeven. De onderhouds- en beheerkosten en de kosten voor de inzet van energiedragers zijn al jaarlijkse kosten. De investeringskosten zijn een eenmalig bedrag en deze worden vertaald naar jaarlijkse kosten door middel van een annualisatiefactor. Deze annualisatiefactor is een vertaling van de discontovoet, welke kan verschillen per actor. Zo kan een model-gebruiker verschillende discontovoeten opgeven voor de opwekker en voor de wijkdistributeur. De overige kosten zijn ook eenmalige kosten die moeten worden gemaakt en deze worden ook vertaald naar jaarlijkse kosten door middel van een annualisatiefactor.

**FIGUUR 6.6 – ENKELE ONDERDELEN VAN KOSTEN WARMTENET (BRON: CE DELFT).**



Dit geeft het generieke beeld van de componenten die een rol kunnen spelen in de kosten van warmtenetten. De hoogte van deze kosten zijn afhankelijk van het type bron, waarbij er ook configuraties van warmtenetten zijn waar sommige componenten helemaal geen rol spelen. Denk hierbij aan de LT-puntbronnen, sommige configuraties hebben geen primair net om van een bron naar een bepaalde buurt te komen maar hier worden alleen de kosten in beeld gebracht van het distributienet. Voor de toepassing van geothermie is het afhankelijk van de locatie van het vraaggebied ten opzichte van de contour of er kosten voor een primair net zijn. Dit is een voorbeeld van een kostengroep waarin variatie zit afhankelijk van het type warmtenet, maar zo zijn er meer componenten waar dit speelt.

#### Gebouwniveau

De toepassing van energiebesparende maatregelen en individuele gebouwgebonden installaties is eerder beschreven maar ook bij gebiedsmaatregelen zijn er aanpassingen in het gebouw om te zorgen dat aan de functionele vraag naar warmte voldaan kan worden. Voor zowel LT-warmtenetten als HT/MT-warmtenetten is dit de vervanging van de gasketel door een warmtemeter en inpandige distributie. De inpandige distributie omvat de kosten die worden gemaakt om binnen een gebouw de warmte te verdelen. Deze kosten hebben binnen het Vesta MAIS model alleen betrekking op appartementen omdat er hierbij binnen het gebouw leidingen nodig zijn om de woningen aan te sluiten op een warmtenet en deze gelden voor zowel een MT-warmtenet als een LT-warmtenet.

De hoogte van de inpandige distributiekosten is afhankelijk van de aanwezigheid van blokververwarming. In de huidige situatie is het namelijk zo dat een gedeelte van de appartementen wordt verwarmd door middel van een centrale ketel voor het gehele appartementencomplex, aangeduid met blokverwarming. Het overige gedeelte van de appartementen heeft wel allemaal aparte ketels en dit wordt aangeduid met de verketelde situatie. Het is bekend dat beide situaties zich voordoen maar het is niet bekend waar deze blokverwarming zich bevindt. Daarom is het niet mogelijk om de daadwerkelijke situatie weer te geven, wel is het als modelgebruiker mogelijk om het aandeel blokverwarming in te stellen (*IndividueleVerwarmingSchuif*). Het aandeel blokverwarming is nu gebaseerd op een analyse van het aandeel appartementen met blokverwarming in WoON 2012. Het aandeel blokverwarming heeft namelijk invloed op de kosten van de inpandige distributie. De kosten zijn lager indien er al blokverwarming aanwezig is in het gebouw. In dit geval hoeft er geen aanpassing te worden gedaan aan de leidingen in het gebouw zelf. De leidingen moeten wel worden vervangen wanneer er sprake is van een verketelde situatie, het is namelijk niet mogelijk om aan de warmtevraag te voldoen wanneer gebruik zou worden gemaakt van de aardgasleidingen. Het aandeel blokverwarming heeft dus invloed op de kosten die moeten worden gemaakt voor de inpandige distributie.

Voor de LT-warmtenetten zijn deze inpandige kosten ook van toepassing, maar hier is het mogelijk dat er nog andere maatregelen worden getroffen. Of er ook nog extra maatregelen nodig zijn is afhankelijk van de configuratie van het LT-warmtenet. Er zijn namelijk configuraties die een temperatuur aanleveren die lager is dan 70°C, in deze gevallen zullen de huidige radiatoren moeten worden vervangen door een lagetemperatuur afgiftesysteem, de kosten om dit te doen worden meegenomen in het model. Daarnaast zijn er configuraties van LT-netten waar lokaal een (booster-) warmtepomp wordt geplaatst om te voorzien in de vraag naar ruimteverwarming en warm water. In bijvoorbeeld het geval van aflevering op 50 graden is de aangeleverde warmte wel voldoende voor ruimteverwarming maar moet deze nog lokaal worden opgewerkt voor de warm tapwatervoorziening. Hiervoor wordt dan niet een normale warmtepomp gebruikt, maar een kleinere booster-warmtepomp. Indien er bijvoorbeeld een aflevertemperatuur is van 30 graden dan is er ook een warmtepomp nodig maar deze is groter dan de boosterwarmtepomp omdat deze de warmte moet opwerken vanaf een lagere aanlevertemperatuur naar de gewenste temperatuur voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater.

### **Warmteleiding**

Het primaire net omschrijft de verbinding die nodig is om een warmtebron te verbinden met het vraaggebied. Het gaat hierbij dus om een enkele leiding die zorgt dat de warmte wordt getransporteerd van de warmtebron naar het vraaggebied en niet om de verdeling van de warmte binnen het vraaggebied. Dit laatste wordt gedaan binnen de distributie. De kosten voor het primaire net worden vastgesteld door de lengte vast te stellen vanaf de warmtebron naar het zwaartepunt van het vraaggebied. Vervolgens wordt berekend op hoeveel vermogen de leiding moet worden gedimensioneerd en dit vertaalt zich in de kosten per meter primair net, verder toegelicht in Paragraaf 7.2.2.4. Deze kosten worden vervolgens vermenigvuldigd met een omwegfactor (standaard 1.25) omdat een leiding doorgaans niet hemelsbreed aangelegd kan worden. Dit levert de totale investeringskosten op om de warmtebron te verbinden met het vraaggebied. Primaire netten voor MT-puntbronnen worden iteratief aangelegd, zie daarvoor 6.3.3.3.

Het primaire net transporteert de warmte van een puntbron naar het zwaartepunt van een vraaggebied. Vervolgens moet de warmte worden verdeeld binnen het vraaggebied tot aan de gebouwen en deze verdeling vindt plaats binnen het distributienet. Hierbij omvat het distributienet niet alleen de leidingen om de warmte te distribueren tot aan de gebouweigenaren, maar ook de verdeelstations die worden gebruikt om dit te verdelen. Het startpunt voor deze warmteverdeling is het Warmte Overdracht Station (WOS), een station dat afhankelijk van de configuratie van het warmtenet direct bij de primaire bron kan staan of elders in het vraaggebied. In het geval van restwarmte wordt deze bijvoorbeeld fictief in het zwaartepunt gezet van het vraaggebied. Het kan ook voorkomen dat in de praktijk er meerdere stations worden neergezet in plaats van één groot station. Voor meer over de WOS en bijbehorende hulpinstallaties zie 6.3.3.4.

Naast het centrale punt voor verdeling van warmte zijn er ook kleinere verdeelpunten van warmte in een warmtenet, de zogeheten onderstations (OS). Deze onderstations kunnen ook uitgerust zijn met warmtewisselaars of pompinstallaties, maar het kunnen ook louter verdeelstations zijn. Afhankelijk van de vraag van het gebouw is het mogelijk om meerdere gebouwen (bijvoorbeeld meerdere woningen) aan te sluiten op één onderstation of is het mogelijk dat een onderstation alleen levert aan één gebouw (bijvoorbeeld een groot utiliteitsgebouw). Voor de vaststelling van het benodigde vermogen voor onderstations wordt rekening gehouden met de gelijktijdigheidsfactoren van woningen en utiliteit. Dit benodigde vermogen werkt vervolgens direct door op de kosten voor onderstations. Om de warmte te verspreiden binnen een vraaggebied wordt gebruik gemaakt van twee typen leidingen, namelijk distributieleidingen en aansluiteleidingen. De distributieleidingen verspreiden

warmte door het vraaggebied en strekken van de WOS tot aan de uiteinden van het distributienet. De methode voor de vaststelling van de lengte voor dit distributienet is afhankelijk van het type warmtenet dat wordt overwogen. Hierbij kan het afhankelijk zijn van de oppervlakte van het vraaggebied dat moet worden aangesloten (voor LT-netten) of de lengte van het wegennet in een CBS-buurt voor de berekening van HT/MT-warmtenetten.

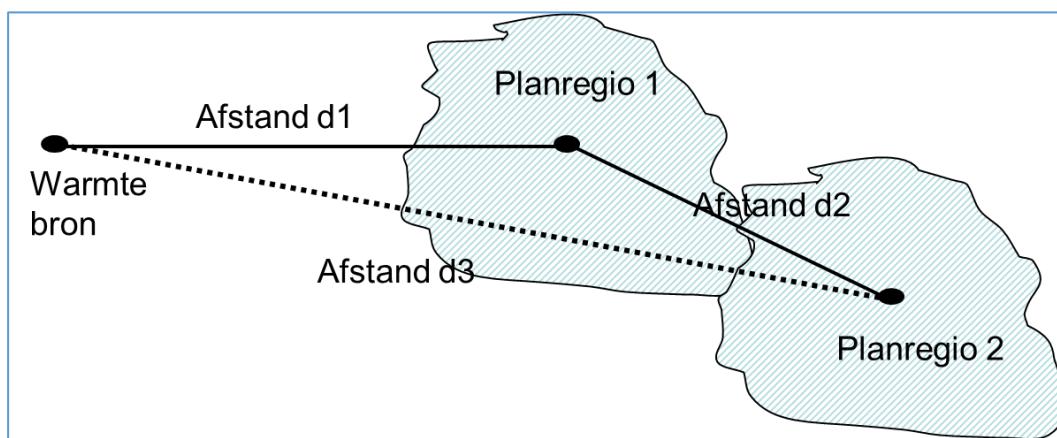
Het laatste gedeelte van het leidingnet is de aansluiteleiding. Dit is de leiding van het distributienetwerk in de straat naar de gevel van een pand of tot aan de warmtemeter net binnen het pand. In het invoerbestand (zie 5.1.6) wordt het totaal van de afstanden tussen de gevel van een gebouw en de straat ingelezen. Vervolgens wordt het gemiddelde aantal meters aansluiteleiding per aansluiting voor elke CBS-buurt vastgesteld. Deze gemiddelde lengte wordt vervolgens gebruikt om een inschatting te maken van de kosten voor de aansluiteleidingen door dit te vermenigvuldigen met de kosten per meter, afhankelijk van het benodigd vermogen.

### 6.3.3.3 Doorkoppelen primair net

Naast de 1-dimensionale verbinding is het ook mogelijk om het primaire net door te takken. Zo hoeft er niet naar elk afzonderlijk gebied een apart primair net aangelegd te worden, maar kan een planregio aangesloten worden op een warmtenet in een nabijgelegen planregio. Op deze manier worden de investeringskosten voor het aanleggen van het primaire net in de tweede buurt lager dan wanneer deze individueel aangekoppeld moet worden. Dit principe wordt weergegeven in Figuur 6.7. Het Vesta MAIS model kan hiermee berekenen of het rendabel is voor een afzonderlijk gebied om een warmtenet aan te leggen met een MT-puntbron als primaire bron, maar het model kan ook de rentabiliteit berekenen wanneer meerdere buurten worden aaneengeregen vanuit dezelfde bron.

Om planregio 1 aan te sluiten op een warmtenet is het nodig om een primair net aan te leggen met de afstand d1. Als een warmtenet rendabel is in planregio 1 dan wordt vervolgens de kansrijkheid van de toepassing van een warmtenet in Planregio 2 doorgerekend. De verder weggelegen Planregio 2 is op zich kansrijk voor een warmtenet, maar de investeringen in het primaire transport over de afstand d3 maken de businesscase toch onrendabel. Als de primaire transportleiding van Buurt 1 wordt doorgetrokken naar Buurt 2, over de afstand d2, zijn de primaire transportkosten voor buurt 2 lager. Hiermee kan de businesscase voor Buurt 2 veranderen waardoor deze alsnog rendabel zou kunnen worden. In het geval van doorgekoppelde leidingen speelt wel mee dat dan ook de oorspronkelijke leiding over afstand d1 groter gedimensioneerd moet worden om voldoende warmte te kunnen vervoeren om beide buurten te kunnen voorzien. De extra kosten van het groter dimensioneren van die leiding worden aan Buurt 2 toegerekend.

**FIGUUR 6.7 – SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET AANEENRIJGEN VAN WARMTELEVERINGSGBIEDEN (BRON: CE DELFT).**

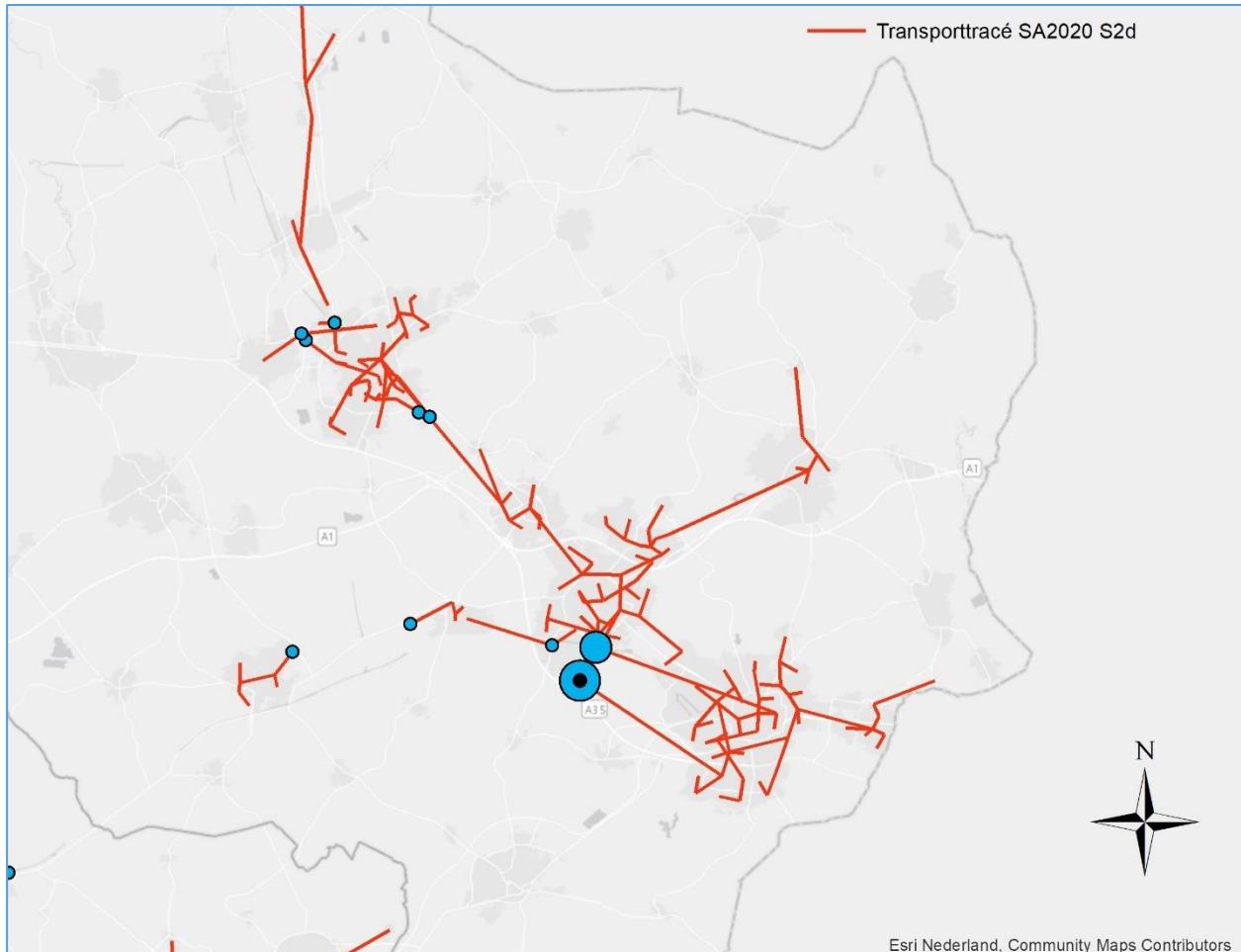


Binnen de rekenstap om MT-puntbronnen uit te koppelen naar een warmtenet wordt iteratief steeds de berekening gedaan welke buurten rendabel kunnen worden aangesloten. Daarbij zoekt elke buurt naar de dichtstbijzijnde mogelijkheid om op een warmtenet aan te haken. Dat kan direct op de bron zelf zijn, of op een buurt die al in een eerdere iteratie is aangesloten. Nadat in een iteratie buurten zijn aangesloten is de situatie veranderd en wordt overgegaan naar de volgende iteratie waar opnieuw in de nieuw ontstane situatie wordt gezocht naar de dichtstbijzijnde connectie naar de bron voor elke buurt.

Opmerkingen hierbij zijn: Het model houdt geen rekening met de mogelijkheid om in het ene zichtjaar transportverbindingen met extra grote capaciteit aan te maken, zodat in een later zichtjaar de bebouwing in een nog niet eerder aangesloten CBS-buurt kan worden aangesloten via dezelfde leiding. Het model beschouwt de situatie in

het nieuwe zichtjaar als nieuw, en voert het algoritme van voren af aan uit waarbij echter niet kan worden aangesloten op buurten die in een vorig zichtjaar al zijn aangesloten. Indien het gaat om nieuwbouw binnen een reeds eerder aan een warmtebron toegewezen planregio, dan neemt het model aan dat die nieuwbouw op die warmtebron wordt aangesloten, daarbij wordt geen toets meer uitgevoerd of er voldoende capaciteit beschikbaar is. Het algoritme is zo ingericht dat de meest rendabele gebieden worden aangesloten op een warmtevoorziening.

**FIGUUR 6.8 – VOORBEELD VAN RESULTEREND WARMTETRACÉ GEBRUIKMAKEND VAN DOORKOPPELMETHODE (BRON: STARTANALYSE 2020 VARIANT S2D) MET WARMTEBRONNEN IN BLAUW**



Een beperking van het model is dat er in de praktijk door lokaal maatwerk mogelijk efficiëntere netwerken ontworpen kunnen worden. Een voorbeeld daarvan is het bewust maken van een omweg met een verbinding, zodat die verbinding door een minder rendabel, naastgelegen bebouwingsgebied loopt. Die omweg zou als gevolg hebben dat het dan voor dat naastgelegen gebied later minder kostbaar is om ook aangesloten te worden op het warmtenet. Dit is een voorbeeld van een optimalisatie die niet is ingebouwd in het model.

#### 6.3.3.4 Kosten WOS en hulpinstallatie

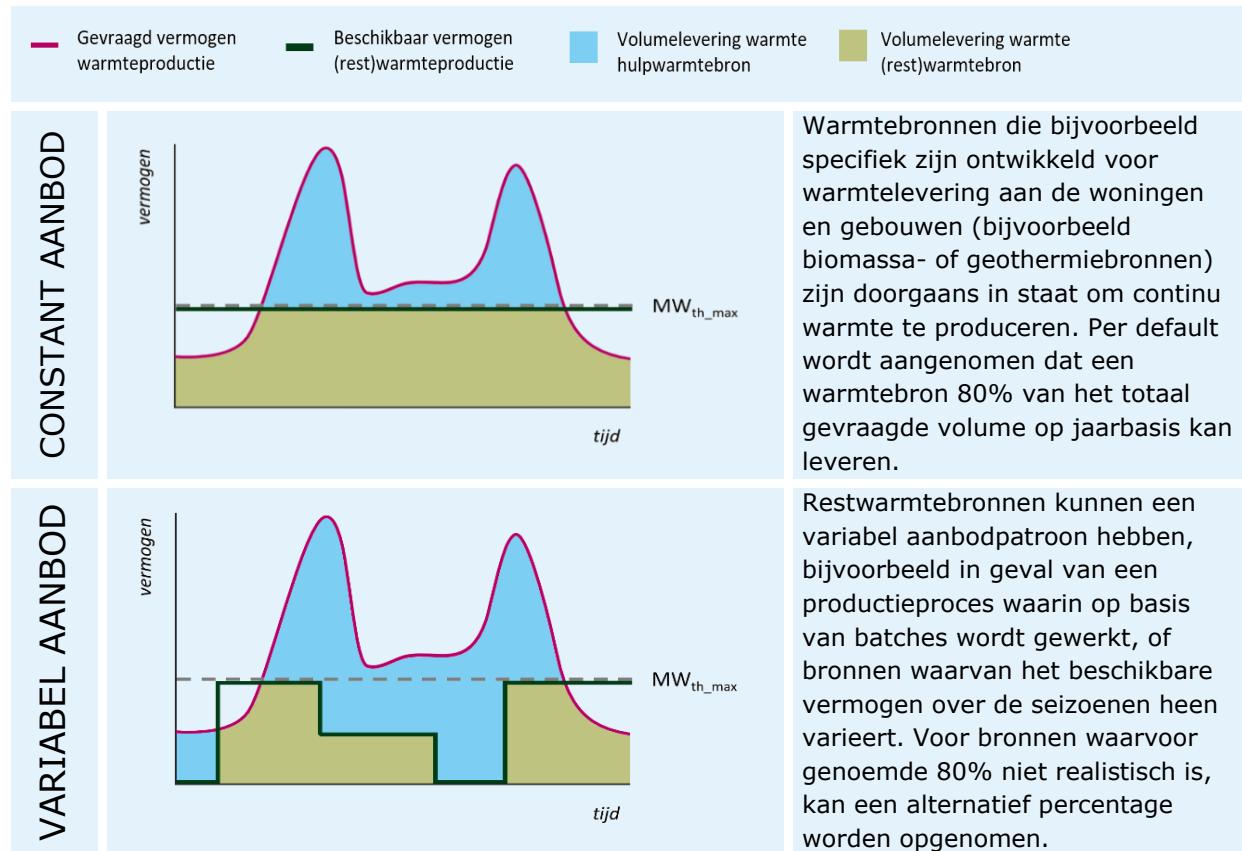
In de modellering wordt ervan uitgegaan dat de WOS naast een verdeelstation ook een installatie bevat die de piek vraag op kan vangen en eventuele andere schommelingen in de warmtelevering op kan vangen. Deze installatie wordt ook wel aangeduid met de term hulpwarmte-installatie, waarbij deze installatie verschilt tussen MT-warmtenetten en LT-warmtenetten. Voor de MT-warmtenetten is dit een collectieve gasketel en voor de LT-warmtenetten is dit een collectie warmtepomp die warmte opwerkt van de aangeleverde temperatuurniveaus naar het gewenste temperatuurniveau. De verschillende typen installaties verschillen in investeringen en energiekosten, maar de dimensionering van de capaciteit gebeurt in beide gevallen op de benodigde omvang in KW.

De benodigde omvang wordt vastgesteld door te berekenen wat de maximale capaciteit van de gebouwen is, waarbij rekening wordt gehouden met gelijktijdigheid. Vervolgens wordt een verdeling gemaakt tussen de primaire bron voor warmtelevering en de hulpwarmte-installatie, waarbij de verdeling in capaciteit niet altijd tot 100% capaciteit optelt. De reden hiervoor is dat de hulpwarmte-installatie genoeg vermogen moet hebben om de

gebouwen van warmte te voorzien indien de primaire bron wegvalt. Om deze reden is er sprake van een overdimensionering van het benodigde vermogen. Standaard wordt er voor een warmtenet met restwarmte als bron vanuit gegaan dat 30% van het vermogen wordt ingevuld door de primaire bron en +/- 85% door de hulpwarmte-installatie. Dit geeft hiermee een overdimensionering van 15% op het totale benodigde vermogen.

Eenzelfde type verdeling wordt gemaakt voor het volume van warmte dat wordt geleverd door de primaire bron en de hulpwarmte-installatie. Dit volume komt wel op 100% uit, alleen de verdeling is tegenovergesteld aan dat van het vermogen. Dit komt namelijk uit, voor een warmtenet gevoed met restwarmte, op 80% door de primaire bron en 20% door de hulpwarmte-installatie. De reden voor deze verdeling is dat wordt aangenomen dat de primaire bron de basislast levert en daarom een groot volume, waarbij de hulpwarmte-installatie alleen levert op piekmomenten en als de primaire bron bijvoorbeeld in onderhoud is.

#### **TEKSTKADER 6.1 – TOELICHTING OP VERDELING PRIMAIRE BRON EN HULPWARMTE-INSTALLATIE (BRON: CE DELFT).**



De hierboven beschreven percentages zijn de standaard uitgangspunten binnen het Vesta MAIS model. Als modelgebruiker is het mogelijk dit aan te passen. Wanneer een modelgebruiker dit op bronniveau weet dan is het mogelijk om dit aan te passen in het puntbronnenbestand zelf. Als hier geen waarde in staat dan wordt teruggevallen op het uitgangspunt voor het type bron dat is opgegeven. Deze standaardwaarden kunnen ook worden aangepast door de modelgebruiker zodat deze kan zien wat het effect is op de uiteindelijke ingroei van warmtenetten.

## 6.4 Gas- en Elektriciteitsinfrastructuur

In het model wordt een gedeelte van de gas- en elektriciteitsinfrastructuur meegenomen. Hierbij beperkt het Vesta MAIS model zich tot de systeemgrens op buurtniveau (Zie Bijlage C) en enkele mogelijke ingrepen. Het is van belang te benadrukken dat de rekenmethodes geen inzicht geven in de gevolgen voor de regionale en nationale elektriciteits- en gasinfrastructuur in de finale situatie dat de warmtetransitie volledig wordt bereikt. De modellering van effecten van aanpassingen aan de warmtevoorziening op de E- en G-infrastructuur is in Vesta MAIS beperkt tot directe effecten op buurtniveau. De afbakening van buurtniveau bevattt binnen de conceptuele kaders die hier gehanteerd worden de volgende componenten:

- Gasnetten:
  - gasmeter in gebouw
  - aansluiteleitung van gasmeter naar lage druk gasnet
  - lage druk gasnet in de buurt (verder G-net)
  - Districtstation waar het lage druk gasnet overgaat op het hoge druk gasnet
- Elektriciteitsnetten:
  - elektriciteitsmeter in gebouw
  - aansluitkabel van elektriciteitsmeter naar het laagspanningsnet
  - laagspanningsnet in de buurt (verder E-net)
  - middenspanningsruimte waar het laagspanningsnet overgaat op het middenspanningsnet

Als gevolg van technische maatregelen in de warmtevoorziening kan een aantal aanpassingen van de E- en G-infrastructuur nodig zijn. Op dit moment zijn kosteninschattingen voor de volgende mogelijke technische ingrepen op deze infrastructuur met Vesta MAIS te berekenen:

- A) Verwijderen van gasmeter en aansluiteleitung: zodra in een verblijfsobject geen gas meer wordt gebruikt, wordt de aansluiteleitung en de gasmeter verwijderd (verder: G-aansluiting).
- B) Verwijderen van G-net: zodra een hele buurt geen gas meer gebruikt worden alle lagedruk gasleidingen uit de buurt verwijderd.
- C) Verzwarening van elektriciteitsaansluiting: wanneer in een verblijfsobject verwarming met een elektrische warmtepomp of elektrische tapwater bereiding wordt geïnstalleerd moet een zwaardere aansluiting worden aangelegd inclusief aanpassingen in de aansluiteleitung en de meterkast (verder: E-aansluiting).
- D) Verzwarening van E-net: als de relatieve belasting van de laagspanningskabels in een buurt stijgt door de inzet van elektrische verwarmingsmethoden kan het nodig zijn meer of dikdere kabels aan te leggen.
- E) Uitbreiding capaciteit middenspanningsruimte: als de capaciteitsvraag van een buurt stijgt door de inzet van elektrische verwarmingsmethoden kan het zijn dat de huidige opgestelde capaciteit van middenspanningsruimtes (ook wel: MSR) onvoldoende blijkt waardoor meer capaciteit moet worden bijgebouwd.

Alle technische ingrepen leiden binnen de modellering van Vesta MAIS tot een inschatting van de totale investeringskosten voor aanpassingen aan de E- of G-infrastructuur op buurtniveau. Deze kosten worden vanuit het perspectief van een potentiële investeerder niet meegenomen als onderdeel van de rentabiliteitsafweging bij de keuze voor de ene of de andere aanpassing aan de warmtevoorziening. De kosten worden apart gerapporteerd als kostenpost van de E- en G-netbeheerbedrijven. Bij de nationale kostenberekening vanuit het perspectief van geheel Nederland worden de kosten niet meegenomen bij de rentabiliteitberekening maar wel opgenomen als aparte kostenpost in de rapportage.

## 6.5 Nationale kosten en Eindgebruikerskosten

Er zijn twee perspectieven voor het bepalen van de kosten: nationale kosten (ook wel maatschappelijke kosten genoemd) en eindgebruikerskosten. Beide hebben hun toepassingen en het is afhankelijk van de onderzoeksvraag welke het meest relevant is. Het perspectief met betrekking tot kosten is van essentieel belang wanneer een analyse wordt gemaakt. Wanneer een modelgebruiker geïnteresseerd is in de uitkomsten zonder dat er rekening wordt gehouden met de verdeling van kosten, dan is het nuttig om te rekenen op basis van nationale kosten. Met deze kosten is het mogelijk om sec een vergelijking te maken tussen verschillende scenario's en hoe deze uitpakt voor Nederland als geheel. De verdelingseffecten spelen wel een rol wanneer wordt gerekend met eindgebruikerskosten. Hier wordt namelijk het beeld gegeven van de doorwerking van beleid op het financiële plaatje van alle actoren in de warmtetransitie. Hierbij is het mogelijk om te zien wat het effect van bijvoorbeeld een beleidsinstrument, zoals belastingen of subsidies, op de businesscase van een bepaalde actor is.

Het verschil tussen deze twee type kostenbenaderingen ligt in de effecten van overheidsbeleid en de gehanteerde discontovoeten. Wanneer wordt gerekend met nationale kosten dan heeft een verdeling van gelden binnen Nederland geen effect, omdat naar het plaatje voor heel Nederland wordt gekeken. Belastingen en subsidies gaan van de ene naar de andere actor binnen Nederland, maar op het totaalplaatje blijft dit in balans binnen Nederland. Om deze reden worden belastingen en subsidies niet meegenomen in de berekening van nationale kosten. Het tweede verschil zit in de discontovoeten. In de berekening van de nationale kosten wordt uitgegaan van een maatschappelijke discontovoet. Met deze discontovoet wordt geen rekening gehouden met het feit dat actoren zelf een hogere discontovoet hebben omdat ze bijvoorbeeld aandeelhouders tevreden moeten houden als het een

commercieel bedrijf betreft. In de eindgebruikersbenadering is het mogelijk om rekening te houden met deze hogere discontovoeten en worden de kosten en baten verdeeld naar actoren. Om een gedeeltelijke indruk te geven van wat er wel en niet binnen nationale kosten valt geeft tabel 6.3 aan welke kosten en baten wel of niet worden meegenomen in beide benaderingen.

**TABEL 6.3 – OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE SOORTEN KOSTEN EN BATEN IN VESTA MAIS EN WELKE DAARVAN WEL OF NIET IN DE EINDGEBRUIKERSKOSTEN (EGK) OF NATIONALE KOSTEN (NK) WORDEN MEEGENOMEN.**

Soort kosten of baten	NK	EGK
Productie- en overheadkosten van energiedragers	✓	
ETS CO2-heffing op energiedragers	✓	
Netwerkkosten van energiedragers	✓	
Investeringenkosten in gebouwschil, gebouwinstallaties en gebiedsopties	✓	
Aanpassingen van gas- en elektriciteitsinfrastructuur	✓	
Onderhoud- en beheerskosten	✓	
Belastingen (incl. BTW, ODE, Energieheffing en heffingskorting)	✓	✓
Subsidies (SDE, etc.)	✓	✓
Overdrachten tussen huurders en verhuurders, inclusief huurverlaging of -verhoging	✓	✓
Vergoedingen voor gebruik van infrastructuur zoals vastrecht en aansluitbijdrages	✓	✓
Vergoedingen voor aanpassing van infrastructuur zoals afsluitkosten van gasnetten	✓	✓
Opbrengsten van warmteverkoop in warmtenetten	✓	✓

## 6.6 Scenario-opbouw

De opbouw van een scenario eist van de modelgebruiker dat die specificeert wat hetgeen is dat onderzocht moet worden en dat die aannames doet over een aantal belangrijke zaken. Deze sectie beschrijft de keuzes die in ieder geval moeten worden gemaakt voordat met Vesta MAIS een scenario kan worden doorgerekend. Eerst wordt aangegeven hoe de scope van het scenario wordt bepaald, zowel in ruimte (6.6.1) als in de tijd (6.6.2). Vervolgens wordt aangegeven hoe er een keuze kan worden gemaakt voor naar welk segment van de gebouwde omgeving er wordt gekeken en wat er over de initiële situatie wordt verondersteld (6.6.3). Daarna wordt beschreven op welke verschillende manieren er in het model kan worden omgegaan met de toekenning van technische maatregelen aan gebouwen of gebieden (6.6.4). Het laatste onderdeel van deze sectie beschrijft welke achtergrondscenario's er worden ingeladen (6.6.5) voor een aantal belangrijke zaken zoals klimaat, leercurves, energieprijs, ruimtelijke ontwikkeling en emissiefactoren. Voor al deze zaken waar de modelgebruiker aan moet denken bij het maken van een scenario met Vesta MAIS is aangegeven welke opties er zijn om het model naar wens in te stellen en indien van toepassing, wat de defaultinstelling is. De defaultinstelling treedt in werking indien de modelgebruiker niet specifiek opgeeft wat diens keuze is voor de gewenste instellingen. Omdat de defaultinstelling mogelijk niet aansluit bij de wensen of aannames van de gebruiker is het aan te raden de punten in deze sectie na te lopen en te controleren alvorens het model voor het opstellen van een eigen scenario toe te passen.

Het maken van toekomstscenario's is omgeven met onzekerheden. Hierbij kan gedacht worden aan zaken zoals de investeringsbereidheid van woningeigenaren, of beleidskeuzen van de politiek met betrekking tot het faciliteren of stimuleren van duurzame warmtetechnieken. Met deze en andere onzekerheden kan in het Vesta MAIS model worden omgegaan door aannames te doen, met verschillende scenario's te werken en een gevoeligheidsanalyse uit te voeren op de door de modelgebruiker gehanteerde aannames. Wat blijft is dat de uitkomsten van het model het resultaat zijn van een technisch-economische doorrekening en de resultaten daarom door die bril bekijken moeten worden.

## 6.6.1 Studiegebied

GeoDmsGui: /Invoer/RuimtelijkeData/StudieGebied

Wiki: /wiki/C.4.1-RuimtelijkeData

In de run-instellingen (via SharedInvoer.dms) kan de modelgebruiker opgeven wat het geografische gebied is waarop onderzoek wordt gedaan. Hiermee kan de rekentijd worden beperkt door gebieden die niet relevant zijn voor de eigen studie buiten beschouwing te laten. Een studiegebied kan worden aangegeven op basis van een provinciegrens, een RES-regio, een verzameling gemeenten of een enkele gemeente. Het voorbeeld hieronder geeft aan op welke manier een StudieGebied kan worden opgegeven. In de uitvoering wordt het StudieGebied eenmalig opgegeven, in het voorbeeld zijn meerdere opties naast elkaar gezet:

**FIGUUR 6.9 – INVOER VAN STUDIEGEBIED IN RUNFILE VAN EEN VESTA SCENARIO**

```
//Geografische_afbakening.studiegebied::'NL'·of·een·of·meerdere·gemeentecodes,·  
parameter<string>·StudieGebied::['NL'];  
parameter<string>·StudieGebied::['GM0034'];·  
parameter<string>·StudieGebied::['GM0453,GM0375,GM0396']  
  
//Optioneel·RES-regio·als·geografische·selectie  
parameter<string>·RES_StudieGebied::['RESNoordHollandZuid'];  
parameter<string>·StudieGebied····:=·Geography/RegioIndelingen/Energieregio/GM_code_list  
··[rlookup(RES_StudieGebied,·Geography/RegioIndelingen/Energieregio/name)];
```

Default staat het studiegebied ingesteld op “NL” wat betekent dat heel Nederland wordt meegenomen in de berekeningen. Wordt er gekozen voor een kleiner studiegebied dan wordt alle ruimtelijke data van buiten het studiegebied niet meegenomen. Het is mogelijk om ervoor te kiezen om wel MT-warmtebronnen van buiten het studiegebied bij de studie te betrekken. Dat kan door in het bronnenbestand (zie 5.1.5.3) dit explicet op te geven in de kolom “TargetGMC”. Daarin moet dan een gemeentecode worden opgegeven die binnen het studiegebied ligt. Voor LT-puntbronnen is dit niet mogelijk.

## 6.6.2 Rekenstappen en Zichtjaren

Het Vesta MAIS model berekent de mogelijke transitiepaden van de warmtetransitie in de gebouwde omgeving aan de hand van zichtjaren. Deze zichtjaren zijn standaard een startjaar (op dit moment 2020), gevolgd door de jaren 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 en 2050. Voor deze zichtjaren maakt het Vesta MAIS model telkens weer een snapshot van de technisch-economisch meest aantrekkelijke warmteoptie voor de verwarming van de Nederlandse gebouwde omgeving. Door voor deze zichtjaren de omgevingssituatie voor de warmtetransitie te modelleren kan men het potentieel voor verduurzaming van de gebouwde omgeving inschatten in de tijd. Voor de omgevingssituatie kan men denken aan factoren zoals wat er gebeurt met de prijs van aardgas, hoeveel kost het installeren van een warmtepomp straks, wat vertellen klimaatscenario’s over de temperatuurverdeling in Nederland in de komende decennia (relevant voor de warmtevraag), en wat verwachten we op het gebied van sloophulp en nieuwgebouw in de gebouwde omgeving in de toekomst.

Een doorrekening met Vesta MAIS bestaat standaard uit de genoemde zichtjaren. Na doorrekening van het startjaar en zichtjaar 2025 volgen dan ook de doorrekening van “zichtjaar 2030”, “zichtjaar 2035”, en zo verder in stappen van 5 jaar tot het “zichtjaar 2050”. In deze zichtjaren herhaalt het Vesta MAIS model dezelfde berekeningen van zichtjaar 2025, voor opeenvolgende toekomstschetsen van het energiesysteem. Er worden als het ware “snapshots” van de toekomst gemaakt waarin men benadert hoeveel de kosten van energie, investeringsmaatregelen en schaduwlijnen zoals de prijs van CO<sub>2</sub> zijn in de toekomst om het technisch-economisch verduurzamingspotentieel van de gebouwde omgeving te kunnen inschatten op de genoemde zichtmomenten. Het resultaat van de doorrekening van alle zichtjaren beschrijft een technisch-economisch transitiepad voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving.

De modelgebruiker kan dit aanpassen door in de runfile deze parameters aan te passen. Daar kunnen meerdere rekenstappen opgegeven worden die in een doorrekening worden doorlopen. Per rekenstap wordt opgegeven welk zichtjaar wordt gehouden. Dat heeft invloed op:

- Sloop en nieuwgebouw
- Klimaat effect
- Leercurves
- Energieprijs
- Warmtebronnen

Per rekenstap worden voor het gekozen zichtjaar de bijbehorende waardes van elk van deze invoerdata gebruikt. Bijvoorbeeld, welke gasprijs er in een bepaald toekomstig jaar wordt verondersteld.

### 6.6.3 Startsituatie

Allereerst start Vesta MAIS voor het startjaar met het inlezen van de "BeginSituatie". Dit omvat het initiëren van de verschillende typen gebouwen, het inlezen van de energetische staat van deze gebouwen (het schillabel van woningen en utiliteitsgebouwen), maar ook de vraag of woningen of utiliteitsgebouwen reeds aangesloten zijn op bestaande stadsverwarmingsnetten. Hierbij zijn door de modelgebruiker vier belangrijke keuzes te maken:

- Bebouwingscomponenten aan/uit
- Bestaande warmtenetten aan/uit?
- Initiële gebouwopties (incl. koude?)
- Initiële efficiency ketels

Met deze input start de doorrekening van het "Startjaar". In deze deelstap worden voor het startjaar van de doorrekening alle rekenstappen doorlopen. Dat wil zeggen, de energieprestaties, kosten en baten van alle actoren en emissies gepaard gaande met de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving worden volledig doorgerekend voor het gekozen startjaar. Belangrijk is dat in tegenstelling tot de volgende zichtjaren er in het startjaar géén investeringen plaatsvinden in gebouwmaatregelen of gebiedsopties. Deze investeringen vinden eventueel wel plaats in de doorrekening van de volgende zichtjaren.

### 6.6.4 Investeringscriteria

Het doorrekenen van het voorkeursalternatief voor de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving is onder te verdelen in een aantal deelstappen. De eerste deelstap na het startjaar is standaard de doorrekening van het "zichtjaar 2025" (tenzij anders opgegeven). In dit zichtjaar worden dezelfde stappen doorlopen als in het startjaar (herhaling van rekenstappen) met als grote verschil dat er nu wél investeringen plaatsvinden in gebouwmaatregelen én gebiedsopties. De doorrekening van het "zichtjaar 2020" kan dan ook wel als het startschot van de verkenning naar het technisch-economisch potentieel voor verduurzaming van de warmtevraag van de Nederlandse gebouwde omgeving worden gezien.

Investeringen in duurzame warmteopties vinden plaats wanneer deze technisch-economisch rendabel zijn. Dat wil zeggen, de beslisregel is om te investeren in duurzame warmte-opties wanneer de netto contante waarde (NCW) van investeringsmaatregelen positief is. Bij gebouwopties geldt dat indien meerdere opties een positieve NCW hebben de optie met de hoogste NCW wordt gekozen. Hierbij is het zo dat standaard eerst gebouwopties aan bod komen en daarna gebiedsopties. Resultaat van de doorrekening van zichtjaar 2020 is dat elk gebouw en daarmee ook elke buurt een voorkeursalternatief toegewezen krijgt wat betreft de isolatiegraad en de warmtetechniek ter invulling van de warmtevraag van de gebouwde omgeving. Daarbij kan het zijn dat de voorkeursoptie is om de bestaande situatie onveranderd te laten.

#### 6.6.4.1 Gebouwopties

Per zichtjaar kan in de definities van de rekenstap worden opgegeven welke gebouwopties (isolatie, nieuwe installaties, etc.) worden overwogen. Elk gebouw moet in een rekenstap kiezen welke optie wordt toegepast en kiest hierbij uit de set van toegestane opties. Standaard is de individuele gasgestookte ketels ingesteld als een mogelijke optie voor elk zichtjaar, maar er kan ook worden opgegeven dat die optie in een toekomstig jaar niet meer wordt overwogen. Als in een rekenstap niet is opgegeven dat een bepaalde gebouwoptie aan staat, dan wordt automatisch verondersteld dat deze optie niet overwogen wordt. Als een optie wel aan wordt gezet moet er een criterium worden meegegeven. Het criterium "Always" betekent dat alle gebouwen de optie overwegen, maar er kunnen ook meer restrictieve criteria worden meegegeven die ertoe leiden dat alleen een specifieke subset van de gebouwen de optie mag toepassen.

Ieder gebouw kiest per jaar voor de optie die de laagste kosten heeft, uitgedrukt als een optelling van kapitaallasten, verbruikskosten en onderhoudskosten in euro per jaar (inclusief eventuele belastingen en subsidies, indien gerekend wordt met eindgebruikerskosten). Per zichtjaar kan per type bebouwing worden ingesteld of deze afweging plaatsvindt op basis van nationale kosten of eindgebruikerskosten. Als voor nationale kosten wordt gekozen dan worden in de kostenafweging subsidies en belastingen niet meegenomen en wordt er met een lagere rentevoet gerekend. Deze instellingen kunnen afzonderlijk worden opgegeven voor glastuinbouw, utiliteit en woningen, en voor nieuwbouw en bestaande bouw. Ongeacht wat wordt ingesteld als leidend bij de

afweging voor toepassing van gebouwopties, komen altijd zowel de nationale kosten als de eindgebruikerskosten beschikbaar als uitvoer.

#### 6.6.4.2 Gebiedsopties

Per rekenstap is op te geven welke gebiedsopties worden bekeken, en in welke volgorde van prioriteit. In een scenario moet per jaar worden aangegeven hoeveel soorten gebiedsopties worden meegenomen. Daarbij kan worden gekozen uit diverse typen warmtenetten (en waterstof), die van elkaar verschillen in de temperatuurniveaus en het soort bron dat wordt gebruikt. Daarbij kan ook worden aangegeven in welke volgorde ze worden doorgerekend. Die volgorde is van belang omdat er geen afweging tussen opties wordt gemaakt, maar dat opties één voor één worden bekeken. Als een optie aan de eisen voldoet, wat meestal inhoudt dat er een rendabele businesscase is, dan wordt die ingezet en wordt er voor die gebouwen niet meer gekeken naar alternatieven. Opties die later in de volgorde voorkomen hebben daarmee dus een competitief nadeel.

Naast een instelling van welke opties er worden meegenomen kan er ook een aantal aanvullende instellingen worden gedaan die invloed hebben op de methode van afweging. Deze grijpen in op specifieke soorten gebiedsopties. Deze parameters zijn op te geven via de SpecifiekeInstellingen (zie 5.5.4) per rekenstap. Via drie parameters kunnen alle buurten geforceerd worden om deel te nemen aan een specifieke optie wanneer die wordt afgewogen: de instellingen *AlwaysBIO*, *AlwaysGEO* en *AlwaysH2* zorgen ervoor dat wanneer er een afweging is tot aanleg van respectievelijk warmtenetten op Bio-WKK, warmtenetten op Geothermie, of waterstofnetten, die afweging altijd positief uitvalt. Oftewel de gekozen optie wordt overal toegepast. Dit kan helpen om wat-als scenario's te maken, of bijvoorbeeld als sluitpost om in het laatste zichtjaar altijd 100% aardgasloos te eindigen. Bij lage-temperatuur warmtenetten kan de instelling *LTversusEWP* worden gebruikt om het model te forceren een lage-temperatuur warmtenet in te zetten. Op gebouwniveau wordt, indien deze instelling wordt gebruikt, een afweging gemaakt of een warmtepomp voordeliger is dan een lage-temperatuurnet, en als dat zo is wordt het gebouw buiten de afnamecluster gehouden. Alle andere gebouwen waar dat niet het geval is worden aangesloten op een LT-warmtebron indien er een bron beschikbaar is. Daarnaast kan ook voor TEO, WKO en Geothermie worden ingesteld of de potentiecontour moet worden gebruikt of niet. Als die niet gebruikt wordt dan wordt de bodem overal geschikt verondersteld.

Voor middentemperatuur-puntbronnen van Restwarmte is het niet mogelijk om alle buurten te forceren om deel te nemen aan warmtenetten, omdat die afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van lokale bronnen en omdat er een logische route voor het transportnet moet worden bepaald. Er kan wel een functie *OnrendabelMT* worden gebruikt waarbij er in de afweging een extra gewicht aan de positieve kant van de businesscase wordt gelegd, waardoor de meeste bronnen ingezet zullen worden indien er afnemers te vinden zijn.

De reden dat waterstof wel wordt gezien als gebiedsoptie en groengas niet is omdat de inzet van waterstof een gecoördineerde collectieve investering in de buurt vergt. Netwerken moeten geschikt gemaakt worden voor waterstoftransport en de gebouwinstallaties moeten worden aangepast. Bij de inzet van groengas is dat niet het geval omdat dit wordt ingevoerd in het landelijke netwerk. De inzet van groengas is daarom modelmatig gezien in Vesta MAIS een beleidsafweging op nationaal of regionaal niveau en niet een maatregel die voor een specifieke groep gebouwen kan worden gekozen in een modelmatige afweging o.b.v. een businesscase. De inzet van groengas wordt door de modelgebruiker aangestuurd via een invoerparameter die het aandeel groengas in het netwerk bepaalt (zie 5.5.4.4).

#### 6.6.5 Achtergrondscenario

Als onderdeel van elke modelrun moet een keuze gemaakt worden voor welk achtergrondscenario wordt gehanteerd. Het achtergrondscenario bestaat uit een aantal toekomstprojecties voor de ontwikkeling van exogene factoren die invloed hebben op (investeringen in) de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving. Een van deze factoren is de mate waarin kosten zich ontwikkelen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de kosten voor energiedragers zoals gas of elektriciteit, en voor de kostprijsdaling (of stijging) van investeringen.

Een andere factor is de opwarming van de buitentemperatuur als gevolg van klimaatverandering. Hierdoor daalt het aantal koude dagen en stijgt het aantal warme dagen in een gemiddeld jaar in de toekomst, wat een effect heeft op de warmte- en koudevraag. Ook hiervoor zijn meerdere scenario's denkbaar afhankelijk van in hoeverre het klimaat opwarmt. Het laatste waarvoor een achtergrondscenario moet worden gekozen is de ruimtelijke ontwikkeling. Dit behelst de nieuwbouw en sloop die in de toekomst wordt verondersteld.

Daarnaast hebben de meeste energiedragers een primaire CO<sub>2</sub> voetafdruk die in de loop van de tijd kan veranderen. De gebouwde omgeving maakt bijvoorbeeld gebruik van elektriciteit uit het nationale (en

internationale) elektriciteitsnetwerk. De emissies die worden toegerekend aan elektriciteitsverbruik in de gebouwde omgeving zijn afhankelijk van het soort elektriciteitsproductie dat wordt ingezet. Omdat elektriciteitsproductie op grote schaal buiten de systeemgrenzen van Vesta valt wordt dit beschouwd als een exogene factor. Voor elektriciteit (en een aantal andere energiedragers) wordt daarom een toekomstscenario ingelezen voor hoe de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van deze energiedragers zich ontwikkelt.

#### 6.6.5.1 Leercurves

De leercurves beschrijven het tempo waarin investeringen goedkoper worden in de loop van de tijd. Van de meeste technieken is er de verwachting dat ze door innovatie, standaardisatie en opschaling in de loop van de tijd goedkoper kunnen worden. Echter zijn deze verwachtingen onzeker. Daarom is er een grote bandbreedte in de leercurves tussen het meest optimistische en het meest pessimistische scenario. Bij het instellen van een modelscenario moet er worden besloten welke veronderstellingen er op dit gebied worden gedaan. Standaard staan de ondergrens, de meest pessimistische waarde, ingesteld op 0% kostendaling. Oftewel alle investeringen blijven gelijk in de toekomst en er is geen leereffect. In de bovenwaarde, de meest optimistische waarde, zijn de potentiële kostenreducties uit het Klimaatakkoord genomen. Standaard wordt het gemiddelde tussen die twee waarden gehanteerd maar het is mogelijk om via de runinstellingen een eigen inschatting te maken op deze schaal, of een geheel andere onder- of bovengrens aan te nemen door de invoerkantallen aan te passen. Deze leercurves kunnen ook individueel worden ingevoerd voor specifieke investeringen, zoals bijvoorbeeld voor isolatie naar label A, of voor geothermiebronnen.

#### 6.6.5.2 Energieprijzen

Een belangrijke factor in elke doorrekening is het bepalen welke energieprijzen worden gehanteerd. In de standaard invoerdata zitten bestanden voor:

- Groengas
- Aardgas
- Elektriciteit uit het landelijk elektriciteitsnet
- Klimaatneutrale elektriciteit
- Waterstof
- Biomassa
- Pellets

Voor elk van deze energiedragers is een leveringsprijs op te geven en voor elektriciteit en gas ook de tarieven voor ODE, BTW en energieheffing. Via deze invoer (zie 5.4) kan voor een modelrun worden opgegeven welke prijzen en belastingtarieven er worden verondersteld. Deze invoer kan afzonderlijk voor elk jaar worden opgegeven. In de invoerdata zit een midden-scenario, en een hoger en lager scenario dat bijvoorbeeld gebruikt kan worden voor gevoelighedenanalyses. Deze drie varianten zijn gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning 2019.

Via de parameters voor de emissiefactoren kan ook worden aangegeven hoeveel groengas er in het gasnet wordt bijgemengd, wat ook invloed heeft op de kosten van gas uit het gasnet.

#### 6.6.5.3 Klimaatscenario

Het effect van klimaatverandering op de warmtevraag wordt uitgedrukt in de vorm van warmtegraaddagenkaarten. Die geven aan hoeveel dagen per jaar de buitentemperatuur onder een bepaalde grens zakt en er daarom verwarmd moet worden in gebouwen (en hoeveel). In Niessink (2017) wordt een toelichting gegeven op het gebruik van deze graaddagenmethode in verschillende landen, waarbij uitgebreider wordt ingegaan op de keuzes en aannames die worden gedaan bij het gebruik van deze methode voor de warmtevraag. Daarnaast zal bij een warmer klimaat de koudevraag toenemen. In sommige studies worden hiervoor koudegraaddagen gebruikt maar in Vesta MAIS worden hiervoor ook de warmtegraaddagen gebruikt, zie hieronder. Het aantal warmtegraaddagen - nu en in de toekomst - is ruimtelijk gedifferentieerd met verschillen binnen Nederland die kunnen oplopen tot ongeveer 15 tot 20 procentpunt. Voor het instellen van een modelrun kan een keuze worden gemaakt uit vier scenario's (KNMI, 2014) die verschillen in de mate waarin een opwarming van de gemiddelde temperatuur wordt voorzien. De scenario's waaruit kan worden gekozen zijn:

- GL: +1.0 graden in NL rond 2050 t.o.v. 2010
- GH: +1.4 graden in NL rond 2050 t.o.v. 2010
- WL: +2.0 graden in NL rond 2050 t.o.v. 2010
- WH: +2.3 graden in NL rond 2050 t.o.v. 2010

De invoerbestanden geven de daling in het aantal graaddagen aan ten opzichte van het gemiddelde van rond 2010. Omdat in de vraagkentallen een recenter jaar is aangehouden voor de invoerdata (2018) worden de graaddagen in Vesta MAIS gecorrigeerd. Daarbij is aangenomen dat 80% van de daling in warmtevraag tussen 2010 en 2020 reeds is verdisconteerd in de invoerkentallen voor de warmtevraag. De resulterende graaddagencorrecties zijn als volgt:

**TABEL 6.4 – GEMIDDELDE\* EFFECTEN OP DE RUIMTEVERWARMINGSVRAAG (RV) EN KOUDEVRAAG (K) ALS GEVOLG VAN VERWERKING VAN VERSCHILLEND KLIAMATSCENARIO'S (VRAAGKENTALLEN 2018 = 100)**

Zichtjaren	GL: +1.0 °C		GH: +1.4 °C		WL: +2.0 °C		WH: +2.3 °C	
	RV	K	RV	K	RV	K	RV	K
2010	106.60	75.84	106.60	75.84	106.60	75.84	106.60	75.84
2020	100.66	97.58	100.66	97.58	100.66	97.58	100.66	97.58
2030	94.72	119.32	94.72	119.32	94.72	119.32	94.72	119.32
2040	94.72	119.32	92.34	128.04	88.78	141.07	86.99	147.62
2050	94.72	119.32	89.96	136.75	82.84	162.81	79.27	175.87

\*Dit zijn gemiddelden over alle niet-lege rastercellen in de dataset. Deze worden uitgedrukt als procentuele effecten ten opzichte van de gemiddelde vraag in 2018; het invoerjaar voor vraagkentallen. De ingevoerde percentages worden toegepast over de kentallen voor functionele warmte- en koudevraag.

De oorspronkelijke invoerbestanden bevatten alleen informatie over graaddagen voor ruimteverwarming. De effecten op de koudevraag worden afgeleid. Daarbij is aangenomen dat indien de vraag naar ruimteverwarming met 1% daalt, de vraag naar koude met 3.66% stijgt. Dit geeft een middenwaarde in de bandbreedte van onzekerheid over de toename van de koudevraag van woningen (RVO, 2018).

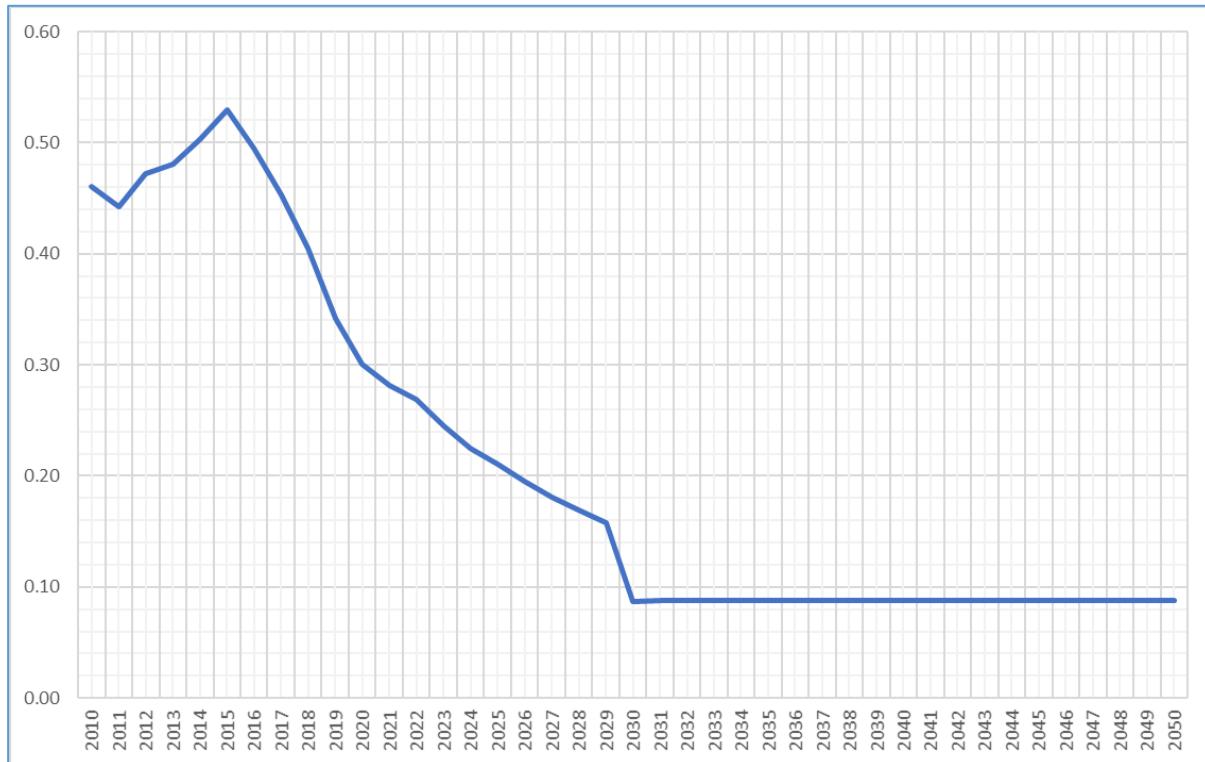
#### 6.6.5.4 Ruimtelijke ontwikkeling

In de standaardinvoer zijn twee ruimtelijke ontwikkelings-scenario's opgenomen gebaseerd op de WLO, met onderscheid tussen WLO-hoog en WLO-laag. Naast een keuze tussen deze twee scenario's is het mogelijk om extra beslisregels toe te voegen waarmee bijvoorbeeld slechts een deel van de bebouwing wordt meegenomen in de berekeningen. Zo kan bijvoorbeeld een run worden opgesteld met of zonder glastuinbouw. Ook is het mogelijk om nieuwbouw in het geheel buiten beschouwing te laten.

#### 6.6.5.5 Emissiefactoren energiedragers

In het invoerbestand voor energieprijzen in het ook mogelijk om de uitstoot die wordt toegeschreven aan energieverbruik op te geven. In de standaardinvoer wordt voor elektriciteit uit het landelijke netwerk een indicatie gegeven van de achterliggende emissies in kilogram per kilowattuur. Deze is ingevuld voor de periode van 2010 tot en met 2030, waarna deze bij gebrek aan andere informatie gelijk wordt gehouden tot 2050. Logischerwijs is na 2030 een verdere afname te verwachten. Modelgebruikers worden aangeraden hier een eigen aanname voor te doen en het invoerbestand daarop aan te passen als studies gedaan worden voor de periode na 2030 waarbij de emissiefactor van elektriciteit uit het landelijke netwerk een rol speelt. Naast het invoerbestand voor elektriciteit uit het landelijke netwerk is een apart invoerbestand opgenomen voor 100% groene elektriciteit. Het is mogelijk om via een invoerparameter te schalen in welke mate het ene bestand of het andere bestand wordt gebruikt. (zie 5.5.4). Het afbouwpatroon voor CO<sub>2</sub>-emissies bij de defaultwaarden in het bestand voor elektriciteit uit het landelijke net loopt als volgt:

**FIGUUR 6.10 – CO<sub>2</sub> EMISSIES PER JAAR IN KG/kWh VAN ELEKTRICITEIT UIT HET LANDELIJKE NETWERK IN STANDAARD INVOERBESTAND**



Voor aardgas wordt een constante uitstoot per kubieke meter gebruikt aardgas ingerekend ter hoogte van 1.78 Kg/m<sup>3</sup>. Groengas en klimaatneutrale elektriciteit worden verondersteld geen netto uitstoot te kennen. Om dit aan te passen kan de modelgebruiker de invoerbestanden aanpassen (zie Bijlage D.4). De overige luchtemissies van energiedragers, zoals stikstof, kunnen worden opgegeven per zichtjaar in de energieprijsenbestanden. Naast de invoer van emissiefactoren in de energieprijsenbestanden kunnen ook per rekenstap en per run via een drietal invoerparameters in de SpecifiekeInstellingen (zie 5.5) de aannames hierover worden aangepast. De parameter *GroenGasFactor* kan worden gebruikt om in te stellen welk aandeel van gaslevering uit het nationale netwerk bestaat uit klimaatneutraal groen gas, terwijl het overige deel nog uit aardgas bestaat. De emissies (en kosten) van warmtelevering uit gasgestookte elektriciteitscentrales wordt geregeld via de parameter *H2Factor* waarbij een percentage kan worden ingesteld dat aangeeft in hoeverre in die centrales aardgas is vervangen door emissieloze waterstof. De CO<sub>2</sub> die wordt toegerekend aan elektriciteitsverbruik in de gebouwde omgeving kan worden bijgesteld naar boven of naar beneden via de parameter *ElektriciteitCO2Factor*.

De definitie van klimaatneutrale elektriciteit en alle aannames en systeemeigenschappen die daarbij worden verondersteld zijn overgenomen uit Hoogervorst (2020a).

# 7. Rekenregels

Dit hoofdstuk beschrijft de formules en rekenregels die in het model zijn opgegeven. Dit bouwt voort op de methodebeschrijving uit hoofdstuk6. Deze formules maken gebruik van de invoerbestanden die beschreven zijn in hoofdstuk 5 en de kengetallen die gegeven zijn in de bijlagen. Eerst worden de berekeningen uitgelegd die samenhangen met de maatregelen die op gebouwniveau genomen kunnen worden, inclusief berekening van de functionele vraag. Vervolgens worden de berekeningen voor gebiedsmaatregelen beschreven die voornamelijk betrekking hebben op warmtenetten. Aan het einde van die sectie worden ook de berekeningen voor waterstofnetten gegeven. Als laatste volgen de rekenregels voor de gas- en elektriciteitsinfrastructuur. De berekeningen hier gegeven zijn zoveel als mogelijk één op één terug te vinden in de modelcode. Waar dat niet mogelijk is wordt een versimpelde formule gegeven en wordt dit vermeld.

## 7.1 Gebouwmaatregelen

De gebruiker definieert in de modelinvoer één of meerdere gebouwmaatregelen die binnen het model kunnen worden toegepast. De rekenregels voor gebouwmaatregelen beschrijven hoe op basis van deze gebouwmaatregelen (ook wel gebouwopties genoemd) een berekening van de bijbehorende kosten en energiestromen wordt gemaakt. Onder gebouwopties wordt het totaalpakket van installaties en schillabel bedoeld. Deze berekeningen dienen vervolgens om een totaalbeeld van de energievoorzieningen op gebouwniveau te kunnen geven, om te bepalen hoe een gebouw kan participeren in een gebiedsoptie, of om op gebouwniveau maatregelen te treffen die ingrijpen op de manier waarop er energie wordt gebruikt. Eerst wordt een inzicht gegeven in hoe de vraagzijde wordt bepaald (7.1.1, 7.1.2 en 7.1.3), vervolgens hoe de kosten van gebouwopties worden bepaald (7.1.4, 7.1.5, 7.1.6, 7.1.7 en 7.1.8) en ten slotte wordt ingegaan op de verdeling van die kosten in de eindgebruikerskosten-benedering en de totstandkoming van de rentabiliteitsberekening (7.1.9, 7.1.10 en 7.1.11).

### 7.1.1 Functionele vraag

Per verblijfsobject wordt de functionele vraag berekend voor een aantal verschillende functionele producten: Ruimteverwarming, warm tapwater, apparatuur (inclusief verlichting), ventilatie en koude. De omvang van deze functionele vragen is onafhankelijk van de wijze waarop de vraag wordt ingevuld, maar kan wel door andere factoren veranderen. Ook wordt nog niet bepaald welke energiedrager in deze vraag voorziet. In de basis worden de functionele vragen per verblijfsobject bepaald op basis van het bouwjaar en type van het object. Voor een aantal functionele producten (ruimteverwarming, koude) is aanvullend de ligging in het land en het aantal graaddagen in het zichtjaar van invloed. Ook het schillabel van het gebouw speelt een rol (ruimteverwarming, ventilatie), en voor de meeste typen vraag wordt ook rekening gehouden met het vloeroppervlak.

#### 7.1.1.1 Ruimteverwarming

De functionele vraag naar ruimteverwarming wordt voor alle verblijfsobjecten individueel bepaald op basis van het bouwjaar, type, oppervlak, klimaateffect en schillabel. Per bouwjaar-type combinatie is in het invoerbestand met bebouwingskentallen per schillabel de verbruiken (in GJ per jaar) gegeven in de vorm van een vast verbruik per aansluiting en een variabel verbruik afhankelijk van het aantal vierkante meter vloeroppervlak. Deze zijn gegeven als  $Vrv_{Xasl}$  en  $Vrv_{Xopp}$  waarin  $Vrv$  staat voor de vraag naar ruimteverwarming,  $X$  wordt vervangen door een schillabel (A tot G of N),  $asl$  betekent per aansluiting en  $opp$  betekent per eenheid oppervlakte. Per verblijfsobject kan er een afgemeld schillabel worden ingevoerd, in welk geval dat label wordt gehanteerd bij het bepalen van de huidige functionele vraag. Voor verblijfsobjecten waarvoor geen label bekend is wordt voor het bepalen van de functionele vraag naar ruimteverwarming label N gehanteerd. In dat geval wordt de vraag alleen gebaseerd op de combinatie van bouwjaar, type en oppervlak. Met deze kentallen wordt de vraag  $V_{RV}$  in GJ per jaar bepaald als:

$$V_{RV} = \text{RuimteverwarmingSchuif} \cdot \text{Klimaateffect} \cdot (Vrv_{Xopp} \cdot area + Vrv_{Xasl})$$

Waarin:

Het *Klimaateffect* is gegeven als een factor die wordt afgeleid uit de klimaatscenario-kaarten die zijn ingevoerd (zie 5.1.8). Dit verschilt per zichtjaar en per gekozen scenario. Bijvoorbeeld: een klimaateffect van 0.9 geeft aan dat de functionele vraag naar ruimteverwarming door de geografische ligging in het land en een toename van het aantal warme dagen 10% lager is dan het nationale gemiddelde in het startjaar. *area* is in deze berekening het vloeroppervlak van het verblijfsobject. *RuimteverwarmingSchuif* is een invoerparameter waarmee de gebruiker aannames over de ontwikkeling van de functionele vraag naar ruimteverwarming kan toevoegen aan de berekeningen (zie 3.1).

Per rekenstap wordt de functionele vraag voor alle mogelijke schillabels per bebouwingsobject berekend. Dat wil zeggen, niet alleen het schillabel dat op dat moment van toepassing is wordt berekend maar ook alle andere labels die het verblijfsobject theoretisch gezien zou kunnen hebben. Dit dient om bij toepassing van eventuele schilsprongen hiernaar te kunnen refereren. Bij het bepalen van de functionele vraag naar ruimteverwarming bij schillabels die beter zijn dan het huidige label geldt dat er een maximum wordt gehanteerd dat gelijk is aan het verbruik bij het huidige label. Dit is om te voorkomen dat door een afwijkende combinatie van oppervlakken in zeldzame gevallen de kentallen zouden kunnen uitwijzen dat betere labels hogere bijbehorende verbruiken krijgen. Deze correctie wordt alleen toegepast bij verblijfsobjecten met een afgemeld invoerlabel. Bij objecten zonder afgemeld label wordt op basis van het verbruik bij het N label afgeleid waar op de schaal tussen de overige label A t/m G deze het beste past om te bepalen welk label het best overeenkomt met de huidige situatie. Bij die afleiding geldt dat opeenvolgend de verbruiken bij labels A-B-C-D-E-F-G worden vergeleken met het verbruik bij label N en dat het eerste reguliere label waarbij het verbruik hoger is dan het verbruik bij N het label is dat wordt aangehouden voor dat verblijfsobject bij het bepalen van de mogelijkheden en kosten van schilsprongen in vervolgstappen.

#### 7.1.1.2 Warm tapwater

Bij het berekenen van de functionele vraag naar warm tapwater wordt alleen gekeken naar het type en bouwjaar van een bebouwingsobject, en afhankelijk van of het utiliteit of woningen betreft ook naar het oppervlakte van het bebouwingsobject. In het invoerbestand met bebouwingskentallen zijn de parameters  $V_{ww_{asl}}$  en  $V_{ww_{opp}}$  per bouwjaar-type combinatie gegeven. Daarin staat  $V_{ww}$  voor de functionele vraag naar warm tapwater, *asl* betekent per aansluiting en *opp* betekent per eenheid oppervlakte. Met deze kentallen wordt de vraag  $V_{TW}$  in GJ per jaar bepaald als:

$$V_{TW} = TapwaterSchuif \cdot (V_{ww_{opp}} \cdot area + V_{ww_{asl}})$$

Waarin:

De parameter *area* het vloeroppervlak van het verblijfsobject is. *TapwaterSchuif* is een invoerparameter waarmee de gebruiker aannames over de ontwikkeling van de functionele vraag naar warm tapwater kan toevoegen aan de berekeningen (zie 3.1).

#### 7.1.1.3 Apparatuur

Bij het berekenen van de functionele vraag naar elektriciteit voor apparatuur (o.a. verlichting, huishoudelijke apparaten) wordt alleen gekeken naar het type en bouwjaar van een bebouwingsobject, en afhankelijk van of het utiliteit of woningen betreft ook naar het oppervlakte van het bebouwingsobject. In het invoerbestand met bebouwingskentallen zijn de parameters  $V_{e_{asl}}$  en  $V_{e_{opp}}$  per bouwjaar-type combinatie gegeven. Daarin staat  $V_e$  voor de functionele vraag naar elektriciteit voor apparatuur, *asl* betekent per aansluiting en *opp* betekent per eenheid oppervlakte. Met deze kentallen wordt de vraag  $V_{app}$  in GJ per jaar bepaald als:

$$V_{app} = ApparatuurSchuif \cdot (V_{e_{opp}} \cdot area + V_{e_{asl}})$$

Waarin:

De parameter *area* het vloeroppervlak van het verblijfsobject is. *ApparatuurSchuif* is een invoerparameter waarmee de gebruiker aannames over de ontwikkeling van de functionele vraag naar elektriciteit voor apparatuur kan toevoegen aan de berekeningen (zie 3.1).

#### 7.1.1.4 Ventilatie

De functionele vraag naar ventilatie houdt de extra vraag naar elektriciteit in die voortkomt uit de behoefte naar extra ventilatie bij het toepassen van verdergaande isolatiemaatregelen. Er wordt vanuit gegaan dat verblijfsobjecten met een schillabel B of beter dusdanig dicht zijn geïsoleerd dat er actief geventileerd moet worden om een goed binnenklimaat te waarborgen. Bij gebouwen waar in de huidige situatie al geventileerd wordt omdat ze al goed geïsoleerd zijn leidt verdergaande isolatie niet tot een toename van het elektriciteitsverbruik. In die gevallen is de elektriciteitsvraag die bij de huidige ventilatiebehoefte hoort al opgenomen in de vraag naar Apparatuur (zie 7.1.1.4). Binnen het kentallenbestand zijn de voor de woningtype categorieën waarbij goede isolatie nu al de norm is extra ventilatievragen daarom op nul gesteld.

Bij het berekenen van de extra functionele vraag naar ventilatie wordt alleen gekeken naar het type en bouwjaar van een bebouwingsobject, en afhankelijk van of het utiliteit of woningen betreft ook naar het oppervlakte van het

bebouwingsobject. In het invoerbestand met bebouwingskentallen zijn de parameters  $V_{vent_{asl}}$  en  $V_{vent_{opp}}$  per bouwjaar-type combinatie gegeven. Daarin staat  $V_{vent}$  voor de extra functionele vraag naar elektriciteit voor ventilatie,  $asl$  betekent per aansluiting en  $opp$  betekent per eenheid oppervlakte. Met deze kentallen wordt de vraag  $V_{vent}$  in GJ per jaar bepaald als:

$$V_{vent} = V_{vent_{opp}} \cdot area + V_{vent_{asl}}$$

Waarin:

De parameter *area* het vloeroppervlak van het verblijfsobject is.

De vraag naar extra elektriciteit voor goed geïsoleerde gebouwen wordt bij het vaststellen van functionele vragen voor elk bebouwingsobject berekend. Als in een latere stap in de berekeningen de metervragen worden bepaald wordt gekeken naar wat het schillabel is dat het gebouw (na schilsprongen) toegekend heeft gekregen op basis waarvan alleen bij gebouwen met een schillabel B of hoger de functionele vraag ook daadwerkelijk wordt omgezet in een metervraag.

#### 7.1.1.5 Koude

De functionele vraag naar koude wordt bepaald op basis van de bouwjaar-type combinatie van het verblijfsobject en het klimaateffect. Deze werkt omgekeerd vergeleken met de vraag naar ruimteverwarming: als het aantal warme dagen toeneemt in de toekomst of als een object in een relatief warm deel van het land ligt neemt de functionele vraag naar koude toe. De functionele vraag naar koude wordt niet noodzakelijk ook daadwerkelijk ingevuld met een metervraag. Dit is afhankelijk van de toegepaste gebouwoptie en de gebruikersinstellingen. In het invoerbestand met bebouwingskentallen zijn de parameters  $Vk_{asl}$  en  $Vk_{opp}$  per bouwjaar-type combinatie gegeven. Daarin staat  $V_k$  voor de functionele vraag naar koude,  $asl$  betekent per aansluiting en  $opp$  betekent per eenheid oppervlakte. Met deze kentallen wordt de vraag  $V_k$  in GJ per jaar bepaald als:

$$V_k = KoudeSchuif \cdot (1 + 3.66 \cdot (1 - Klimaateffect)) \cdot (Vk_{opp} \cdot area + Vk_{asl})$$

Waarin:

De parameter *area* het vloeroppervlak van het verblijfsobject is, en het *Klimaateffect* is gegeven als een factor die wordt afgeleid uit de klimaatscenario-kaarten die zijn ingevoerd (zie 5.1.8 en 6.6.5.3). Dit verschilt per zichtjaar en per gekozen scenario. Bijvoorbeeld: een klimaateffect van 0.9 geeft aan dat de functionele vraag naar ruimteverwarming door de geografische ligging in het land en een toename van het aantal graaddagen 10% lager is dan het nationale gemiddelde in het startjaar. *KoudeSchuif* is een invoerparameter waarmee de gebruiker aannames over de ontwikkeling van de functionele koudevraag kan toevoegen aan de berekeningen (zie 3.1).

#### 7.1.2 Metervraag

De metervraag naar specifieke energiedragers is afhankelijk van het type installaties dat binnen een verblijfsobject aanwezig is om in een bepaald functioneel vraagproduct te voorzien. Voor een aantal functionele vragen (ruimteverwarming, warm tapwater en koude) is dit gesplitst in basis- en pieklast. Het is mogelijk dat binnen een specifieke functionele vraag de basislast door een ander type installatie wordt ingevuld dan de pieklast, zoals bijvoorbeeld bij een hybride warmtepomp. In dat geval geven de eigenschappen van het apparaat dat de basislast draagt aan hoe de verhouding tussen de twee installaties is in het verbruik en wordt het onderdeel dat de basislast-installatie niet kan leveren aangevuld vanuit de installatie voor pieklast. Zo worden de metervragen voor basislast ( $Vm_{RVb}$ ,  $Vm_{TWb}$  of  $Vm_{Kb}$ ) berekend als:

$$Vm_{RVb} = \frac{Vf_{RV} \cdot P_{vol(RV)}}{SPF_{b(RV)}} \quad Vm_{TWb} = \frac{Vf_{TW} \cdot P_{vol(TW)}}{SPF_{b(TW)}} \quad Vm_{Kb} = \frac{Vf_K \cdot P_{vol(K)}}{SPF_{b(K)}}$$

En worden de metervragen voor pieklast ( $Vm_{RVp}$ ,  $Vm_{TWp}$  of  $Vm_{Kp}$ ) berekend als:

$$Vm_{RVP} = \frac{Vf_{RV} \cdot (1 - P_{vol(RV)})}{SPF_{p(RV)}} \quad Vm_{TWP} = \frac{Vf_{TW} \cdot (1 - P_{vol(TW)})}{SPF_{p(TW)}} \quad Vm_{Kp} = \frac{Vf_K \cdot (1 - P_{vol(K)})}{SPF_{p(K)}}$$

Waarin:

$P_{vol(x)}$  het aandeel op volume is dat door de installatie die de basislast draagt wordt geleverd, voor functionele vraag  $x$ . Dit aandeel wordt ingelezen uit het invoerbestand voor performance van installaties en kan afhankelijk zijn van het schillabel (zie 5.2.2.2).  $Vf_{RV}$ ,  $Vf_{TW}$  en  $Vf_K$  staan voor de volledige functionele vraag (zie 7.1.1) naar

respectievelijk ruimteverwarming, tapwater of koude.  $SPF_{b(x)}$  is de energie-efficiëntie van de installatie die de basislast invult en  $SPF_{p(x)}$  is de energie-efficiëntie van de installatie voor de pieklast, voor functionele vraag  $x$ . De energie-efficiëntie kan kleiner dan 1 zijn indien er energie verloren gaat bij de omzetting van een energiedrager naar een functioneel product of groter dan 1 zijn in het geval dat er meer energie uit de omgeving wordt gewonnen dan het apparaat aan de meter verbruikt.

Van elke installatie is in het invoerbestand voor performance (zie 5.2.2.3) opgegeven welk soort energiedrager het vraagt aan de meter. Bijvoorbeeld aardgas bij een Hr-ketel en elektriciteit bij een warmtepomp. De soort energiedrager kan daarom verschillen tussen de verschillende functionele producten die nodig zijn en ook tussen basis- en piekvolume. Nadat de metervragen in GJ per jaar van de verschillende vraagproducten zijn bepaald worden deze per energiedrager gesommeerd. Zo wordt bijvoorbeeld de totale vraag naar elektriciteit voor ruimteverwarming, koude en warm tapwater ( $V_{elek(partieel)}$ ) berekend door alle metervragen op te tellen waarvoor elektriciteit de input van het apparaat is dat de vraag invult:

$$V_{elek(partieel)} = Vm_{RVb(e)} + Vm_{Rvp(e)} + Vm_{TWb(e)} + Vm_{Twb(e)} + Vm_{Kb(e)} + Vm_{Kb(e)}$$

Om te komen tot de totale metervraag naar elektriciteit  $V_{elek(totaal)}$  wordt ook de vraag naar elektriciteit voor ventilatie, huishoudelijke apparatuur en verlichting, en zij-verbruik in energie-installaties opgeteld:

$$V_{elek(totaal)} = V_{elek(partieel)} + V_{app} \cdot Eff_{app} + eEffect + V_{vent}$$

Waarin:

$V_{vent}$  en  $V_{app}$  de functionele vraag naar respectievelijk ventilatie en apparatuur zijn, zoals berekend via de methode die is aangegeven in 7.1.1.4 en 7.1.1.3.  $Eff_{app}$  is een invoerparameter voor de modelgebruiker waarmee kan worden aangegeven hoe efficiënt huishoudelijke apparatuur en verlichting elektriciteit verbruikt en daarmee effectief als verbruiker de metervraag ten opzichte van de functionele vraag kan bijstellen op basis van eigen aannames (zie 5.5.3.1). Het  $eEffect$  is bij-verbruik van elektriciteit in energie-installaties die voorzien in de functionele vraag naar koude, tapwater of ruimteverwarming. In het  $eEffect$  zit bijvoorbeeld het energieverbruik van elektrische pompen in gasgestookte verwarmingsinstallaties. Dit effect is opgegeven in het invoerbestand voor performance (zie 5.2.2.5) en uitgedrukt als fractie van de hoeveelheid energie die een installatie moet leveren aan functionele producten, of als functie van de piekcapaciteit van de installatie.

Anders dan bij elektriciteit worden bij de meeste andere energiedragers geen aanvullende metervragen berekend voor apparatuur, ventilatie of andere functionele producten. Bij de metervragen van biomassa ( $V_{bio}$ ), pellets ( $V_{pellets}$ ) of waterstof ( $V_{H2}$ ) worden alleen de verbruiken van de verschillende installaties opgeteld zoals in  $V_{elek(partieel)}$ . Voor aardgas en groengas wordt geen onderscheid gemaakt tussen het soort gas omdat wordt aangenomen dat deze onderdeel uitmaken van hetzelfde netwerk. Voor de metervraag van het verblijfsobject wordt alleen een metervraag  $V_{gas}$  gegeven waarbij in latere berekeningen wordt gekeken naar het aandeel groengas en aardgas in het netwerk. Deze  $V_{gas}$  wordt berekend als:

$$V_{gas} = Vm_{RVb(g)} + Vm_{Rvp(g)} + Vm_{TWb(g)} + Vm_{Twb(g)} + Vm_{Kb(g)} + Vm_{Kb(g)}$$

Voor energiedragers die niet uit een centrale infrastructuur worden geleverd, zoals houtpellets, wordt wel een metervraag berekend om aan te geven wat het gevraagde volume is. Deze volumevraag wordt echter vervolgens niet gezien als een "bemeterde" input om rekening mee te houden bij het bepalen van onder andere kosten voor netwerken of vastrechtheffingen.

### 7.1.3 Capaciteitsvraag

Elk bebouwingsobject krijgt capaciteitsvragen toegekend voor ruimteverwarming ( $ASW_{RVmt}$  en  $ASW_{RMlt}$ ), tapwater ( $ASW_{TW}$ ), koude ( $ASW_K$ ) en het elektriciteitsnet ( $ASW_{Eapp}$ ,  $ASW_{Ehwp}$  &  $ASW_{Eewp}$ ). Dit gebeurt op basis van twee kengetallen, waarvan de ene uitgedrukt als kW per aansluiting (met suffix *asl*) en de andere uitgedrukt als kW per vierkante meter vloeroppervlak (met suffix *opp*). Opgeteld maken deze waarden samen de capaciteitsvraag (piekbelasting) van het verblijfsobject voor een bepaald functioneel product. Voor het grootste deel zijn deze kengetallen specifiek naar bebouwingstype (woningen, utiliteit, glastuinbouw). Binnen een bebouwingstype kunnen ze verder afhankelijk zijn van het soort object. Zo wordt de capaciteitsvraag voor warm tapwater ( $ASW_{TW}$  in kW) bijvoorbeeld bepaald als:

$$ASW_{TW} = ASW_{TWopp} \cdot area + ASW_{TWasl}$$

Waarin:

De parameter *area* het vloeroppervlak van het verblijfsobject is in vierkante meter.  $ASW_{TWopp}$  staat voor het oppervlakte-afhankelijke deel van de capaciteitsvraag in kW per m<sup>2</sup> en  $ASW_{TWasl}$  staat voor de vaste capaciteitsvraag in kW per aansluiting.

Binnen de capaciteitsvraag voor ruimteverwarming wordt onderscheid gemaakt tussen de vraag naar lage-temperatuur warmte ( $ASW_{RVlt}$ ) en midden-temperatuur warmte ( $ASW_{RVmt}$ ). Voor de meeste toepassingen wordt midden-temperatuur gehouden met uitzondering van warmtenetten waarin warmte van 50 graden Celsius of lager wordt geleverd. Voor de aansluitcapaciteit op het elektriciteitsnet wordt onderscheid gemaakt tussen een aansluiting met volledige elektrische warmtepomp, een aansluiting met een hybride warmtepomp, en een aansluiting alleen voor huishoudelijke apparatuur en verlichting.

Bij het bepalen van de capaciteitsvraag wordt nog geen rekening gehouden met gelijktijdigheid. Dit gebeurt in latere rekenstappen als kostenberekeningen voor collectieve infrastructuren worden gedaan. Voor de meeste kentallen voor capaciteitsvraag is een bandbreedte tussen een onder- en bovenwaarde opgegeven. Met behulp van de *EfficiencySchuif* (zie 5.5.4.1) kan de gebruiker de capaciteitsvraag naar boven of beneden bijstellen

#### 7.1.4 Investeringenkosten installaties

Voor elk bebouwingsobject worden per rekenstap de investeringenkosten bepaald van mogelijke installaties die in het object geïnstalleerd kunnen worden. Welke mogelijkheden dit zijn wordt door de modelgebruiker opgegeven bij het definiëren van de gebouwopties (zie 4.2.4.2). Voor elke gebouwoptie geldt dat er één of meerdere installaties zijn waarmee de functionele producten worden ingevuld. Bijvoorbeeld:

**TABEL 7.1 – VOORBEELDEN VAN GEBOUWOPTIES (VERSIMPeld)**

Vraagproduct	Ruimteverwarming Basis (RVb)	Ruimteverwarming Piek (RVp)	Tapwater Basis (TWb)	Tapwater Piek (TWb)	Koude Basis (Kb)	Koude Piek (Kp)
Gebouwoptie 1	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Airco	Airco
Gebouwoptie 2	Elektrische WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	geen	geen

In tabel 7.1 zijn twee voorbeelden van gebouwopties te zien. Optie 1 schetst een gebouwoptie waarbij alle ruimteverwarming en tapwater met een Hr-ketel wordt geproduceerd en er ook een airconditioner aanwezig is die de volledige koudevraag levert. In optie 2 wordt een alternatieve gebouwoptie geschetst waarbij de basislast van de ruimteverwarmingsvraag wordt geleverd vanuit een elektrische warmtepomp, maar de piekvraag blijft ingevuld met een Hr-ketel net als de volledige tapwatervraag. In deze optie wordt de koudevraag niet ingevuld en er is dan ook geen installatie voor koudeproductie opgenomen.

Voor alle gebouwopties worden de investeringenkosten berekend uit een vaste (suffix *asl*) component per installatietype, een component op basis van vloeroppervlak (suffix *opp*) en een capaciteitsafhankelijk (suffix *cap*) component op basis van de berekende capaciteitsvraag (zie 7.1.3). Per installatie zijn in het invoerbestand voor installaties de kostenkentallen voor alle drie deze componenten opgegeven (zie 5.2.1.2). Aan de hand daarvan wordt per gebouwopties bezien welke type installaties er aanwezig zijn en voor elk type wordt het vaste kostencomponent ( $Ki_{asl}$ ) en oppervlakteafhankelijke kostencomponent ( $Ki_{opp}$ ) berekend. Hierin staat “Ki” voor “investeringenkosten”. Bijvoorbeeld:

$$\begin{aligned} Ki_{asl(Gebouwoptie\ 1)} &= Ki_{asl(HR-ketel)} + Ki_{asl(Airco)} \\ Ki_{asl(Gebouwoptie\ 2)} &= Ki_{asl(HR-ketel)} + Ki_{asl(Elektrische\ WP)} \\ Ki_{opp(Gebouwoptie\ 1)} &= area \cdot (Ki_{opp(HR-ketel)} + Ki_{opp(Airco)}) \\ Ki_{opp(Gebouwoptie\ 2)} &= area \cdot (Ki_{opp(HR-ketel)} + Ki_{opp(Elektrische\ WP)}) \end{aligned}$$

Waarin:

De parameter *area* het vloeroppervlak van het verblijfsobject is in vierkante meter.  $Ki_{opp(x)}$  staat voor het oppervlakteafhankelijke kostenkengetal in euro per vierkante meter vloeroppervlak en  $Ki_{asl(x)}$  staat voor het vaste kostenkengetal in euro per aansluiting, voor installatietype x.

Om de capaciteit gerelateerde kostencomponent ( $Ki_{cap}$ ) te kunnen bepalen wordt gebruik gemaakt van de berekende capaciteitsvraag. In gevallen waarin een functioneel product door twee verschillende installaties wordt ingevuld wordt op basis van de performance-kentallen (zie 5.2) van de installatie die het basislast levert bepaald

hoe de verdeling van capaciteitsvraag is over beide installaties. Elke installatie heeft daarin een parameter  $P_{cap}$  die aangeeft welk deel van de capaciteitsvraag de installatie voor rekening kan nemen in het geval dat de pieklast door een andere installatie wordt ingevuld. In het voorbeeld van gebouwoptie 2 in tabel 7.1 wordt bijvoorbeeld de basislast ruimteverwarming ingevuld met een elektrische warmtepomp en de pieklast met een Hr-ketel. In dit geval zou de  $P_{cap}$  van een elektrische warmtepomp het aandeel aangeven dat de warmtepomp vervult, en wordt de Hr-ketel geschaald op het resterende deel. Daarmee wordt de berekening als volgt:

$$Ki_{cap(Optie\ 1)} = Ki_{cap(HR)} \cdot ASW_{RV} + Ki_{cap(HR)} \cdot ASW_{TW} + Ki_{cap(Airco)} \cdot ASW_K$$

$$Ki_{cap(Optie\ 2)} = (Ki_{cap(EWP)} \cdot P_{cap(EWP)} + Ki_{cap(HR)} \cdot (1 - P_{cap(EWP)})) \cdot ASW_{RV} + Ki_{cap(HR)} \cdot ASW_{TW}$$

Waarin:

Uitkomst  $Ki_{cap(optie\ x)}$  het totale capaciteit gerelateerde kostencomponent van gebouwoptie x is in euro's. Deze wordt bepaald op basis van  $ASW_{RV}$ ,  $ASW_{TW}$  en  $ASW_K$ : de capaciteitsvraag in kW van het bebouwingsobject voor respectievelijk ruimteverwarming, tapwater en koude.  $Ki_{cap(x)}$  is het kostenkental in euro per kW zoals uit het invoerbestand is ingelezen voor de capaciteit gerelateerde investeringskosten van installatietype x.  $P_{cap(x)}$  is het aandeel op capaciteit dat installatie x zal leveren zoals afgeleid van het invoerbestand voor performance-kentallen van installaties.

Vervolgens wordt het totale investeringsbedrag voor installaties  $Ki_{LO(optie\ x)}$  per gebouwoptie bepaald door de verschillende kostencomponenten op te tellen:

$$Ki_{LO(Gebouwoptie\ x)} = Ki_{cap(Gebouwoptie\ x)} + Ki_{opp(Gebouwoptie\ x)} + Ki_{asl(Gebouwoptie\ x)}$$

Voor de meeste kostenkentallen zijn minimale en maximale waarden opgenomen in het kentallenbestand (zie 5.2.1.2). Met de *VerbeterMinMaxSchuif* (zie 5.5.4.2) kan de gebruiker een punt tussen de onder- en bovenwaarde kiezen. Default wordt het gemiddelde tussen de twee gehouden. In het invoerbestand voor installaties kan per installatietype een leercurve worden opgegeven die er op van toepassing is. Afhankelijk van het zichtjaar en gerelateerde gebruikersinstellingen (zie 5.2.1.3) worden deze leereffecten toegepast op de investeringskosten. Dit geldt voor zowel het vaste, het capaciteitsafhankelijke, en het oppervlakteafhankelijke deel van de kosten.

Per installatie is in het invoerbestand opgegeven welk deel van de investeringskosten over 15, 20 of 30 jaar moet worden afgeschreven. Om dit te kunnen doen worden bovenstaande berekeningen driemaal uitgevoerd, steeds voor het aandeel dat onder een bepaalde afschrijftijd valt. Deze worden weer bij elkaar geteld nadat de juiste annualisatiefactoren zijn toegepast.

Standaard wordt ervanuit gegaan dat alle verblijfsobjecten op dit moment voorzien zijn van een midden-temperatuur afgiftesysteem (conventionele radiatoren). Als wordt overgegaan naar een installatietype dat alleen lage-temperatuur warmte kan produceren, zoals bijvoorbeeld een elektrische warmtepomp, dan is het nodig dat er een lage-temperatuur afgiftesysteem (LTAS) wordt geplaatst (bijvoorbeeld vloerverwarming). Aanvullend op het bepalen van de investeringskosten  $Ki_{LO}$  wordt per gebouwoptie nagegaan of één of meerdere van de installaties binnen die gebouwoptie een LTAS vereisen. Als dat het geval is worden hiervoor investeringskosten  $Ki_{LTAS}$  in rekening gebracht:

$$Ki_{LTAS} = Ki_{LTASasl} + Ki_{LTASopp} \cdot area$$

Waarin:

De parameter  $area$  het vloeroppervlak van het verblijfsobject is in vierkante meter.  $Ki_{LTASasl}$  is een vast bedrag in euro per aansluiting en  $Ki_{LTASopp}$  is een variabel bedrag in euro per vierkante meter. Binnen specifieke bebouwingstypen kan een onderscheid in kentallen zijn tussen verschillende soorten bebouwingsobject, bijvoorbeeld tussen laagbouw en hoogbouw. Voor de waarden van deze kentallen zie Bijlage A.2.

### 7.1.5 Investeringskosten schilverbetering

Binnen Vesta MAIS zijn er vier mogelijke doellabels: A, B, C en D. Met een doellabel wordt een label aangeduid waarop een bebouwingsobject na een schilsprong kan uitkomen. In eerste instantie wordt per bebouwingsobject voor elk van deze doellabels (DL) bepaald wat het investeringsbedrag is om tot dat label te komen vanuit het huidige label (HL):

$$Ki_{gv(DL)} = Ki_{asl(HL,DL)} + Ki_{opp(HL,DL)} \cdot area$$

Waarin:

De parameter *area* het vloeroppervlak van het verblijfsobject is in vierkante meter. Uitkomst  $Ki_{gv(DL)}$  is het investeringsbedrag in euro's voor een schilsprong naar doellabel DL ("gv" staat hier voor "gebouwverbetering").  $Ki_{asl(x,x)}$  en  $Ki_{opp(x,x)}$  zijn kostenkentallen uit het invoerbestand met bebouwingskentallen (zie 5.3.1.7).  $Ki_{asl}$  is een vaste component in euro per aansluiting en  $Ki_{opp}$  is een oppervlakteafhankelijke component in euro per vierkante meter vloeroppervlak. Deze kostenkentallen zijn in het invoerbestand gegeven als bijvoorbeeld "Ki\_SEB". Hierin staat "Ki" voor "investeringskosten" en staat "SEB" voor een "Sprong van label E naar label B". Voor elke combinatie van labels die voor kan komen is een vergelijkbaar paar van kengetallen opgenomen voor zowel suffix *asl* als *opp*.

Als het doellabel slechter is dan het huidige label worden de investeringskosten standaard op nul gesteld. Bij het bepalen van wat het huidige label is wordt waar mogelijk gebruik gemaakt van de database met afgemelde labels in het invoerbestand (zie 5.1.4). Voor gebouwen waarvoor geen afgemeld label bekend is wordt het huidige label ten behoeve van de kostenberekening ingeschatt op basis van het gemiddelde nationale verbruik van de gegeven combinatie van bouwjaar en type van het verblijfsobject, rekening houdende met het vloeroppervlak. Deze situatie waarbij geen afgemeld labels beschikbaar is wordt op verschillende plaatsen aangegeven als label "N" voor "niet bekend". Om te komen tot een inschatting van het huidige label om de investeringskosten op te baseren wordt de functionele vraag naar ruimteverwarming van label N gebruikt om het verblijfsobject te plaatsen op de schaal van reguliere schillabels A t/m G (zie 7.1.1.1). Ook hierbij geldt dat als het geschatte huidige schillabel al beter is dan het voorgestelde doellabel de investeringskosten op nul worden gesteld. Het is mogelijk voor de modelgebruiker om een jaartal op te geven in de parameter  $Threshold_{bouwnorm}$  (zie Bijlage A.9 voor de gehanteerde default waarde), vanaf welk jaar woningen zonder label worden verondersteld te voldoen aan geldende bouwnormen. Woningen die na dit jaar zijn gebouwd maar geen label hebben zullen worden behandeld alsof het huidige label al minimaal A is, voor het bepalen of een schilsprong kan plaatsvinden.

Voor de meeste kostenkentallen zijn minimale en maximale waarden opgenomen in het kentallenbestand (met suffixen "min" en "max"). Met de *VerbeterMinMaxSchuif* (zie 5.5.4.2) kan de gebruiker een punt tussen de onder- en bovenwaarde kiezen. Default wordt het gemiddelde tussen de twee aangehouden. In het model zijn drie LeerCurves opgenomen voor schilsprongen: "Cmin" voor sprongen naar D of C, "Bpls" voor sprongen naar B en "Verder" voor sprongen naar A. Op basis van de gebruikersinstellingen voor LeerCurves (zie 5.2.1.3) worden deze bij de desbetreffende kostenberekeningen toegepast. Investeringskosten voor gebouwverbetering worden geannualiseerd uitgaande van een investeringstermijn van 30 jaar.

### 7.1.6 Onderhoud en beheer

Voor gebouwgebonden installaties voor lokale opwekking worden jaarlijkse onderhouds- en administratiekosten gerekend op basis van een jaarlijks percentage van de investeringskosten van de aanwezige installaties. Per installatietype zijn in het kentallenbestand voor installaties (zie 5.2.1.2) percentages opgegeven voor onderhoud ( $R_{OH}$ ) en administratie ( $R_{ADM}$ ). In de voorbeeld gebouwopties uit tabel 8.1 zouden onderhoudskosten ( $Kj_{Looh}$ ) en administratiekosten ( $Kj_{Loadm}$ ) in euro per jaar berekend worden als:

$$\begin{aligned} Kj_{Looh(\text{gebouwoptie1})} &= R_{OH(Hr-ketel)} \cdot Ki_{LO(Hr-ketel)} + R_{OH(Airco)} \cdot Ki_{LO(Airco)} \\ Kj_{Looh(\text{gebouwoptie2})} &= R_{OH(Hr-ketel)} \cdot Ki_{LO(Hr-ketel)} + R_{OH(Airco)} \cdot Ki_{LO(Airco)} \\ Kj_{Loadm(\text{gebouwoptie1})} &= R_{ADM(Hr-ketel)} \cdot Ki_{LO(Hr-ketel)} + R_{ADM(Elektrische WP)} \cdot Ki_{LO(Elektrische WP)} \\ Kj_{Loadm(\text{gebouwoptie2})} &= R_{ADM(Hr-ketel)} \cdot Ki_{LO(Hr-ketel)} + R_{ADM(Elektrische WP)} \cdot Ki_{LO(Elektrische WP)} \end{aligned}$$

Waarin:

$R_{ADM(x)}$  en  $R_{OH(x)}$  de jaarlijkse percentages aan respectievelijk administratie- en onderhoudskosten zijn voor installatietype x zoals ingelezen vanuit het kentallenbestand voor installaties (zie 5.2.1.3).  $Ki_{LO(x)}$  is het deel van de investeringskosten voor gebouwgebonden installaties voor lokale opwekking dat is toe te rekenen aan installatietype x zoals berekend in 7.1.4.

### 7.1.7 Energiekosten

Energiekosten – de kosten van energiedragers – worden bepaald op basis van de metervraag naar verschillende energiedragers zoals berekend in 7.1.2. Per energiedrager wordt het gevraagde volume in GJ per jaar vermenigvuldigd met de eenheidsprijs in euro per GJ om te komen tot de jaarlijkse energiekosten in euro per jaar. Voor een aantal typen energiedragers zoals waterstof en houtpellets is een enkele prijs gegeven die geldt voor alle

gebruikers en waarbij geen onderscheid is gemaakt naar nationale kosten of eindgebruikerskosten. Voor andere energiedragers zoals aardgas, groen gas en elektriciteit is een prijzenbestand opgenomen waarin onderscheid wordt gemaakt naar gebruiksgrootteklassen en naar verschillende componenten in de kostprijs, zoals belastingen of commodityprijzen, om een onderscheid te kunnen maken tussen nationale kosten en eindgebruikerskosten. Bij het vaststellen van de gebruiksgrootteklaasse van een verblijfsobject wordt gekeken naar de eigen metervraag zoals berekend in 7.1.2 op basis waarvan wordt bepaald welke tarieven van toepassing zijn. Voor elk bebouwingscomponent worden de energiekosten per energiedrager vastgesteld op basis van de eigen gebruiksgrootteklaasse (indien van toepassing) voor zowel de nationale- als eindgebruikerskosten van de energievraag. Voor energiedragers waar tussen nationale- en eindgebruikerskosten geen aparte tarieven zijn opgegeven worden deze gelijk gesteld aan elkaar. De energiekosten worden gegeven in de vorm van een attribuut als bijvoorbeeld  $K_{j_{elek}}$  en  $K_{m_{elek}}$ , wat wil zeggen de jaarlijkse eindgebruikerskosten (prefix  $K_j$ ) of nationale kosten (prefix  $K_m$ ) als kosten voor een gegeven energiedrager, in dit geval elektriciteit (dit kan bijvoorbeeld ook "gas" of "H2" zijn).

Bij de berekening van de jaarlijkse kosten voor elektriciteitsinkoop voor eindgebruikers ( $K_{j_{elek}}$ ) wordt rekening gehouden met een wettelijke heffingskorting. Deze is gegeven als een vast bedrag per aansluiting en is aan te passen door de gebruiker in de beleidsparameters. Voor de standaardwaarde van deze parameter zie Bijlage A.9.

### 7.1.8 Vervroegde afschrijving

Wanneer een individuele gebouwoptie wordt toegepast is de aannname dat dit gebeurt op een natuurlijk vervangingsmoment van de bestaande installatie. Zodanig is er van vervroegde afschrijving geen sprake. Wanneer een verblijfsobject overstapt van een individuele verwarmingsinstallatie naar deelname aan een collectief warmtenet wordt aangenomen dat dit niet in alle gevallen op een natuurlijk vervangingsmoment zal kunnen plaatsvinden. De resterende waarde wordt ingeschat als gemiddeld 1/3 van de oorspronkelijke waarde (instelbaar door gebruiker) en deze kosten worden opgeteld bij de kosten van inpandige distributie. Het aandeel resterende waarde is instelbaar via de parameter  $afschrijving_{resterend}$ , zie daarvoor hoofdstuk 6.5.

### 7.1.9 Subsidies

Het is mogelijk om als modelgebruiker investeringssubsidies voor gebouwverbetering of lokale opwekkingsinstallaties in te stellen. Dit gaat via de parameters  $Rs_{GebouwVerbetering}$  of  $Rs_{LokaleOpwekking}$  (zie 5.5.2) waarmee een subsidieregeling kan worden opgegeven waarbij een vast percentage van het investeringsbedrag door de overheid wordt vergoed. Met behulp van die parameters wordt het te ontvangen subsidiebedrag  $Oi_s$  in euro's per verblijfsobject berekend als:

$$Oi_s = Rs_{GebouwVerbetering} \cdot Ki_{GV} + Rs_{LokaleOpwekking} \cdot Ki_{LO}$$

Waarin:

$Ki_{GV}$  het investeringsbedrag ten behoeve van gebouwverbetering is voor subsidies, in euro's (zoals berekend in 7.1.5).  $Ki_{LO}$  is het investeringsbedrag ten behoeve van lokale opwekkingsinstallaties voor subsidie, in euro's (zoals berekend in 7.1.4).

Als de gebruiker het model heeft ingesteld op afweging van gebouwopties op basis van eindgebruikerskosten zal het subsidiebedrag worden meegenomen als opbrengsten bij de rentabiliteitsafweging. Als het model wordt ingesteld op afwegingen op basis van nationale kosten worden deze subsidies buiten beschouwing gelaten bij de rentabiliteitsafweging. In beide gevallen worden de subsidies in de resultaten geregistreerd als een overdracht van de overheid aan de gebouweigenaar.

### 7.1.10 Split Incentive

Binnen een verblijfsobject is er in de structuur van Vesta MAIS sprake van zowel een gebouweigenaar als een gebouwgebruiker. In de praktijk zullen die in geval van eigenaar-bewoners dezelfde actor zijn en in geval van verhuur zijn deze actoren ook in praktijk gescheiden. De gebouweigenaar is de partij die de investeringsbeslissing neemt en de investeringkosten draagt. De gebouwgebruiker is verantwoordelijk voor de energiekosten van het verblijfsobject. Bij een investering die leidt tot lagere energiekosten is daarom sprake van een split-incentive omdat de baten bij de gebruiker terechtkomen en de kosten bij de eigenaar. Om deze split-incentive op te lossen in de rentabiliteitsafweging voor eindgebruikerskosten wordt aangenomen dat een deel van de baten uiteindelijk ook ten goede komen aan de gebouweigenaar. Via de parameters  $R_{VerbruikSplitIncentive}$  en  $R_{VastrechtSplitIncentive}$  (zie 5.5) wordt aangegeven hoe groot de extra incentive is. Deze incentive wordt toegepast door bij de

rentabiliteitsafweging een correctie toe te passen op de kosten van het vastrecht en de energiekosten zoals die in de eerdere stappen zijn berekend:

$$Kj_{incentive} = Kj_{vastrecht} \cdot R_{VastrechtsplitIncentive} + Kj_{verbruik} \cdot R_{VerbruiksSplitIncentive}$$

Waarin:

Uitkomst  $Kj_{incentive}$  de jaarlijkse energiekosten (inclusief vastrecht) is zoals die wordt gebruikt in de rentabiliteitsafweging op basis van eindgebruikerskosten nadat deze is gecorrigeerd voor de split incentive. Hierin is  $Kj_{vastrecht}$  de jaarlijkse vergoeding die de gebouwverbruiker betaalt aan de netbeheerder voor aansluiting op het gas- en/of elektriciteitsnet (zie 7.3.3.1).  $Kj_{verbruik}$  is de berekende totale energiekosten als optelling van de energiekosten van diverse energiedragers zoals berekend in 7.1.7. In de registratie van de resultaten op het gebied van eindgebruikerskosten worden de volledige energiekosten inclusief vastrecht toegerekend aan de gebouwgebruiker en wordt het verschil tussen de volledige energiekosten ( $Kj_{vastrecht} + Kj_{verbruik}$ ) en de gecorrigeerde energiekosten ( $Kj_{incentive}$ ) niet geregistreerd als overdracht van de gebouwgebruiker naar de gebouweigenaar.

### 7.1.11 Rentabiliteit

Voor elke gebouwoptie die in een gegeven rekenstap actief is wordt een rentabiliteitsberekening gedaan voor zowel de eindgebruikerskosten als de nationale kosten. Op basis van de criteria die de gebruiker heeft opgegeven wordt vervolgens bepaald of een gebouwoptie wordt toegepast of niet (zie voor uitleg van criteria 6.6.4). Bij het bepalen van de nationale kosten-rentabiliteit worden subsidies, split-incentive en BTW buiten beschouwing gelaten. Bij de eindgebruikerskosten rentabiliteit tellen deze wel mee. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen BTW op investeringen ten behoeve van gebouwverbetering en BTW op overige kosten (op te geven via gebruikersinstellingen, zie 5.5.2.3). De kostenbepaling voor rentabiliteit voor eindgebruikers wordt berekend als:

$$Kosten_{eindgebruiker} = (Rs_{GV} \cdot Kji_{GV}) \cdot BTW_{GVfactor} + Kosten_{LO}$$

Met:

$$Kosten_{LO} = ((Rs_{LO} \cdot Kji_{LO}) + Kji_{LTAS} + Kj_{Looh} + Kj_{Loadm} + Kj_{incentive}) \cdot BTW_{factor}$$

Waarin:

$Rs_{GV}$  en  $Rs_{LO}$  de subsidiepercentages zijn zoals opgegeven door de gebruiker (zie 5.5.2.7) voor respectievelijk gebouwverbetering en lokale opwekkingsinstallaties.  $Kji_{GV}$  en  $Kji_{LO}$  zijn de geannualeerde investeringskosten in euro per jaar van gebouwverbetering en lokale opwekking gebruik makend van de desbetreffende investeringstermijn: 30 jaar voor gebouwverbetering en 15, 20 of 30 jaar voor lokale opwekking afhankelijk van het type installatie (zie 5.2.1.3) en op basis van de discontovoet die hoort bij de actor die de investering draagt (zie 4.2.2).  $BTW_{GVfactor}$  is het percentage BTW dat wordt gerekend over gebouwverbetering en  $BTW_{factor}$  het percentage dat wordt gerekend over overige kosten (instelbaar, zie 5.5.2.3).  $Kji_{LTAS}$  zijn de geannualeerde investeringskosten in euro per jaar van het afgiftesysteem (indien van toepassing) zoals berekend volgens 7.1.4 en geannualeerd over een periode van 30 jaar.  $Kj_{Looh}$ ,  $Kj_{Loadm}$  en  $Kj_{incentive}$  zijn de jaarlijkse kosten voor O&B en energiedragers, zoals berekend in 7.1.6 en 7.1.7.

De kostenbepaling voor rentabiliteit op basis van maatschappelijke kosten wordt berekend als:

$$Kosten_{nationaal} = Kmi_{GV} + Kmi_{LO} + Kmi_{LTAS} + Kj_{Looh} + Kj_{Loadm} + Km_{verbruik}$$

Waarin:

$Kmi_{GV}$ ,  $Kmi_{LO}$  en  $Kmi_{LTAS}$  de geannualeerde investeringskosten zijn voor respectievelijk gebouwverbetering, lokale opwekkingsinstallaties en lage-temperatuur afgiftesysteem (indien van toepassing). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de maatschappelijke discontovoet (instelbaar, zie 6.5) over de desbetreffende investeringstermijn: 30 jaar voor gebouwverbetering en 15, 20 of 30 jaar voor lokale opwekking afhankelijk van het type installatie (zie 5.2.1.3).  $Kj_{Looh}$  zijn de onderhoudskosten en  $Kj_{Loadm}$  de administratiekosten voor de lokale opwekkingsinstallaties die onderdeel van de gebouwoptie zijn (zie 7.2.1.2).  $Km_{verbruik}$  betreft de nationale kosten van energiedragers als totaal van de metervragen zoals berekend in 7.2.1.3.

De kosten (nationaal of eindgebruiker) worden voor elke gebouwoptie afzonderlijk bepaald zodat deze kunnen worden afgewogen ten opzichte van elkaar, of met de huidige situatie. Op basis van welke criteria deze afweging plaatsvindt is afhankelijk van de investeringscriteria zoals die door de gebruiker zijn opgegeven in de modelinstellingen, zie daarvoor 6.6.4.

## 7.2 Gebiedsmaatregelen

In gebiedsmaatregelen worden collectieve warmteopties (meestal warmtenetten) voor een afnamegebied doorgerekend. Dit houdt in dat de benodigde initiële investeringen in nieuwe infrastructuur en installaties worden berekend, alsmede de jaarlijkse kosten voor het onderhoud en beheer van deze infrastructuur en installaties. Ook zijn er jaarlijkse kosten voor de inkoop van energiedragers. Deze sectie behandelt eerst de jaarlijkse lopende kosten, gevolgd door de rekenregels voor de investeringskosten. Vervolgens worden de rekenregels voor opbrengsten gegeven, gevolgd door de rekenmethodes voor rentabiliteit t.b.v. de afweging tot aanleg binnen de modelcriteria. Als laatste wordt afzonderlijk ingegaan op de rekenregels voor waterstof als zijnde een specifiek type gebiedsoptie waarbij geen warmtenet maar een waterstofnet wordt aangelegd.

### 7.2.1 Jaarlijkse kosten warmtenetten

Naast de investeringskosten hebben warmtenetten ook kosten voor exploitatie op jaarbasis. Dit zijn productiekosten, kosten van energie-inkoop, onderhoud en beheer (administratie). Deze kosten worden per afnamegebied bepaald afhankelijk van onder andere de energievraag en de omvang van de initiële investering.

#### 7.2.1.1 Productiekosten

Bij nieuw te realiseren bronnen zoals WKO, TEO of geothermie worden de productiekosten van warmte berekend op basis van het energieverbruik van de bron (zie 7.2.1.3). Bij bestaande puntbronnen is meestal niet bekend wat het gas- of elektriciteitsverbruik voor warmteproductie is. Dit is met name omdat het in de meeste gevallen gaat om bedrijfsprocessen waarbij warmte overblijft. Daarom wordt gerekend met een specifiek kengetal per brontype dat aangeeft in euro per gigajoule wat de meerkosten zijn van warmteproductie of warmtelevering vanuit een gegeven bron. In het invoerbestand voor warmtebronnen kan dit specifiek per bron worden opgegeven. Waar niets is opgegeven wordt met kentallen per brontype berekend, rekening houdende met de energiekosten zoals die in het zichtjaar gelden. De productiekosten  $K_{JowProductie}$  in euro per jaar worden berekend als:

$$K_{JowProductie} = K_{GJ} \cdot P_{vol} \cdot \frac{V_{warmte}}{1 - Leidingverliesfactor}$$

Waarin:

$K_{GJ}$  de bron-specifieke productiekosten aangeeft in euro per gigajoule, ofwel als generiek kengetal op basis van het brontype ofwel opgegeven in het bronnenbestand.  $V_{warmte}$  is een optelling van de functionele warmtevraag van het volledige afnamegebied. Hierbij wordt het warmteverlies in het transport- en distributienet ingerekend met behulp van de Leidingverliesfactor. Deze verliesfactor schaalt mee met de *Efficiencyschuif* (zie 5.5.4.1). Voor LT-bronnen is er een leercurve opgenomen voor de *Leidingverliesfactor*, voor MT-bronnen is dat niet het geval.  $P_{vol}$  is het aandeel van de totale geleverde warmte dat op jaarbasis uit de primaire bron wordt geleverd. Dit kan ook worden opgegeven per individuele bron. Als niets is opgegeven in het invoerbestand wordt gerekend met een vast percentage. Zie tabel A.5 voor de waarden van deze parameters. De standaardwaarden voor  $K_{GJ(x)}$  per brontype x worden berekend als:

$$K_{GJ(Industrie,Raffinaderij,Kerncentrale)} = Efactor_{industrie} \cdot P_{elekgrootgebruik}$$

$$K_{GJ(AVI)} = Efactor_{AVI} \cdot P_{elekgrootgebruik}$$

$$K_{GJ(Kolen,KVSTEG)} = RW_{Kolen} \cdot (P_{kolen} + CO2prijs_{kolen})$$

$$K_{GJ(BMC)} = RW_{BMC} \cdot P_{biomassa}$$

$$K_{GJ(BioWKK)} = \frac{1}{RW_{BioWKK} \cdot SPF_{BioWKK}} \cdot P_{biomassa} - (1 - RW_{BioWKK}) \cdot P_{elekgrootgebruik}$$

$$K_{GJ(Gasmotor,Hulpketel,WijkWKK)} = \frac{1}{RW_{WKK} \cdot SPF_{WKK}} \cdot P_{Gasgrootgebruik} - (1 - RW_{WKK}) \cdot P_{elekgrootgebruik}$$

$$K_{GJ(STEG,Gasturbine,Conventioneel)} = RW_{STEG} \cdot (H2factor \cdot P_{waterstof} + (1 - H2factor) \cdot P_{Gasgrootgebruik})$$

Waarin:

De elektriciteitsprijs ( $P_{elekgrootgebruik}$ ), biomassaprijs ( $P_{biomassa}$ ), waterstofprijs ( $P_{waterstof}$ ) en gasprijs ( $P_{Gasgrootgebruik}$ ) worden afgeleid uit de invoerbestanden voor kosten van energiedragers (zie 5.4). Daarbij wordt

de gasprijs samengesteld uit de prijzen voor aardgas en groengas naargelang de instelling voor het aandeel groengas in het gasnet (zie 6.6). Bij de kolenprijs wordt afzonderlijk de CO<sub>2</sub>-prijs voor kolencentrales ( $CO_2prijs_{kolen}$ ) opgeteld omdat deze prijscomponenten als afzonderlijke waarden zijn opgenomen in het prijzenbestand. De parameter  $H2factor$  voor STEG-bronnen kan door de modelgebruiker worden opgegeven (zie 6.6) om aan te geven welk percentage van het energieverbruik in STEG-centrales (alsmede de brontypes “gasturbine” en “conventioneel”) met waterstof wordt ingevuld in de toekomst. Voor afvalverwerkingsinstallaties (AVI) geeft  $Efactor_{AVI}$  de verloren elektriciteitsproductie door warmteuitkoppeling. De  $Efactor_{industrie}$  staat voor de extra elektriciteitsvraag aan de bron bij industriële restwarmtebronnen. Beiden worden gegeven in gigajoule elektriciteit per gigajoule geleverde warmte. De factoren  $Rw_{Kolen}$ ,  $Rw_{BMC}$ ,  $Rw_{STEG}$ ,  $Rw_{BioWKK}$  en  $Rw_{WKK}$  geven voor de respectievelijke brontypen kolencentrale, biomassacentrale, STEG-centrale, Bio-WKK of gasgestookte WKK het aandeel van de verbruikte energie dat wordt toegerekend aan warmteproductie. De waarden van deze parameters zijn te vinden in Bijlage A.5.

### 7.2.1.2 Onderhoud en beheer

Onderhoud- en beheerkosten in warmtenetten worden berekend op basis van kengetallen in de vorm van percentages van de initiële investeringskosten. Deze percentages zijn specifiek opgegeven per onderdeel van het warmtenet. Niet alle onderdelen komen voor in elk type warmtenet (bijvoorbeeld gasgestookte hulpketels of collectieve warmtepompen). Op hoofdlijnen kunnen deze componenten worden opgedeeld in inpandig, wijkdistributie, transport, opwekking en leverancier.

De jaarlijkse onderhoudskosten voor inpandige onderdelen van warmtenetten ( $Kj_{idoH}$ ) bestaan uit onderhoudskosten aan inpandige onderstations, distributieleidingen binnen gebouwen en eventueel inpandige opwekkingsinstallaties indien vereist. Bij onderstations wordt een onderscheid gemaakt tussen inpandige onderstations (bij utiliteit en glastuinbouw) en onderstations die deel uitmaken van de wijkdistributie (bij woningen). De onderhoudskosten  $Kj_{idosoh}$  voor inpandige onderstations worden berekend op basis van de investeringskosten  $Ki_{idos}$ . De onderhoudskosten voor inpandige distributieleidingen  $Kj_{idDistOH}$  zijn afhankelijk van de investeringskosten voor inpandige distributie  $Ki_{idDist}$ . Bij utiliteit en glastuinbouw vallen onder inpandige systemen ook de aangepaste warmtemeters en in het geval van glastuinbouw ook de CO<sub>2</sub>-installatie. Deze aanvullende inpandige installaties hebben onderhoudskosten  $Kj_{idDistOH}$ , berekend op basis van de investeringskosten  $Ki_{idCO2Inst}$  (voor CO<sub>2</sub>-installaties) en  $Ki_{idWmtr}$  (voor warmtemeters). Indien aanwezig worden voor inpandige opwekkingsinstallaties ook onderhoudskosten ( $Kj_{idLooh}$ ) in rekening gebracht op basis van investeringskosten  $Ki_{idLO}$ . Bij warmtenetten op basis van LT-bronnen wordt rekening gehouden met een daling in de onderhoudskosten voor inpandige opwekkingsinstallaties volgens leercurve “OenM”, zie 5.2.1.3. De jaarlijkse inpandige onderhoudskosten  $Kj_{idoH}$  worden berekend als:

$$Kj_{idoH} = Kj_{idosoh} + Kj_{idDistOH} + Kj_{idLooh} + Kj_{idInstOH}$$

$$Kj_{idosoh} = Ki_{idos} \cdot R_{sonderhoud}$$

$$Kj_{idDistOH} = Ki_{idDist} \cdot R_{secOnderhoud}$$

$$Kj_{idLooh} = Ki_{idLO} \cdot R_{idOnderhoud}$$

$$Kj_{idInstOH} = (Ki_{idCO2Inst} + Ki_{idWmtr}) \cdot R_{instOnderhoud}$$

Waarin:

De factoren  $R_{xonderhoud}$  de onderhoudspercentages zijn van component x als jaarlijks percentage van het initiële investeringsbedrag. Voor de waarden van deze parameters, zie Bijlage A.3. De investeringsbedragen  $Ki_{idos}$ ,  $Ki_{idDist}$ ,  $Ki_{idLO}$ ,  $Ki_{idCO2Inst}$  en  $Ki_{idWmtr}$  zijn berekend volgens de methode gegeven in 7.2.2.6.

De jaarlijkse onderhoudskosten voor wijkdistributie ( $Kj_{wdOH}$ ) bestaan uit onderhoudskosten aan distributienetten, onderstations, warmteoverdrachtstations en collectieve warmtepompen. De onderhoudskosten voor distributienetten  $Kj_{wdDistOH}$  worden berekend aan de hand van de investeringskosten  $Ki_{wdDist}$  (aansluitleidingen, hoofdleidingen en zijleidingen). Bij warmtenetten op basis van LT-bronnen wordt rekening gehouden met een daling in de onderhoudskosten voor distributienetten volgens leercurve “OenM”, zie 5.2.1.3. Voor warmtenetten die gebruik maken van MT-bronnen wordt er verondersteld dat als onderdeel van het warmtenet een WOS met gasgestookte hulpketel wordt geplaatst. Bij warmtenetten met LT-bronnen worden deze kosten niet in rekening gebracht omdat bij deze warmtenetten wordt verondersteld dat er geen gasgestookte hulpketel in het systeem wordt opgenomen. Ook wordt er verondersteld dat dit type warmtenetten geen warmteoverdrachtstation nodig hebben. Onderhoudskosten  $Kj_{wdWOSoh}$  voor het warmteoverdrachtstation in netten met MT-bronnen worden berekend aan de hand van de investeringskosten voor het overdracht station ( $Ki_{WOS}$ ). Bij onderstations wordt een onderscheid gemaakt tussen inpandige onderstations (bij utiliteit en glastuinbouw) en onderstations die deel uitmaken van de wijkdistributie (bij woningen). De onderhoudskosten voor deze onderstations  $Kj_{wdosoh}$

(wijkdistributie) worden berekend aan de hand van de investeringskosten  $Ki_{wdOS}$ . Indien er in de netconfiguratie een collectieve warmtepomp wordt opgenomen gelden daarvoor de jaarlijkse onderhoudskosten  $Kj_{wdEWpoh}$ , afgeleid van de investeringskosten  $Ki_{wdEWP}$ . De onderhoudskosten voor wijkdistributie  $Kj_{wdOH}$  worden berekend als:

$$Kj_{wdOH} = Kj_{wdDistOH} + Kj_{wdWOSoh} + Kj_{wdosoh} + Kj_{wdEWpoh}$$

$$Kj_{wdDistOH} = Ki_{wdDist} \cdot R_{wdOnderhoud}$$

$$Kj_{wdWOSoh} = Ki_{wos} \cdot R_{wosOnderhoud}$$

$$Kj_{wdosoh} = Ki_{wdOS} \cdot R_{osOnderhoud}$$

$$Kj_{wdEWpoh} = Ki_{wdEWP} \cdot R_{wpCollOnderhoud}$$

Waarin:

De factoren  $R_{Xonderhoud}$  de onderhoudspercentages zijn van component x als jaarlijks percentage van het initiële investeringsbedrag. Voor de waarden van deze parameters, zie Bijlage A.3. De investeringsbedragen  $Ki_{wdDist}$ ,  $Ki_{wos}$ ,  $Ki_{wdOS}$  en  $Ki_{wdEWP}$  zijn berekend volgens de methode zoals gegeven in 7.2.2.5.

Voor transportleidingen worden de onderhoudskosten  $Kj_{ptoH}$  berekend als vast jaarlijks percentage van de initiële investeringskosten in primair transport  $Ki_{pt}$ . Deze kostenpost is alleen van toepassing bij warmtenetten gevoed vanuit bestaande MT-puntbronnen. Deze kostenpost wordt berekend als:

$$Kj_{ptoH} = Ki_{pt} \cdot R_{ptoOnderhoud}$$

Waarin:

De factor  $R_{ptoOnderhoud}$  het onderhoudspercentage is van primaire transportleidingen als jaarlijks percentage van het initiële investeringsbedrag. Voor de waarde van deze parameter, zie Bijlage A.3. Het investeringsbedrag  $Ki_{pt}$  is berekend volgens de methode zoals gegeven in 7.2.2.4.

Voor de onderhoudskosten  $Kj_{owOH}$  van primaire bronnen (opwekking) wordt uitgegaan van het investeringsbedrag  $Ki_{ow}$  en wordt een jaarlijks percentage toegepast op basis van het type bron. Voor WKO en TEO geldt een andere parameter dan voor andere typen opwekking. Op de onderhoudspercentages voor primaire bronnen is een toekomstige kostendaling van toepassing volgens leercurve "OenM", zie 5.2.1.3. De onderhoudskosten voor primaire bronnen worden daarmee berekend als:

$$Kj_{owOH(\text{overig})} = Ki_{ow} \cdot R_{owOnderhoud}$$

$$Kj_{owOH(WKO)} = Ki_{owWKO} \cdot R_{WKOonderhoud}$$

$$Kj_{owOH(TEO)} = Ki_{owTEO} \cdot R_{TEOonderhoud}$$

Waarin:

De factoren  $R_{[x]Onderhoud}$  de onderhoudspercentages zijn van component x als jaarlijks percentage van het initiële investeringsbedrag. Voor de waarden van deze parameters, zie Bijlage A.3. De investeringsbedragen  $Ki_{ow}$ ,  $Ki_{owWKO}$  of  $Ki_{owTEO}$  zijn berekend volgens de methode zoals gegeven in 7.2.2.3.

Naast de onderhoudskosten worden er ook administratiekosten (beheer) gerekend over een select aantal componenten van het warmnet. Dit geldt voor inpandige administratiekosten  $Kj_{idAdm}$  voor CO<sub>2</sub>-installaties bij glastuinbouw en warmtemeters bij glastuinbouw en utiliteit. Over alle primaire bronnen (inclusief WKO en TEO) worden administratiekosten  $Kj_{owAdm}$  gerekend. Voor wijkdistributie worden alleen administratiekosten  $Kj_{wdAdm}$  gerekend over een eventuele collectieve warmtepomp. Voor de warmteleverancier worden administratiekosten gerekend voor de afhandeling van de administratieve kanten van warmtelevering zoals facturering van afnemers. Deze worden bepaald als percentage van het jaarlijks ontvangen vastrecht  $Oj_{vastrecht}$ . Tezamen worden de totale administratiekosten (beheerskosten) berekend als:

$$Kj_{admin} = Kj_{idAdm} + Kj_{owAdm} + Kj_{wdAdm} + Kj_{lvAdm}$$

$$Kj_{idAdm} = (Ki_{idCO2inst} + Ki_{idWmtr}) \cdot R_{instAdmin}$$

$$Kj_{owAdm} = Ki_{ow} \cdot R_{owAdmin}$$

$$Kj_{wdAdm} = Ki_{wdWpColl} \cdot R_{wpCollAdmin}$$

$$Kj_{lvAdm} = Oj_{vastrecht} \cdot R_{lvAdmin}$$

Waarin:

De factoren  $R_{[x]Admin}$  de administratiepercentages zijn van component x als jaarlijks percentage van het initiële investeringsbedrag. De initiële investering in primaire bronnen  $Ki_{ow}$  is berekend volgens de methode zoals gegeven in 7.2.2.3. De initiële investering in collectieve warmtepompen  $Ki_{wdWpColl}$  is berekend volgens de methode zoals gegeven in 7.2.2.5. De investeringsbedragen voor CO<sub>2</sub>-installaties  $Ki_{idCO2Inst}$  en warmtemeters  $Ki_{idWmtr}$  zijn berekend volgens de methode gegeven in 7.2.2.6. De jaarlijkse opbrengsten uit vastrecht zijn berekend volgens de methode gegeven in 7.2.3.2.

### 7.2.1.3 Energiekosten

Bij warmtenetten wordt energie verbruikt om warmte en koude te produceren, op te waarderen, of te vervoeren. Afhankelijk van het type warmtenet wordt er energie verbruikt aan de primaire bron, in een secundaire hulpinstallatie, of binnen het gebouw. Als warmte binnen het gebouw wordt geproduceerd wordt er geen leidingverlies over gerekend, als warmte aan de bron of in een hulpinstallatie wordt geproduceerd wordt er rekening gehouden met leidingverliezen waardoor er meer geproduceerd moet worden om aan het einde van de leiding aan de vraag te kunnen voldoen.

Als er warmte op 70 graden Celsius wordt geleverd aan de gebouwen is er op gebouwniveau geen aanvullende energievraag voor warmte (ingevoerd met elektriciteit in  $V_{idElek}$ ) en dus ook geen aanvullende kosten ( $Kj_{idElek}$ ). Als de aflevertemperatuur ( $T_{sec}$ ) onder de 70 graden Celsius ligt moet er in de meeste gebouwen worden opgewaardeerd. In dat geval is er sprake van een aandeel eigen opwekking ( $AEO$ ) waarin met een boosterwarmtepomp of combiwarmtepomp wordt voorzien. Voor koude wordt er nooit een aandeel eigen opwekking ingerekend, voor warm tapwater en ruimteverwarming kan dit wel het geval zijn. Bij tapwater wordt er vanuit gegaan dat bij alle afleverniveaus onder de 55 graden Celsius lokaal een deel moet worden opgewaardeerd om gezondheidsredenen en als de temperatuur onder de 35 graden komt wordt een groter aandeel gerekend. Voor ruimteverwarming is het aandeel eigen opwekking zowel afhankelijk van de aflevertemperatuur als van de isolatiegraad van het gebouw. Hierbij zijn de gebouwen ingedeeld in drie categorieën: Label A+, Label B, en Label C/D/E. Hoe beter het label hoe kleiner het aandeel eigen opwekking. Zie Bijlage .5A voor de waarden van deze parameters. De kosten van elektriciteitsgebruik  $Kj_{idElek}$  en jaarlijkse elektriciteitsvraag voor eigen opwekking in warmtenetten met lage aflevertemperaturen ( $V_{idElek}$ ) worden per verblijfsobject berekend als:

$$Kj_{idElek} = P_{elek} \cdot \left( V_{RV} \cdot \frac{AEO_{RV}}{SPF_{idRV}} + V_{TW} \cdot \frac{AEO_{TW}}{SPF_{idTW}} \right)$$

Waarin:

De elektriciteitsprijs  $P_{elek}$  afhankelijk is van de gebruiksklasse van het verblijfsobject. Hierin wordt gekeken naar de vraag naar elektriciteit van het object inclusief verbruik voor andere doeleinden zoals koeling of verlichting. Tevens wordt ook parallel een berekening gedaan met de maatschappelijke kosten van elektriciteitsverbruik, resulterend in een vergelijkbare post  $Km_{idElek}$ . Verder zijn  $V_{RV}$  en  $V_{TW}$  de functionele vragen naar respectievelijk ruimteverwarming en warm tapwater. Deze zijn eerder bepaald op objectniveau (zie 7.1.1).  $AEO_{RV}$  en  $AEO_{TW}$  zijn de bijbehorende aandelen eigen opwekking zoals hierboven is beschreven.  $SPF_{idTW}$  en  $SPF_{idRV}$  representeren de efficiency waarmee elektriciteit in warmte wordt omgezet in de gebouwinstallatie. Deze zijn afhankelijk van de aflevertemperatuur en voor ruimteverwarming ook van de isolatiegraad. Zie Bijlage A.5 voor de waarden van deze parameters.

In een warmtenet kan ook elektriciteit worden gebruikt in het distributienet ( $V_{wdElek}$ ). Dit gebeurt in de vorm van distributiepompen en indien nodig ook in collectieve warmtepompen die het temperatuurniveau verhogen tot de gewenste aflevertemperatuur. Indien de brontemperatuur al gelijk aan of hoger dan de gewenste aflevertemperatuur is dan is er geen collectieve warmtepomp nodig. In netten met koudelevering wordt ook elektriciteitsvraag berekend voor het distribueren en eventueel ook opwekken van koude. De elektriciteitsvraag en de jaarlijkse kosten ( $Kj_{wdElek}$ ) die daaruit voorkomen worden berekend als:

$$Kj_{wdElek} = P_{elek} \cdot \left( (V_{Wsec} + V_{Ksec}) \cdot R_{Pompenergie} + \frac{V_{Wsec}}{SPF_{collW}} + \frac{V_{Ksec}}{SPF_{collK}} \right)$$

$$V_{Wsec} = \frac{V_{RV} \cdot (1 - AEO_{RV}) + V_{TW} \cdot (1 - AEO_{TW})}{1 - \text{Leidingverliesfactor}}$$

$$V_{Ksec} = \frac{V_K}{1 - \text{Leidingverliesfactor}}$$

Waarin:

Bij het vaststellen van de elektriciteitskosten wordt uitgegaan van de gebruikersklasse met het grootste verbruik.  $R_{Pompenergie}$  is de benodigde elektriciteit per eenheid getransporteerde warmte in gigajoule elektriciteit per gigajoule warmte.  $SPF_{collW}$  en  $SPF_{collK}$  geven de efficiency van een collectieve warmtepomp voor respectievelijk warmte- en koudeproductie. Deze is afhankelijk van de brontemperatuur en de gewenste afleverttemperatuur. Zie Bijlage A.5 voor de waardes van deze parameters.  $V_{Wsec}$  en  $V_{Ksec}$  zijn de vraag naar warmte respectievelijk koude aan het secundaire net door de aangesloten gebouwen. De vraag naar warmte wordt opgebouwd uit de functionele vraag naar ruimteverwarming  $V_{RV}$  en tapwater  $V_{TW}$ , met aftrek van het aandeel eigen opwekking (zie hierboven bij  $V_{idElek}$ ). Deze worden gecorrigeerd met de *Leidingverliesfactor* om rekening te houden met volumeverliezen in het distributienet. Voor  $V_K$ , de functionele koudevraag, geldt geen aandeel eigen opwekking maar wordt wel de *Leidingverliesfactor* gehanteerd. Zie Bijlage A.5 voor de waardes van deze parameters.

Bij nieuwe bronnen van het type Geothermie, TEO en WKO wordt er aan de bron elektriciteit gebruikt om warmte te leveren aan het primaire net. Bij andere brontypen kan er in de praktijk ook elektriciteitsvraag zijn om de levering van warmte mogelijk te maken, echter is dit bij die brontypes al onderdeel van de productiekosten voor warmte (zie 7.2.1.1). De jaarlijkse kosten van elektriciteitsverbruik in Geothermie, TEO en WKO ( $Kj_{owElek}$ ) zijn afhankelijk van het gevraagde volume  $V_{owElek}$  (in gigajoule per jaar) en de elektriciteitsprijs voor grootgebruikers  $P_{elek}$  (in euro per gigajoule). De kosten en het verbruik worden berekend als:

$$Kj_{owElek} = V_{owElek} \cdot P_{elek}$$

$$V_{owElek(geothermie)} = \frac{V_{warmteprimair}}{SPF_{geothermie}}$$

$$V_{owElek(WKO)} = V_{warmteprimair} \cdot V_{elekWKO}$$

$$V_{owElek(TEO)} = V_{warmteprimair} \cdot V_{elekWKO} + (V_{warmteprimair} - V_{koudeprimair}) \cdot V_{elekTEO}$$

Waarin:

$V_{warmteprimair}$  het volume aan warmte is dat de bron jaarlijks levert aan het primaire net. Dit is inclusief leidingverliezen en met een correctie voor het aandeel op volume dat de hulpketel levert. De factor  $SPF_{geothermie}$  is de efficiency van elektriciteitsinzet bij een geothermiebron. Voor WKO staat  $V_{elekWKO}$  voor de elektriciteit die nodig is om een gigajoule warmte te leveren. Bij TEO is  $V_{elekTEO}$  de elektriciteit die nodig is om via een oppervlaktewatersysteem de onbalans in een WKO-bron te compenseren, bovenop het verbruik van de WKO zelf. Deze onbalans geeft het volume  $V_{TEO}$  dat jaarlijks aan warmte moet worden gewonnen uit het oppervlaktewater. Deze wordt berekend als het verschil tussen  $V_{warmteprimair}$  en  $V_{koudeprimair}$ .  $V_{koudeprimair}$  is hierin de jaarlijkse koudevraag aan de primaire bron inclusief leidingverliezen. Indien de koudevraag hoger dan of gelijk aan de warmtevraag is wordt  $V_{TEO}$  op nul gesteld. Zie Bijlage A.5 voor de waardes van deze parameters.

Voor bijstook in hulpketels kan er een gasvraag ( $V_{wdGAS}$ ) zijn in het distributienet. Als er een hulpketel in de warmtenetconfiguratie is opgenomen dan leidt dit tot een kostenpost voor gasinkoop  $Kj_{wdGas}$  in euro per jaar. Hierbij wordt uitgegaan van de gasprijs voor grootgebruikers  $P_{gas}$ .

$$Kj_{wdGas} = P_{gas} \cdot \frac{\sum V_{warmte} \cdot (1 - P_{vol})}{SPF_{piekketel}}$$

Waarin:

$\sum V_{warmte}$  de optelling is van de functionele warmtevraag van alle deelnemers in het afnamegebied, inclusief een correctie voor leidingverliezen. Daarbij staat  $P_{vol}$  voor het aandeel van die warmtevraag dat door de primaire bron wordt ingevuld. Welk aandeel dit is hangt af van het type bron en kan voor bestaande bronnen ook individueel zijn opgegeven (zie 5.1.5). De factor  $SPF_{piekketel}$  is de mate waarin er energie verloren gaat bij de omzetting van gas naar warmte in hulpketels. Zie Bijlage A.5 voor de waardes van deze parameters.

#### 7.2.1.4 CO<sub>2</sub> installaties Glastuinbouw

Tuinders gebruiken veelal CO<sub>2</sub> welke in de referentiesituatie vrijkomt bij het stoken op aardgas. Bij aansluiting op een warmtedistributienet wordt in de CO<sub>2</sub> voorzien door een CO<sub>2</sub>-installatie. Hiervoor wordt installatiehuur betaald en een prijs per ton CO<sub>2</sub>. Deze kosten worden geschaard onder inpandige kosten voor onderhoud en beheer.

$$K_{j_{idCO2Inst}} = V_{CO2} \cdot P_{CO2} \cdot \text{Areaal} + K_{i_{huurCO2Inst}} \cdot \text{Areaal}$$

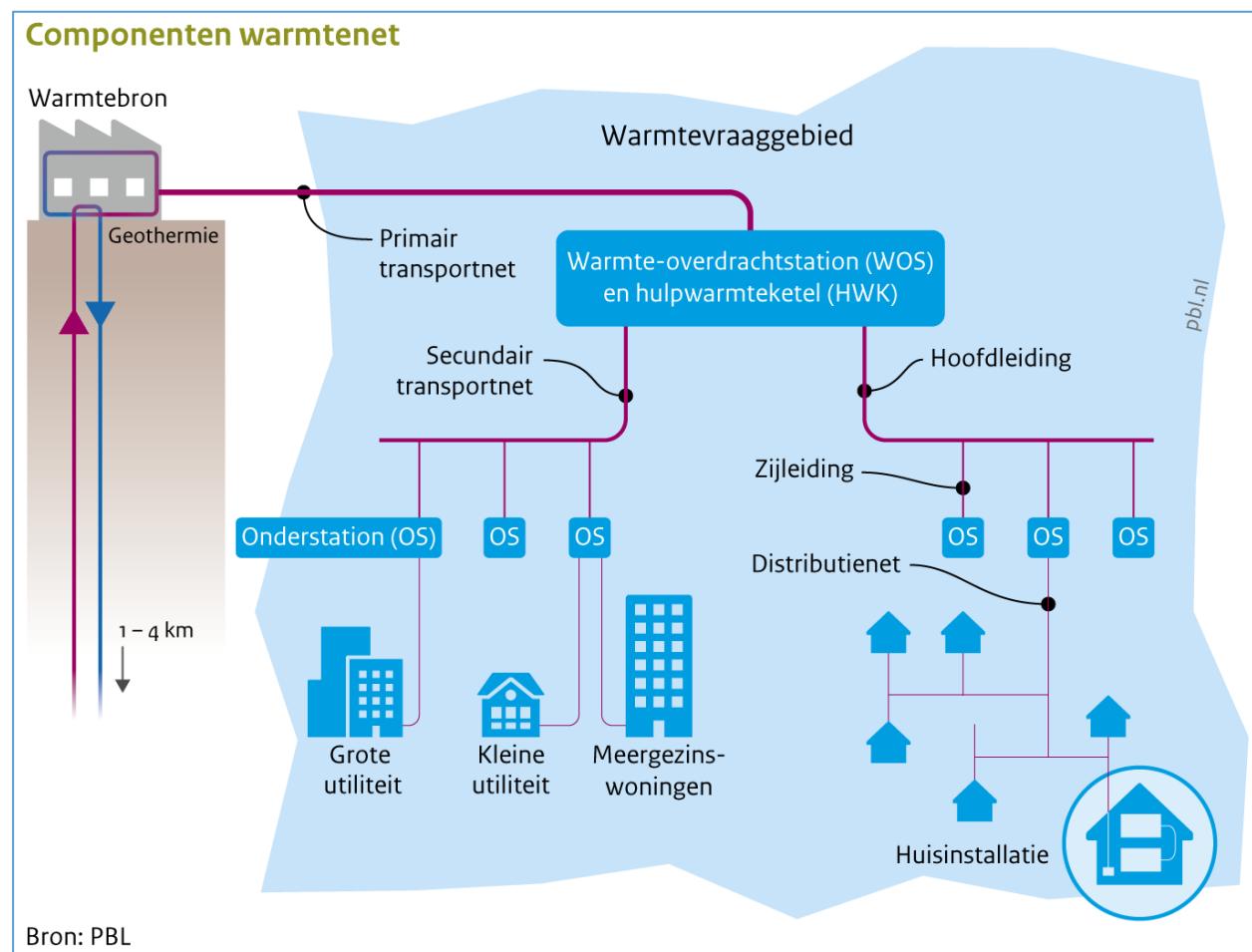
Waarin:

$V_{CO2}$  de jaarlijkse vraag naar CO<sub>2</sub> per hectare *Areaal* is in tonnen. *Areaal* is het oppervlak van het glastuinbouwbedrijf in hectare.  $P_{CO2}$  staat voor de kosten voor inkoop van een ton CO<sub>2</sub>. De jaarlijkse huur in euro per jaar voor de installatie is gegeven in  $K_{i_{huurCO2Inst}}$ . De waarden en bronnen van deze parameters zijn te vinden in Bijlage A tabel A.2. Over  $K_{i_{huurCO2Inst}}$  worden afzonderlijk nog onderhoudskosten  $K_{j_{idInstOnderhoud}}$  gerekend met onderhoudspercentage  $R_{InstOnderhoud}$  en administratiekosten  $K_{i_{idInstAdm}}$  met administratiepercentage  $R_{InstAdmin}$  (zie Bijlage A.3).

### 7.2.2 Investeringskosten warmtenetten

De investeringskosten van warmtenetten zijn eenmalige kosten voor de aanleg van nieuwe infrastructuur om warmte te vervoeren, primaire warmtebronnen die aangelegd of uitgekoppeld worden, en aanvullende installaties zoals onder andere warmtewisselaars, overdracht stations, hulpketels en afleversets. Figuur 7.1 geeft een schematische weergave van welke componenten er worden opgenomen. In dit voorbeeld is uitgegaan van een warmtenet op CBS-buurt niveau dat wordt gevoed uit een MT-geothermiebron. Voor warmtenetten van een ander type kan de configuratie op onderdelen afwijken:

**FIGUUR 7.1 – COMPONENTEN VAN WARMTENETten MET MT-BRON**



Deze kosten worden onderverdeeld in vier categorieën:

#### Inpandige distributie (afkorting: id)

Hieronder vallen alle onderdelen van het warmtenet die zich binnen het pand van de afnemer bevinden. Zoals bijvoorbeeld afleversets en stijgleidingen in hoogbouw. In de praktijk kunnen deze investeringen voor rekening van de gebouweigenaar komen of voor het warmtebedrijf. Binnen Vesta wordt de inpandige distributie daarom onder een afzonderlijke actor geschaard. Indien op gebouwniveau ook aanvullende opwekkingsinstallaties nodig zijn als onderdeel van het warmtenet worden deze ook onder inpandige distributie geschaard.

#### *Wijkdistributie (afkorting: wd)*

Onder wijkdistributie vallen alle onderdelen die in de conceptualisering van dit model binnen de buurtgrenzen vallen. Het betreft met name aansluitleidingen, onderstations en distributienetten. Indien in de warmtenetconfiguratie een collectieve warmtepomp, warmteoverdrachtstation of gasgestookte hulpketel is opgenomen valt deze ook onder warmtedistributie. In de praktijk kunnen deze installaties zich fysiek buiten de buurtgrenzen bevinden en is het ook aannemelijk dat niet elke buurt afzonderlijk een eigen installatie krijgt maar eerder met meerdere omringende buurten gebruik maakt van een gezamenlijke centrale installatie.

#### *Primair transport (afkorting: pt)*

Indien de warmtebron op enige afstand van de buurt ligt wordt er een transportleiding ingerekend om warmte vanaf de bron naar het overdrachtstation in de buurt te vervoeren. Dit komt binnen Vesta MAIS alleen voor bij warmtenetten die gebruik maken van MT-puntbronnen (gebiedsoptie "Restwarmte") en warmtenetten die gebruikmaken van geothermiebronnen waarbij de aan te sluiten buurt geografisch gezien niet binnen de geothermie-potentiecontour ligt.

#### *Opwekking (afkorting: ow)*

Opwekking is een verzamelnaam voor primaire warmtebronnen. Het betreft zowel bestaande locaties waar restwarmte uitgekoppeld kan worden (MT of LT), geografisch ingeperkte bronnen (zoals geothermie en oppervlaktewater), of nieuw te bouwen installaties (zoals de gebiedsopties "Wijk-WKK" en "Bio-WKK"). Onder de investeringskosten voor opwekking vallen daarom zowel de uitkoppelkosten van bestaande locaties voor restwarmte als de investeringskosten in het realiseren van een nieuwe warmtebron, zoals bijvoorbeeld de kosten van een geothermieboring.

Omdat in ieder van deze onderdelen de kosten van aanleg van leidingen, en een inschatting van de benodigde capaciteit een grote rol spelen worden deze twee factoren eerst behandeld in 7.2.2.1 en 7.2.2.2. Vervolgens worden de genoemde vier onderdelen van warmtenetten afzonderlijk behandeld in de daarop volgende paragrafen.

##### **7.2.2.1 Kosten buisleidingen**

Voor het aanleggen van buisleidingen – warmteleidingen in de grond – wordt in Vesta MAIS gerekend met een bedrag per meter welke een functie is van de benodigde capaciteit (de diameter van de buis). Een groot deel van de kosten bestaat uit een vaste post voor het feit dat de grond moet worden geopend en dat bestrating moet worden teruggeplaatst achteraf. Er wordt geen onderscheid gemaakt in temperatuurniveaus bij het bepalen van de kosten van de aanleg. Uit gesprekken met de sector is geconcludeerd dat hoewel er voor verschillende temperaturen verschillende typen leidingen met bepaalde isolatieniveaus worden gebruikt, dit in de praktijk geen relevant verschil in de kosten meebrengt. De formule voor buisleidingen kent een bovengrens en een ondergrens. Deels is dit een indicatie van inherente onzekerheid over individuele projecten en mogelijke complicaties per situatie, maar met name wordt deze bandbreedte bepaald door het type bestrating dat moet worden geopend en teruggeplaatst. Hierbij zijn geasfalteerde wegen (gesloten bestrating) veruit het duurste type en zijn buizen langs weilanden, of onder open bestrating als klinkers relatief goedkoop. Deze kosten kunnen worden geschaald naar wens met de knop *VerbeterMinMaxSchuif*, zie daarvoor hoofdstuk 6.5. Andere factoren kunnen van invloed zijn op de kosten maar worden niet meegenomen omdat openbare informatie over de lokale omstandigheden ontbreekt. Dit zijn bijvoorbeeld factoren zoals overvolle ondergronden met meerdere infrastructuren in oude steden, of mogelijke bodemverontreiniging waardoor meer veiligheidsmaatregelen nodig zijn. De formules voor de ondergrens en bovengrens zijn hier gegeven, default wordt de middenwaarde gehanteerd.

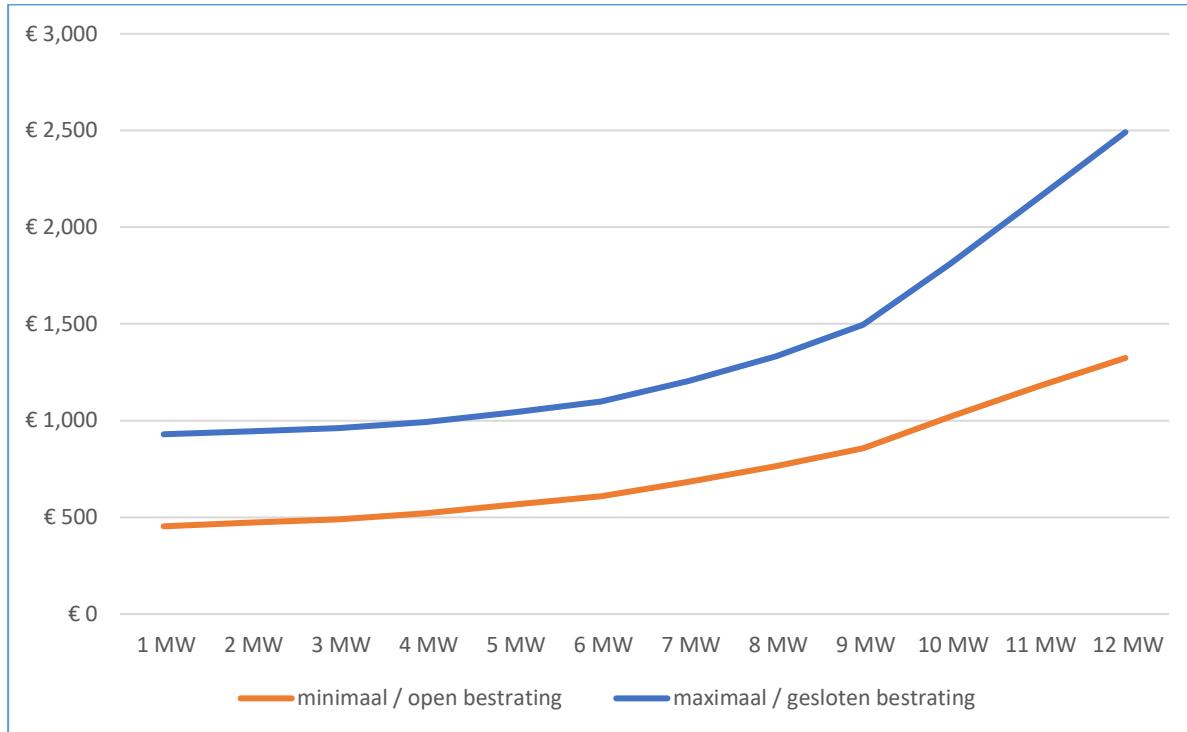
$$K_{buis(min)} = 400 + 210 \cdot P_{sec}^{0.5}$$

$$K_{buis(max)} = 800 + 200 \cdot P_{sec}^{0.6}$$

Waarin:

$P_{sec}$  de benodigde capaciteit in MW is. Deze kentallen zijn opgesteld in samenwerking met RVO op basis van de input van adviesbureaus en warmtebedrijven in de validatiesessies Startanalyse in april 2019.

**FIGUUR 7.2 – KOSTENCURVE WARMTELEIDINGEN (KOSTEN PER METER BUISLEIDING)**



### 7.2.2.2 Vermogensvraag secundair

De capaciteitsvraag secundair is de totale capaciteit waarop het secundaire net moet worden gedimensioneerd. In het secundaire net zitten meerdere afnemers die elk een eigen piekvraag hebben, afhankelijk van de grootte van het gebouw en het type aansluiting. Ook de bronnen en transportleidingen worden hierop gedimensioneerd omdat ze die capaciteit moeten leveren. Er wordt groter gedimensioneerd om te compenseren voor verliezen in de leidingen. Deze  $P_{sec}$  wordt voor elk object individueel bepaald en vervolgens gesommeerd tot het totaal van het vraaggebied. De gelijktijdigheidsfactoren zijn zo bepaald dat ze geldig zijn bij minimaal 50 woning-equivalenten. Het is aannemelijk dat bij lagere aantallen aansluitingen de gelijktijdigheidsfactoren in de praktijk hoger zijn.

$$P_{sec} = \frac{ASW \cdot GTF}{1 - CapaciteitsVerlies}$$

Waarin:

De aansluitwaarde  $ASW$  de piekvraag op individueel niveau is en  $GTF$  een percentage voor hoeveel van de som van de individuele piekvraag gelijktijdig ingevuld moet kunnen worden.  $CapaciteitsVerlies$  is een factor voor hoeverre het netwerk daarbij moeten worden overgedimensioneerd om te compenseren voor leidingverliezen. Voor de waarden van deze parameters zie Bijlagen A.5 en A.7.

### 7.2.2.3 Primaire bronnen

Primaire bronnen worden behandeld als los component buiten de wijkdistributie en de transportleiding. Bij veel warmtenetten liggen deze component ook fysiek buiten de buurt, maar er kan ook een warmtebron binnen het vraaggebied liggen (in dat geval is er geen transportleiding nodig). Deze kosten  $Ki_{ow}$  bestaan uit investeringen voor het in gebruik nemen van de bron, eventueel het aanleggen van een buffer of seizoensopslag, en eventueel ook een regeneratiemechanisme. Het in gebruik nemen van de bron kan betekenen dat een bestaande warmtebron wordt uitgekoppeld voor gebruik van restwarmte, maar het kan ook betekenen dat er een nieuwe bron wordt gerealiseerd, bijvoorbeeld een WKK of een WKO. De realisatie van de primaire warmtebron brengt kosten met zich mee die kunnen variëren van zeer laag bij benutting van bestaande restwarmte tot zeer hoog bij bijvoorbeeld geothermie. Deze heeft een variabel deel afhankelijk van de benodigde capaciteit en eventueel komt er nog een vast deel bovenop. Deze kosten worden berekend als:

$$Ki_{owUitkoppel} = P_{sec} \cdot P_{cap} \cdot Ki_{KW} + Ki_{owVast} + Ki_{owBuffer} + Ki_{owBrondist}$$

Waarin:

$P_{sec}$  de totale gelijktijdige capaciteitsvraag van het vraaggebied is (zie 7.2.2.2). Variabele  $P_{cap}$  · geeft aan hoeveel capaciteit een bron (als aandeel van de totale vraag  $P_{sec}$ ) moet hebben om aan een gebied te kunnen leveren. Doorgaans is de broncapaciteit lager dan de totale piekbelasting van het secundaire netwerk. Door middel van hulpinstallaties kunnen deze incidentele pieken worden opgevangen, bijvoorbeeld door een gasketel in het warmteoverdrachtstation. Hierdoor kan een groter aantal gebouwen op dezelfde primaire bron worden aangesloten en kan deze efficiënter worden ingezet doordat deze gelijkmatiger wordt benut als het alleen de basislast draagt en niet ook de pieklast. Bijvoorbeeld, bij een  $P_{cap}$  van 0.3 wordt de primaire bron geschaald op 30% van de benodigde piekvraag en zal bij hogere vraag een back-up voorziening worden ingeschakeld.  $Ki_{KW}$  is een bedrag per kilowatt voor de kosten die gemaakt moeten worden om een primaire bron te realiseren of uit te koppelen. De kosten van uitkoppeling verschillen per bron. Het is mogelijk  $Ki_{KW}$  in een invoerbestand (5.1.5) per bron specifiek op te geven. Overal waar dat niet is opgegeven wordt teruggevallen op een default waarde per brontype.

Warmtebuffers (kosten  $Ki_{owBuffer}$ ) worden alleen ingezet bij LT-gebiedsmaatregelen met bestaande warmtebronnen. Bij WKO-systeem (ook TEO) is de WKO zelf al een opslag en bij MT-gebiedsmaatregelen wordt de primaire bron geacht zo goed als doorlopend beschikbaar te zijn (of regelbaar) en kan de piekkel te bijspringen als er gedurende een korte periode meer vraag is dan aanbod. Bij bestaande LT-puntbronnen is wel een buffer nodig. Dit is middentemperatuur warmteopslag om discrepanties tussen vraag- en aanbodprofielen te kunnen overbruggen. In de volgorde van modelberekeningen wordt eerst een bedrag per aansluiting  $Ki_{buffer}$  gerekend dat optelt tot een totaalbedrag voor het totale vraaggebied. Er geldt een minimumbedrag  $Ki_{owBufferMIN}$  voor elk vraaggebied. Als door een klein aantal aansluitingen dat bedrag in eerste instantie niet wordt bereikt wordt  $Ki_{owBuffer}$  verhoogd tot aan  $Ki_{owBufferMIN}$ . Bij LT-gebiedsopties met bestaande warmtebronnen kan ook een  $Ki_{owBrondist}$  in rekening worden gebracht voor het aanenkoppelen van meerdere (kleine) warmtebronnen. Deze leiding om de bronnen te verbinden wordt berekend uit de lengte die nodig is maal een bedrag per meter, berekend op basis van de formule voor leidingkosten (zie 7.2.2.1) en wordt geschaald op de totale secundaire warmtevraag  $P_{sec}$  (zie 7.2.2.2). De benodigde lengte is de geografische afstand tussen de warmtebronnen hemelsbreed vermenigvuldigd met een omwegfactor (OWF, zie Bijlage A.2) omdat een leiding doorgaans niet hemelsbreed recht aangelegd kan worden.

$Ki_{owVast}$  is voor de meeste brontypes nul, maar een klein aantal warmtebrontypes (waaronder WKO) heeft een vast startbedrag. Bij WKO wordt er bovenop het variabele deel een vast startbedrag gerekend voor het aanleggen van het WKO-systeem. Bij TEO komt daar weer bovenop nog een vast bedrag voor het aanleggen van de TEO-installatie bij naastgelegen oppervlaktewater. Ook wordt er in dat geval een leiding gerekend tussen het oppervlaktewater en het vraaggebied met variabele lengte afhankelijk van de locatie van het vraaggebied. Voor deze leiding wordt op dezelfde wijze de euro per meter bepaald als voor andere leidingen (zie 7.2.2.1). Bij WKO en TEO valt ook het regeneratiemechanisme onder  $Ki_{owUitkoppel}$ . Bij TEO is dit een op zichzelf staande installatie, niet noodzakelijk op dezelfde locatie van de bron. Met een pomp wordt in de zomer warm oppervlaktewater in de grondlaag gepompt zodat die opwarmt en die warmte kan worden onttrokken in de winter. De kosten hiervoor volgen dezelfde systematiek, met een bedrag per KW en een vast startbedrag. Bij WKO wordt er rekening gehouden met een droge koeler als regeneratiemechanisme, waarvan de kosten worden bepaald als 10% van de totale investeringskosten (vast plus variabel deel) van het realiseren van de WKO bron, opgeteld bij  $Ki_{owUitkoppel}$ .

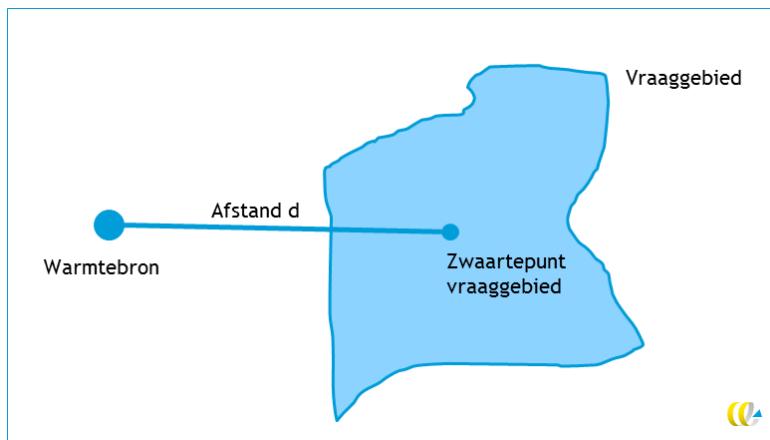
De dimensionering van de TEO-installatie wordt afgeleid van de benodigde jaarlijkse volumes. Er wordt aangenomen dat het oppervlaktewater jaarlijks gemiddeld 2,000 vollasturen kan worden gebruikt voor regeneratie, omdat in die periode de watertemperatuur voldoende hoog is. De installatie wordt zodanig ingeschaald dat binnen die vollasturen het benodigde volume aan warmte kan worden onttrokken. Voor deze omrekenfactor en de waarden van andere genoemde parameters zie Bijlage A.6.

#### 7.2.2.4 Transportleidingen

Het primaire net is de verbinding die nodig is om een warmtebron te verbinden met het vraaggebied. Het gaat hierbij om een leidingtracé dat zorgt dat de warmte wordt getransporteerd van de warmtebron naar het vraaggebied en niet om de verdeling van de warmte binnen het vraaggebied. Dit laatste wordt gedaan binnen de distributie. De kosten voor het primaire net worden berekend door de lengte (afstand d) vast te stellen vanaf de warmtebron naar het zwaartepunt van het vraaggebied, zoals weergegeven in Figuur 7.2. Vervolgens wordt berekend op hoeveel vermogen de leiding moet worden gedimensioneerd en dit vertaalt zich in de kosten per meter primair net, verder toegelicht in 7.2.2.2 (vermogensvraag) en 7.2.2.1 (kosten leidingen). Deze kosten worden vervolgens vermenigvuldigd met de omwegfactor (OWF, zie Bijlage A.2) omdat een leiding doorgaans niet

hemelsbreed recht aangelegd kan worden. Dit levert de totale investeringskosten op om de warmtebron te verbinden met het vraaggebied.

**FIGUUR 7.2 – SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN BESTAANDE WARMTEBRON EN VRAAGGEBIED BRON: CE DELFT**



Transportleidingen komen alleen voor bij gebiedsopties waarbij de bron buiten het vraaggebied ligt. Dit kunnen middentemperatuur-restwarmte bronnen zijn. Het kan ook gaan om warmtenetten die worden gevoed uit geothermie waarbij het vraaggebied geografisch gezien buiten de geothermie-potentiecontour ligt (zie voor potentiecontour 5.1.5). In dat geval wordt een leiding ingetekend vanaf het zwaartepunt van het vraaggebied naar de rand van de dichtstbijzijnde potentiecontour.

#### 7.2.2.5 Wijkdistributienet

De lengte van het wijkdistributienet geeft aan hoeveel meter buis er in de grond moet worden gelegd om een afnamegebied van warmte te kunnen voorzien. Dit loopt vanaf het warmteoverdrachtstation (direct bij de bron in de buurt, of het aansluitpunt van de transportleiding) tot aan de gevels van alle afnemers in het gebied. Hierbij worden twee methodes gehanteerd: de buurtmethode en de clustermethode.

Gebiedsopties die worden uitgelegd over een volledige planregio (zie 4.2.1) volgen de buurtmethode. Hierin wordt een volledige CBS buurt aangehouden als afnamegebied en wordt gebruik gemaakt van de buislengtes die door Greenvis zijn aangeleverd op basis van het wegennet (zie 5.1.6). In de buurtmethode worden afzonderlijk de kosten van aansluiteidingen (gevel tot midden van de straat) berekend en de kosten van het distributienet (vanaf aansluiteiding tot het warmteoverdrachtstation). Voor de kosten van de aansluiteidingen per verblijfsobject  $Ki_{wdAansl}$  geldt:

$$Ki_{wdAansl} = L_{aansl} \cdot K_{aanslM} \cdot \text{pandaandeel}$$

Waarin:

$L_{aansl}$  de gemiddelde aansluitlengte per pand in de gegeven buurt is volgens invoerdata (zie 5.1.6). Dit is in heel Nederland gemiddeld ongeveer 12 meter met de huidige dataset. Dit dekt de leiding vanaf de gevel naar het midden van de breedte van de dichtstbijzijnde straat. Deze worden per verblijfsobject bepaald en vervolgens opgeteld naar de buurt. Omdat aansluiteidingen per pand worden aangelegd en niet per verblijfsobject (meerdere verblijfsobjecten in bijv. gestapelde bouw delen samen één aansluiteiding) wordt dit vermenigvuldigd met het pandaandeel. Het *pandaandeel* geeft aan hoeveel verblijfsobjecten er zitten in het pand. Is het *pandaandeel* van een verblijfsobject bijvoorbeeld 0.1, dan deelt het de aansluiteiding met 9 andere verblijfsobjecten in hetzelfde pand.  $K_{aanslM}$  zijn de kosten van een meter leiding, op basis van het gevraagde vermogen berekend met de formule voor buisleidingkosten (zie 7.2.2.1.). Het gevraagde vermogen is de aansluitwaarde van het object in kW, niet gecorrigeerd voor gelijktijdigheid. Voor het kosten van de rest van het distributienet  $Ki_{wdDist}$  geldt:

$$Ki_{wdDist} = L_{hoofleidingnet} \cdot K_{distM}$$

Waarin:

$L_{hoofleidingnet}$  de totale distributielengte in de gegeven buurt is, volgens de invoerdata (zie 5.1.6). Dit dekt alle extra leidingen in de buurt vanaf het einde van de aansluiteiding tot aan het warmteoverdrachtstation.  $K_{distM}$  zijn de kosten van een meter leiding, op basis van het gevraagde vermogen van alle vbo's in de buurt, rekening houdende met gelijktijdigheid. Zie voor de berekening van het benodigde vermogen 7.2.2.2.

Gebiedsopties die worden uitgelegd over een dynamisch gegenereerde vraagcluster (zie 4.2.1) volgen de clustermethode. Hierin wordt een groep verblijfsobjecten aangehouden als afnamegebied, die elke run opnieuw worden bepaald en kunnen verschillen afhankelijk van onder andere de gebouweigenschappen, isolatieniveaus, en kostenindicaties. Er kan daarom niet direct gebruik worden gemaakt van de ingevoerde buislengte op basis van het wegennet. In de clustermethode worden afzonderlijk de kosten van aansluiteidingen (gevel tot midden van de breedte van de straat) berekend en dit gebeurt op dezelfde wijze als in de buurtmethode ( $Ki_{wdAansl}$ ). De kosten van de rest van het distributienet worden steeds opnieuw berekend en worden daarvoor onderverdeeld in drie componenten: 1) Leidingen om de aansluiteidingen te verzamelen tot aan gemeenschappelijke onderstation, 2) zijleidingen die de onderstations onderling met elkaar verbinden, en 3) hoofdleidingen die de zijleidingen verbinden tot aan een centraal punt bij het warmteoverdrachtstation. De kosten van onderstation-leidingen  $Ki_{wdPandOS}$ , de zijleidingen  $Ki_{wdZij}$  en de hoofdleidingen  $Ki_{wdHoofd}$  worden berekend als:

$$Ki_{wdPandOS} = \Sigma(K_{distPandOS} \cdot \text{pandaandeel})$$

$$Ki_{wdZij} = OWF \cdot nrOS \cdot 0.5 \cdot 0.25 \cdot \sqrt{2} \cdot \text{AreaProxy} \cdot K_{distM}$$

$$Ki_{wdHoofd} = OWF \cdot \sqrt{2} \cdot \text{AreaProxy} \cdot K_{distM}$$

Waarin:

*pandaandeel* net als in de buurtmethode beschrijft hoeveel verblijfsobjecten er gezamenlijk op een aansluiteiding zitten.  $K_{distPandOS}$  is daarbij een vast bedrag per pand (per aansluiteiding) aan kosten om de aansluiteidingen te verzamelen bij onderstations. Deze worden opgeteld tot een totaal voor het afnamegebied. Voor utiliteit is  $K_{distPandOS}$  standaard nul, omdat er wordt aangenomen dat bij utiliteit de onderstations direct in of bij het bedrijfsgebouw worden geplaatst waardoor de aansluiteiding er direct op kan aansluiten.  $K_{distM}$  zijn de kosten van een meter leiding, op basis van het gevraagde vermogen van alle vbo's in de buurt, rekening houdende met gelijktijdigheid. De *OWF* staat voor de omwegfactor. Dit is een correctiefactor voor het feit dat leidingen doorgaans niet hemelsbreed kunnen worden aangelegd maar om obstakels heen moeten worden geleid. Deze factor is een aanname voor de gemiddelde extra buislengte die dat met zich meebrengt. *nrOS* staat voor het aantal onderstations in de buurt. Het aantal onderstations wordt bepaald door de totale vermogensvraag van de buurt (zie 7.2.2.2) te delen door het gemiddelde vermogen van een onderstation  $P_{OS}$  (zie Bijlage A.2). *AreaProxy* is een inschatting van het totale grondoppervlak dat het afnamegebied bedekt en wordt bepaald op basis van de groep verblijfsobjecten die moeten worden aangesloten. Dit gebeurt met een GIS-analyse waarmee bij benadering een ellips getrokken wordt door de afnemers die het verstuif van de bron afliegen (bij clusters rond een bestaande warmtebron) of die het verstuif van het middelpunt van de cluster afliegen (bij clusters zonder bestaande warmtebron, zoals TEO of WKO). Het oppervlakte van deze ellips wordt gebruikt als proxy voor het grondoppervlak van het afnamegebied. Voor de waarden van deze parameters en bronvermelding zie Bijlage A.2.

Bij gebiedsopties met clustermethode waar ook koude geleverd wordt, zoals bij WKO, is het nodig om een aantal onderdelen van het tracé dubbel uit te voeren zodat tegelijk warmte en koude vervoerd kan worden. Om een indicatie van de meerkosten te geven die dat met zich meebrengt wordt in dat geval 20% extra kosten gerekend voor  $Ki_{wdZij}$  en  $Ki_{wdHoofd}$ .

### 7.2.2.6 Inpandige distributie

Onder inpandige distributie vallen in het geval van woningen en kleine utiliteit (tot en met 100 kW aansluitwaarde) de afleverset en het leidingwerk binnen het gebouw. De afleverset bevat zowel de warmtemeter als de warmtewisselaar aan het uiteinde van de aansluiteiding. Voor utiliteit groter dan 100 kW aansluitwaarde en bij glastuinbouw wordt verondersteld dat er een inpandig onderstation wordt geplaatst en een of meerdere losse warmtemeter. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat bestaande ketelruimtes in inpandige leidingen hergebruikt worden. Bij gestapelde bouw met blokverwarming geldt ook dat bestaande leidingen hergebruikt kunnen worden waardoor de kosten lager uitvallen. De kosten van inpandige distributie  $Ki_{id}$  worden berekend als:

$$Ki_{id} = Ki_{idWmtr} + Ki_{idos} + Ki_{idDist} + Ki_{idAfleverset} + Ki_{idVergoeding}$$

Waarin:

$Ki_{idos}$  staat voor de kosten van inpandige onderstations bij utiliteitsbouw met een aansluitwaarde van meer dan 100 kW, berekend als functie van het gevraagd vermogen. Het gevraagd vermogen wordt berekend volgens de methode die is beschreven in 7.1.3.

De kosten van warmtemeters bij utiliteitsbouw met een aansluitwaarde van meer dan 100 kW en bij glastuinbouw  $K_{idWmtr}$  bestaan uit een vast deel per aansluiting en een variabel deel afhankelijk van de aansluitwaarde in kW (zie Bijlage A.2).

$K_{idDist}$  en  $K_{idAfleverset}$  geven de kosten voor woningen en utiliteitsbouw met een aansluitwaarde tot en met 100 kW. De kosten van de afleverset (inclusief warmtewisselaar en warmtemeter)  $K_{idAfleverset}$  zijn een vast bedrag per aansluiting. Bij gestapelde bouw zijn de kosten anders dan bij utiliteit en grondgebonden woningen omdat rekening moet gehouden worden met het eventueel aanwezig zijn van bestaande blokverwarming. Het is niet op pandniveau bekend waar blokverwarming aanwezig is, daarom wordt voor alle gestapelde woningen gerekend met een bedrag per aansluiting tussen het maximum (zonder blokverwarming) en het minimum (met blokverwarming). Er wordt uitgegaan van een vast percentage blokverwarming op het totaal aantal woningen in Nederland (zie Bijlage A.9). Dit is door de gebruiker aan te passen via de parameter *IndividueleVerwarmingSchuif*, zie daarvoor hoofdstuk 6.5.

De kosten voor het verwijderen en vervroegd afschrijven van bestaande blokverwarmings-installaties  $K_{idVergoeding}$  zijn ook afhankelijk van de parameter *IndividueleVerwarmingSchuif* waarmee een inschatting wordt gemaakt van de opgestelde capaciteit aan blokverwarmings-installaties. Vervolgens wordt de initiële waarde van de blokverwarmings-installaties  $K_{blokverw}$  berekend met een kosteninschatting afhankelijk van het opgesteld vermogen (zie Bijlage A.2). De resterende waarde wordt ingeschat als 1/3 van de oorspronkelijke waarde (instelbaar door gebruiker) en deze kosten worden opgeteld bij de kosten van inpandige distributie. Het aandeel resterende waarde is instelbaar via de parameter *afschrijvingresterend*, zie daarvoor hoofdstuk 6.5. Voor glastuinbouw worden investeringskosten van inpandige distributieleidingen  $K_{idDist}$  berekend als functie van het oppervlak:

$$K_{idDist} = \text{Areaal} \cdot K_{dienst} + K_{buis} \cdot 1.7 \cdot \left( \frac{\text{Areaal}}{\text{GroenteKasLengteFactor}} + \sqrt{2} \right) \cdot \sqrt{\text{Areaal}}$$

Waarin:

Het *Areaal* het bruto vloeroppervlak is in een glastuinbouwbedrijf in m<sup>2</sup>.  $K_{dienst}$  is een vast bedrag per vierkante meter Areaal. De waarde hiervan is afhankelijk van het type glastuinbouwbedrijf, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar groente en bloemen/overig (zie Bijlage A.2). Bij onverwarmde glastuinbouw is  $K_{dienst}$  nul. De eerste factor 1.7 bij het berekenen van  $L_{zijleiding}$ , is 1.3 in het geval van nieuw bouw glastuinbouw. De parameter *GroenteKasLengteFactor* geeft een indicatie van de gemiddelde lengte van een groentekas.  $K_{buis}$  geeft de kosten van een meter buis, berekend volgens de methode voor buisleidingkosten als functie van de benodigde capaciteit  $P_{zijleiding}$  (zie 8.2.2.1). Die capaciteit wordt berekend als:

$$P_{zijleiding} = \left( \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{\text{Areaal}}}{\text{GroenteKasLengteFactor}} + \sqrt{2} \right) \cdot 2$$

Glastuinbouw is in Vesta MAIS uitgesloten van deelname aan warmtenetten met temperaturen lager dan 70 °C. Utiliteit en woningen kunnen daar wel aan deelnemen maar hebben dan in de meeste gevallen extra opwekkingsinstallaties op gebouwniveau nodig. Bij aflevertemperatuur lager dan 55 graden wordt in ieder geval een boosterwarmtepomp ingerekend en afhankelijk van het schillabel ook eventueel een individuele opwekkingsinstallatie in de vorm van een water/water warmtepomp. Er is ook een lagetemperatuur afgiftesysteem nodig. In dat geval wordt  $K_{idAfleverset}$  vervangen door de kosten van het afgiftesysteem en de inpandige opwekkingsinstallatie  $K_{idLO}$ :

$$K_{idLO} = K_{idLTAS} + K_{idEigenOpwek}$$

Waarin:

$K_{idLTAS}$  de kosten van het afgiftesysteem zijn, berekend als functie van het vermogen in het geval van utiliteit of als vast bedrag per aansluiting bij woningen. Bij woningen geldt een apart bedrag voor grondgebonden en gestapelde woningen. Voor deze kengetallen zie Bijlage A.2. Bij objecten met schillabel A+ wordt voor  $K_{idEigenOpwek}$  alleen een boosterwarmtepomp gerekend. Bij objecten met label B is een boosterwarmtepomp voldoende bij afgiftetemperaturen hoger dan 35 graden Celsius, daaronder wordt een volledige w/w warmtepomp geplaatst. Bij objecten met schillabel C, D of E wordt bij alle aflevertemperaturen onder de 55 graden Celsius een volledige w/w warmtepomp geplaatst. Bij woningen zijn de kosten van warmtepompen en boosters een vast bedrag per aansluiting. Bij utiliteit worden deze afgeleid van de kosten van bodemwarmtepompen waarbij deze worden geschaald op 50% van de capaciteit van een op zichzelf staande bodemwarmtepomp zonder bron-net.

### 7.2.2.7 Overige kosten

Naast de kosten voor de fysieke aanleg voor componenten van het warmtenet worden er ook kosten ingerekend voor projectmanagement en ongeriefsvergoeding. Deze aanvullende kostencomponenten worden verondersteld alleen van toepassing te zijn bij aansluitingen in bestaande woningen, en niet voor nieuwbouw, utiliteit of glastuinbouw. Er zijn een laag en een hoog bedrag voor projectmanagement waarbij het hoge bedrag van toepassing is op grondgebonden woningen en op gestapelde woningen zonder blokverwarming. Het lage bedrag is van toepassing op gestapelde woningen met blokverwarming. Omdat niet op woningniveau bekend is waar wel of geen blokverwarming is wordt gerekend met een gemiddeld aandeel voor heel Nederland. Alle gestapelde woningen krijgen daarom een investeringsbedrag en projectmanagement toegekend tussen het hoge en het lage tarief in. Voor ongeriefsvergoeding geldt dat deze alleen van toepassing is op grondgebonden woningen en gestapelde woningen zonder blokverwarming. Ook hier geldt dat niet op woningniveau bekend is waar blokverwarming aanwezig is, daarom wordt met een vast percentage van de kosten voor ongeriefsvergoeding gerekend voor alle woningen binnen een aflevergebied. Deze kostenposten  $Ki_{geOV}$  (ongeriefsvergoeding) en  $Ki_{gePM}$  (projectmanagement) worden voor een aflevergebied berekend als:

$$Ki_{geOV} = nrLB \cdot K_{ov} + nrHB \cdot (IndVerwarming \cdot K_{ov})$$

$$Ki_{gePM} = nrLB \cdot K_{pmMax} + nrHB \cdot (IndVerwarming \cdot K_{pmMax} + (1 - IndVerwarming) \cdot K_{pmMin})$$

Waarin:

De parameters  $nrHB$  en  $nrLB$  staan voor het aantal aansluitingen in het aflever gebied voor gestapelde woningen ( $nrHB$ ) en voor grondgebonden woningen ( $nrLB$ ). Het aandeel woningen zonder blokverwarming wordt via de parameter  $IndVerwarming$  opgegeven in de beleidsparameters (zie Bijlage A.9).  $K_{pmMax}$  en  $K_{pmMin}$  staan voor het hoge en lage kostenbedrag voor projectmanagement.  $K_{ov}$  staat voor het kostenbedrag voor projectmanagement. De waardes van deze kentallen zijn te vinden in Bijlage A.2. Ongeriefsvergoedingen en projectmanagement worden geannualiseerd over een periode van 28 jaar ingaande vanaf 2 jaar in de toekomst.

Het kan voorkomen dat aansluiting op een collectieve warmtevoorziening leidt tot huurverlaging  $Kj_{geHV}$  (In te stellen via 5.5.2.2.) voor bestaande woningen. Dit geldt alleen voor grondgebonden woningen en gestapelde woningen zonder blokverwarming in de huidige situatie. Deze  $Kj_{geHV}$  is geen onderdeel van de nationale kosten maar wel van de eindgebruikerskosten.  $Kj_{geHV}$  wordt berekend voor een volledig afnamegebied als:

$$Kj_{geHV} = (Kj_{HVW} \cdot (IndVerwarming \cdot nrHB + nrLB)) \cdot Huurschuif$$

Waarin:

$Kj_{HVW}$  een kostenkental is in euro per jaar voor het bedrag waarmee de jaarlijkse huur van de woning wordt verlaagd. Dit is gegeven als een gemiddeld bedrag over alle woningen, omdat niet op woningniveau bekend is of er sprake is van verhuur of eigenaar-bewoners. De waardes van deze kostenkentallen zijn te vinden in Bijlage A.2. De  $Huurschuif$  is de mate waarin huurverlaging wordt verondersteld zoals opgegeven door de modelgebruiker (zie Bijlage A.9). Huurverlaging wordt alleen ingerekend voor warmtenetten met MT-warmtebronnen.

### 7.2.3 Opbrengsten warmtenetten

Het warmtebedrijf krijgt opbrengsten uit warmtenetten van de aangesloten verblijfsobjecten. Deelnemers aan warmtenetten (gebouwgebruikers) betalen jaarlijks een vastrechtbedrag plus een warmteprijs per eenheid afgенomen warmte. Indien er ook koude geleverd wordt worden hier ook vastrecht en een koudeprijs voor ingerekend. Wanneer een nieuw verblijfsobject wordt aangesloten op een warmtenet wordt een eenmalige aansluitbijdrage opgegeven. Indien door de modelgebruiker opgegeven kan het ook zijn dat het warmtebedrijf subsidies krijgt toegekend.

#### 7.2.3.1 Energielevering

Bij het bepalen van de opbrengsten van warmteverkoop  $Oj_{warmte}$  wordt op gebouwniveau gekeken naar de functionele warmtevraag  $V_{warmte}$ . Er wordt uitgegaan van een NMDA-principe (Niet-Meer-Dan-Anders) wat inhoudt dat de gemiddelde afnemer niet meer voor warmte betaalt dan anders betaald zou zijn voor verwarming met een eigen gasgestookte ketel. Binnen de totale groep gasverbruikers (Bijv. bestaande woningen) wordt de gemiddelde verhouding tussen metervraag naar gas en functionele vraag naar ruimteverwarming en tapwater

bepaald. Dat hier gekeken wordt naar gasverbruikers wil zeggen dat bij het bepalen van de gemiddelde verhouding tussen metervraag en functionele vraag de woningen die al een warmtepomp hebben of aangesloten zijn op een warmtenet niet worden meegewogen.

$$Oj_{warmte} = V_{warmte} \cdot P_{gas} \cdot \frac{Gem. V_{gas}}{Gem. V_{warmte}} \cdot NMDAfactor$$

Waarin:

Voor de warmteprijs kan worden opgegeven door de modelgebruiker dat in plaats van bovenstaande berekening een vaste warmteprijs wordt gerekend onafhankelijk van de gasprijs (zie 5.4). Indien geen vaste warmteprijs is opgegeven wordt uitgegaan van een warmteprijs die is gekoppeld aan de gasprijs  $P_{gas}$ , rekening houdende met de gebruiksgrootteklaas van het verblijfsobject. Deze wordt bijgesteld op basis van de gemiddelde verhouding van gasvraag ( $Gem. V_{gas}$ ) tot functionele warmtevraag ( $Gem. V_{warmte}$ ) onder alle gasverbruikers. De gemiddelde verhouding wordt afzonderlijk bepaald voor woningen, utiliteit en glastuinbouw. Binnen deze drie groepen wordt deze prijs ook afzonderlijk bepaald voor nieuwbouw en bestaande bouw. De  $NMDAfactor$  kan door de modelgebruiker worden ingesteld om te rekenen met een procentueel hogere of lagere warmteprijs ten opzichte van de gasprijs, zoals uitgelegd in 5.5.2.14.

Indien ook koude wordt geleverd worden hier extra opbrengsten  $Oj_{koude}$  voor berekend. Daarbij wordt een methode vergelijkbaar met het NMDA-principe gehanteerd. Dit gebeurt door een inschatting te maken van wat een gemiddelde afnemer zou hebben betaald om dezelfde hoeveelheid koeling te realiseren (uitgaande van de aanwezigheid van een koelinstallatie), indien geen warmte geleverd zou worden. Deze  $Oj_{koude}$  wordt berekend als:

$$Oj_{koude} = V_{Koude} \cdot \frac{P_{elek}}{NMDA_{Koude}}$$

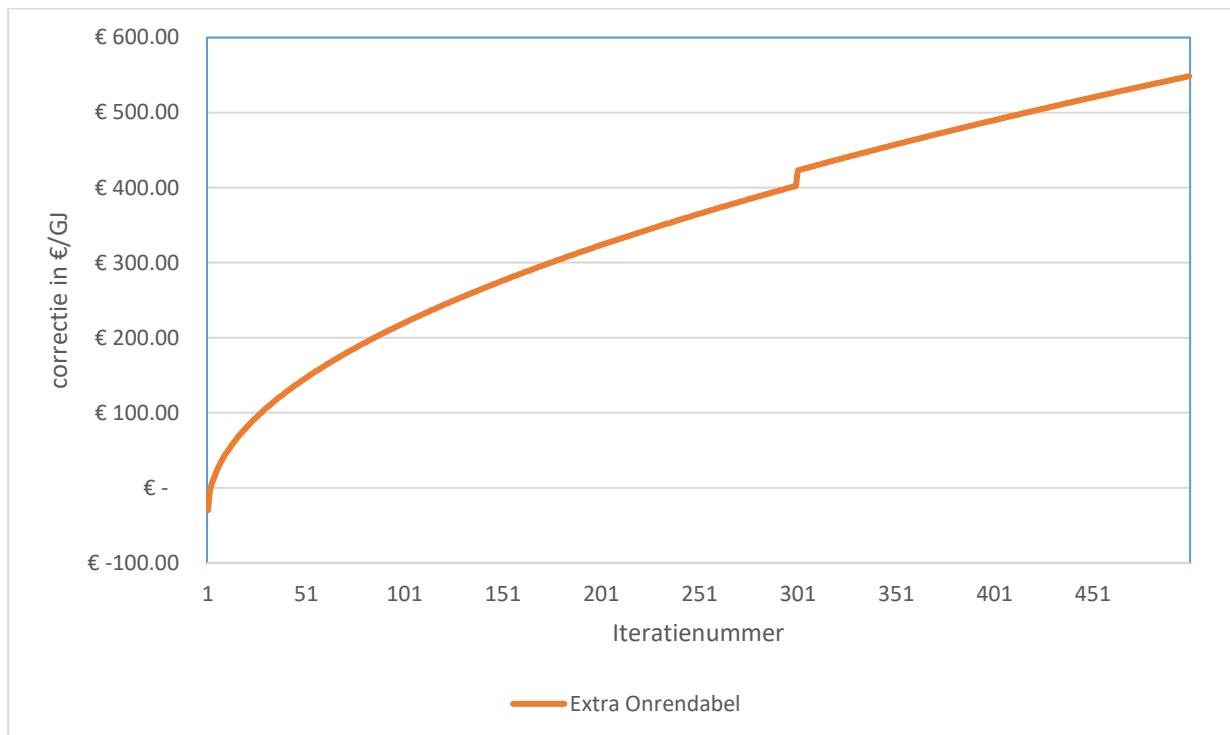
Waarin:

$V_{Koude}$  de totale functionele koudevraag van het verblijfsobject is.  $NMDA_{Koude}$  (zie 5.5.2.14) is de efficiency van de referentie-koelinstallatie die zou worden ingezet om koude te produceren indien dit niet was geleverd door het net. Daarbij wordt de elektriciteitsprijs (afhankelijk van de gebruiksgrootte klasse van het object) genomen om een inschatting te maken van de prijs die de leverancier in rekening mag brengen voor koudelevering. Voor de standaardwaarden van deze parameters zie Bijlage A.4.

Het is mogelijk een extra bedrag mee te rekenen bij de baten die wordt gehanteerd bij de aansluitafweging van MT-restwarmte, in te voeren in de parameter  $OnrendabelMT$  zoals beschreven in 5.5.4.7. Als die wordt opgegeven wordt er gerekend met een extra bedrag wat oploopt in de iteraties van aansluiting. Oftewel de buurten waar geen extra bedrag nodig is om de businesscase rendabel te maken komen het eerst in aanmerking, en de duurdere buurten pas in latere iteraties. Eventueel is het ook mogelijk om een boost te geven aan het bedrag door het vanaf een gegeven iteratienummer sterk te verhogen in één keer. In onderstaande voorbeeld is dit ingesteld op + 20€/GJ vanaf iteratie 300 maar deze waarden zijn vrij aan te passen. De correctie  $ExtraOnrendabel_{(iterNR)}$  wordt per iteratie bepaald afhankelijk van het nummer van de iteratie "IterNR" met behulp van de volgende formule, waarvan als voorbeeld de uitkomst bij de instelling van 25 €/GJ  $OnrendabelMT$  wordt gegeven in Figuur 6.3.

$$ExtraOnrendabel_{(iterNR)} = -30 + \sqrt{IterNR} \cdot OnrendabelMT$$

**FIGUUR 6.3 – OPLOOPENDE ONRENDABELE TOP TOEGESTAAN BIJ AANLEGAFWEGING**



De extra virtuele baten per GJ worden vermenigvuldigd met de geleverde warmte uit de primaire bron. De formule begint met een initieel negatieve correctie waardoor de meest rendabele buurten in de eerste iteraties aangesloten kunnen worden. Indien *OnrendabelMT* niet wordt gebruikt wordt zowel de initiële negatieve correctie als de boost bij iteratie 300 niet meegegenomen. Indien *OnrendabelMT* wel wordt gebruikt wordt in elke iteratie slechts één buurt per bron extra aangesloten waarmee grotendeels wordt voorkomen dat inefficiënte parallelle transportleidingen worden aangelegd. Er is daarom ook een hoog aantal iteraties nodig om deze functie te kunnen laten werken. Om deze functie goed te gebruiken is het aan te raden proefondervindelijk de juiste parameters vast te stellen die het gewenste resultaat bereiken. De hypothetische extra baten worden niet gerapporteerd als echte financiële overdracht.

#### 7.2.3.2 Vastrecht

Het vastrecht dat een gebouwgebruiker betaalt is afhankelijk van het type gebouw. Zo gelden er andere tarieven voor utiliteit en woningen. In algemene zin wordt deze  $Oj_{vastrecht}$  berekend als:

$$Oj_{vastrecht} = nrAansl \cdot Vastrechttarief_{(MT \text{ of } LT)} + Meettarief + Oj_{vastrechtK}$$

Waarin:

$nrAansl$  het aantal aansluitingen is dat een verblijfsobject represeneert (doorgaans één). Het  $Vastrechttarief_{(MT \text{ of } LT)}$  in euro per aansluiting is op te geven door de modelgebruiker in de beleidsinstellingen (zie 5.5.2.9) en geeft het vaste jaarlijks bedrag dat wordt betaald door de gebouwgebruiker aan de warmteleverancier. Er zijn twee vastrechttarieven op te geven afhankelijk van het temperatuurniveau. Bij aflevertemperaturen van 55 graden of lager wordt het LT-vastrechttarief ingerekend, daarboven het MT-vastrechttarief. Hier bovenop wordt voor alle aansluitingen een *Meettarief* gerekend en indien ook koude wordt geleverd wordt hier extra vastrecht  $Oj_{vastrechtK}$  voor bijgeteld. Beiden zijn eveneens in de beleidsinstellingen (zie 5.5.2) op te geven. Voor de standaardwaarden van deze parameters zie Bijlage A.4. Deze standaardwaarden worden gehanteerd voor alle typen verblijfsobjecten maar zijn apart op te geven voor woningen/utiliteit, nieuwbouw/bestaand of een specifieke gebouwklasse.

### 7.2.3.3 Aansluitbijdrage

Dit is de eenmalige aansluitbijdrage waarvan wordt verondersteld dat die wordt betaald door gebouweigenaren die een nieuwe warmtenetaansluiting krijgen. Deze is op te geven door de modelgebruiker, zie ook 5.5.2.10. Dit leidt tot inkomsten voor de warmteleverancier  $Oi_{Aansluitbijdrage}$  berekend als:

$$Oi_{Aansluitbijdrage} = nrAansl \cdot AansluitTarief$$

Voor de standaardwaarden van deze parameters zie Bijlage A.4. Deze standaardwaarden worden gehanteerd voor alle typen verblijfsobjecten maar zijn apart op te geven voor woningen/utiliteit, nieuwbouw/bestaand of een specifieke gebouwklasse. Uitzondering hierop is de glastuinbouw waarbij in de standaardwaarden wordt verondersteld dat deze geen aansluitbijdrage betalen.

### 7.2.3.4 Subsidies

Subsidies kunnen door de modelgebruiker worden ingesteld in de beleidsparameters (zie 5.5.2). Hiermee kan een percentage van de investering worden vergoed of kan een bedrag per geproduceerde gigajoule worden toegekend. Investeringssubsidies voor warmtenetten kunnen gegeven worden voor inpandige distributie ( $Oi_{idSubsidie}$ ), wijkdistributie ( $Oi_{wdSubsidie}$ ), primaire transportleidingen ( $Oi_{ptSubsidie}$ ), bronnen ( $Oi_{owSubsidie}$ ) of ongeriefsvergoedingen en projectmanagement ( $Oi_{geSubsidie}$ ). Investeringssubsidies als percentage van het initiële investeringsbedrag worden berekend als:

$$\begin{aligned} Oi_{idSubsidie} &= Rs_{id} \cdot Ki_{id} \\ Oi_{wdSubsidie} &= Rs_{wd} \cdot Ki_{wd} \\ Oi_{ptSubsidie} &= Rs_{pt} \cdot Ki_{pt} \\ Oi_{owSubsidie} &= Rs_{ow} \cdot Ki_{ow} \\ Oi_{geSubsidie} &= Rs_{ov} \cdot Ki_{geOV} + Rs_{pm} \cdot Ki_{gePM} \end{aligned}$$

Waarin:

$Rs_x$  staat voor het subsidiepercentage zoals dat is ingevoerd in de beleidsparameters voor kostencomponent x. De investeringsbedragen  $Ki_{id}$ ,  $Ki_{wd}$ ,  $Ki_{pt}$ ,  $Ki_{ow}$  zijn de investeringen zoals die eerder zijn berekend voor respectievelijk inpandige systemen (zie 7.2.2.6), wijkdistributie (zie 7.2.2.5), transportleidingen (zie 7.2.2.4) en primaire bronnen (zie 7.2.2.3).  $Oi_{geSubsidie}$  is samengesteld uit de subsidies over ongeriefsvergoedingen  $Ki_{geOV}$  en projectmanagement  $Ki_{gePM}$  (zie voor beiden 7.2.2.7). De subsidies worden geannualiseerd met de rentevoet van de desbetreffende actor over een periode van 28 jaar ingaande 2 jaar in de toekomst.

Productiesubsidies ( $Oj_{SDE}$ ) zijn jaarlijkse inkomsten voor het warmtebedrijf. Deze zijn door de modelgebruiker apart op te geven voor diverse typen warmtebronnen, zie daarvoor Bijlage A.9. Indien voor  $SDE_{brontype}$  een waarde is opgegeven anders dan nul worden de opbrengsten berekend als:

$$Oj_{SDE} = V_{warmteprimair} * SDE_{brontype}$$

Waarin:

$V_{warmteprimair}$  staat voor alle warmte die uit de primaire bron wordt geleverd in gigajoule per jaar. Hierin zijn leidingverliezen meegerekend maar wordt aanvullende opwek in hulpinstallaties buiten beschouwing gelaten. De invoer  $SDE_{brontype}$  wordt gegeven in euro per gigajoule. Deze exploitatiesubsidie wordt opgeteld bij de investeringssubsidies. De investeringssubsidies worden daarvoor eerst geannualiseerd met de discontovoet van de betreffende actor. Dit maakt samen de totale jaarlijkse opbrengsten  $Oj_{subsidie}$ :

$$Oj_{subsidie} = Oj_{idSubsidie} + Oj_{wdSubsidie} + Oj_{ptSubsidie} + Oj_{owSubsidie} + Oj_{geSubsidie} + Oj_{SDE}$$

Waarin:

$Oj_{xSubsidie}$  staat voor de geannualiseerde initiële inkomsten ( $Oi_{xSubsidie}$ ) uit de investeringssubsidies op onderdeel x.

### 7.2.4 Rentabiliteit

De rentabiliteit van de aanleg van een nieuwe gebiedsoptie in een afnamegebied wordt berekend door de jaarlijkse kosten en geannualiseerde kapitaallasten af te zetten tegen de jaarlijkse opbrengsten. De jaarlijkse

kapitaallasten worden met de discontovoet van de betreffende actor geannualiseerd tot  $Kji_{[x]}$ . Deze worden opgeteld tot de totale kapitaallasten  $Kji_{totaal}$ :

$$Kji_{totaal} = Kji_{geOV} + Kji_{gePM} + Kji_{id} + Kji_{wd} + Kji_{pt} + Kji_{ow}$$

Waarin:

$Kji_{[x]}$  de geannualiseerde kosten zijn van de investeringen in ongeriefsvergoeding, projectmanagement, inpandige distributie, wijkdistributie, transport en primaire bronnen.

De jaarlijkse opbrengsten, bestaande uit opbrengsten uit warmtelevering, koudelevering (indien van toepassing) en vastrecht worden opgeteld bij de geannualiseerde aansluitbijdrages om te komen tot de totale opbrengsten  $Oj_{totaal}$ :

$$Oj_{totaal} = Oj_{warmte} + Oj_{koude} + Oj_{vastrecht} + Oj_{subsidie} + Oji_{Aansluitbijdrage}$$

Waarin:

$Oji_{Aansluitbijdrage}$  de geannualiseerde initiële aansluitbijdrages zijn volgens de discontovoet voor wijkdistributie. Deze opbrengsten worden geannualiseerd over een periode van 28 jaar ingaande 2 jaar in de toekomst.  $Oj_{warmte}$ ,  $Oj_{koude}$  en  $Oj_{vastrecht}$  zijn berekend volgens de methodes in 7.2.3.  $Oj_{subsidie}$  is de som van alle exploitatiesubsidies en geannualiseerde investeringssubsidies, zoals berekend in 7.2.3.4.

De jaarlijkse lopende kosten zijn een optelling van administratie- en onderhoudskosten ( $Kj_{OenB}$ ), de productiekosten  $Kj_{owProductie}$ , en de overige gas- en elektriciteitskosten ( $Kj_{energie}$ ), plus eventueel de kosten van CO<sub>2</sub>-installaties in de glastuinbouw  $Kj_{idCO2Inst}$ . Daarmee worden de jaarlijkse kosten  $Kj_{totaal}$  berekend als:

$$\begin{aligned} Kj_{totaal} &= Kj_{owProductie} + Kj_{idCO2Inst} + Kj_{OenB} + Kj_{energie} \\ Kj_{OenB} &= Kj_{idOH} + Kj_{wdOH} + Kj_{ptOH} + Kj_{woOH} + Kj_{admin} \\ Kj_{energie} &= Kj_{idElek} + Kj_{wdElek} + Kj_{owElek} + Kj_{wdGas} \end{aligned}$$

Waarin:

Alle genoemde kostenposten zijn berekend volgens de methodes gegeven in 7.2.1. Om te komen tot de finale rentabiliteitsafweging van een gebiedsoptie voor een afnamegebied worden alle kosten  $Kj_{totaal}$  en  $Kji_{totaal}$  afgetrokken van de opbrengsten  $Oj_{totaal}$ . Hieruit ontstaat een uitkomst in euro per jaar. Indien dit een positief resultaat is kan worden gesproken van een rendabele investering.

## 7.2.5 Waterstof

Waterstof is een ander type gebiedsoptie waarbij geen warmtenet wordt aangelegd maar de bestaande gasinfrastructuur wordt aangepast om waterstof te vervoeren naar gebouwen waar de verwarmingsinstallaties zijn klaargemaakt om waterstof als brandstof te kunnen gebruiken. Om de kosten en baten van waterstof als gebiedsoptie door te rekenen wordt eerst berekend hoeveel kosten er moeten worden gemaakt om het bestaande gasnet aan te passen. Vervolgens wordt berekend welke kosten er op gebouwniveau gemaakt moeten worden om de gebouwen in het afnamegebied klaar te maken voor verwarming met waterstof. Hierbij wordt ook een inschatting gemaakt van de bijbehorende onderhouds- en beheerkosten. Voor de opbrengsten voor de leverancier die de gebiedsoptie uitvoert kan de modelgebruiker beleidsparameters opgeven die aangeven hoe de kosten en baten worden verdeeld. Deze zijn vervolgens samen met de kostenberekening input voor een rentabiliteitsberekening.

### 7.2.5.1 Aanpassen gasnet

Om waterstof te kunnen leveren moet het gasnet worden aangepast. Hierbij moet een deel van het gasnet worden afgezonderd van de rest van het net (gesectioneerd) zodat waterstof niet met ander gas wordt gemengd.

Daarnaast wordt er een vast bedrag per aansluiting gerekend voor overige aanpassingen, waaronder onder andere ook het aanpassen van de gasmeters. Dit is een eerste inschatting, per geval zal in de praktijk moeten blijken wat er daadwerkelijk mogelijk en nodig is. De investering die nodig is voor het aanpassen van het gasnet in een buurt ( $Ki_{wdGnetBuurt}$ ) worden berekend als:

$$\begin{aligned} Ki_{wdGnetBuurt} &= K_{section} + \sum(K_{aanslAsl} + K_{aanslOpp} \cdot area) \\ Kj_{wdAanslOH} &= Ki_{wdAansl} \cdot R_{OHaansl} \end{aligned}$$

Waarin:

$K_{section}$  staat voor de kosten van het sectioneren van een buurt. Dit is gegeven als een vast bedrag in euro per buurt. Daarbij wordt de som van alle kosten voor de aanpassing van aansluitingen ( $K_{jwdAansLOH}$ ) opgeteld om te komen tot het totale investeringsbedrag. De kosten van het aanpassen van een individuele aansluiting worden berekend uit een variabele component  $K_{aanslopp}$  in euro per vierkante meter afhankelijk van het oppervlakte (*area*) van het verblijfsobject, en een vaste component  $K_{aanslAsl}$  per aansluiting. Naast de investeringskosten worden er ook extra onderhoudskosten  $K_{jwdAansLOH}$  gerekend. Deze worden berekend als een vast jaarlijks percentage  $R_{OHaansl}$  van de initiële investeringskosten voor het aanpassen van de aansluiting.

#### 7.2.5.2 Gebouwinstallatie

Bij waterstof als gebiedsoptie wordt verondersteld dat er kosten voor projectmanagement ( $K_{i_{gePM}}$ ) en ongeriefsvergoeding ( $K_{i_{geOV}}$ ) worden gemaakt in bestaande woningen, op gelijke wijze als bij warmtenetten. Deze worden berekend volgens dezelfde methode (zie 7.2.2.7). Daarnaast wordt er op gebouwniveau een gebouwoptie geïmplementeerd gebruikmakend van waterstof als input zoals beschreven in 7.1. Vanuit deze gebouwoptie zijn vier elementen van belang voor de afweging voor het wel of niet aanleggen van een waterstofnet:

- $K_{jidelek}$ : de jaarlijkse elektriciteitskosten voor gebouwgebonden waterstofinstallaties
- $K_{j_iLO}$ : de jaarlijkse kapitaallasten van nieuwe gebouwgebonden waterstofinstallaties
- $K_{jidohLO}$ : de jaarlijkse onderhoudskosten van nieuwe gebouwgebonden waterstofinstallaties
- $V_{idH2}$ : de jaarlijkse vraag naar waterstof

Op basis van de waterstofvraag van gebouwen ( $V_{H2}$ , zie 7.1.2) worden de jaarlijkse inkoopkosten van waterstof  $K_{jow_{productie}}$  berekend als:

$$K_{jow_{productie}} = V_{H2} \cdot K_{GJH2}$$

Waarin:

$K_{GJH2}$  de inkoopkosten per gigajoule betreft voor waterstof zoals die is ingevoerd in het energieprijsbestand voor overige energiedrager, zie 5.4.

#### 7.2.5.3 Opbrengsten

De opbrengsten die staan tegenover waterstoflevering in een afnamegebied zijn afhankelijk van beleidskeuzes die op dit moment nog niet vaststaan. Binnen het model is het wel mogelijk daar als modelgebruiker aannames over te doen. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat er een gelijksoortig betalingsmodel wordt gehanteerd als op dit moment geldt voor warmtenetten of aardgasnetten, waarbij er sprake is van een eenmalige aansluitbijdrage ( $Oi_{aansluitbijdrage}$ ), een jaarlijks vast bedrag aan vastrecht ( $Oj_{vastrecht}$ ), en jaarlijkse variabele opbrengsten afhankelijk van de afgenoemde volumes ( $Oj_{verbruik}$ ). Naast de opbrengsten vanuit de afnemers in het afnamegebied kunnen er door de modelgebruikers ook subsidies voor de leverancier worden ingesteld. Het is mogelijk een jaarlijkse productiesubsidie ( $Oj_{SDE}$ ) en een eenmalige investeringssubsidie ( $Oi_{subsidie}$ ) in te stellen. Deze opbrengsten voor de leverancier worden berekend als:

$$\begin{aligned} Oi_{aansluitbijdrage} &= nrAansl \cdot Tarief_{aanslH2} \\ Oj_{vastrecht} &= nrAansl \cdot Tarief_{vastrechtH2} \\ Oj_{verbruik} &= V_{waterstof} \cdot Marktprijs_{H2} \\ Oi_{subsidie} &= (K_{iwdGnet} + \sum K_{i_{idLO}}) \cdot RS_{H2} \\ Oj_{SDE} &= V_{waterstof} \cdot SDE_{H2} \end{aligned}$$

Waarin:

De parameter  $nrAansl$  staat voor het aantal aansluitingen in het afnamegebied.  $V_{waterstof}$  is de vraag naar waterstof in gigajoule per jaar (zie 7.2.5.2).  $K_{iwdGnet}$  staat voor de investeringskosten voor het aanpassen van het gasnet (zie 7.2.5.1) en  $K_{i_{idLO}}$  is het investeringsbedrag voor nieuwe inpandige installaties zoals berekend in 7.2.5.2. De investeringen op gebouwniveau worden opgeteld tot een totaal voor het afnamegebied. Over deze investeringsbedragen wordt het subsidiepercentage  $RS_{H2}$  gerekend zoals door de gebruiker opgegeven. De beleidsparameters  $Tarief_{aanslH2}$ ,  $Tarief_{vastrechtH2}$  en  $Marktprijs_{H2}$  staan voor respectievelijk de aansluitbijdrage die elke afnemer betaalt, het jaarlijks vastrecht tarief in euro per jaar en de prijs die de afnemer betaalt aan de leverancier per afgenoemde eenheid waterstof in euro per gigajoule. Alle beleidsparameters dienen door de modelgebruiker naar eigen inzicht ingesteld te worden (zie 5.5.2). De standaardwaarden zoals die bij het downloaden van het model staan ingesteld zijn te vinden in Bijlage A.9.

#### 7.2.5.4 Rentabiliteit

Om de rentabiliteit van het waterstofnet te berekenen worden de investeringsbedragen geannualiseerd tot jaarlijkse kapitaalslasten. De investeringen voor het aanpassen van het gasnet, de aansluitbijdrages en de investeringssubsidies worden geannualiseerd over een periode van 30 jaar, met de maatschappelijke discontovoet. Voor gebouwgebonden installaties geldt dat deze worden afgeschreven over een periode van 15 jaar met de discontovoet van de gebouweigenaar. De rentabiliteit wordt vervolgens bepaald door alle jaarlijkse kosten op te tellen tot  $Kj_{totaal}$  en alle jaarlijkse opbrengsten op te tellen tot  $Oj_{totaal}$ . Indien  $Oj_{totaal}$  hoger is dan  $Kj_{totaal}$  dan wordt gesproken van positieve rentabiliteit.

$$Kj_{totaal} = Kj_{idElek} + Kj_{iLO} + Kj_{idOHLO} + Kj_{owProductie} + Kj_{iwdGnet} + Kj_{wdAanslOH}$$

$$Oj_{totaal} = Oji_{aansluitbijdrage} + Oj_{vastrecht} + Oj_{verbruik} + Oji_{wdSubsidie} + Oji_{idSubsidie} + Oj_{SDE}$$

### 7.3 Gas- en Elektriciteitsinfrastructuur

#### 7.3.1 Jaarlijkse kosten

De jaarlijkse kosten per sterkende meter van de gas- en elektriciteitsinfrastructuur worden berekend door de totale jaarlijkse landelijke kosten van de netbeheerders te delen door de lengte van de netten in heel Nederland ( $L_{infra}$ ). Hierdoor wordt een kengetal verkregen voor de kapitaallasten en onderhoudskosten per meter. De jaarlijkse kosten voor deze netten worden bepaald aan de hand van de jaarlijkse kosten van de netbeheerders samen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen kapitaallasten en onderhoudskosten, en tussen transport en distributie. In Bijlage C is illustratief weergegeven welke onderdelen van het net worden meegenomen in het Vesta MAIS model.

$L_{infra}$  is een invoerwaarde voor iedere buurt verkregen via de netbeheerders. In geval van ontbrekende data wordt eventueel voor een buurt teruggevallen op een default waarde. Die is samengesteld uit benaderingen van de lengte van het secundaire net en aansluiteidingen. De lengte van het secundaire net wordt overgenomen uit de invoerdata voor de lengte van het wegennet in de buurt. De lengte van aansluiteidingen komt voort uit een inschatting van de gemiddelde lengte van een aansluiteiding  $L_{digem}$  (zie Bijlage A.1).  $L_{infra}$  kan in een zichtjaar hoger worden als er nieuwbouw wordt aangesloten. Indien er sloop plaatsvindt wordt  $L_{infra}$  niet korter geacht voor wat betreft de kapitaallasten, omdat nog steeds de oorspronkelijke investeringen moeten worden afbetaald. De waarde van  $L_{infra}$  kan lager worden als er sloop plaatsvindt voor de berekeningen van onderhoud en beheer.

##### 7.3.1.1 Onderhoud en beheer elektriciteitsnet

Dit zijn de kosten van regulier periodiek onderhoud en vervanging van elektriciteitsnetten, inclusief de kosten van het beheren en opereren van het netwerk. Dit zijn jaarlijkse vaste kosten die worden omgeslagen naar kosten per meter om een inschatting te kunnen maken van stijgende of dalende kosten als het netwerk uitbreidt of inkrimpt. Deze worden berekend als:

$$Kj_{EnetOH} = L_{infra} \cdot \frac{Kj_{ohEtotaal}}{lengte_{LsnetNL}}$$

Oftewel de totale landelijke onderhoudskosten van het elektriciteitsnet  $Kj_{ohEtotaal}$  in euro per jaar verdeeld over het totaal aantal meters laagspanningsnet  $lengte_{LsnetNL}$ . Hierin is  $Kj_{ohEtotaal}$  opgebouwd uit onderhoudskosten van het transportnet  $Kj_{ohTransE}$  en onderhoudskosten van het distributienet  $Kj_{ohDistrE}$ . Voor waarden en bronvermelding bij deze parameters zie Bijlage A.1.

##### 7.3.1.2 Onderhoud en beheer gasnet

Dit zijn de kosten van regulier periodiek onderhoud en vervanging van gasnetten, inclusief de kosten van het beheren van het netwerk. Dit zijn jaarlijkse vaste kosten die worden omgeslagen naar kosten per meter om een inschatting te kunnen maken van stijgende of dalende kosten als het netwerk uitbreidt of inkrimpt. Deze worden berekend als:

$$Kj_{GnetOH} = L_{infra} \cdot \frac{Kj_{ohGtotaal}}{lengte_{LDnetNL}}$$

Oftewel de totale landelijke onderhoudskosten van het gasnet  $Kj_{ohGtotaal}$  in euro per jaar verdeeld over het totaal aantal meters lagedrukinet  $lengte_{LDnetNL}$ . Hierin is  $Kj_{ohGtotaal}$  opgebouwd uit onderhoudskosten van het transportnet  $Kj_{ohTransG}$  en onderhoudskosten van het distributienet  $Kj_{ohDistrG}$ . Voor waarden en bronvermelding

bij deze parameters zie Bijlage A.1. Als (een deel van) het netwerk wordt aangepast om geschikt te zijn voor waterstofdistributie dan stijgt  $Kj_{GnetOH}$  met de jaarlijkse meerkosten aan onderhoud en beheer die uit die investeringen voortkomen  $Kj_{wdGnetOH}$ . Deze worden verder toegelicht onder de gebiedsopties voor waterstof.

### 7.3.1.3 Kapitaallasten elektriciteitsnet

Dit zijn de jaarlijkse afschrijvingen op de waarde van het bestaande elektriciteitsnet, berekend als:

$$Kji_{infracE} = L_{infrac} * \frac{Kji_{etotaal}}{Lengte_{LSnetNL}}$$

Waarin:

De kapitaallasten van het totale elektriciteitsnet  $Kji_{etotaal}$  bestaan uit de kapitaallasten van het transportnet  $Kji_{transE}$  en de kapitaallasten van het distributienet  $Kji_{distrE}$ . Voor waarden en bronvermelding bij deze parameters zie Bijlage A.1.

### 7.3.1.4 Kapitaallasten gasnet

Dit zijn de jaarlijkse afschrijvingen op de waarde van het bestaande gasnet, berekend als:

$$Kji_{infrag} = L_{infrag} * \frac{Kji_{Gtotaal}}{Lengte_{LDnetNL}}$$

Waarin:

Oftewel de totale landelijke kapitaallasten van het gasnet  $Kji_{Gtotaal}$  in euro per jaar verdeeld over het totaal aantal meters lagedruknet  $Lengte_{LDnetNL}$ . De kapitaallasten van het totale gasnet  $Kji_{Gtotaal}$  bestaan uit de kapitaallasten van het transportnet  $Kji_{transG}$  en de kapitaallasten van het distributienet  $Kji_{distrG}$ . Voor waarden en bronvermelding bij deze parameters zie Bijlage A.1.

## 7.3.2 Investeringskosten

### 7.3.2.1 Verwijderen gasaansluitingen

Indien een gebouw geen gas meer gebruikt moet de aansluiting worden verwijderd. Dit houdt in dat zowel de gasmeter als de aansluiteiding worden weggehaald. In de praktijk kan soms tijdelijk de leiding blijven liggen maar in de eindsituatie zal die wel moeten worden verwijderd. De kosten hiervoor worden aan de netbeheerder toegerekend, de vergoeding die hiervoor in de praktijk door de eigenaar wordt betaald is nog niet opgenomen in het model. Deze kosten zijn gespecificeerd naar hoogbouw, laagbouw en utiliteit. De geannualiseerde investeringskosten voor het verwijderen van gasaansluitingen  $Kji_{verwG[x]Aansl}$  worden bepaald als:

$$\begin{aligned} Kji_{verwGlaagbAansl} &= nr_{laagbGasloos} \cdot K_{verwGlaagbAsl} \cdot mr50 \\ Kji_{verwGhoogbAansl} &= nr_{hoogbGasloos} \cdot K_{verwGhoogbAsl} \cdot mr50 \\ Kji_{verwGutilAansl} &= nr_{utilGasloos} \cdot K_{verwGutilAsl} \cdot mr50 \end{aligned}$$

Hierin is  $nr_{laagbGasloos}$  en  $nr_{hoogbGasloos}$  het aantal woningen waarvan de gasaansluiting verwijderd moet worden bij respectievelijk grondgebonden of gestapelde woningen.  $nr_{utilGasloos}$  is het aantal utiliteitsaansluitingen dat verwijderd wordt. Vervolgens wordt er een vast bedrag per aansluiting gerekend afhankelijk van het soort verblijfsobject.  $mr50$  is de annualisatiefactor onder maatschappelijke rentevoet en een afschrijftermijn van 50 jaar. De waardes van deze kentallen zijn te vinden in Bijlage A.1 en A.9.

### 7.3.2.2 Verwijderen gasnetten

Als alle aansluitingen in een buurt een alternatief voor gas vinden heeft het gasnet geen functie meer en wordt het lagedruknet verwijderd. De geannualiseerde investeringskosten voor het verwijderen van gasleidingen  $Kji_{verwLDnet}$  worden bepaald als:

$$Kji_{verwLDnet} = L_{infrag} \cdot K_{verwGasnet} \cdot mr50$$

Waarin:

De lengte van het gasnet dat verwijderd moet worden in meters  $L_{infrag}$ , welke wordt ingelezen uit het invoerbestand voor infrastructuur (zie en 7.3.1). Daarbij is  $K_{verwGasnet}$  een bedrag per meter voor het verwijderen van ongebruikte gasleidingen.  $mr50$  is de annualisatiefactor onder maatschappelijke rentevoet en een afschrijftermijn van 50 jaar. De waardes van deze kentallen zijn te vinden in Bijlage A.1 en A.9.

### 7.3.2.3 Verzwaren elektriciteitsaansluitingen

Wanneer in een verblijfsobject verwarming met een elektrische warmtepomp of elektrische tapwater bereiding wordt geïnstalleerd moet in de meeste gevallen een zwaardere aansluiting worden aangelegd inclusief aanpassingen in de aansluiteleiding en de meterkast. Dit wordt berekend als:

$$Kji_{verzEaansl} = nrAansl_{metWP} \cdot (1 - R_{3x25start}) \cdot K_{verzEaansl} \cdot mr50$$

Bij een deel van de bestaande aansluitingen is deze al van voldoende omvang zodat er geen verzwarening nodig is. Waar dat het geval is verschilt per buurt en dit wordt ingelezen uit het invoerbestand voor elektriciteitsinfrastructuur (zie 5.1.7). In bovenstaande formule is  $R_{3x25start}$  het aandeel van de aansluitingen die op dit moment al een 3x25 ampère aansluiting op het elektriciteitsnet hebben. Vervolgens is  $nrAansl_{metWP}$  het aantal aansluitingen waarin een rekenstap een elektrische verwarmingsinstallatie is aangebracht en die daardoor een 3x25 ampère aansluiting nodig hebben. De kosten voor het verzwaren van een aansluiting worden gegeven met kengetal  $K_{verzEaansl}$  in euro per aansluiting.  $mr50$  is de annualisatiefactor onder maatschappelijke rentevoet en een afschrijftijd van 50 jaar. De waarden van deze kentallen zijn te vinden in Bijlage A.1 en A.9.

### 7.3.2.4 Verzwaren elektriciteitsnetten

Ook de LS-netten (laagspanningsnetten) dienen verzuaid te worden bij overschrijding van hun capaciteit. De betreffende overbelasting dient in dat geval geaccommodeerd te worden in het LS-net door extra kabels aan te leggen. Het berekenen van vereiste netverzwarening is echter een complexe aangelegenheid en is voor het doorrekenen met het Vesta MAIS model vereenvoudigd.

De aannname die hier gehanteerd wordt is dat de momenteel aanwezige kabellengte per eenheid aan vermogensvraag gehandhaafd blijft, ofwel dat de relatieve belasting van de kabel in de toekomst hetzelfde blijft als nu. Door per buurt deze relatieve belasting te combineren met de overbelasting die zich voordoet bij een zekere strategie, kan steeds de hoeveelheid extra aan te leggen kabels bepaald worden. Daarbij wordt het totaal aan aanwezige LS-kabels op buurtniveau beschouwd. Als vertrekpunt voor de vermogensvraag en capaciteit van het LS-net is uitgegaan van dezelfde gegevens als voor de MS-ruimtes, onder de aanname dat de vermogensvraag en capaciteit evenredig verdeeld zijn over de kabels binnen de buurt. Geannualiseerde investeringskosten voor het verzwaren van het LS-net in een buurt  $Kji_{verzLS}$  worden berekend als:

$$Kji_{verzLS} = \left( \frac{L_{infraE}}{P_{oud}} \right) \cdot (P_{nieuw} - P_{opgesteld}) \cdot K_{verzLS} \cdot mr50$$

Waarin:

De relatieve belasting van het huidige laagspanningsnet bepaald door de lengte van het huidige laagspanningsnet  $L_{infraE}$  (zie 5.1.7 en 7.3.1) te delen door de huidige vermogensvraag  $P_{oud}$  in kW (berekend in Vesta MAIS, zie 7.3.2.6). Dit leidt tot de huidige meter per kW in het LS-net en vervolgens wordt dit vermenigvuldigd met de toename van de vermogensvraag. Die toename wordt bepaald als  $P_{nieuw} - P_{opgesteld}$  waarin  $P_{nieuw}$  de capaciteitsvraag na de rekenstap is en  $P_{opgesteld}$  de capaciteitsvraag voor (beiden in kW).  $K_{verzLS}$  is een kental in euro per meter om een meter LS-net te verzwaren waar nodig.  $mr50$  is de annualisatiefactor onder maatschappelijke rentevoet en een afschrijftijd van 50 jaar. De waarden van deze kentallen zijn te vinden in Bijlage A.1 en A.9.

### 7.3.2.5 Verzwaren middenspanningsruimtes

Als de capaciteitsvraag van een buurt stijgt door de inzet van elektrische verwarmings-methoden kan het zijn dat de huidige opgestelde capaciteit van middenspanningsruimtes (verder: MSR) onvoldoende blijkt waardoor meer capaciteit moet worden bijgebouwd. Indien de capaciteit van de bestaande MSR overschreden wordt, dient uitbreiding plaats te vinden. De hier gehanteerde vorm is om bij overschrijding van de beschikbare capaciteit in een CBS-buurt, naargelang de mate van overschrijding nieuwe MS-ruimtes te plaatsen met elk een individuele capaciteit van 630 kW. Het verzwaren van een bestaande MS-ruimte is niet als optie meegenomen in deze rekenmethode. De bijbehorende kosten  $Kji_{verzMSR}$  worden beschreven als:

$$Kji_{verzMSR} = (P_{nieuw} - P_{opgesteld}) \cdot K_{MSR} \cdot mr50$$

Waarin:

De benodigde extra capaciteit op basis van  $P_{nieuw}$  en  $P_{opgesteld}$  zoals in 7.3.2.4.  $K_{MSR}$  is een kental in €/kW berekend uit de kosten van een 630 kW middenspanningsruimte.  $mr50$  is de annualisatiefactor onder maatschappelijke rentevoet en een afschrijftermijn van 50 jaar. De waardes van deze kentallen zijn te vinden in Bijlage A. Op dit moment is geen complete set specifieke data beschikbaar over opgestelde vermogens aan capaciteit in de MSR. De aannname is daarom dat dit gelijk is aan het huidig gevraagde piekvermogen. Vermoedelijk is dit een onderschatting doordat er op sommige plaatsen nog overcapaciteit kan zijn in de huidige MSR.

### 7.3.2.6 Capaciteitsvraag elektriciteitsnet

Gevraagde piekvermogens worden berekend aan de hand van een set generieke kengetallen per type verblijfsobject. Hierbij wordt op dit moment onderscheid gemaakt tussen woningen en utiliteitsgebouwen. Voor elke groep objecten is een aansluitwaarde ( $ASW$ ) opgenomen die correspondeert met het individuele gevraagde piekvermogen. Om de benodigde dimensionering van het elektriciteitsnet te bepalen wordt deze  $ASW$  omlaag bijgesteld met een gelijktijdigheidsfactor ( $GTF$ ) om te representeren dat doorgaans niet alle objecten gelijktijdig hun piekvraag benutten. De gelijktijdige aansluitwaarde wordt berekend als de  $ASW \cdot GTF$  van een gegeven object. Het elektriciteitsnet en middenspanningsruimtes worden in de modellering gedimensioneerd op de som van de gelijktijdige aansluitwaarde van alle objecten in een buurt. Voor objecten die elektrisch verwarmd worden is een andere  $ASW$  en  $GTF$  opgenomen als indicator voor de andere piekvraag en verbruiksprofiel bij objecten die elektrisch warmte opwekken. Hierbij is ook onderscheid gemaakt naar volledige elektrificatie en hybride systemen waarbij de laatste leidt tot minder toename in de capaciteitsvraag.

Het is mogelijk voor gebruikers om deze waarden aan te passen op basis van lokale inzichten en specifieke typen aansluitingen en installatie. Hierbij kan ook een gedragscomponent een rol spelen die niet nationaal eenduidig te bepalen is. Deze waarden kennen ruime ranges van onzekerheid. Ter indicatie: inschattingen over de impact van een elektrische warmtepomp op de  $ASW$  lopen onder experts uiteen tussen een toename van 2 kilowatt tot 8 kilowatt. In het geval van gebrek aan overeenstemming is gekozen voor een midden waarde tussen de uitersten. Voor deze kentallen zie Bijlage A.1.

### 7.3.3 Opbrengsten

#### 7.3.3.1 Vastrecht

Alle objecten met een aansluiting op het gasnet of elektriciteitsnet betalen daarvoor jaarlijks vastrecht. Als een gebouw van het gasnetwerk wordt afgesloten wordt er vervolgens geen vastrecht meer voor de gasaansluiting betaald. Op dit moment is een aanpassing van het vastrecht bij bijvoorbeeld netverzwaring niet meegenomen. Omdat vastrecht een overdracht is tussen actoren wordt dit wel gezien als eindgebruikerskosten maar niet meegenomen onder nationale kosten. Het vastrecht is opgebouwd uit een aantal extra componenten die expliciet apart zijn opgenomen. Er is hierbij geen onderscheid gemaakt tussen woningen en utiliteit. Totale jaarlijkse kosten die vallen onder vastrecht voor elektriciteit ( $Totaal_{VR_e}$ ) en voor gas ( $Totaal_{VR_g}$ ) worden opgebouwd als:

$$Totaal_{VR_e} = Vastrecht_e + PA_e + meterhuur_e + capaciteitstarief_e + Leveringstarief_e$$

$$Totaal_{VR_g} = Vastrecht_g + PA_g + meterhuur_g + capaciteitstarief_g + Leveringstarief_g$$

Waarin:

Vaste totale jaarlijkse kosten per aansluiting  $Totaal_{VR_x}$  een samenvoeging zijn van het vastrechttarief, periodieke aansluitvergoeding, huur van de meterinstallatie, een tarief voor de beschikbare capaciteit en een leveringstarief.

#### 7.3.3.2 Netwerkbijdrage

De netwerkbijdrage is een component van de elektriciteitsprijs voor eindgebruikers en ook van de elektriciteitskosten in de nationale kostenbenadering. Dit wordt uitgedrukt als bedrag per kWh en is daarmee dus afhankelijk van het berekende elektriciteitsverbruik. De hoogte van de netwerkbijdrage is afzonderlijk opgegeven per gebruiksgrootteklaasse. Zie verder de beschrijving van het invoerbestand elektriciteitsprijzen in 3.5. De gebruiker kan indien gewenst ook een netwerkbijdrage opgeven voor aardgas en groengas.

#### 7.3.3.3 Aansluitbijdrage

Bij nieuwbouwwoningen wordt een eenmalige aansluitbijdrage ingerekend voor aansluiting op het gas- en elektriciteitsnet. Ook bij utiliteitsbouw wordt deze ingerekend als er nieuwbouw plaatsvindt, en deze wordt gesteld op 75% van de aansluitbijdrage voor woningen. Voor bijbehorende kentallen zie Bijlage A.1.

## 8. Resultaten

Nadat de doorrekening van een zichtjaar is doorlopen kan men de resultaten op twee manieren ontsluiten voor verdere verwerking en analyse: (1) het exporteren van specifieke (tussen)resultaten met de Grafische User Interface (GUI) van het model, en/of (2) het wegschrijven van de vooraf gedefinieerde resultaten op buurtniveau en op gebouwniveau door middel van het uitvoeren van een batch-run. Het wegschrijven van specifieke resultaten met de GUI is een modeltechnische exercitie die uitvoerig beschreven staat op de Wiki van het Vesta MAIS model. Met deze specifieke exports kan de modelleur zelf uitkiezen welke (tussen)resultaten voor een specifieke studie van belang zijn en welke niet. Het wegschrijven van de vooraf gedefinieerde planregio resultaten en bebouwingscomponentresultaten met de batch-run betreft tevens een modeltechnische exercitie. Op de Wiki van het Vesta MAIS model worden de hiervoor te doorlopen stappen uitvoerig beschreven.

Verschillende inkomensklassen & eigendomsklassen zitten als percentage per buurt in het model. Het wordt niet gebruikt voor de berekeningen, maar kan worden gebruikt om resultaten gewogen naar aandeel te rapporteren. Hiermee worden bijvoorbeeld resultaten apart gegeven voor huur- en koopwoningen, of lage, midden- en hoge inkomens.

### 8.1 Flowtabellen

De voornaamste manier van uitvoer van resultaten is via de flowtabellen. Zoals gezegd kunnen deze voor een totaal van de populatie worden gegeven, opgedeeld naar geografisch gebied, of naar eigendom en inkomen. Er bestaan vier soorten flowtabellen die default allen worden aangemaakt. Flowtabel “eenmalig” geeft informatie over investeringen en kapitaallasten. Flowtabel “jaarlijks” geeft de jaarlijkse financiële stromen tussen actoren in het energiesysteem en specificert aan welke posten dit geld te goede komt. Flowtabel “verbruik” beschrijft de jaarlijkse stromen van energie binnen het energiesysteem, inclusief verliezen en met specificatie van het type energie en het doel waarvoor het wordt ingezet. Flowtabel “uitstoot” geeft een indicatie van de emissies van CO<sub>2</sub> en andere schadelijke stoffen als gevolg van deze energiestromen.

#### 8.1.1 Eenmalig

De flowtabel “Eenmalig” geeft de investeringsbedragen en eenmalige vergoedingen van aanpassingen aan gebouwen, installaties en infrastructuren. Deze is vormgegeven als een matrix van betalende en ontvangende partijen met onderling de bedragen die van de ene naar de andere entiteit worden geboekt. Een entiteit kan in deze flowtabel een groep personen of gebouwen zijn, maar ook een abstracte post zoals “BTW” of “Elektriciteitsnet”. Partijen die bestaan uit groepen gebouwen zijn:

- GebouwEigenaren, opgesplitst naar:
  - BestaandeWoningen
  - BestaandeUtil (utiliteit)
  - BestaandeGLTB (glastuinbouw)
  - NieuwbouwWoningen
  - NieuwbouwUtil (utiliteit)
  - NieuwbouwGLTB (glastuinbouw)
- GebouwGebruikers, opgesplitst naar:
  - BestaandeWoningen
  - BestaandeUtil (utiliteit)
  - BestaandeGLTB (glastuinbouw)
  - NieuwbouwWoningen
  - NieuwbouwUtil (utiliteit)
  - NieuwbouwGLTB (glastuinbouw)

Bij entiteiten die te maken hebben met netwerken wordt een onderscheid gemaakt tussen de actor die een deel van de keten beheert en het netwerk zelf. Bijvoorbeeld, als een transportleiding voor warmte wordt aangelegd dan is dit een investering door de “PrimairTransporteur” in “PrimairTransport”. De actoren en netwerkcomponenten die zij beheren zijn:

- InpandigeDistributeur: investeert in InpandigeDistributie
- WijkDistributeur: investeert in WijkDistributie
- PrimairTransporteur: investeert in PrimairTransport
- [gebiedsoptie \* ]: investeert in Opwekking
- ElektriciteitsNet: investeert in “Netwerk”
- GasNet: investeert in “Netwerk”

\* Gebiedsopties worden opgesplitst naar type zoals Geothermie, Restwarmte, WKO, et cetera.

Er zijn boekingen waarbij de investering van de ene actor naar de andere wordt overgeheveld. Een voorbeeld daarvan is de aansluitkosten van nieuwbouw op het elektriciteitsnet. Daarbij wordt een aansluitbijdrage betaald door de gebouweigenaar aan “ElektriciteitsNet”, oftewel aan de netbeheerder die het gebouw moet aansluiten. Vanuit “ElektriciteitsNet” wordt vervolgens weer een bedrag geboekt naar “Netwerk” voor de fysieke investering in het elektriciteitsnetwerk door de netbeheerder. Bij een warmtenet wordt de partij die aansluitbijdrages int geboekt als “Leverancier”, een abstracte entiteit die zelf geen investeringen doet maar het overkoepelende bedrijf rond inpandige distributie, wijkdistributie, primair transport en opwekking representeren. Een aantal entiteiten representeren weer andere kostenposten waar een (deel van de) investering heen kan gaan als eindbestemming:

- LokaleOpwekking: installaties voor energieomzetting in gebouwen
- Gebouw: investeringen in verbetering van de gebouwschil
- Comfort: eenmalige kosten voor vergoeding van tijdelijk comfortverlies of investering in hoger comfort
- Admin: eenmalige kosten voor administratieve lasten van een project
- BTW: betaling aan de overheid als percentage van een investeringsbedrag (indien van toepassing)

Er worden zowel negatieve als positieve boekingen in de matrix opgenomen. Een negatieve boeking betekent dat een entiteit of actor een bedrag ontvangt. Een duidelijk voorbeeld daarvan is de post “Subsidie”, waarbij een actor een bedrag ontvangt van de overheid. Voor een compleet overzicht van alle boekingen in de flowtabel “Eenmalig” zie Bijlage D.1.

### 8.1.2 Jaarlijks

In de flowtabel “Jaarlijks” worden de jaarlijkse financiële stromen in het systeem getoond. Zoals bij de flowtabel “Eenmalig” is dit een matrix van ontvangende en betalende entiteiten met onderling de financiële stroom van de ene naar de andere. Deze matrix bevat jaarlijkse operationele kosten zoals energiegebruik en onderhoud, maar ook de geannualiseerde kapitaallasten van de investeringen zoals gegeven in de flowtabel “Eenmalig”. In de Bijlage met boekingen (D.2) is steeds te zien van welke actor naar welke post wordt geboekt. De totalen van elke post zijn ook in de modeloutput te vinden. Deze informatie kan samen worden gebruikt om de totale eindgebruikerskosten voor een actor te berekenen.

#### Kapitaallasten

Bij kapitaallasten worden zowel de eindgebruikerskosten als de nationale kosten in de matrix getoond. Het verschil in kapitaallasten tussen de nationale kostenbenadering en de eindgebruikerskosten worden geboekt onder een tweetal speciale posten. Deze wordt KL\_e genoemd voor gebouwen, en KL\_p voor warmtebedrijven. De investeringen van gebouweigenaren worden geannualiseerd met de bijbehorende eindgebruikers-discontovoet en geboekt van de gebouweigenaar naar de post KL\_e. Vervolgens wordt hetzelfde bedrag geannualiseerd met de maatschappelijke discontovoet en vanaf KL\_e geboekt naar de bestemming van de investering, bijvoorbeeld “Gebouw” of “LokaleOpwekking”. Dit geldt ook voor BTW over deze investeringen, indien van toepassing voor een groep gebouwen: BTW wordt vanaf de gebouweigenaar naar de post KL\_e geboekt, geannualiseerd met de discontovoet van de gebouweigenaar, en vervolgens naar de post “BTW” geboekt vanaf KL\_e, geannualiseerd met de maatschappelijke discontovoet. Eventuele subsidies worden vanaf de post “Subsidie” naar KL\_e geboekt, geannualiseerd met de maatschappelijke discontovoet, en vervolgens geannualiseerd met de eindgebruikers-discontovoet doorgeboekt van KL\_e naar de gebouweigenaar.

#### Energiedragers

Voor de kosten van energiedragers wordt onderscheid gemaakt tussen “Pellets”, “Waterstof”, “Biomassa”, “Gas” en “Elektriciteit”. Deze worden geregistreerd als een boeking van de gebruiker (gebouwgebruiker of een actor in een warmtenet) naar de energiedrager in kwestie. Indien er over een energiedrager ook BTW en andere energieheffingen moeten worden betaald worden deze als aparte boekingen van de gebruiker naar deze posten

geregistreerd. Als er over een energiedrager ook emissierechten of netwerkkosten moeten worden betaald worden die in een vervolgstap geboekt van de energiedrager naar elk van die posten.

### **Infrastructuur**

Bij het elektriciteits- en gasnet worden de kapitaallasten van de infrastructuur en de aansluitkosten voor nieuwbouw geboekt vanaf de posten “GasNet” en “ElektriciteitsNet”, welke kunnen worden geïnterpreteerd als de taken van de netbeheerder, naar de fysieke infrastructuur “Netwerk”. De onderhoudskosten van deze actoren worden geboekt naar de post “Onderhoud”. De netwerkkosten die in de marktprijzen van energiedragers zijn verwerkt worden vanaf die energiedrager geboekt naar “GasNet” (voor aardgas, groengas en waterstof) of “ElektriciteitsNet” (voor elektriciteit). Deze posten ontvangen ook de betalingen van vastrecht en aansluitbijdrages van respectievelijk gebouwgebruikers en -eigenaren.

### **Leverancier**

Bij gebiedsopties worden de kosten in de flowtabellen van “Jaarlijks” gesplitst in meerdere partijen:

- GebouwEigenaar
- InpandigDistributeur
- WijkDistributeur
- PrimairTransporteur
- Opwekker (primaire bron)

Alle betalingen en ontvangsten van deze actoren worden samengevoegd onder de actor “Leverancier”. Deze actor vergoedt bovenstaande actoren voor de gedane investeringen en alle ontvangsten in de vorm van subsidies en kosten voor zaken als onderhoud worden doorgeboekt van deze actoren naar de Leverancier. De leverancier ontvangt ook de opbrengsten van aansluitbijdrages, vastrecht en warmtelevering. De leverancier is daarmee de overkoepelende administratieve partij voor wie de totale kosten en opbrengsten van de gebiedsoptie voor rekening komen. In de Bijlage met boekingen (D.2) zijn de posten die door de leverancier worden overgenomen gemarkeerd in de laatste kolom.

#### **8.1.3 Verbruik**

De flowtabel “Verbruik” geeft een balans van alle energiestromen binnen het model. Deze starten bij de individuele gebruikers in gebouwen die een functionele vraag hebben naar ruimteverwarming, warm tapwater, ventilatie, koude en elektrische apparatuur. De functionele vraag naar diensten van elektrische apparatuur wordt direct vanuit de post “Apparatuur” geleverd. De overige functionele producten worden geleverd uit “LokaleOpwekking”; (een verzameling van) installaties voor energieomzetting op gebouwniveau. Koude, warm tapwater en ruimteverwarming kunnen als alternatief geleverd worden uit een warmtenet, in de vorm van de post “InpandigeDistributie”. “LokaleOpwekking” en “Apparatuur” worden op hun beurt weer beleverd door de posten “GebouwElektra” of “GebouwGas”, afkomstig uit respectievelijk “Elektriciteitslevering” of “Gaslevering”. In een beperkt aantal gevallen kan ook waterstof of biomassa/pellets worden gevraagd door “LokaleOpwekking”, die dan onder een aparte leverings-post worden geboekt. Levering van elektriciteit en gas (incl. waterstof) wordt ook doorgeboekt als zijnde afkomstig uit ofwel “Gasnet” of “Elektriciteitsnet”. Alle verbruiksstromen op gebouwniveau worden opgesplitst naar woningen, utiliteit en glastuinbouw, en naar bestaande bouw en nieuwbouw.

Indien een gebouw voor ruimteverwarming, warm tapwater en koude uit een gebiedsoptie wordt beleverd loopt dit zoals gezegd via “InpandigeDistributie”. “InpandigeDistributie” ontvangt warmte uit “WijkDistributie”, en indien er op gebouwniveau aanvullende productie of opwaardering plaatsvindt heeft “InpandigeDistributie” ook een vraag naar elektriciteit of gas vanaf “ElektriciteitsLevering” of “GasLevering”. Ook “WijkDistributie” kan een vraag hebben naar gas of elektriciteit voor hulpketels en collectieve warmtepompen, naast de warmte die “WijkDistributie” ontvangt van “Opwekking” (de primaire bron). “Opwekking” heeft een eigen gas- en elektriciteitsvraag indien van toepassing. Opwekking ontvangt de warmte die het doorgeeft uit de post “PrimaireBron”.

Voor elke locatie waar energie wordt omgezet of doorgegeven is er een post “OmgevingVerlies” en “OmgevingWinst”. Omgevingsverlies omvat alle verliezen aan energie die niet nuttig wordt ingezet voor functionele producten. Omgevingswinst treedt op bij installaties die een rendement hoger dan 100% hebben, zoals warmtepompen, waarbij aanvullende energie aan de omgeving wordt ontrokken. Op gebouwniveau worden niet alle verliezen en winsten aan de omgeving per apparaat bepaald, maar wordt de som over het gebouw genomen en als geheel geboekt onder ofwel winst, ofwel verlies afhankelijk van of het totaalresultaat positief of negatief is.

#### 8.1.4 Uitstoot

De flowtabel “Uitstoot” bouwt voort op de flowtabel “Verbruik”. Zoals in Bijlage D.3 aangegeven representeren een aantal verbruiksstromen een primair verbruik van elektriciteit of gas. Als dat het geval is wordt de uitstoot over het volume van die verbruiksstroom berekend met behulp van de emissiefactor. Deze emissiefactoren zijn vastgelegd in de invoerbestanden met energieprijzen, en zijn terug te vinden in Bijlage D.4. Deze flowtabel volgt dezelfde opzet qua actoren en entiteiten als de flowtabel “Verbruik”. Met uitstoot wordt hier zowel CO<sub>2</sub> aangeduid als andere luchtemissies zoals stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), zwaveldioxiden (SO<sub>2</sub>), vluchtige organische stoffen (VOS) en totaal stof (TS). De emissiefactoren van deze overige luchtemissies zijn vastgesteld in het Functioneel Ontwerp 4.0 (CE Delft, 2019d).

## Referenties

ACM (2019). Tarievenbesluit warmteleveranciers 2020. Den Haag, Autoriteit Consument & Markt, december 2019.

Arcadis (2019). *Vormfactoren en kostenkengetallen; Nederlandse Assets*. Bewerkingen op deze data gedaan door Tigchelaar, C. (TNO) in januari 2020 t.b.v. de invoerbestanden voor het Vesta MAIS-model.

Belastingdienst (2020). Tabellen tarieven milieubelastingen. Zie:

[https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige\\_belastingen/belastingen\\_op\\_milieugrondslag/tarieven\\_milieubelastingen/tabellen\\_tarieven\\_milieubelastingen?projectId=6750bae7%2D383b%2D4c97%2Dbc7a%2D802790bd1110](https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectId=6750bae7%2D383b%2D4c97%2Dbc7a%2D802790bd1110)

van Bemmel, B. (2015). *Beschrijving uitwisseling Ruimtescanner-Vesta (Update versie met BAG)*, notitie. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

van Bemmel, B. (2019). *Werkwijze aanmaak correctiekaarten klimaat o.b.v. KNMI 2014-scenario's t.b.v. Vesta 3.3, PBL-notitie*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Bhagwandas, J. (2020). *Memo: Analyse investeringskosten warmtepompen voor utiliteitsgebouwen*. ECW, februari 2020.

Bos, S. & Noij, L. (2019). *Kentallen Thermische Energie uit Afvalwater; ten behoeve van Vesta MAIS*. Deventer, Syntraal, december 2019.

Brink (2020). *Beoordeling verduurzamingskosten utiliteitsbouw*. Brink management & advies, januari 2020. Bewerking Niessink, R. (TNO) t.b.v. Vesta invoer.

Brockmann, H. (2019) *webgestützten Wärmepumpen Verbrauchsdatenbank*. Geraadpleegd juli 2019 via waermepumpen-verbrauchsdatenbank.de

BZK (2012). *Normen Bouwbesluit NEN 7120*.

CBS & ECN part of TNO (2019). *Warmtemonitor 2017*. 30 mei 2019.

CBS (2015 - 2019). *Kerncijfers wijken en buurten 2015, 2016, 2017, 2018 & 2019*. Geraadpleegd op 1-1-2020 via cbs.nl/nl-nl/reeksen/kerncijfers-wijken-en-buurten-2004-2020. Bewerking: PBL.

CBS (2017). *Landbouwtelling in m2 uit 2017 voor glastuinbouw per gemeente*. Bewerking PBL.

CBS (2019a). *CBS wijk- en buurtkaart 2019*. Geraadpleegd op 1-1-2020 via cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische%20data/wijk-en-buurtkaart-2019

CBS (2019b). *Verbruikscijfers per woningcategorie 2018, maatwerklevering aan PBL*. Bewerking door PBL tot invoerwaarde.

CBS Statline (2020a). Hernieuwbare elektriciteit; productie en vermogen.

Zie: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82610NED/table>

CBS Statline (2020b). Aardgas en elektriciteit, gemiddelde prijzen van eindverbruikers, zie:

<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81309NED/table?ts=1605193774394>.

CBS Statline (2020c). *Ontwikkeling CPI 2010-2019*. Geraadpleegd op 22-01-2020 via opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83131ned/table?dl=2F25E

CE Delft (2013). *Vesta 2.0 Uitbreidingen en dataverificaties*. Delft, CE Delft, september 2013.

CE Delft (2015). *Energiekentallen utiliteitsgebouwen Vesta 2.0*, september 2015.

- CE Delft (2017). *Functioneel Ontwerp Vesta 3.0*. Delft, CE Delft, december 2017.
- CE Delft (2019a). *Functioneel ontwerp LT-warmtenetten gebouwde omgeving; Concept voor validatie Vesta maart 2019*. Delft, CE Delft, maart 2019.
- CE Delft (2019b). *Overzicht aanpassingen Vesta MAIS*. Verslaglegging ECW-PBL validatiesessies i.h.k.v. de Startanalyse 2019. Delft, CE Delft, juli 2019.
- CE Delft (2019c). *Generalisatie conversietechnieken in Vesta; Functioneel ontwerp voor het modelleren van individuele warmtetechnieken*. Delft, CE Delft, november 2019.
- CE Delft (2019d). *Functioneel Ontwerp Vesta 4.0*. Delft, CE Delft, december 2019.
- CE Delft (2020). *Waterstof in Vesta-MAIS; Parameters voor modellering*. Delft: CE Delft, maart 2020
- CPB & PBL (2015). *Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving; Nederland in 2030 en 2050: twee referentiescenario's*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving/Centraal Planbureau
- EBN, DAGO, Stichting Warmtenetwerk & Stichting Platform Geothermie (2018). *Masterplan Aardwarmte in Nederland; Een brede basis voor een duurzame warmtevoorziening*.
- ECW (2019). *Uitvraag warmtebronnen en aanvullende broninformatie bij Nederlandse gemeenten*. Verzameld en aangeleverd door Expertisecentrum Warmte, februari 2020. Bewerking: PBL.
- Energy Matters (2014). *Rendement Hr-ketel; nader onderzoek t.b.v. Warmteregeling*. Energy Matters Consultants for Energy Solutions, oktober 2014.
- Folkert, R. & van den Wijngaart, W. (2012). *Vesta ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving; Data en Methoden*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Hoogervorst, N. et al. (2019). *Startanalyse aardgasvrije buurten*; Achtergrondstudie (eerste versie, 30 oktober 2019). Den Haag: PBL
- Hoogervorst, N. (2019). *Groen gas in de startanalyse (notitie)*. Den Haag: PBL.
- Hoogervorst, N. (2020a). *Kosten van klimaatneutrale elektriciteit in 2030; Operationalisering voor de Startanalyse 2020*. Den Haag: PBL
- Hoogervorst, N. (2020b). *Waterstof voor de gebouwde omgeving; operationalisering in de startanalyse 2020*. Den Haag: PBL
- Hoogervorst, N. et al. (2020a). *Startanalyse aardgasvrije wijken*; Achtergrondstudie (tweede versie, 22 oktober 2020). Den Haag: PBL
- Hoogervorst, N. et al. (2020b). *Startanalyse aardgasvrije buurten (versie 24 september 2020); Gemeenterapport met toelichting bij tabellen met resultaten van de Startanalyse*. Den Haag: PBL
- IF Technology (2019). *Kentallen aquathermie (werksessie) TEO met WKO, centrale opwaardering*.
- KA ST-GO (2018). *Kostprijs effect berekeningsmodel WG7 subtafel gebouwde omgeving*.
- Kadaster (2020). *Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)*. Geraadpleegd op 1-1-2020 via [geodata.nationaalgeoregister.nl/inspireadressen/atom/inspireadressen.xml](http://geodata.nationaalgeoregister.nl/inspireadressen/atom/inspireadressen.xml)
- Klimaatberaad (2019). *Klimaatakkoord*. Den Haag: 28 juni 2019
- KNMI (2014). *Klimaatscenario's*. Geraadpleegd via [nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dus/catalog.search#/metadata/e2b68910-c814-4b93-8d82-450bdbf792cb](http://nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dus/catalog.search#/metadata/e2b68910-c814-4b93-8d82-450bdbf792cb). Bewerking: PBL.
- KWA (2018). *Rekentool totale kosten voor aanleg, beheer en exploitatie van een gezamenlijk open bodemsysteem*. KWA bedrijfsadviseurs (via RVO), februari 2018.

- Lensink, S. (2018). *Eindadvies Basisbedragen SDE+ 2019*. Den Haag: PBL.
- Lensink, S. (2020). *Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2020*. Den Haag: PBL.
- Lof, A. (2020). *PBL Vesta Validatie warmtenet kentallen*. Greenvis Energy Solutions: GV200008.
- Meijer E&M (2009). *Energieverbruik per functie*, Den Haag: Meijer Energie & Milieumanagement B.V.
- Milieucentraal (2020). *Drinkwater*. Geraadpleegd via milieucentraal.nl/in-en-om-het-huis/gezonde-leefomgeving/gezond-in-en-om-het-huis/drinkwater
- Netbeheer Nederland (2019). *Notitie vertegenwoordiging van elektriciteits- en gasnetten in Vesta t.b.v. de Leidraad*. Auteurs: Rolf van der Velde (Liander), Raoul Bernards (Enexis), Rob Cloosen (Stedin).
- Niessink (2017). *Temperature correction – A Sensitivity Analysis*. External note. ECN Amsterdam, 14 december 2017.
- ObjectVision (2018). *Pand Hoogtes Nederland (PHN)*. Geraadpleegd op 1-1-2020 via objectvision.nl/outgoing/phn/phn\_20181001\_fss.zip
- van Polen, S. et al. (2021). *Startanalyse aardgasvrije buurten; Achtergrondstudie* (tweede versie, 24 september 2020). Den Haag: PBL.
- Rijken, B. & van Bemmel, B. (2015). *Ruimtelijke ontwikkeling o.b.v. WLO-scenario's. Verwerking Ruimtescanner*.
- Rijksoverheid (2020). *Belastingvermindering per energie-aansluiting; teruggave heffingskorting 2020*. Geraadpleegd op 22-01-2020 via rijksoverheid.nl/onderwerpen/belastingplan/belastingwijzigingen-voor-ons-allemaal/eneergiebelasting.
- Rooijers, F.J., G.C. Bergsma, L.B.M.M. Boels & J. Verlinden (1993). *Grootschalige warmtelevering in de bestaande bouw*, Delft: CE.
- Rovers, V & Tigchelaar, C. (2019). *Validatie Vesta MAIS model schilisolatie woningen*. Amsterdam, TNO, juli 2019.
- RVO (2012 – 2015). *WKO potentiecontour in OpenWarmteAtlas*. Bewerking PBL: uitsluiting drinkwatergebieden o.b.v. provincie-bestanden.
- RVO (2018). *Ontwikkeling van koudevraag van woningen. Factsheets met conclusies en aanbevelingen*. W/E adviseurs Utrecht/Eindhoven, 29 mei 2018.
- RVO (2019). *WarmteAtlas: Restwarmte, GroteIndustrie, Condenswarmte, DataCentraWarmte*; Bewerking: PBL.
- RVO (2020). *EP-online database energielabels*. Geraadpleegd op 1-1-2020 via rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/hulpmiddelen-tools-en-inspiratie-gebouwen/ep-online. Bewerking: PBL.
- Schoots, K. & P. Hammingh (2015), *Nationale Energieverkenning 2015*. ECN-O--15-033. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.
- Schoots, K. & P. Hammingh (2019). *Klimaat- en Energieverkenning 2019*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- Stedin (2020). *Netbeheerkosten Stedin 2019 & 2020 (tarieven kv gas, kv elektriciteit)*. Geraadpleegd op 22-01-2020 via stedin.net/tarieven/download-tarieven.
- Syntraal (2020). *Rekenregels Warmte uit Oppervlaktewater & Potentie Aquathermie*. Contouren o.b.v. materialen PBL, STOWA en Deltares. Februari 2020.

TNO & EBN (2018). *Play-based portfolioobenadering, eerste inzicht in zes voordelen voor veilig en verantwoord, kosteneffectief versnellen van geothermie*

TNO (2019). *ThermoGIS v2.1 maart 2019. Technisch potentieel aardwarmte. Aanlevering via Energie Beheer Nederland B.V. (EBN).*

Wijngaart, van den, R. & van Polen, S. (2020). *Bepaling energiebesparing door isolatie van woningen in de startanalyse 2020 (notitie).* Den Haag: PBL

# Bijlage A Kengetallen

Tabel A.1 kentallen infrastructuur gas en elektriciteit

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
L di gem	Gemiddelde lengte gebouwaansluiting	meter	15.00	CE Delft (2017)
Kj oh trans e	O&B kosten transportnet elektriciteit	Mln. € / jr.	378.98	Stedin (2020)
Kj oh distr e	O&B kosten distributienet elektriciteit	Mln. € / jr.	947.45	Stedin (2020)
Kji trans e	Kapitaallasten transportnet elektriciteit	Mln. € / jr.	568.47	Stedin (2020)
Kji distr e	Kapitaallasten distributienet elektriciteit	Mln. € / jr.	1326.43	Stedin (2020)
Lengte LS net NL	Lengte laagspanningsnet totaal NL	1000 km	181.62	Eigen berekening <sup>1</sup>
Kj oh trans g	O&B kosten transportnet gas	Mln. € / jr.	168.87	Stedin (2020)
Kj oh distr g	O&B kosten distributienet gas	Mln. € / jr.	281.45	Stedin (2020)
Kji trans g	Kapitaallasten transportnet gas	Mln. € / jr.	422.17	Stedin (2020)
Kji distr g	Kapitaallasten distributienet gas	Mln. € / jr.	985.06	Stedin (2020)
Lengte LD net NL	Lengte lagedruk gasnet totaal NL	1000 km	117.66	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verw g laagb min	Min kosten verw. G-aansluiting laagb. woning	€ / Aansl.	495.00	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verw g laagb max	Max kosten verw. G-aansluiting laagb. woning	€ / Aansl.	605.00	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verw g hoogb min	Min kosten verw. G-aansluiting hoogb. woning	€ / Aansl.	163.80	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verw g hoogb max	Max kosten verw. G-aansluiting hoogb. woning	€ / Aansl.	200.20	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verw g util min	Minimale kosten verw. gasaansluiting utiliteit	€ / Aansl.	1738.80	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verw g util max	Maximale kosten verw. gasaansluiting utiliteit	€ / Aansl.	2125.20	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verw LD min	Minimale kosten verwijderen gasleidingen	€ / meter	90.00	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verw LD max	Maximale kosten verwijderen gasleidingen	€ / meter	110.00	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verzw e min	Min. kosten verzwaren elektriciteitsaansluiting	€ / Aansl.	204.30	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verzw e max	Max. kosten verzwaren elektriciteitsaansluiting	€ / Aansl.	249.70	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verzw LS min	Minimale kosten verzwaren laagspanningsnet	€ / meter	99.00	Netbeheer Nederland (2019)
Ki verzw LS max	Maximale kosten verzwaren laagspanningsnet	€ / meter	121.00	Netbeheer Nederland (2019)
Ki MSR min	Min. kosten nieuwe middenspanningsruimte	€ / MSR	63000.00	Netbeheer Nederland (2019)
Ki MSR max	Max. kosten nieuwe middenspanningsruimte	€ / MSR	77000.00	Netbeheer Nederland (2019)
P MSR kw	Vermogen van een middenspanningsruimte	kW / MSR	630.00	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Eapp w asl min	Minimale ASW alleen apparatuur woningen	kW/Aansl.	2.40	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Eapp w asl max	Maximale ASW alleen apparatuur woningen	kW/Aansl.	3.60	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Ehwp w asl min	Minimale ASW hybride verwarming woningen	kW/Aansl.	3.20	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Ehwp w asl max	Maximale ASW hybride verwarming woningen	kW/Aansl.	4.60	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Eewp w asl min	Minimale ASW all-electric woningen	kW/Aansl.	7.00	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Eewp w asl max	Maximale ASW all-electric woningen	kW/Aansl.	7.00	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Eapp u asl min	Minimale ASW alleen apparatuur utiliteit	kW / m <sup>2</sup>	0.024	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Eapp u asl max	Maximale ASW alleen apparatuur utiliteit	kW / m <sup>2</sup>	0.036	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Ehwp u asl min	Minimale ASW hybride verwarming utiliteit	kW / m <sup>2</sup>	0.032	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Ehwp u asl max	Maximale ASW hybride verwarming utiliteit	kW / m <sup>2</sup>	0.046	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Eewp u asl min	Minimale ASW all-electric utiliteit	kW / m <sup>2</sup>	0.070	Netbeheer Nederland (2019)
ASW Eewp u asl max	Maximale ASW all-electric utiliteit	kW / m <sup>2</sup>	0.070	Netbeheer Nederland (2019)
Vastrecht e	Jaarlijks vastrecht elektriciteitsaansluiting	€/Aansl./jr.	17.40	Stedin (2020)
PA e	Jaarlijkse periodieke aansluitvergoeding elek.	€/Aansl./jr.	19.20	Stedin (2020)
Meterhuur e	Jaarlijkse huur van meterinstallatie elektriciteit	€/Aansl./jr.	19.30	Stedin (2020)
Capaciteitstarief e	Jaarlijks capaciteitstarief elektriciteitsaansluiting	€/Aansl./jr.	127.80	Stedin (2020)
Leveringstarief e	Jaarlijks leveringstarief elektriciteitsaansluiting	€/Aansl./jr.	53.89	Stedin (2020)
Vastrecht g	Jaarlijks vastrecht gasaansluiting	€/Aansl./jr.	17.40	Stedin (2020)
PA g	Jaarlijkse periodieke aansluitvergoeding gas	€/Aansl./jr.	27.20	Stedin (2020)
Meterhuur g	Jaarlijkse huur van meterinstallatie gas	€/Aansl./jr.	17.80	Stedin (2020)
Capaciteitstarief g	Jaarlijks capaciteitstarief gasaansluiting	€/Aansl./jr.	82.60	Stedin (2020)
Leveringstarief g	Jaarlijks leveringstarief gasaansluiting	€/Aansl./jr.	54.87	Stedin (2020)
AansluitTarief nw g	Aansluittarief nieuwbuwwoningen gas	€ / Aansl.	893.08	Stedin (2020)
AansluitTarief nw e	Aansluittarief nieuwbuwwoningen elektriciteit	€ / Aansl.	623.47	Stedin (2020)

<sup>1</sup> Eenmalig afgeleid door optelling van data aangeleverd door netbeheerders (invoerdata najaar 2019 - Vesta 4.0).

Tabel A.2 kentallen inpandige distributie en wijkdistributie

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
Ki OS min	Minimale kosten onderstations	€ / kW	120.00	CE Delft (2019b)
Ki OS max	Maximale kosten onderstations	€ / kW	150.00	CE Delft (2019b)
Ki wmr vast min	Minimale vaste kosten warmtemeters	€ / aansl.	898.69	CE Delft (2017)
Ki wmr vast max	Maximale vaste kosten warmtemeters	€ / aansl.	926.78	CE Delft (2017)
Ki wmr var min	Minimale variabele kosten warmtemeters	€ / kW	1.24	CE Delft (2017)
Ki wmr var max	Maximale variabele kosten warmtemeters	€ / kW	1.46	CE Delft (2017)
Ki id afleverset	Kosten afleverset voor warmtelevering	€ / aansl.	1300.00	CE Delft (2019b)
Ki id grondgeb	Inpandige dist. grondgebonden objecten	€ / aansl.	2500.00	CE Delft (2019b)
Ki id hoog metblok	Inpandige dist. hoogbouw geen blokverw.	€ / aansl.	1500.00	CE Delft (2019b)
Ki id hoog zonblok	Inpandige dist. hoogbouw met blokverw.	€ / aansl.	722.00	CE Delft (2019b)
AandeelBlok	Aandeel blokverwarming in Nederland	procent	15.40	CBS (2015 - 2019) <sup>1</sup>
Ki blokverw	Kosten blokverwarmingsinstallaties	€ / kW	164.05	CE Delft (2017)
Afschr resterend	Resterende waarde blokverw. installaties	aandeel	1/3	Gebruikersinstelling <sup>2</sup>
K dienst (groente)	Dienstleidingen GLTB groenteteelt	€	11233.65	CE Delft (2017)
K dienst (bloemen)	Dienstleidingen GLTB bloemen en overige	€	6740.19	CE Delft (2017)
GemOpp (groente)	Gemiddeld oppervlak groentekas	m <sup>2</sup>	11000.00	CE Delft (2017)
GemOpp (bloemen)	Gem. oppervlak bloemenkas en overige	m <sup>2</sup>	9000.00	CE Delft (2017)
KasLengteFactor	Inschatting gem. lengte groentekassen	meter	210.00	CE Delft (2017)
Kj huur CO2Inst	Huur van een CO2 installatie in GLTB	€ / ha/jr.	1797.38	CE Delft (2017)
K CO2	Kosten inkoop CO2 in glastuinbouw	€ / ton	89.80	CE Delft (2017)
V CO2	Vraag naar CO2 in glastuinbouw	ton/ha/jr.	340.00	CE Delft (2017)
Ki booster min	Minimale kosten boosterwarmtepomp	€	2225.98	CE Delft (2019a)
Ki booster max	Maximale kosten boosterwarmtepomp	€	2560.84	CE Delft (2019a)
Ki eWP_B	Inpandige w/w warmtepomp label B	€	4500.00	CE Delft (2019a)
Ki eWP_CDE	Inpandige w/w warmtepomp label C/D/E	€	7000.00	CE Delft (2019a)
Ki eWP util	Inpandige w/w warmtepomp Utiliteit	€ / kW	700.00	CE Delft (2019a)
Ki LTAS wh min	Minimale kosten LTAS gestapeld woningen	€ / Aansl.	401.34	CE Delft (2017)
Ki LTAS wh max	Maximale kosten LTAS gestapeld woningen	€ / Aansl.	2014.85	CE Delft (2017)
Ki LTAS wl min	Minimale kosten LTAS grondgeb. woningen	€ / Aansl.	957.21	CE Delft (2017)
Ki LTAS wl max	Maximale kosten LTAS grondgeb. woningen	€ / Aansl.	3221.92	CE Delft (2017)
Ki LTAS u	Kosten LT afgiftesysteem utiliteit	€ / m <sup>2</sup>	9.0577	CE Delft (2017)
Ki booster min	Minimale kosten boosterWP voor tapwater	€ / Aansl.	2225.98	CE Delft (2019c)
Ki booster max	Maximale kosten boosterWP voor tapwater	€ / Aansl.	2560.84	CE Delft (2019c)
Ki eWP_B	w/w warmtepomp in LT-net woning label B	€ / Aansl.	4500.00	CE Delft (2019c)
Ki eWP_CDE	w/w warmtepomp in LT-net woning label C/D/E	€ / Aansl.	7000.00	CE Delft (2019c)
K_dist_pandOS	Kosten verzamelen aansluiteleidingen tot onderstations	€ / pand	3337.78	Eigen berekening <sup>3</sup>
OWF	Omwegfactor voor extra leidingen t.o.v. hemelsbreed	factor	1.25	CE Delft (2017)
P OS	Gemiddeld vermogen van een onderstation	kW / OS	825.00	CE Delft (2019b)
K ov	Kosten ongeriefsvergoeding bestaande woningen	€ / aansl.	140.42	CE Delft (2017)
K pm min	Min. kosten projectmanagement bestaande woningen	€ / aansl.	56.17	CE Delft (2017)
K pm max	Max. kosten projectmanagement bestaande woningen	€ / aansl.	280.84	CE Delft (2017)
Kj hv_w	Jaarlijkse huurverlaging bij deelname gebiedsoptie	€/aansl/jr.	160.00	CE Delft (2017)
L_max_TEObron	Max. lengte dat een TEO bron van de WKO mag liggen	m	5000.00	Werkwaarde

<sup>1</sup> Het CBS rapporteert het aandeel van alle woningen in Nederland die zijn aangesloten op blokverwarming (gebruikt peilmoment is 2019)

<sup>2</sup> De resterende afschrijving voor blokverwarming kan door de modelgebruiker worden aangepast afhankelijk van de aanname of en in welke mate er natuurlijke vervangingsmomenten worden benut. De hier gegeven waarde is de default instelling.

<sup>3</sup> Berekend als het gemiddelde verschil in kosten tussen de invoerdata voor buislengte op basis van het wegennet (Lof, 2020), en de kosten van aansluiting van een pand zoals vastgesteld in de validatiesessies Startanalyse 2019. De validatiesessies geven een kengetal voor de aansluiting van een pand tot aan het onderstation. De buislengteberekening geeft kosten voor het aanleggen van het distributienet tot aan de dichtstbijzijnde straat (het uiteinde van de aansluiteleiding naar de gevel). De overlap zit tussen de onderstations en het uiteinde van de aansluiteleiding (gemiddeld een ordegrootte van 6 meter per pand). Als wordt gerekend met de inschatting van de leidingslengte in de buurt tot aan de onderstations met een formule op basis van het oppervlak, in combinatie met de kosten van aansluiteleidingen op basis van de invoerdata (tot aan het midden van de straat) moeten dus de extra kosten K\_dist\_pandOS in acht genomen worden om het deel ertussen te berekenen.

Tabel A.3 Percentages onderhoud en administratie

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
R_WOS_onderhoud	Onderhoudspercentage Warmteoverdrachtstation	procent	3.00	CE Delft (2019b)
R_OS_onderhoud	Onderhoudspercentage Onderstations	procent	3.00	CE Delft (2019b)
R_Sec_onderhoud	Onderhoudspercentage Secundaire distributienet	procent	1.00	CE Delft (2019b)
R_pt_onderhoud	Onderhoudspercentage Primaire transportleidingen	procent	1.00	CE Delft (2019b)
R_Inst_onderhoud	Onderhoudspercentage installaties in warmtenetten	procent	3.00	CE Delft (2019b)
R_Inst_admin	Administratiepercentage installaties in warmtenetten	procent	3.00	CE Delft (2019b)
R_lv_admin	Administratiepercentage leveranciers	procent	1.00	CE Delft (2019b)
R_id_onderhoud	Onderhoudspercentage inpandige distributie	procent	2.50	CE Delft (2019b)
R_ow_onderhoud	Onderhoudspercentage bestaande MT-puntbronnen	procent	5.00	CE Delft (2019b)
R_ow_onderhoud_(bio)	Onderhoudspercentage nieuwe Bio-WKK warmtebronnen	procent	16.60	Lensink, S. (2018)
R_ow_onderhoud_(geo)	Onderhoudspercentage nieuwe Geothermie warmtebronnen	procent	6.90	Lensink, S. (2020)
R_ow_admin	Administratiepercentage opwekkingsinstallaties	procent	2.50	CE Delft (2019b)
R_wd_onderhoud	Onderhoudspercentage wijkdistributienet	procent	1.00	CE Delft (2019b)
R_wpColl_onderhoud	Onderhoudspercentage collectieve warmtepompen	procent	3.50	CE Delft (2019b)
R_wpColl_admin	Administratiepercentage collectieve warmtepompen	procent	2.50	CE Delft (2019b)
R_WKO_onderhoud	Onderhoudspercentage WKO-bronnen	procent	2.00	CE Delft (2019b)
R_TEO_onderhoud	Onderhoudspercentage TEO-bronnen	procent	3.00	CE Delft (2019b)
R_OH_(Hr/Vr-ketels)	Onderhoud Hr-ketels en Vr-ketels	procent	4.65	CE Delft (2019c)
R_OH_(eWP_lw_w)	Onderhoud luchtwarmtepompen woningen	procent	1.50	CE Delft (2019c)
R_OH_(eWP_bw_w)	Onderhoud bodemwarmtepompen woningen	procent	0.90	CE Delft (2019c)
R_OH_(pelletkachel)	Onderhoud Pelletkachels	procent	4.00	CE Delft (2019c)
R_OH_(biomassaketel)	Onderhoud biomassaketels	procent	1.00	CE Delft (2019c)
R_OH_(waterstofketel)	Onderhoud waterstofketels	procent	4.65	CE Delft (2019c)
R_OH_(e-boiler)	Onderhoud elektrische boilers tapwater	procent	3.00	CE Delft (2019c)
R_OH_(Doorstroom)	Onderhoud doorstroomapparaten tapwater	procent	6.00	CE Delft (2019c)
R_OH_(Hybride_WP)	Onderhoud hybride warmtepompen woningen	procent	3.45	CE Delft (2019c)
R_OH_(Airco)	Onderhoud airconditioners	procent	7.00	CE Delft (2019c)
R_OH_(eWP_lw_u)	Onderhoud luchtwarmtepompen utiliteit	procent	2.00	CE Delft (2019c)
R_OH_(eWP_bw_uG)	Onderhoud bodemwarmtepompen utiliteit >= 100 kW	procent	1.00	CE Delft (2019c)
R_OH_(eWP_bw_uK)	Onderhoud bodemwarmtepompen utiliteit < 100 kW	procent	1.00	CE Delft (2019c)

Tabel A.4 Opbrengsten warmtenetten

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
NMDA_Koude(w)	Efficiency van referentiekoeling voor koudeprijs woningen	factor	1.00	CE Delft (2017)
NMDA_Koude(u)	Efficiency van referentiekoeling voor koudeprijs utiliteit	factor	1.56	CE Delft (2017)
VastrechtMT	Maximaal vastrechttarief warmtelevering hoger dan 55 °C	€/aansl/ir.	373.91	ACM (2019)
VastrechtLT	Maximaal vastrechttarief warmtelevering 55 °C of lager	€/aansl/ir.	208.03	ACM (2019)
VastrechtK	Maximaal vastrechttarief koudelevering	€/aansl/ir.	188.72	ACM (2019)
Meettarief	Maximaal meettarief bij warmtelevering	€/aansl/ir.	21.22	ACM (2019)
Aansluitbijdrage	Eenmalige bijdrage voor nieuwe warmtenetaansluiting	€/aansl	3594.87	ACM (2019)

Tabel A.5 Kentallen efficiency warmtenetten

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
Vermogenverlies MT min	Minimaal capaciteitsverlies in MT warmteleidingen	procent	0.00	CE Delft (2019b)
Vermogenverlies MT max	Maximaal capaciteitsverlies in MT warmteleidingen	procent	10.00	CE Delft (2019b)
Vermogenverlies LT min	Minimaal capaciteitsverlies in LT warmteleidingen	procent	0.00	CE Delft (2019b)
Vermogenverlies LT max	Maximaal capaciteitsverlies in LT warmteleidingen	procent	10.00	CE Delft (2019b)
Efficiency piekkelcel min	Minimaal rendement gasgestookte hulpketel	procent	78.00	CE Delft (2017)
Efficiency piekkelcel max	Maximaal rendement gasgestookte hulpketel	procent	107.00	CE Delft (2017)
Pvol Default (MT)	Default aandeel primaire MT-bron op volume	procent	80.00	CE Delft (2019b)
Pvol Default (LT)	Default aandeel primaire LT-bron op volume	procent	100.00	CE Delft (2019a)
Leidingverlies min	Minimaal leidingverlies als aandeel van volume	procent	20.00	CE Delft (2019b)
Leidingverlies max	Maximaal leidingverlies als aandeel van volume	procent	36.00	CE Delft (2019b)
AEO A RV (<35°C)	Eigen opwekking RV, aflevertemp. < 35°C, label A	procent	60.00	Werkwaarde
AEO A RV (<55°C)	Eigen opwekking RV, aflevertemp. < 55°C, label A	procent	30.00	Werkwaarde
AEO B RV (<35°C)	Eigen opwekking RV, aflevertemp. < 35°C, label B	procent	90.00	Werkwaarde
AEO B RV (<55°C)	Eigen opwekking RV, aflevertemp. < 55°C, label B	procent	60.00	Werkwaarde
AEO CDE RV (<35°C)	Eigen opwekking RV, aflevertemp. < 35°C, label C-E	procent	100.00	Werkwaarde
AEO CDE RV (<55°C)	Eigen opwekking RV, aflevertemp. < 55°C, label C-E	procent	90.00	Werkwaarde
AEO TW (<35°C)	Eigen opwekking tapwater, aflevertemp. < 35°C	procent	60.00	Werkwaarde
AEO TW (<55°C)	Eigen opwekking tapwater, aflevertemp. < 55°C	procent	30.00	Werkwaarde
SPF id A RV	Efficiency inpandige eigen opwekking RV label A	Factor	8.00	CE Delft (2019a)
SPF id B RV (<35°C)	Eff. eigen opwek RV label B, aflevertemp. < 35°C	Factor	4.20	CE Delft (2019a)
SPF id B RV (<55°C)	Eff. eigen opwek RV label B, aflevertemp. < 55°C	Factor	8.00	CE Delft (2019a)
SPF id CDE RV (<35°C)	Eff. eigen opwek RV label C-E, aflevertemp. < 35°C	Factor	3.20	CE Delft (2019a)
SPF id CDE RV (<55°C)	Eff. eigen opwek RV label C-E, aflevertemp. < 55°C	Factor	4.20	CE Delft (2019a)
SPF id TW (boosterWP)	Efficiency eigen opwekking tapwater met booster	Factor	4.40	CE Delft (2019a)
SPF id TW (combiWP)	Efficiency eigen opwekking tapwater met combiWP	Factor	2.75	CE Delft (2019a)
R Pompenergie	Benodigde elektriciteit voor distributiepompen	GJh / GJth	0.0072	CE Delft (2017)
SPF coll w (15°C-30°C)	Eff. collectieve WP 15°C bron naar 30°C distributie	Factor	7.90	CE Delft (2019a)
SPF coll w (15°C-50°C)	Eff. collectieve WP 15°C bron naar 50°C distributie	Factor	3.20	CE Delft (2019a)
SPF coll w (15°C-70°C)	Eff. collectieve WP 15°C bron naar 70°C distributie	Factor	3.00	CE Delft (2019a)
SPF coll w (30°C-50°C)	Eff. collectieve WP 30°C bron naar 50°C distributie	Factor	4.20	CE Delft (2019a)
SPF coll w (30°C-70°C)	Eff. collectieve WP 30°C bron naar 70°C distributie	Factor	3.20	CE Delft (2019a)
SPF coll k	Efficiency collectieve warmtepomp voor koude	Factor	30.00	CE Delft (2019a)
SPF geothermie	Efficiency van warmteproductie uit geothermie	Factor	23.04	Lensink, S. (2020) <sup>2</sup>
V elek WKO	Elek. vraag in WKO-bron afh. van productievolume	GJh / GJth	0.0250	CE Delft (2017)
V elek TEO	Elek. vraag in TEO-bron afh. van productievolume	GJh / GJth	0.0170	IF Technology (2019)
Efactor industrie	Extra elek. verbruik restwarmtebronnen voor levering	GJh / GJth	0.0000025	CE Delft (2017)
Efactor AVI	Verloren elek. productie door warmtelevering uit AVI	GJh / GJth	0.18	CE Delft (2017)
Rw Kolen	Aandeel kolenvoorverbruik voor warmteprod. in kolencentrale	Factor	0.6667	CE Delft (2017)
Rw BMC	Aandeel biomassaverbruik voor warmteproductie in BMC	Factor	0.6667	CE Delft (2017)
Rw Bio-WKK	Aandeel biomassaverbruik voor warmteprod. in Bio-WKK	Factor	0.90	Lensink, S. (2018) <sup>1</sup>
Rw WKK	Aandeel gasverbruik voor warmteproductie in WijkWKK	Factor	0.90	Lensink, S. (2018) <sup>1</sup>
Rw STEG	Aandeel gasverbruik voor warmteproductie in STEG	Factor	0.6667	CE Delft (2017)
SPF Bio-WKK	Efficiency van omzetting biomassa naar warmte in WKK	Factor	0.80	CE Delft (2017)
SPF WKK	Efficiency van omzetting van gas naar warmte in WijkWKK	Factor	1.07	Lensink, S. (2018) <sup>1</sup>
T bron (alle MT)	Default brontemperatuur alle MT warmtebronnen	°Celsius	70.00	CE Delft (2019b)
T bron (WKO)	Default brontemperatuur WKO puntbronnen in invoer	°Celsius	15.00	CE Delft (2019a)
T bron (ITdiensten)	Default brontemperatuur IT-dienstverlening puntbronnen	°Celsius	50.00	CE Delft (2019a)
T bron (overig LT)	Default brontemperatuur overige LT-puntbronnen	°Celsius	30.00	CE Delft (2019a)

<sup>1</sup> Gebaseerd op de basisbedragen van de SDE+ 2019 voor WKK (eindadvies PBL 2018)

<sup>2</sup> SDE++ basisbedragen voor diepe geothermie voor basislast met 6000 vollasturen.

Tabel A.6 kentallen investeringskosten warmtebronnen

Naam	Beschrijving	eenheid	Waarde	Bron
Ki buffer	Kosten warmtebuffer bij LT-bronnen per aansluiting	€ / Aansl.	1000.00	CE Delft (2019a)
Ki buffer_min	Ondergrens kosten warmtebuffer bij LT-warmtebron	€	100000.00	CE Delft (2019a)
Ki_kw_min (TEO)	Minimale kosten per kW voor aanleggen TEO-bron	€ / kW	198.00	IF Technology (2019) <sup>1</sup>
Ki_kw_max (TEO)	Maximale kosten per kW voor aanleggen TEO-bron	€ / kW	242.00	IF Technology (2019) <sup>1</sup>
Ki_ow_vast_min (TEO)	Minimale vaste kosten voor aanleggen TEO-bron	€	90000.00	IF Technology (2019) <sup>1</sup>
Ki_ow_vast_max (TEO)	Maximale vaste kosten voor aanleggen TEO-bron	€	110000.00	IF Technology (2019) <sup>1</sup>
Ki_kw_min (WKO)	Minimale kosten per kW voor aanleggen WKO systeem	€ / kW	103.50	KWA (2018) <sup>3</sup>
Ki_kw_max (WKO)	Maximale kosten per kW voor aanleggen WKO systeem	€ / kW	126.50	KWA (2018) <sup>3</sup>
Ki_ow_vast_min (WKO)	Minimale vaste kosten voor aanleggen WKO systeem	€	135000.00	KWA (2018) <sup>3</sup>
Ki_ow_vast_max (WKO)	Maximale vaste kosten voor aanleggen WKO systeem	€	165000.00	KWA (2018) <sup>3</sup>
Ki_kw_min (LT-restbron)	Investering per kW in gebruik nemen LT warmtebron	€ / kW	50.00	CE Delft (2019a)
Ki_kw_max (LT-restbron)	Investering per kW in gebruik nemen LT warmtebron	€ / kW	250.00	CE Delft (2019a)
AandeelTEOvermogen	Aandeel vermogensvraag waarop TEO geschaald wordt	factor	0.139	Eigen berekening <sup>2</sup>
R_regeneration	Meerkosten regeneratiemechanisme als aandeel Ki_ow	procent	10.00	KWA (2018) <sup>3</sup>
Ki_kw_min (STEG)	Min. kosten uitkoppelen stoom- en gasturbine	€ / kW	150.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_max (STEG)	Max. kosten uitkoppelen stoom- en gasturbine	€ / kW	175.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_min (Gasmotor)	Min. kosten uitkoppelen bestaande gasmotor	€ / kW	800.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_max (Gasmotor)	Max. kosten uitkoppelen bestaande gasmotor	€ / kW	1800.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_min (Gasturbine)	Min. kosten uitkoppelen bestaande gasturbine	€ / kW	175.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_max (Gasturbine)	Max. kosten uitkoppelen bestaande gasturbine	€ / kW	185.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_min (Industrie)	Min. kosten uitkoppelen industriële restwarmte	€ / kW	225.00	Gelijk raffinaderij
Ki_kw_max (Industrie)	Max. kosten uitkoppelen industriële restwarmte	€ / kW	275.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_min (Raffinaderij)	Min. kosten uitkoppelen restwarmte van raffinaderij	€ / kW	225.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_max (Raffinaderij)	Max. kosten uitkoppelen restwarmte van raffinaderij	€ / kW	275.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_min (KVSTEG)	Min. kosten uitkoppelen kolenvergassing STEG	€ / kW	150.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_max (KVSTEG)	Max. kosten uitkoppelen kolenvergassing STEG	€ / kW	175.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_min (AVI)	Min. kosten uitkoppelen afvalverbrandingsinstallatie	€ / kW	150.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_max (AVI)	Max. kosten uitkoppelen afvalverbrandingsinstallatie	€ / kW	175.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_min (BMC)	Min. kosten uitkoppelen bestaande biomassacentrale	€ / kW	150.00	Gelijk AVI/STEG
Ki_kw_max (BMC)	Max. kosten uitkoppelen bestaande biomassacentrale	€ / kW	175.00	Gelijk AVI/STEG
Ki_kw_min (Wijk-WKK)	Minimale investering WKK op aardgas of groengas	€ / kW	800.00	CE Delft (2017)
Ki_kw_max (Wijk-WKK)	Maximale investering WKK op aardgas of groengas	€ / kW	1800.00	CE Delft (2017)
Ki_kw (Geothermie)	Investering voor aanleggen geothermie-bron	€ / kW	1523.00	Lensink, S. (2020) <sup>4</sup>
Ki_kw (Bio-WKK)	Investering voor realiseren WKK op vaste biomassa	€ / kW	415.00	Lensink, S. (2018) <sup>5</sup>
Ki_kw_min (Hulpketel)	Minimale investering uitkoppeling bestaande hulpketels	€ / kW	800.00	Gelijk Wijk-WKK
Ki_kw_max (Hulpketel)	Maximale investering uitkoppeling bestaande hulpketels	€ / kW	1800.00	Gelijk Wijk-WKK

<sup>1</sup> IF Technology heeft kentallen voor aquathermie (TEO) aangeleverd ten behoeve van implementatie aquathermie in de Startanalyse 2019.

Vervolgens zijn deze kentallen afgestemd met input van RVO o.b.v. het kostenmodel van KWA (2018) naar aanleiding waarvan enkele aanpassingen zijn gedaan.

<sup>2</sup> Bepaald op basis van 2000 vollasturen (IF Technology, 2019) binnen welke tijd de vanuit de WKO geleverde warmte moet worden geregenereerd.

<sup>3</sup> RVO heeft KWA Bedrijfsadviseurs (KWA, 2018) opdracht verstrekt tot het opstellen van een discussietool, waarmee het tarief voor koudelevering in de Warmtewet kan worden bepaald. De investeringskosten voor bodemenergiesystemen hieruit zijn gebruikt om de kosten van WKO te bepalen.

<sup>4</sup> SDE++ basisbedragen voor diepe geothermie voor basislast met 6000 vollasturen.

<sup>5</sup> Gebaseerd op de basisbedragen van de SDE+ 2019 voor WKK (eindadvies PBL 2018)

Tabel A.7 Vermogensvraag en gelijktijdigheid

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
ASW RV asl wl	Vaste vermogensvraag ruimteverw. Laagbouw woningen	kW/Aansl.	3.08 – 5.03	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp wl	Var. vermogensvraag ruimteverw. Laagbouw woningen	kW/m <sup>2</sup>	0.04 – 0.03	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW TW asl wl	Vaste vermogensvraag tapwater Laagbouw woningen	kW/Aansl.	4.00	CE Delft (2017)
ASW RV asl wh	Vaste vermogensvraag ruimteverw. Hoogbouw woningen	kW/Aansl.	2.00 – 2.39	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp wh	Var. vermogensvraag ruimteverw. Hoogbouw woningen	kW/m <sup>2</sup>	0.03 – 0.04	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW TW asl wh	Vaste vermogensvraag tapwater Hoogbouw woningen	kW/Aansl.	2.00	CE Delft (2017)
ASW K asl w	Vermogensvraag koude woningen	kW/Aansl.	2.00	CE Delft (2017)
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Kantoren	kW/m <sup>2</sup>	0.06 – 0.13	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Winkels	kW/m <sup>2</sup>	0.03 – 0.08	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Gezondheidszorg	kW/m <sup>2</sup>	0.08 – 0.14	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Logies	kW/m <sup>2</sup>	0.06 – 0.09	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Onderwijs	kW/m <sup>2</sup>	0.03 – 0.07	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Industrie	kW/m <sup>2</sup>	0.03 – 0.05	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Bijeenkomst	kW/m <sup>2</sup>	0.08 – 0.16	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Sport	kW/m <sup>2</sup>	0.06 – 0.10	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Overig	kW/m <sup>2</sup>	0.01 – 0.03	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW RV opp u	Vermogensvraag ruimteverwarming: Cel	kW/m <sup>2</sup>	0.09 – 0.14	BZK (2012) <sup>1</sup>
ASW TW opp u	Vermogensvraag warm tapwater utiliteit	kW/m <sup>2</sup>	0.04	CE Delft (2017)
ASW K opp u	Vermogensvraag koude utiliteit	kW/m <sup>2</sup>	0.06	CE Delft (2017)
ASW RV opp t	Vermogensvraag ruimteverw. glastuinbouw verwarmd	kW/m <sup>2</sup>	0.165	CE Delft (2017)
GTF w K	Gelijktijdigheidsfactor koude woningen	factor	0.55	CE Delft (2019a)
GTF w TW	Gelijktijdigheidsfactor warm tapwater woningen	factor	0.10	CE Delft (2019b)
GTF w RVmt	Gelijktijdigheidsfactor MT-ruimteverwarming woningen	factor	0.50	CE Delft (2019b)
GTF w RVI	Gelijktijdigheidsfactor LT-ruimteverwarming woningen	factor	0.55	CE Delft (2019a)
GTF u K	Gelijktijdigheidsfactor koude utiliteit	factor	0.95	CE Delft (2019a)
GTF u TW	Gelijktijdigheidsfactor warm tapwater utiliteit	factor	0.10	CE Delft (2019b)
GTF u RVmt	Gelijktijdigheidsfactor MT-ruimteverwarming utiliteit	factor	0.95	CE Delft (2019b)
GTF u RVI	Gelijktijdigheidsfactor LT-ruimteverwarming utiliteit	factor	0.95	CE Delft (2019a)
GTF t RV	Gelijktijdigheidsfactor ruimteverwarming glastuinbouw	factor	1.00	Eigen inschatting <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eenmalig afgeleid van gemiddelde functionele warmtevraag voor dit type bebouwing, uitgaande van 25% van jaarlijkse vraag in GJ. Dit volgt de NEN 7120 (BZK, 2012) methodiek. Waardes zijn gegeven als min-max; ondergrens (min) is bepaald bij een schillabel B, bovengrens (max) is bepaald bij een schillabel D.

<sup>2</sup> De gelijktijdigheid van ruimteverwarmingsvraag in glastuinbouw wordt verondersteld 100% te zijn omdat de energie wordt ingezet voor een continu bedrijfsproces.

Tabel A.8 parameters waterstofnetten

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
K_section	Kosten per buurt voor sectioneren gasnet t.b.v. waterstof	€ / buurt	2000.00	Hoogervorst, N. (2020b)
R_oh_aansl <sup>3</sup>	Onderhoud waterstofnet per aansluiting (aandeel investering)	Procent	4.29	Hoogervorst, N. (2020b)
K_aansl_asl(w) <sup>1</sup>	Vaste kosten per vbo aanpassen gasnet voor waterstof, woningen	€ / aansl.	373.00	Hoogervorst, N. (2020b)
K_aansl_asl(u)	Vaste kosten per vbo aanpassen gasnet voor waterstof, utiliteit	€ / aansl.	0.00	Hoogervorst, N. (2020b)
K_aansl_opp(w)	Variabele kosten per vbo aanpassen gasnet voor waterstof, woningen	€ / m <sup>2</sup>	0.00	Hoogervorst, N. (2020b)
K_aansl_opp(u) <sup>2</sup>	Variabele kosten per vbo aanpassen gasnet voor waterstof, utiliteit	€ / m <sup>2</sup>	2.87	Hoogervorst, N. (2020b)
H2energie_onder	Energieinhoud in megajoule van een kilo waterstof (onderwaarde)	mJ / kg	120.00	Hoogervorst, N. (2020b)

<sup>1</sup> K\_aansl\_asl (w) is opgebouwd uit 200 euro voor het aanpassen van de aansluiting zelf en 173 euro voor het aanpassen van de gasmeter.

<sup>2</sup> K\_aansl\_opp (u) is berekend op basis van 373 euro per woningequivalent in woningen, uitgaande van 130 m<sup>2</sup> utiliteit zijnde 1 woningequivalent.

<sup>3</sup> R\_oh\_aansl is berekend uit een vast jaarlijks bedrag van 10 € per aansluiting per jaar voor extra netbeheer plus 6 € per aansluiting per jaar voor CO<sub>2</sub>-meting. 16 euro per jaar is 4,29 % van de initiële investeringskosten.

Tabel A.9 Standaardwaarden beleidsparameters

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
Threshold_bouwnorm	Bouwjaar vanaf waar geen schilsprong bij onbekend label	jaartal	2000.00	Werkwaarde
Heffingskorting	Vast bedrag in mindering wordt gebracht op E-rekening	€/aansl.	420.14	Belastingdienst (2020)
SplitIncentive (vb)	Deel van besparing op verbruik voor gebouweigenaar	procent	80.00	Werkwaarde
SplitIncentive (vr)	Deel van besparing op vastrecht voor gebouweigenaar	procent	80.00	Werkwaarde
VAT	BTW op investeringen (exclusief gebouwverbetering)	procent	21.00	Werkwaarde
VAT_gv	BTW op investeringen in gebouwverbetering	procent	15.00	Werkwaarde
Rs LO	Subsidie gebouwinstallaties als aandeel van investering	procent	50.00	Werkwaarde
Rs GV	Subsidie gebouwverbetering als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs OV	Subsidie ongeriefsvergoeding als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs PM	Subsidie projectmanagement als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs_id	Subsidie inpandige distributie als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs_wd	Subsidie wijkdistributie als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs_pt	Subsidie primair transport als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs_WKO	Subsidie WKO en/of TEO-bron als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs_LT	Subsidie uitkoppelen LT-bron als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs_H2	Subsidie aanleg waterstofnet als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
Rs_ow <sup>1</sup>	Subsidie overige bron per type als aandeel van investering	procent	0.00	Werkwaarde
SDE <sup>1</sup>	Productiesubsidie diverse warmtebronnen, per brontype	€/GJ	0.00	Werkwaarde
SDE_LT	Productiesubsidie lagetemperatuur restwarmtebronnen	€/GJ	0.00	Werkwaarde
SDE_WKO	Productiesubsidie voor WKO, eventueel i.c.m. TEO	€/GJ	0.00	Werkwaarde
SDE_H2	Subsidie voor waterstofproductie (zowel groen als blauw)	€/GJ	0.00	Werkwaarde
RV-schuif	Verhoging of verlaging func. vraag ruimteverwarming	factor	1.00	Werkwaarde
K-schuif	Verhoging of verlaging functionele vraag naar koude	factor	1.00	Werkwaarde
TW-schuif	Verhoging of verlaging func. vraag naar warm tapwater	factor	1.00	Werkwaarde
EA-schuif	Verhoging of verlaging func. vraag elektrische apparatuur	factor	1.00	Werkwaarde
Buitencoortour <sub>wko</sub>	Kan WKO aangelegd worden buiten de potentiecontour?	Ja/Nee	Nee	Werkwaarde
Buitencoortour <sub>TEO</sub>	Kan TEO aangelegd worden buiten de potentiecontour?	Ja/Nee	Nee	Werkwaarde
Buitencoortour <sub>GEO</sub>	Kan Geothermie aangelegd buiten de potentiecontour?	Ja/Nee	Nee	Werkwaarde
Efficiencyschuif	Mate waarin min/max waarde efficiency wordt toegepast	ratio	0.50	Werkwaarde
Verbeterschuif	Mate waarin min/max waarde kosten wordt toegepast	ratio	0.50	Werkwaarde
Leercurveschuif	Mate waarin min/max waarde leercurve wordt toegepast	ratio	0.50	Werkwaarde
CurveGebruik	Mate waarin leercurves wel/niet worden toegepast	ratio	1.00	Werkwaarde
Huurschuif	Mate van huurverlaging bij warmtenetaansluiting	ratio	0.50	Werkwaarde
Tarief_aansl_H2	Defaultinstelling aansluitbijdrage waterstofnetten	€ / aansl.	3594.87	Werkwaarde
Tarief_vastr_H2	Defaultinstelling jaarlijks vastrecht waterstofnetten	€ / aansl / jr.	373.91	Werkwaarde
Marktprijs_H2	Defaultinstelling afnameprijs waterstofnetten	€ / GJ	26.003	Werkwaarde
Discontovoet_mr	Maatschappelijke Rentekoef voor nationale kostenberekening	Procent	3.00	Werkwaarde
Discontovoet_ow	Rentekoef voor opwekking in gebiedsopties	Procent	6.00	Werkwaarde
Discontovoet_wd	Rentekoef voor wijkdistributie in gebiedsopties	Procent	6.00	Werkwaarde
Discontovoet_pt	Rentekoef voor primair transport in gebiedsopties	Procent	6.00	Werkwaarde
Discontovoet_id	Rentekoef voor inpandige distributie in gebiedsopties	Procent	6.00	Werkwaarde
Discontovoet_E_bw	Rentekoef voor eigenaren van bestaande woningen	Procent	5.50	Werkwaarde
Discontovoet_E_nw	Rentekoef voor eigenaren van nieuwbuw woningen	Procent	5.50	Werkwaarde
Discontovoet_E_bu	Rentekoef voor eigenaren van bestaande utiliteit	Procent	8.00	Werkwaarde
Discontovoet_E_nu	Rentekoef voor eigenaren van nieuwbuw utiliteit	Procent	8.00	Werkwaarde
Discontovoet_E_bt	Rentekoef voor eigenaren van bestaande glastuinbouw	Procent	8.00	Werkwaarde
Discontovoet_E_nt	Rentekoef voor eigenaren van nieuwbuw glastuinbouw	procent	8.00	Werkwaarde

<sup>1</sup> Rs\_ow en SDE zijn op te geven per type MT-warmtebron. Hierin is de waarde afzonderlijk in te voeren voor de categorieën: STEG, Gasturbine, Conventioneel, Kolen, KVSTEG, Gasmotor, Wijk-WKK, Industrie, Raffinaderij, Kern, Geothermie, AVI, BMC en Bio-WKK.

# Bijlage B Invoerbestanden

Tabel B.1 Gebouwopties

Naam	Doellabel	Ruimteverwarming		Tapwater		Koude	
		Basislast	Pieklast	Basislast	Pieklast	Basislast	Pieklast
VR_zK_x	Geen <sup>1</sup>	Vr-ketel	Vr-ketel	Vr-ketel	Vr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
VR_mK_x	Geen <sup>1</sup>	Vr-ketel	Vr-ketel	Vr-ketel	Vr-ketel	Airconditioner	Airconditioner
HR_zK_x	Geen <sup>1</sup>	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
HR_mK_x	Geen <sup>1</sup>	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Airconditioner	Airconditioner
LeWP_zK_A	A	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
LeWP_zK_B	B	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
LeWP_mK_A	A	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP
LeWP_mK_B	B	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP	Lucht-WP
HWP_zK_A	A	Lucht-WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
HWP_zK_B	B	Lucht-WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
HWP_zK_C	C	Lucht-WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
HWP_zK_D	D	Lucht-WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
HWP_mK_A	A	Lucht-WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Lucht-WP	Lucht-WP
HWP_mK_B	B	Lucht-WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Lucht-WP	Lucht-WP
HWP_mK_C	C	Lucht-WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Lucht-WP	Lucht-WP
HWP_mK_D	D	Lucht-WP	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Lucht-WP	Lucht-WP
HR_mK_A	A	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Airconditioner	Airconditioner
HR_zK_A	A	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
HR_mK_B	B	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Airconditioner	Airconditioner
HR_zK_B	B	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
HR_mK_C	C	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Airconditioner	Airconditioner
HR_zK_C	C	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
HR_mK_D	D	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Airconditioner	Airconditioner
HR_zK_D	D	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	Hr-ketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
H2WP_mK <sup>4</sup>	Geen <sup>1</sup>	Lucht-WP	Waterstofketel	Waterstofketel	Waterstofketel	Lucht-WP	Lucht-WP
H2R_mK <sup>4</sup>	Geen <sup>1</sup>	Waterstofketel	Waterstofketel	Waterstofketel	Waterstofketel	Airconditioner	Airconditioner
H2WP_zK <sup>4</sup>	Geen <sup>1</sup>	Lucht-WP	Waterstofketel	Waterstofketel	Waterstofketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
H2R_zK <sup>4</sup>	Geen <sup>1</sup>	Waterstofketel	Waterstofketel	Waterstofketel	Waterstofketel	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
BeWPgr_mK_A <sup>3</sup>	A	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)
BeWPkl_mK_A <sup>3</sup>	A	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)
BeWPgr_mK_B <sup>3</sup>	B	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)	Bodem-WP (G)
BeWPkl_mK_B <sup>3</sup>	B	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)	Bodem-WP (K)
BeWP_zK_B	B	Bodem-WP	Bodem-WP	Bodem-WP	Bodem-WP	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>
BeWP_zK_A	A	Bodem-WP	Bodem-WP	Bodem-WP	Bodem-WP	n.v.t. <sup>2</sup>	n.v.t. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Indien doellabel is ingesteld op "Geen" betekent dit dat het huidige label van het verblijfsobject gehandhaafd blijft. Als het doellabel wel is opgegeven wordt het huidige label verbeterd tot minimaal het doellabel.

<sup>2</sup> Als bij een specifiek functioneel product (meestal koude) staat dat dit niet van toepassing is, houdt dit in dat dit vraagproduct niet in de huidige gebiedsoptie wordt ingevuld.

<sup>3</sup> Bij bodemwarmtepompen voor utiliteit wordt onderscheid gemaakt tussen grote (G) en kleine (K) installaties. De grens ligt op 100 kilowatt.

<sup>4</sup> Gebouwopties waarin een waterstofketel wordt ingezet kunnen alleen worden toegepast vanuit de gebiedsopties "WaterstofHR" en "WaterstofWP", omdat er ook een aantal aanpassingen aan de infrastructuur vereist zijn.

Tabel B.2 Investeringskosten gebouwgebonden installaties voor lokale opwekking

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde	Bron
Ki_asl_min_HR_w	Min. Kosten per aansluiting HR en Vr-ketels woningen	€/Aansl	1692.19	Arcadis <sup>6</sup>
Ki_asl_max_HR_w	Max. Kosten per aansluiting HR en Vr-ketels woningen	€/Aansl	1859.50	Arcadis <sup>6</sup>
Ki_cap_HR_u	Kosten per kilowatt HR en Vr-ketels utiliteit en GLTB	€/kW	79.66	Arcadis <sup>6</sup>
Ki_asl_min_eWP_Iw_w	Minimale kosten per aansluiting lucht-WP woningen	€/Aansl	5359.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_asl_max_eWP_Iw_w	Maximale kosten per aansluiting lucht-WP woningen	€/Aansl	4637.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_cap_min_eWP_Iw_w	Minimale kosten per kilowatt lucht-WP woningen	€/kW	320.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_cap_max_eWP_Iw_w	Maximale kosten per kilowatt lucht-WP woningen	€/kW	500.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_asl_min_eWP_Iw_u	Minimale kosten per aansluiting lucht-WP utiliteit	€/Aansl	3768.75	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_asl_max_eWP_Iw_u	Maximale kosten per aansluiting lucht-WP utiliteit	€/Aansl	6281.25	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_cap_min_eWP_Iw_u	Minimale kosten per kilowatt lucht-WP utiliteit	€/kW	555.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_cap_max_eWP_Iw_u	Maximale kosten per kilowatt lucht-WP utiliteit	€/kW	925.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_asl_min_eWP_bw_w	Minimale kosten per aansluiting bodem-WP woningen	€/Aansl	4628.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_asl_max_eWP_bw_w	Maximale kosten per aansluiting bodem-WP woningen	€/Aansl	8460.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_cap_min_eWP_bw_w	Minimale kosten per kW bodem-WP woningen	€/kW	899.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_cap_max_eWP_bw_w	Maximale kosten per kW bodem-WP woningen	€/kW	753.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_asl_min_eWP_bw_uK	Min. Kosten per aansl. bodem-WP utiliteit (< 100 kW)	€/Aansl	5257.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_asl_max_eWP_bw_uK	Max. Kosten per aansl. bodem-WP utiliteit (< 100 kW)	€/Aansl	8761.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_cap_min_eWP_bw_uK	Min. Kosten per kW bodem-WP utiliteit (< 100 kW)	€/kW	1170.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_cap_max_eWP_bw_uK	Max. Kosten per kW bodem-WP utiliteit (< 100 kW)	€/kW	1950.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_asl_min_eWP_bw_uG	Min. Kosten per aansl. bodem-WP utiliteit (> 100 kW)	€/Aansl	153857.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_asl_max_eWP_bw_uG	Max. Kosten per aansl. bodem-WP utiliteit (> 100 kW)	€/Aansl	256428.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_cap_min_eWP_bw_uG	Min. Kosten per kW bodem-WP utiliteit (> 100 kW)	€/kW	293.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_cap_max_eWP_bw_uG	Max. Kosten per kW bodem-WP utiliteit (> 100 kW)	€/kW	488.00	Memo ECW <sup>4</sup>
Ki_asl_eWP_II_min_w	Min. kosten per aansluiting ventilatie-WP woningen	€/Aansl	2975.21	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_eWP_II_max_w	Max. kosten per aansluiting ventilatie-WP woningen	€/Aansl	4795.39	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_opp_eWP_II_min_u	Minimale kosten per m <sup>2</sup> ventilatie-WP utiliteit	€/m <sup>2</sup>	13.77	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_opp_eWP_II_max_u	Maximale kosten per m <sup>2</sup> ventilatie-WP utiliteit	€/m <sup>2</sup>	44.08	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_min_pellet	Min. kosten per aansluiting Pelletkachels wonen/util.	€/Aansl	1074.38	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_max_pellet	Max. kosten per aansluiting Pelletkachels wonen/util.	€/Aansl	3305.79	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_min_bioketel_w	Min. Kosten per aansluiting biomassaketels woningen	€/Aansl	5331.00	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_max_bioketel_w	Max. Kosten per aansluiting biomassaketels woningen	€/Aansl	17716.15	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_opp_bioketel_u	Kosten per vierkante meter biomassaketels utiliteit	€/m <sup>2</sup>	40.90	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_opp_IR	Kosten per vierkante meter infraroodpanelen	€/m <sup>2</sup>	371.90	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_min_H2R_w	Min. Kosten per aansluiting waterstofketel woningen	€/Aansl	1792.19	Notitie PBL H2 <sup>2</sup>
Ki_asl_max_H2R_w	Min. Kosten per aansluiting waterstofketel woningen	€/Aansl	2359.50	Notitie PBL H2 <sup>2</sup>
Ki_cap_H2R_u	Kosten per kilowatt waterstofketel utiliteit	€/kW	95.59	CE Delft H2 <sup>3</sup>
Ki_asl_min_eBoiler_w	Min. Kosten per aansl. elektrische boilers woningen	€/Aansl	1112.00	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_max_eBoiler_w	Max. Kosten per aansl. elektrische boilers woningen	€/Aansl	1774.85	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_opp_eBoiler_u	Kosten per vierkante meter elektrische boilers utiliteit	€/m <sup>2</sup>	9.62	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_doorstroom_w	Kosten per aansluiting doorstroomapparaat woningen	€/Aansl	826.45	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_opp_doorstroom_u	Kosten per m <sup>2</sup> doorstroomapparaat utiliteit	€/m <sup>2</sup>	5.51	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_min_mWKK_w	Min. Kosten per aansluiting Micro-WKK woningen	€/Aansl	9504.13	CE Delft FO 3.0 <sup>7</sup>
Ki_asl_max_mWKK_w	Max. Kosten per aansluiting Micro-WKK woningen	€/Aansl	16963.31	CE Delft FO 3.0 <sup>7</sup>
Ki_opp_min_mWKK_u	Min. Kosten per vierkante meter Micro-WKK utiliteit	€/m <sup>2</sup>	88.00	CE Delft FO 3.0 <sup>7</sup>
Ki_asl_min_EWV_w	Min. Elektrische Weerstandsverwarming woningen	€/Aansl	1487.60	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_max_EWV_w	Max. Elektrische Weerstandsverwarming woningen	€/Aansl	3140.50	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_opp_max_EWV_u	Kosten Elektrische Weerstandsverwarming utiliteit	€/m <sup>2</sup>	15.43	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_min_Airco_w	Min. Kosten per aansluiting airconditioners woningen	€/Aansl	1343.00	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_max_Airco_w	Max. Kosten per aansluiting airconditioners woningen	€/Aansl	2025.00	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_opp_Airco_u	Kosten per vierkante meter airconditioners utiliteit	€/m <sup>2</sup>	11.23	FO Conversie <sup>1</sup>
Ki_asl_BasisHWP_w	Kosten per aansl. lucht-WP hybride situatie woningen	€/Aansl	2315.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
Ki_cap_BasisHWP_w	Kosten per kW lucht-WP in hybride situatie woningen	€/Aansl	250.00	Validatiesessies <sup>5</sup>
AT30 (BodemWP)	Aandeel BodemWP afgeschreven over 30 jaar	aandeel	0.40	Memo ECW <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Functioneel ontwerp conversietechnieken, opgesteld door CE Delft

<sup>2</sup> Nico Hoogervorst, notitie waterstof t.b.v. Startanalyse 2020

<sup>3</sup> Rapport: Parameters Waterstof in Vesta MAIS, opgesteld door CE Delft

<sup>4</sup> Memo investeringskosten warmtepompen utiliteit, Expertise Centrum Warmte.

<sup>5</sup> Vastgesteld in samenwerking met RVO i.h.k.v. de validatiesessies Startanalyse in 2019 met input van marktpartijen en energiedeskundigen.

<sup>6</sup> Afgeleid door PBL van de Arcadis kostenkantallen database 2018

<sup>7</sup> Deze waarden zijn eerder vastgesteld door CE Delft, zie het Functioneel Ontwerp 3.0.

Tabel B.3 Performance gebouwgebonden installaties voor lokale opwekking

**TABEL B.3 (1) – PERFORMANCE GEBOUWGEBOONDE INSTALLATIES VOOR LOKALE OPWEKKING. (DEEL 1 / 2)**

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde <sup>1</sup>	Bron
SPF_rv_A(eWP_lw)	Efficiency Lucht-WP voor RV in woningen met label A+	Procent	466.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_rv_B(eWP_lw)	Efficiency Lucht-WP voor RV in woningen met label B	Procent	381.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_rv_C(eWP_lw)	Efficiency Lucht-WP voor RV in woningen met label C	Procent	339.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_rv_x(eWP_lw)	Efficiency Lucht-WP voor RV woningen, overige labels	Procent	339.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_tw(eWP_lw)	Efficiency Lucht-WP voor tapwater in woningen	Procent	220.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_k(eWP_lw)	Efficiency Lucht-WP voor koudeproductie in woningen	Procent	400.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_rv(eWP_lw_u)	Efficiency Lucht-WP voor ruimteverwarming utiliteit	Procent	339.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_k(eWP_lw_u)	Efficiency Lucht-WP voor tapwater in utiliteit	Procent	220.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_tw(eWP_lw_u)	Efficiency Lucht-WP voor koudeproductie in utiliteit	Procent	400.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_rv_A(eWP_bw)	Efficiency Bodem-WP voor RV in woningen label A+	Procent	563.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_rv_B(eWP_bw)	Efficiency Bodem-WP voor RV in woningen label B	Procent	407.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_rv_C(eWP_bw)	Efficiency Bodem-WP voor RV in woningen label C	Procent	361.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_tw(eWP_bw)	Efficiency Bodem-WP voor tapwater in woningen	Procent	250.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_k(eWP_bw)	Efficiency Bodem-WP voor koudeproductie woningen	Procent	800.00	Combinatie <sup>2</sup>
SPF_rv(eWP_bw_u)	Efficiency Bodem-WP voor ruimteverwarming utiliteit	Procent	361.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_tw(eWP_bw_u)	Efficiency Bodem-WP voor tapwater in utiliteit	Procent	250.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_k(eWP_bw_u)	Efficiency Bodem-WP voor koudeproductie in utiliteit	Procent	800.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_rv(HR/VR_ketel_w)	Efficiency gasketels ruimteverwarming in woningen <sup>4</sup>	Procent	104.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_tw(HR/VR_ketel_w)	Efficiency gasketels warm tapwater in woningen <sup>4</sup>	Procent	72.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_rv(HR/VR_ketel_u)	Efficiency gasketels ruimteverwarming in utiliteit <sup>4</sup>	Procent	104.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_tw(HR/VR_ketel_u)	Efficiency gasketels warm tapwater in utiliteit <sup>4</sup>	Procent	72.00	FO conversie <sup>3</sup>
eEffect_cap_gasketel <sup>5</sup>	Jaarlijkse pompenergie gasketels capaciteitsafhankelijk	GJ / kW	0.014	CE Delft FO 3.0 <sup>5</sup>
SPF_tw(H2-ketel)	Efficiency waterstofketels tapwaterproductie	Procent	72.00	Notitie PBL H2 <sup>7</sup>
SPF_rv(H2-ketel)	Efficiency waterstofketels ruimteverwarming	Procent	110.00	Notitie PBL H2 <sup>7</sup>
SPF_tw(hWP_lw_u)	Efficiency hybride-WP utiliteit voor warm tapwater	Procent	220.00	ECW <sup>8</sup>
SPF_rv(hWP_lw_u)	Efficiency hybride-WP utiliteit voor ruimteverwarming	Procent	342.00	ECW <sup>8</sup>
SPF_k(hWP_lw_u)	Efficiency hybride-WP utiliteit voor koudeproductie	Procent	400.00	ECW <sup>8</sup>
SPF_rv(hWP_lw)	Efficiency hybride-WP woningen ruimteverwarming	Procent	320.00	ECW <sup>8</sup>
P_vol(hWP_lw_u)	Aandeel elektrisch op totaal RV hybride-WP utiliteit	Procent	60.00	ECW <sup>8</sup>
P_vol(hWP_lw)	Aandeel elektrisch op totaal RV hybride-WP woningen	Procent	78.00	ECW <sup>8</sup>
P_cap(hWP_lw_u)	Dimensionering hybride-WP basislast woningen	Procent	40.00	ECW <sup>8</sup>
P_cap(hWP_lw)	Dimensionering hybride-WP basislast utiliteit	Procent	25.00	ECW <sup>8</sup>
SPF_k(airco)	Efficiency airconditioners voor koudeproductie	Procent	350.00	FO conversie <sup>3</sup>
SPF_rv(EWV)	Efficiency weerstandsverwarming warmtepomp	Procent	100.00	FO conversie <sup>3</sup>

<sup>1</sup> De waardes van de seasonal performance factors kan apart worden opgegeven voor pieklast (SPF\_p) en basislast (SPF\_b). Op dit moment is in de standaardwaarden daar geen onderscheid in opgenomen.

<sup>2</sup> De efficiency van lucht- en bodemwarmtepompen bij woningen is bepaald door het gemiddelde te nemen tussen berekende rendementen volgens het Functioneel Ontwerp Conversietechnieken (CE Delft, 2019) en gemonitorte praktijkrendementen in Duitsland (Analyse data <https://www.waermepumpen-verbrauchsdatenbank.de/>). Daarbij is uitgegaan van een warmtepomp met LT-radiatoren als afgiftesysteem voor label B en C. Voor label A+ is uitgegaan van het gemiddelde tussen vloerverwarming + wandverwarming en vloerverwarming + radiatoren.

<sup>3</sup> Functioneel Ontwerp Conversietechnieken (CE Delft, 2019).

<sup>4</sup> Binnen de categorie gasketels wordt onderscheid gemaakt tussen Hr-ketels, Vr-ketels en gasketels in combinatie met hybride warmtepomp.

Die zijn hier gegeven als één waarde maar zijn in de modelinvoer eventueel afzonderlijk op te geven.

<sup>5</sup> Deze waarden zijn eerder vastgesteld door CE Delft, zie het Functioneel Ontwerp 3.0.

<sup>6</sup> Het kengetal voor pompenergie bij gasketels wordt op dit moment ook toegepast voor biomassa-ketels en waterstofketels. Deze waarden kunnen in de invoer apart worden opgegeven.

<sup>7</sup> Nico Hoogervorst, notitie waterstof t.b.v. Startanalyse 2020

<sup>8</sup> Expertise Centrum Warmte (2020), notitie hybride warmtepompen in Vesta definitief.

**TABEL B.3 (2) – PERFORMANCE GEBOUWGEBONDEN INSTALLATIES VOOR LOKALE OPWEKKING. (DEEL 2 / 2)**

Naam	Beschrijving	Eenheid	Waarde <sup>1</sup>	Bron
P vol A (EWV)	Aandeel elektrisch op totaal RV uit EWV bij label A	Procent	52.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P vol B (EWV)	Aandeel elektrisch op totaal RV uit EWV bij label B	Procent	49.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P vol C (EWV)	Aandeel elektrisch op totaal RV uit EWV bij label C	Procent	47.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P cap (EWV)	Dimensionering weerstandsverwarming basislast RV	Procent	60.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_tw (doorstroom)	Efficiency doorstroomapparaat tapwaterproductie	Procent	100.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_tw (e-boiler)	Efficiency elektrische boiler voor tapwaterproductie	Procent	95.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol (doorstroom)	Aandeel elektrisch op totaal TW doorstroomapparaat	Procent	70.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol (e-boiler)	Aandeel elektrisch op totaal TW elektrische boiler	Procent	100.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.cal (doorstroom)	Dimensionering doorstroomapparaat basislast	Procent	60.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.cap (e-boiler)	Dimensionering elektrische boiler basislast	Procent	100.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol A (IR)	Aandeel elektrisch op totaal RV infrarood bij label A	Procent	90.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol B (IR)	Aandeel elektrisch op totaal RV infrarood bij label B	Procent	80.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol x (IR)	Aandeel elektrisch op totaal RV infrarood overig label	Procent	50.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.cap (IR)	Dimensionering infrarood basislast RV (aandeel kW)	Procent	50.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_b (IR)	Efficiency infrarood voor basislast ruimteverwarming	Procent	200.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_p (IR)	Efficiency infrarood voor pieklast ruimteverwarming	Procent	100.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol (pellet)	Aandeel geleverd uit pelletkachel op totaal RV	Procent	70.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.cap (pellet)	Dimensionering pelletkachels basislast RV	Procent	60.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_rv (pellet)	Efficiency pelletkachels ruimteverwarming	Procent	85.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol_rv (bioketel)	Aandeel geleverd uit biomassaketel op totaal RV	Procent	70.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol_tw (bioketel)	Aandeel geleverd uit biomassaketel op totaal TW	Procent	70.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.cap_rv (bioketel)	Dimensionering biomassaketel basislast RV	Procent	60.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.cal_tw (bioketel)	Dimensionering biomassaketel basislast TW	Procent	60.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_rv (bioketel)	Efficiency biomassaketel ruimteverwarming	Procent	98.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_tw (bioketel)	Efficiency biomassaketel warm tapwater	Procent	98.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_k (eWP_II)	Efficiency ventilatie-WP koudeproductie	Procent	400.00	FO conversie <sup>1</sup>
SPF_tw (eWP_II)	Efficiency ventilatie-WP warm tapwaterproductie	Procent	230.00	FO conversie <sup>1</sup>
SPF_rv_A (eWP_II)	Efficiency ventilatie-WP ruimteverwarming bij label A	Procent	427.00	FO conversie <sup>1</sup>
SPF_rv_B (eWP_II)	Efficiency ventilatie-WP ruimteverwarming bij label B	Procent	428.00	FO conversie <sup>1</sup>
SPF_rv_C (eWP_II)	Efficiency ventilatie-WP ruimteverwarming bij label C	Procent	366.00	FO conversie <sup>1</sup>
SPF_b_rv (mWKK)	Efficiency micro-WKK ruimteverwarming basislast	Procent	83.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_p_rv (mWKK)	Efficiency micro-WKK ruimteverwarming pieklast	Procent	73.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
SPF_tw (mWKK)	Efficiency micro-WKK warm tapwaterproductie	Procent	72.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol_rv (mWKK)	Aandeel geleverd uit basislast micro-WKK op RV	Procent	70.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.cap_rc (mWKK)	Dimensionering micro-WKK basislast RV	Procent	60.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.vol_tw (mWKK)	Aandeel geleverd uit basislast micro-WKK op TW	Procent	70.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
P.cap_tw (mWKK)	Dimensionering micro-WKK basislast TW	Procent	60.00	Werkwaarde <sup>2</sup>
eEffect.vol (mWKK)	Opbrengst elektriciteit per gigajoule warmteproductie	GJe/GJth	0.21	Werkwaarde <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Functioneel Ontwerp Conversietechnieken (CE Delft, 2019).

<sup>2</sup> Dit zijn werkwaardes die niet zijn gevalideerd. Ze zijn hier opgenomen om aan te geven welke invoerparameters er mogelijk zijn op te geven door de modelgebruiker maar deze waarden zijn niet bedoeld om te gebruiken voor analyses.

Tabel B.4 Functionele vraag bestaande woningen

**TABEL B.4 (1) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE WONINGEN. BRON: CBS (DEEL 1 / 3)**

Type woning	Bouwjaar	V RV onbekend label		V RV schillabel G		V RV schillabel F		V RV schillabel E	
		GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2
vriistaand	voor 1930	38.340443	0.1577098	31.767776	0.1791394	29.23456	0.2045058	29.09763	0.1969404
vriistaand	1930 - 1945	42.414127	0.1486381	34.369456	0.1787971	31.391217	0.1950576	26.256321	0.2213825
vriistaand	1946 - 1964	39.743981	0.16127	30.26154	0.1775647	33.37671	0.1821519	28.515675	0.2113181
vriistaand	1965 - 1974	31.845897	0.1924217	16.646605	0.2693082	33.420599	0.1804402	35.714186	0.1762639
vriistaand	1975 - 1991	32.224463	0.1522326	16.646605	0.2693082	35.955821	0.1551766	20.37997	0.2326108
vriistaand	1992 - 1995	30.56437	0.1204304	16.646605	0.2693082	35.955821	0.1551766	20.37997	0.2326108
vriistaand	1996 - 1999	29.092366	0.108449	16.646605	0.2693082	35.955821	0.1551766	20.37997	0.2326108
vriistaand	2000 - 2005	31.043627	0.0979396	16.646605	0.2693082	35.955821	0.1551766	20.37997	0.2326108
vriistaand	2006 - 2010	35.185776	0.0688418	16.646605	0.2693082	35.955821	0.1551766	20.37997	0.2326108
vriistaand	2011 - 2014	24.984449	0.0889364	16.646605	0.2693082	35.955821	0.1551766	20.37997	0.2326108
vriistaand	2015 - 2020	13.44805	0.1025952	16.646605	0.2693082	35.955821	0.1551766	20.37997	0.2326108
2 onder 1 kap	voor 1930	25.326776	0.1500074	19.781088	0.1811934	21.698116	0.1664391	18.240619	0.1644536
2 onder 1 kap	1930 - 1945	28.955435	0.1457968	22.827793	0.1738676	23.238585	0.1644878	20.397275	0.1679111
2 onder 1 kap	1946 - 1964	30.222043	0.1115642	21.390022	0.1579494	26.079894	0.1184449	24.813286	0.1178287
2 onder 1 kap	1965 - 1974	38.302196	0.1018763	25.77305	0.1721559	17.112192	0.220869	21.6309	0.1865337
2 onder 1 kap	1975 - 1991	31.626831	0.101979	25.77305	0.1721559	32.756508	0.0456321	9.8206396	0.2582168
2 onder 1 kap	1992 - 1995	23.358384	0.1053681	25.77305	0.1721559	32.756508	0.0456321	9.8206396	0.2582168
2 onder 1 kap	1996 - 1999	23.906557	0.1029718	25.77305	0.1721559	32.756508	0.0456321	9.8206396	0.2582168
2 onder 1 kap	2000 - 2005	27.637914	0.074011	25.77305	0.1721559	32.756508	0.0456321	9.8206396	0.2582168
2 onder 1 kap	2006 - 2010	26.405539	0.0655897	25.77305	0.1721559	32.756508	0.0456321	9.8206396	0.2582168
2 onder 1 kap	2011 - 2014	21.715668	0.0617215	25.77305	0.1721559	32.756508	0.0456321	9.8206396	0.2582168
2 onder 1 kap	2015 - 2020	13.670997	0.0827403	25.77305	0.1721559	32.756508	0.0456321	9.8206396	0.2582168
riuwoning hoek	voor 1930	24.154838	0.1595241	22.682834	0.1642482	22.511671	0.1590791	14.946258	0.2153233
riuwoning hoek	1930 - 1945	31.104064	0.1349793	29.323967	0.1423736	27.886196	0.1532253	13.234626	0.2449003
riuwoning hoek	1946 - 1964	32.849929	0.0941055	23.641348	0.1550054	22.614369	0.1657202	22.956696	0.1497336
riuwoning hoek	1965 - 1974	33.671512	0.0851708	21.724321	0.1671922	20.902737	0.1621258	19.841525	0.1603457
riuwoning hoek	1975 - 1991	26.688053	0.0870536	25.421446	0.1460707	25.181817	0.1095444	14.432768	0.2071759
riuwoning hoek	1992 - 1995	22.539883	0.0884229	25.421446	0.1460707	25.181817	0.1095444	14.432768	0.2071759
riuwoning hoek	1996 - 1999	20.485925	0.0875671	25.421446	0.1460707	25.181817	0.1095444	14.432768	0.2071759
riuwoning hoek	2000 - 2005	14.563678	0.1171441	25.421446	0.1460707	25.181817	0.1095444	14.432768	0.2071759
riuwoning hoek	2006 - 2010	19.421702	0.0871221	25.421446	0.1460707	25.181817	0.1095444	14.432768	0.2071759
riuwoning hoek	2011 - 2014	14.766063	0.0895868	25.421446	0.1460707	25.181817	0.1095444	14.432768	0.2071759
riuwoning hoek	2015 - 2020	3.57199	0.1456599	25.421446	0.1460707	25.181817	0.1095444	14.432768	0.2071759
riuwoning tussen	voor 1930	18.508081	0.1640428	15.050584	0.1792421	15.324445	0.1719848	13.681279	0.1775989
riuwoning tussen	1930 - 1945	22.170973	0.1442906	16.727984	0.1766062	18.747709	0.1592845	14.331699	0.1929009
riuwoning tussen	1946 - 1964	25.833866	0.099172	15.76947	0.1734568	15.803702	0.1798925	23.779007	0.0803098
riuwoning tussen	1965 - 1974	27.834658	0.0824322	15.134348	0.1902992	13.73081	0.19071	17.017143	0.1536019
riuwoning tussen	1975 - 1991	21.364689	0.0826376	15.134348	0.1902992	15.819001	0.1460707	9.725591	0.1905046
riuwoning tussen	1992 - 1995	13.628112	0.1064635	15.134348	0.1902992	15.819001	0.1460707	9.725591	0.1905046
riuwoning tussen	1996 - 1999	12.806529	0.0887995	15.134348	0.1902992	15.819001	0.1460707	9.725591	0.1905046
riuwoning tussen	2000 - 2005	15.510907	0.0843492	15.134348	0.1902992	15.819001	0.1460707	9.725591	0.1905046
riuwoning tussen	2006 - 2010	15.921699	0.0700742	15.134348	0.1902992	15.819001	0.1460707	9.725591	0.1905046
riuwoning tussen	2011 - 2014	12.703831	0.051212	15.134348	0.1902992	15.819001	0.1460707	9.725591	0.1905046
riuwoning tussen	2015 - 2020	12.703831	0.051212	15.134348	0.1902992	15.819001	0.1460707	9.725591	0.1905046
meergezins: laag en midden	voor 1930	17.165359	0.144941	9.017902	0.2205267	9.017902	0.2121397	7.3748235	0.2192943
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	20.109366	0.1277562	9.3945493	0.220287	11.519671	0.1894092	8.0937089	0.2483236
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	17.881234	0.1285778	12.438244	0.1698966	12.814803	0.1641455	11.582428	0.1668157
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	17.720723	0.1066004	13.544348	0.1673634	15.084817	0.1191296	12.414671	0.1371017
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	12.996626	0.1157748	12.038112	0.1838977	6.3554936	0.2367872	8.9914069	0.1913262
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	7.2266082	0.1277904	12.038112	0.1838977	6.3554936	0.2367872	8.9914069	0.1913262
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	7.705852	0.1141316	12.038112	0.1838977	6.3554936	0.2367872	7.2266082	0.1139262
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	4.590695	0.1222448	12.038112	0.1838977	6.3554936	0.2367872	13.525414	0.1139262
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	5.446511	0.1047861	12.038112	0.1838977	6.3554936	0.2367872	13.525414	0.1139262
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	3.1186914	0.1114272	12.038112	0.1838977	6.3554936	0.2367872	13.525414	0.1139262
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	3.1186914	0.1114272	12.038112	0.1838977	6.3554936	0.2367872	13.525414	0.1139262
meergezins: hoog	voor 1930	16.264025	0.144941	8.1166569	0.2205267	8.1166569	0.2121397	6.4734902	0.2192943
meergezins: hoog	1930 - 1945	19.208032	0.1277562	8.4932159	0.220287	10.718338	0.1894092	7.1923756	0.2483236
meergezins: hoog	1946 - 1964	15.853234	0.1285778	10.410244	0.1698966	10.786803	0.1641455	9.5544278	0.1668157
meergezins: hoog	1965 - 1974	21.250952	0.1066004	17.07457	0.1673634	18.615039	0.1191296	15.944893	0.1371017
meergezins: hoog	1975 - 1991	16.00107	0.1157748	15.042556	0.1838977	9.3599381	0.2367872	11.995851	0.1913262
meergezins: hoog	1992 - 1995	10.456386	0.1277904	15.042556	0.1838977	9.3599381	0.2367872	11.995851	0.1913262
meergezins: hoog	1996 - 1999	10.935643	0.1141316	15.042556	0.1838977	9.3599381	0.2367872	10.456386	0.1139262
meergezins: hoog	2000 - 2005	7.8204727	0.1222448	15.042556	0.1838977	9.3599381	0.2367872	10.456386	0.1139262
meergezins: hoog	2006 - 2010	8.7513999	0.1047861	15.042556	0.1838977	9.3599381	0.2367872	10.456386	0.1139262
meergezins: hoog	2011 - 2014	6.4235803	0.1114272	15.042556	0.1838977	9.3599381	0.2367872	10.456386	0.1139262
meergezins: hoog	2015 - 2020	6.4235803	0.1114272	15.042556	0.1838977	9.3599381	0.2367872	10.456386	0.1139262

**TABEL B.4 (2) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE WONINGEN. BRON: CBS (DEEL 2 / 3)**

Type woning	Bouwjaar	V RV schillabel D		V RV schillabel C		V RV schillabel B		V RV schillabel A+	
		GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2
vrijstaand	voor 1930	26.290553	0.1860202	26.153623	0.1639743	25.733668	0.1379218	27.454463	0.1298102
vrijstaand	1930 - 1945	28.721071	0.1787971	33.958665	0.1270031	31.061119	0.1080133	29.74805	0.1312137
vrijstaand	1946 - 1964	25.674366	0.1899569	24.989713	0.1720532	16.636499	0.1884235	31.69931	0.1160487
vrijstaand	1965 - 1974	26.95063	0.2049508	21.404942	0.1994051	16.582978	0.1776129	18.495168	0.1832816
vrijstaand	1975 - 1991	27.842685	0.1845824	24.179793	0.1813303	11.880446	0.1773325	19.900713	0.155382
vrijstaand	1992 - 1995	27.842685	0.1845824	19.781088	0.1530541	13.547394	0.1642787	19.1649	0.1352874
vrijstaand	1996 - 1999	27.842685	0.1845824	15.638939	0.1658914	11.210793	0.1535926	18.103689	0.1313849
vrijstaand	2000 - 2005	27.842685	0.1845824	15.638939	0.1658914	12.332362	0.1495113	18.035223	0.1301867
vrijstaand	2006 - 2010	27.842685	0.1845824	15.638939	0.1658914	12.332362	0.1495113	17.658664	0.1219709
vrijstaand	2011 - 2014	27.842685	0.1845824	15.638939	0.1658914	12.332362	0.1495113	10.709438	0.1356982
vrijstaand	2015 - 2020	27.842685	0.1845824	15.638939	0.1658914	12.332362	0.1495113	1.329695	0.1263184
2 onder 1 kap	voor 1930	15.536241	0.1731829	15.981265	0.1512056	3.0002666	0.2326717	9.6824592	0.1615438
2 onder 1 kap	1930 - 1945	20.363043	0.1535676	15.981265	0.1768116	3.0002666	0.2326717	9.6824592	0.1615438
2 onder 1 kap	1946 - 1964	20.19188	0.1128308	16.220893	0.1328911	9.7218948	0.1596064	12.147209	0.1460707
2 onder 1 kap	1965 - 1974	25.088397	0.1427843	19.713873	0.1550739	13.245466	0.1671036	9.0332889	0.1949549
2 onder 1 kap	1975 - 1991	23.274067	0.1442563	22.555182	0.1310083	17.898901	0.1200845	14.989768	0.1617175
2 onder 1 kap	1992 - 1995	23.274067	0.1442563	11.172015	0.1741072	12.129812	0.1520445	11.925133	0.1551766
2 onder 1 kap	1996 - 1999	23.274067	0.1442563	17.299657	0.1232375	12.517599	0.134174	21.510272	0.0867113
2 onder 1 kap	2000 - 2005	23.274067	0.1442563	17.299657	0.1232375	14.391899	0.1088064	11.343178	0.1233402
2 onder 1 kap	2006 - 2010	23.274067	0.1442563	17.299657	0.1232375	14.16569	0.0818552	13.670997	0.0993431
2 onder 1 kap	2011 - 2014	23.274067	0.1442563	17.299657	0.1232375	14.16569	0.0818552	13.602532	0.0801728
2 onder 1 kap	2015 - 2020	23.274067	0.1442563	17.299657	0.1232375	14.16569	0.0818552	4.3254866	0.1272085
riuwoning hoek	voor 1930	14.090442	0.1798583	9.3321049	0.2236418	15.609139	0.1342031	9.8798271	0.1830419
riuwoning hoek	1930 - 1945	14.535466	0.2036157	9.0582438	0.2272363	15.230618	0.1468319	14.912025	0.1095444
riuwoning hoek	1946 - 1964	17.30831	0.155382	16.212866	0.1481589	13.544477	0.145077	16.110168	0.1088256
riuwoning hoek	1965 - 1974	23.709814	0.1206016	18.746081	0.1415862	12.9939	0.1544024	13.576952	0.1452491
riuwoning hoek	1975 - 1991	24.839491	0.0789747	19.088407	0.0903742	6.7310894	0.1861294	9.1609417	0.1629131
riuwoning hoek	1992 - 1995	24.839491	0.0789747	8.1621742	0.1787971	7.8261906	0.1823441	6.8613339	0.1786601
riuwoning hoek	1996 - 1999	24.839491	0.0789747	7.3405909	0.1825627	7.2756138	0.1673753	7.9567784	0.1532253
riuwoning hoek	2000 - 2005	24.839491	0.0789747	7.3405909	0.1825627	7.7229574	0.1527162	13.639397	0.0899976
riuwoning hoek	2006 - 2010	24.839491	0.0789747	7.3405909	0.1825627	14.56773	0.0904666	16.648858	0.0777766
riuwoning hoek	2011 - 2014	24.839491	0.0789747	7.3405909	0.1825627	14.56773	0.0904666	10.82931	0.1010205
riuwoning hoek	2015 - 2020	24.839491	0.0789747	7.3405909	0.1825627	14.56773	0.0904666	6.7213929	0.1168702
riuwoning tussen	voor 1930	9.4706639	0.1926271	11.593088	0.1594899	9.5544321	0.1693368	6.5266568	0.1909154
riuwoning tussen	1930 - 1945	10.737272	0.2011168	9.2310354	0.1882795	9.6232542	0.1601146	10.429178	0.1326172
riuwoning tussen	1946 - 1964	16.111796	0.1396692	12.859695	0.1425447	11.722328	0.1304523	16.933379	0.077845
riuwoning tussen	1965 - 1974	24.069067	0.0747299	20.919664	0.0728813	11.565651	0.1459717	7.7058652	0.1555873
riuwoning tussen	1975 - 1991	20.816966	0.0619953	15.373977	0.086814	12.632394	0.0968671	3.9745074	0.177017
riuwoning tussen	1992 - 1995	6.0284658	0.1491858	6.4050249	0.1448725	3.7199326	0.1721585	1.8863164	0.1785917
riuwoning tussen	1996 - 1999	6.0284658	0.1491858	6.199629	0.1446671	3.0661227	0.1595984	6.199629	0.1272085
riuwoning tussen	2000 - 2005	6.0284658	0.1491858	16.503654	0.0365262	5.3372517	0.1398465	7.8085631	0.0936605
riuwoning tussen	2006 - 2010	6.0284658	0.1491858	22.528598	0.0045529	9.8450988	0.0815886	11.40299	0.079317
riuwoning tussen	2011 - 2014	6.0284658	0.1491858	22.528598	0.0045529	7.746025	0.0825865	8.2193548	0.081371
riuwoning tussen	2015 - 2020	6.0284658	0.1491858	22.528598	0.0045529	7.746025	0.0825865	1.6809206	0.1170756
meergezins: laag en midden	voor 1930	5.5604936	0.212927	4.8758408	0.2038554	2.8483627	0.1902872	2.4110907	0.1884507
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	9.1206881	0.1996448	4.7389102	0.227784	5.2265454	0.1824685	5.5604936	0.1648644
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	12.095917	0.1427159	10.589681	0.1318641	8.3511536	0.1201145	8.8780492	0.0926678
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	10.394945	0.1387449	9.6418271	0.1131731	8.9476992	0.0683157	3.6511151	0.1448383
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	8.6490805	0.1461734	14.057838	0.0628511	10.44628	0.0660679	3.5141845	0.1363828
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	1.5097574	0.1545604	5.4122783	0.1101606	2.0883331	0.1357519	1.6466879	0.149939
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	1.5097574	0.1545604	5.3780457	0.1015682	0.7852193	0.1421371	1.6466879	0.149939
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	16.914445	0.0831853	11.882247	0.0643231	2.5118451	0.1049984	1.8178511	0.1235114
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	8.1508895	0.1513424	9.0751708	0.0858897	5.8347852	0.0689021	4.2483686	0.0821583
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	8.1508895	0.1513425	5.0357193	0.1500759	9.2880368	0.0197422	2.4682713	0.1000278
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	8.1508895	0.1513425	5.0357193	0.1500759	9.2880368	0.0197422	2.4682713	0.1000278
meergezins: hoog	voor 1930	4.6591602	0.212927	3.9745074	0.2038554	1.9905995	0.1902872	1.5097574	0.1884507
meergezins: hoog	1930 - 1945	8.2193548	0.1996448	3.8375769	0.227784	4.3687822	0.1824685	4.6591602	0.1648644
meergezins: hoog	1946 - 1964	10.067917	0.1427159	8.5616812	0.1318641	6.4211864	0.1201145	6.8500492	0.0926678
meergezins: hoog	1965 - 1974	13.925167	0.1387449	13.172049	0.1131731	12.307272	0.0683157	7.1813373	0.1448383
meergezins: hoog	1975 - 1991	11.653525	0.1461734	17.062282	0.0628511	13.305491	0.0660679	6.5186289	0.1363828
meergezins: hoog	1992 - 1995	4.7395351	0.1545604	8.6420561	0.1101606	5.1619844	0.1357519	4.8764657	0.149939
meergezins: hoog	1996 - 1999	4.7395351	0.1545604	8.6078235	0.1015682	3.8588706	0.1421371	2.4117156	0.1605168
meergezins: hoog	2000 - 2005	20.144223	0.0831853	15.112025	0.0643231	5.5854964	0.1049984	5.0476289	0.1235114
meergezins: hoog	2006 - 2010	11.455778	0.1513425	12.38006	0.0858897	8.9799168	0.0689021	7.5532575	0.0821583
meergezins: hoog	2011 - 2014	11.455778	0.1513425	8.3406082	0.1500759	12.433168	0.0197422	5.7731602	0.1000278
meergezins: hoog	2015 - 2020	11.455778	0.1513425	8.3406082	0.1500759	12.433168	0.0197422	5.7731602	0.1000278

**TABEL B.4 (3) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE WONINGEN. BRON: CBS (DEEL 3 / 3)**

Type woning	Bouwjaar	Ventilatievraag (bij B)		Warmwatervraag		Elektrische apparatuur		Koudevraag	
		GJ / aansl	GJ / m <sup>2</sup>	GJ / aansl	GJ / m <sup>2</sup>	GJ / aansl	GJ / m <sup>2</sup>	GJ / aansl	GJ / m <sup>2</sup>
vrijstaand	voor 1930	0	0.0066213	8.5	0	9.7	0	0	0.01296
vrijstaand	1930 - 1945	0	0.0066213	8.5	0	9.7	0	0	0.01296
vrijstaand	1946 - 1964	0	0.0091762	8.5	0	9.7	0	0	0.01296
vrijstaand	1965 - 1974	0	0.0097502	9.2	0	9.56	0	0	0.01296
vrijstaand	1975 - 1991	0	0.0088859	9.7	0	9.46	0	0	0.01296
vrijstaand	1992 - 1995	0	0	10.6	0	9.28	0	0	0.01296
vrijstaand	1996 - 1999	0	0	10.6	0	9.28	0	0	0.01296
vrijstaand	2000 - 2005	0	0	10.6	0	9.28	0	0	0.01296
vrijstaand	2006 - 2010	0	0	10.6	0	9.28	0	0	0.01296
vrijstaand	2011 - 2014	0	0	10.6	0	9.28	0	0	0.01296
vrijstaand	2015 - 2020	0	0	10.6	0	9.28	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	voor 1930	0	0.0077666	7.5	0	9.9	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	1930 - 1945	0	0.0077666	7.5	0	9.9	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	1946 - 1964	0	0.0094818	7.5	0	9.9	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	1965 - 1974	0	0.0105749	8.2	0	9.77	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	1975 - 1991	0	0.007233	8.2	0	9.77	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	1992 - 1995	0	0	8.6	0	9.68	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	1996 - 1999	0	0	8.6	0	9.68	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	2000 - 2005	0	0	8.6	0	9.68	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	2006 - 2010	0	0	8.6	0	9.68	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	2011 - 2014	0	0	8.6	0	9.68	0	0	0.01296
2 onder 1 kap	2015 - 2020	0	0	8.6	0	9.68	0	0	0.01296
riuwoning hoek	voor 1930	0	0.0081357	7.1	0	9.98	0	0	0.01296
riuwoning hoek	1930 - 1945	0	0.0081357	7.1	0	9.98	0	0	0.01296
riuwoning hoek	1946 - 1964	0	0.0076847	6.4	0	10.13	0	0	0.01296
riuwoning hoek	1965 - 1974	0	0.0075177	7.3	0	9.94	0	0	0.01296
riuwoning hoek	1975 - 1991	0	0.0036625	7.3	0	9.94	0	0	0.01296
riuwoning hoek	1992 - 1995	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning hoek	1996 - 1999	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning hoek	2000 - 2005	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning hoek	2006 - 2010	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning hoek	2011 - 2014	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning hoek	2015 - 2020	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning tussen	voor 1930	0	0.0070354	7.1	0	9.98	0	0	0.01296
riuwoning tussen	1930 - 1945	0	0.0070354	7.1	0	9.98	0	0	0.01296
riuwoning tussen	1946 - 1964	0	0.0078296	6.4	0	10.13	0	0	0.01296
riuwoning tussen	1965 - 1974	0	0.0076326	7.3	0	9.94	0	0	0.01296
riuwoning tussen	1975 - 1991	0	0.0045103	7.3	0	9.94	0	0	0.01296
riuwoning tussen	1992 - 1995	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning tussen	1996 - 1999	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning tussen	2000 - 2005	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning tussen	2006 - 2010	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning tussen	2011 - 2014	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
riuwoning tussen	2015 - 2020	0	0	7.7	0	9.86	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	voor 1930	0	0.0071744	5	0	8.41	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	0	0.0071744	5	0	8.41	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	0	0.0064624	5.3	0	8.34	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	0	0.0048276	5.6	0	8.29	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	0	0.0025211	5.5	0	8.3	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	0	0	5.7	0	8.26	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	0	0	5.7	0	8.26	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	0	0	5.7	0	8.26	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	0	0	5.7	0	8.26	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	0	0	5.7	0	8.26	0	0	0.01296
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	0	0	5.7	0	8.26	0	0	0.01296
meergezins: hoog	voor 1930	0	0.0071744	5.6	0	8.28	0	0	0.01296
meergezins: hoog	1930 - 1945	0	0.0071744	5.6	0	8.28	0	0	0.01296
meergezins: hoog	1946 - 1964	0	0.0064624	5.6	0	8.28	0	0	0.01296
meergezins: hoog	1965 - 1974	0	0.0048276	6.1	0	8.18	0	0	0.01296
meergezins: hoog	1975 - 1991	0	0.0025211	5.4	0	8.32	0	0	0.01296
meergezins: hoog	1992 - 1995	0	0	6	0	8.21	0	0	0.01296
meergezins: hoog	1996 - 1999	0	0	6	0	8.21	0	0	0.01296
meergezins: hoog	2000 - 2005	0	0	6	0	8.21	0	0	0.01296
meergezins: hoog	2006 - 2010	0	0	6	0	8.21	0	0	0.01296
meergezins: hoog	2011 - 2014	0	0	6	0	8.21	0	0	0.01296
meergezins: hoog	2015 - 2020	0	0	6	0	8.21	0	0	0.01296

## Tabel B.5 Investeringskosten schilsprongen bestaande woningen

**TABEL B.5 (1) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 1 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label G naar label D				Schilsprom van label F naar label D			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>	€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>	€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>	€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>
vriistaand	voor 1930	16845.301	16.17	18566.192	40.283	2528.164	24.486	2311.219	47.144
vriistaand	1930 - 1945	11617.076	37.53	12608.002	67.267	2528.164	24.486	2311.219	47.144
vriistaand	1946 - 1964	11617.076	37.53	12608.002	67.267	413.29	34.536	716.866	49.661
vriistaand	1965 - 1974	12025.376	36.462	13449.371	65.065	2616.856	28.505	2653.228	49.865
vriistaand	1975 - 1991	12025.376	36.462	13449.371	65.065	2616.856	28.505	2653.228	49.865
vriistaand	1992 - 1995	12025.376	36.462	13449.371	65.065	2616.856	28.505	2653.228	49.865
vriistaand	1996 - 1999	12025.376	36.462	13449.371	65.065	2616.856	28.505	2653.228	49.865
vriistaand	2000 - 2005	12025.376	36.462	13449.371	65.065	2616.856	28.505	2653.228	49.865
vriistaand	2006 - 2010	12025.376	36.462	13449.371	65.065	2616.856	28.505	2653.228	49.865
vriistaand	2011 - 2014	12025.376	36.462	13449.371	65.065	2616.856	28.505	2653.228	49.865
vriistaand	2015 - 2020	12025.376	36.462	13449.371	65.065	2616.856	28.505	2653.228	49.865
2 onder 1 kap	voor 1930	6619.391	31.871	16590.72	12.815	1192.794	32.122	6066.752	38.686
2 onder 1 kap	1930 - 1945	6619.391	31.871	16590.72	12.815	488.977	32.923	3369.718	42.704
2 onder 1 kap	1946 - 1964	6619.391	31.871	16590.72	12.815	488.977	32.923	3369.718	42.704
2 onder 1 kap	1965 - 1974	7206.861	29.478	15926.905	15.519	870.975	32.194	3754.557	41.969
2 onder 1 kap	1975 - 1991	7206.861	29.478	15926.905	15.519	870.975	32.194	3754.557	41.969
2 onder 1 kap	1992 - 1995	7206.861	29.478	15926.905	15.519	870.975	32.194	3754.557	41.969
2 onder 1 kap	1996 - 1999	7206.861	29.478	15926.905	15.519	870.975	32.194	3754.557	41.969
2 onder 1 kap	2000 - 2005	7206.861	29.478	15926.905	15.519	870.975	32.194	3754.557	41.969
2 onder 1 kap	2006 - 2010	7206.861	29.478	15926.905	15.519	870.975	32.194	3754.557	41.969
2 onder 1 kap	2011 - 2014	7206.861	29.478	15926.905	15.519	870.975	32.194	3754.557	41.969
2 onder 1 kap	2015 - 2020	7206.861	29.478	15926.905	15.519	870.975	32.194	3754.557	41.969
riuwoning hoek	voor 1930	10368	0	14255	0	3577.43	6.549	4584.49	16.873
riuwoning hoek	1930 - 1945	10368	0	14255	0	3577.43	6.549	4584.49	16.873
riuwoning hoek	1946 - 1964	10368	0	14255	0	2466.637	10.755	4501.066	3.046
riuwoning hoek	1965 - 1974	10368	0	14255	0	2789.002	17.254	3377.241	33.264
riuwoning hoek	1975 - 1991	10368	0	14255	0	2789.002	17.254	3377.241	33.264
riuwoning hoek	1992 - 1995	10368	0	14255	0	2789.002	17.254	3377.241	33.264
riuwoning hoek	1996 - 1999	10368	0	14255	0	2789.002	17.254	3377.241	33.264
riuwoning hoek	2000 - 2005	10368	0	14255	0	2789.002	17.254	3377.241	33.264
riuwoning hoek	2006 - 2010	10368	0	14255	0	2789.002	17.254	3377.241	33.264
riuwoning hoek	2011 - 2014	10368	0	14255	0	2789.002	17.254	3377.241	33.264
riuwoning hoek	2015 - 2020	10368	0	14255	0	2789.002	17.254	3377.241	33.264
riuwoning tussen	voor 1930	4308.017	10.509	9456.757	12.72	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	1930 - 1945	4308.017	10.509	9456.757	12.72	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	1946 - 1964	4308.017	10.509	9456.757	12.72	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	1965 - 1974	5408.113	6.27	10269.254	9.366	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	1975 - 1991	5408.113	6.27	10269.254	9.366	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	1992 - 1995	5408.113	6.27	10269.254	9.366	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	2000 - 2005	5408.113	6.27	10269.254	9.366	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	2006 - 2010	5408.113	6.27	10269.254	9.366	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	2011 - 2014	5408.113	6.27	10269.254	9.366	3707.029	5.968	4979.149	18.411
riuwoning tussen	2015 - 2020	5408.113	6.27	10269.254	9.366	3707.029	5.968	4979.149	18.411
meergezins: laag en midden	voor 1930	4468.401	37.723	14292.997	15.818	1860.213	23.177	5266.685	8.522
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	1615.515	54.792	8276.876	58.311	2236.854	7.835	3309.921	30.677
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	3094.952	20.457	-1345.724	169.179	2236.854	7.835	3309.921	30.677
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	1683.597	52.598	8281.745	55.683	-2098.704	71.127	4975.446	51.363
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	1683.597	52.598	8281.745	55.683	-1437.404	63.021	1812.108	90.138
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	1683.597	52.598	8281.745	55.683	-1437.404	63.021	1812.108	90.138
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: hoog	voor 1930	4468.401	37.723	14292.997	15.818	1860.213	23.177	5266.685	8.522
meergezins: hoog	1930 - 1945	1615.515	54.792	8276.876	58.311	2236.854	7.835	3309.921	30.677
meergezins: hoog	1946 - 1964	3094.952	20.457	-1345.724	169.179	2236.854	7.835	3309.921	30.677
meergezins: hoog	1965 - 1974	1683.597	52.598	8281.745	55.683	-2098.704	71.127	4975.446	51.363
meergezins: hoog	1975 - 1991	1683.597	52.598	8281.745	55.683	-1437.404	63.021	1812.108	90.138
meergezins: hoog	1992 - 1995	1683.597	52.598	8281.745	55.683	-1437.404	63.021	1812.108	90.138
meergezins: hoog	1996 - 1999	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: hoog	2000 - 2005	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: hoog	2006 - 2010	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: hoog	2011 - 2014	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313
meergezins: hoog	2015 - 2020	1683.597	52.598	8281.745	55.683	1305.904	22.548	3265.537	46.313

**TABEL B.5 (2) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 2 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label E naar label D				Schilsprom van label G naar label C			
		Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
vriistaand	voor 1930	4205	0	7016	0	11425.018	65.799	13910.794	93.594
vriistaand	1930 - 1945	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	1946 - 1964	-427.049	21.589	1648.447	18.48	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	1965 - 1974	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	1975 - 1991	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	1992 - 1995	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	1996 - 1999	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	2000 - 2005	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	2006 - 2010	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	2011 - 2014	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
vriistaand	2015 - 2020	4205	0	7016	0	411.134	122.478	-3490.469	191.232
2 onder 1 kap	voor 1930	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	1930 - 1945	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	1946 - 1964	1903.474	4.373	2828.831	5.094	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	1965 - 1974	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	1975 - 1991	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	1992 - 1995	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	1996 - 1999	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	2000 - 2005	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	2006 - 2010	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	2011 - 2014	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
2 onder 1 kap	2015 - 2020	1382.559	10.706	1914.44	19.079	8852.044	34.093	10864.615	65.732
rijwoning hoek	voor 1930	963.638	15.527	1428.073	28.921	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	1930 - 1945	963.638	15.527	1428.073	28.921	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	1946 - 1964	-333.403	28.173	-1502.689	61.726	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	1965 - 1974	1612.216	0.511	1755.365	25.321	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	1975 - 1991	1612.216	0.511	1755.365	25.321	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	1992 - 1995	1612.216	0.511	1755.365	25.321	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	1996 - 1999	1678.593	5.72	1617.43	26.914	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	2000 - 2005	1678.593	5.72	1617.43	26.914	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	2006 - 2010	1678.593	5.72	1617.43	26.914	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	2011 - 2014	1678.593	5.72	1617.43	26.914	14207	0	20414	0
rijwoning hoek	2015 - 2020	1678.593	5.72	1617.43	26.914	14207	0	20414	0
rijwoning tussen	voor 1930	2330.131	1.503	3577.558	3.049	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	1930 - 1945	1388.479	3.611	2473.655	4.019	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	1946 - 1964	540.39	8.35	1233.847	10.627	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	1965 - 1974	1315.585	3.666	2452.852	5.136	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	1975 - 1991	1315.585	3.666	2452.852	5.136	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	1992 - 1995	1315.585	3.666	2452.852	5.136	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	1996 - 1999	1315.585	3.666	2452.852	5.136	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	2000 - 2005	1315.585	3.666	2452.852	5.136	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	2006 - 2010	1315.585	3.666	2452.852	5.136	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	2011 - 2014	1315.585	3.666	2452.852	5.136	10939	0	17077	0
rijwoning tussen	2015 - 2020	1315.585	3.666	2452.852	5.136	10939	0	17077	0
meergezins: laag en midden	voor 1930	-2.393	22.418	889.303	46.875	4329.359	27.727	11157.658	35.927
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	-2.393	22.418	889.303	46.875	4329.359	27.727	11157.658	35.927
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	-50.454	18.22	1741.16	19.083	3641.396	11.577	9524.853	5.967
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	-2.393	22.418	889.303	46.875	5105.12	26.53	15562.26	16.582
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	-2.393	22.418	889.303	46.875	5105.12	26.53	15562.26	16.582
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	-2.393	22.418	889.303	46.875	5105.12	26.53	15562.26	16.582
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: hoog	voor 1930	-2.393	22.418	889.303	46.875	4329.359	27.727	11157.658	35.927
meergezins: hoog	1930 - 1945	-2.393	22.418	889.303	46.875	4329.359	27.727	11157.658	35.927
meergezins: hoog	1946 - 1964	-50.454	18.22	1741.16	19.083	3641.396	11.577	9524.853	5.967
meergezins: hoog	1965 - 1974	-2.393	22.418	889.303	46.875	5105.12	26.53	15562.26	16.582
meergezins: hoog	1975 - 1991	-2.393	22.418	889.303	46.875	5105.12	26.53	15562.26	16.582
meergezins: hoog	1992 - 1995	-2.393	22.418	889.303	46.875	5105.12	26.53	15562.26	16.582
meergezins: hoog	1996 - 1999	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: hoog	2000 - 2005	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: hoog	2006 - 2010	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: hoog	2011 - 2014	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238
meergezins: hoog	2015 - 2020	-2.393	22.418	889.303	46.875	4651.956	25.638	12615.52	26.238

**TABEL B.5 (3) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 3 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label F naar label C				Schilsprom van label E naar label C			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m²	€ / aansl	€ / m²	€ / aansl	€ / m²	€ / aansl	€ / m²
vriistaand	voor 1930	8776.767	28.234	7795.878	59.262	4451.381	31.243	7063.837	41.39
vriistaand	1930 - 1945	6897.523	31.299	6358.182	64.962	4124.368	28.405	7125.727	32.795
vriistaand	1946 - 1964	6897.523	31.299	6358.182	64.962	4124.368	28.405	7125.727	32.795
vriistaand	1965 - 1974	9145.441	31.459	9333.907	68.809	13069.773	22.924	17448.504	30.056
vriistaand	1975 - 1991	9145.441	31.459	9333.907	68.809	12890.357	19.762	13593.148	38.198
vriistaand	1992 - 1995	9145.441	31.459	9333.907	68.809	12890.357	19.762	13593.148	38.198
vriistaand	1996 - 1999	9145.441	31.459	9333.907	68.809	6900.752	24.851	9519.484	31.712
vriistaand	2000 - 2005	9145.441	31.459	9333.907	68.809	6900.752	24.851	9519.484	31.712
vriistaand	2006 - 2010	9145.441	31.459	9333.907	68.809	6900.752	24.851	9519.484	31.712
vriistaand	2011 - 2014	9145.441	31.459	9333.907	68.809	6900.752	24.851	9519.484	31.712
vriistaand	2015 - 2020	9145.441	31.459	9333.907	68.809	6900.752	24.851	9519.484	31.712
2 onder 1 kap	voor 1930	7152.344	29.998	10639.391	40.379	3892.217	29.718	4897.252	38.413
2 onder 1 kap	1930 - 1945	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1898.667	33.432	2484.3	43.221
2 onder 1 kap	1946 - 1964	5366.489	33.164	9037.736	43.643	2757.018	21.978	3567.734	27.21
2 onder 1 kap	1965 - 1974	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1315.889	47.497	1598.172	64.625
2 onder 1 kap	1975 - 1991	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1315.889	47.497	1598.172	64.625
2 onder 1 kap	1992 - 1995	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1315.889	47.497	1598.172	64.625
2 onder 1 kap	1996 - 1999	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1315.889	47.497	1598.172	64.625
2 onder 1 kap	2000 - 2005	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1315.889	47.497	1598.172	64.625
2 onder 1 kap	2006 - 2010	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1315.889	47.497	1598.172	64.625
2 onder 1 kap	2011 - 2014	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1315.889	47.497	1598.172	64.625
2 onder 1 kap	2015 - 2020	5366.489	33.164	9037.736	43.643	1315.889	47.497	1598.172	64.625
rijwoning hoek	voor 1930	7265.895	7.67	8346.026	22.58	1335.502	36.686	2395.234	42.121
rijwoning hoek	1930 - 1945	7265.895	7.67	8346.026	22.58	1335.502	36.686	2395.234	42.121
rijwoning hoek	1946 - 1964	7265.895	7.67	8346.026	22.58	2844.065	20.777	5180.154	8.399
rijwoning hoek	1965 - 1974	6491.961	18.427	7410.21	35.587	3675.549	26.634	6187.149	18.588
rijwoning hoek	1975 - 1991	6491.961	18.427	7410.21	35.587	3675.549	26.634	6187.149	18.588
rijwoning hoek	1992 - 1995	6491.961	18.427	7410.21	35.587	3675.549	26.634	6187.149	18.588
rijwoning hoek	1996 - 1999	6491.961	18.427	7410.21	35.587	3675.549	26.634	6187.149	18.588
rijwoning hoek	2000 - 2005	6491.961	18.427	7410.21	35.587	3675.549	26.634	6187.149	18.588
rijwoning hoek	2006 - 2010	6491.961	18.427	7410.21	35.587	3675.549	26.634	6187.149	18.588
rijwoning hoek	2011 - 2014	6491.961	18.427	7410.21	35.587	3675.549	26.634	6187.149	18.588
rijwoning hoek	2015 - 2020	6491.961	18.427	7410.21	35.587	3675.549	26.634	6187.149	18.588
rijwoning tussen	voor 1930	6096.47	25.997	8322.901	57.179	3332.865	11.067	-1939	103.622
rijwoning tussen	1930 - 1945	3853.375	35.61	5007.856	71.061	1476.298	24.225	1190.667	43.454
rijwoning tussen	1946 - 1964	3853.375	35.61	5007.856	71.061	790.736	28.257	84.106	58.458
rijwoning tussen	1965 - 1974	3853.375	35.61	5007.856	71.061	2026.258	21.257	-792.855	73.965
rijwoning tussen	1975 - 1991	3853.375	35.61	5007.856	71.061	2026.258	21.257	-792.855	73.965
rijwoning tussen	1992 - 1995	3853.375	35.61	5007.856	71.061	2026.258	21.257	-792.855	73.965
rijwoning tussen	1996 - 1999	3853.375	35.61	5007.856	71.061	2026.258	21.257	-792.855	73.965
rijwoning tussen	2000 - 2005	3853.375	35.61	5007.856	71.061	2026.258	21.257	-792.855	73.965
rijwoning tussen	2006 - 2010	3853.375	35.61	5007.856	71.061	2026.258	21.257	-792.855	73.965
rijwoning tussen	2011 - 2014	3853.375	35.61	5007.856	71.061	2026.258	21.257	-792.855	73.965
meergezins: laag en midden	voor 1930	619.013	72.353	5755.359	75.907	596.465	45.409	879.622	72.687
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	1376.793	43.015	4247.895	73.487	-551.961	62.19	2396.069	67.322
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	1376.793	43.015	4247.895	73.487	409.692	43.187	3492.219	44.086
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	4664.304	12.266	12873.403	17.915	-914.043	68.065	538.088	131.017
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	1481.664	53.617	11258.02	38.903	1190.934	45.012	4184.212	92.305
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	1481.664	53.617	11258.02	38.903	1190.934	45.012	4184.212	92.305
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: hoog	voor 1930	619.013	72.353	5755.359	75.907	596.465	45.409	879.622	72.687
meergezins: hoog	1930 - 1945	1376.793	43.015	4247.895	73.487	-551.961	62.19	2396.069	67.322
meergezins: hoog	1946 - 1964	1376.793	43.015	4247.895	73.487	409.692	43.187	3492.219	44.086
meergezins: hoog	1965 - 1974	4664.304	12.266	12873.403	17.915	-914.043	68.065	538.088	131.017
meergezins: hoog	1975 - 1991	1481.664	53.617	11258.02	38.903	1190.934	45.012	4184.212	92.305
meergezins: hoog	1992 - 1995	1481.664	53.617	11258.02	38.903	1190.934	45.012	4184.212	92.305
meergezins: hoog	1996 - 1999	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: hoog	2000 - 2005	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: hoog	2006 - 2010	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: hoog	2011 - 2014	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912
meergezins: hoog	2015 - 2020	1116.569	50.192	4026.157	91.851	740.691	43.059	4593.118	49.912

**TABEL B.5 (4) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 4 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label D naar label C				Schilsprom van label G naar label B			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
vriistaand	voor 1930	5138.841	2.93	7785.715	2.727	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	1930 - 1945	5371.488	3.917	8263.903	4.62	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	1946 - 1964	5371.488	3.917	8263.903	4.62	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	1965 - 1974	3479.47	13.097	4961.73	22.839	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	1975 - 1991	4269.825	10.563	7226.865	13.652	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	1992 - 1995	4269.825	10.563	7226.865	13.652	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	1996 - 1999	5371.488	3.917	8263.903	4.62	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	2000 - 2005	5371.488	3.917	8263.903	4.62	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	2006 - 2010	5371.488	3.917	8263.903	4.62	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	2011 - 2014	5371.488	3.917	8263.903	4.62	32393.623	0.305	40584.786	12.608
vriistaand	2015 - 2020	5371.488	3.917	8263.903	4.62	32393.623	0.305	40584.786	12.608
2 onder 1 kap	voor 1930	-464.603	34.058	-849.32	49.794	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	1930 - 1945	2136.898	8.388	2814.179	20.757	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	1946 - 1964	514.753	23.708	628.532	36.23	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	1965 - 1974	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	1975 - 1991	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	1992 - 1995	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	1996 - 1999	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	2000 - 2005	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	2006 - 2010	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	2011 - 2014	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
2 onder 1 kap	2015 - 2020	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
rijbewoning hoek	voor 1930	1566.306	7.18	2595.387	11.629	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning hoek	1930 - 1945	1566.306	7.18	2595.387	11.629	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning hoek	1946 - 1964	1620.195	4.12	2785.776	5.507	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning hoek	1965 - 1974	1572.067	11.772	3256.718	15.9	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning hoek	1975 - 1991	1572.067	11.772	3256.718	15.9	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning hoek	1992 - 1995	1572.067	11.772	3256.718	15.9	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning hoek	2000 - 2005	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
rijbewoning hoek	2006 - 2010	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
rijbewoning hoek	2011 - 2014	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
rijbewoning hoek	2015 - 2020	1358.135	17.72	972.372	35.687	18139.3	0	28809.5	0
rijbewoning tussen	voor 1930	37.703	17.808	-720.837	34.794	9072.123	25.962	4821.314	126.055
rijbewoning tussen	1930 - 1945	1135.431	3.591	1592.774	8.636	9072.123	25.962	4821.314	126.055
rijbewoning tussen	1946 - 1964	634.331	10.003	1316.475	11.391	9072.123	25.962	4821.314	126.055
rijbewoning tussen	1965 - 1974	-31.064	18.355	-1159.847	41.298	9072.123	25.962	4821.314	126.055
rijbewoning tussen	1975 - 1991	-31.064	18.355	-1159.847	41.298	9072.123	25.962	4821.314	126.055
rijbewoning tussen	1992 - 1995	-31.064	18.355	-1159.847	41.298	9072.123	25.962	4821.314	126.055
rijbewoning tussen	2000 - 2005	1572.067	11.772	3256.718	15.9	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning tussen	2006 - 2010	1572.067	11.772	3256.718	15.9	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning tussen	2011 - 2014	1572.067	11.772	3256.718	15.9	13359.75	0	20769.75	0
rijbewoning tussen	2015 - 2020	1572.067	11.772	3256.718	15.9	13359.75	0	20769.75	0
meergezins: laag en midden	voor 1930	1288.253	3.186	785.807	23.857	7995.554	47.817	19436.868	30.531
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	399.252	12.906	873.089	17.056	8033.976	47.399	20899.359	21.052
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	1288.253	3.186	785.807	23.857	8033.976	47.399	20899.359	21.052
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	828.556	18.204	-640.848	65.623	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	-148.105	32.632	329.61	68.057	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	-148.105	32.632	329.61	68.057	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: hoog	voor 1930	1288.253	3.186	785.807	23.857	7995.554	47.817	19436.868	30.531
meergezins: hoog	1930 - 1945	399.252	12.906	873.089	17.056	8033.976	47.399	20899.359	21.052
meergezins: hoog	1946 - 1964	1288.253	3.186	785.807	23.857	8033.976	47.399	20899.359	21.052
meergezins: hoog	1965 - 1974	828.556	18.204	-640.848	65.623	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: hoog	1975 - 1991	-148.105	32.632	329.61	68.057	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: hoog	1992 - 1995	-148.105	32.632	329.61	68.057	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: hoog	1996 - 1999	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: hoog	2000 - 2005	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: hoog	2006 - 2010	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: hoog	2011 - 2014	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374
meergezins: hoog	2015 - 2020	894.546	12.241	585.236	40.765	8257.943	46.108	20149.711	25.374

**TABEL B.5 (5) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 5 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label F naar label B				Schilsprom van label E naar label B			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m²	€ / aansl	€ / m²	€ / aansl	€ / m²	€ / aansl	€ / m²
vrijstaand	voor 1930	6301.152	112.165	263.676	219.786	13735.342	36.261	16872.455	58.525
vrijstaand	1930 - 1945	6301.152	112.165	263.676	219.786	13735.342	36.261	16872.455	58.525
vrijstaand	1946 - 1964	6301.152	112.165	263.676	219.786	13735.342	36.261	16872.455	58.525
vrijstaand	1965 - 1974	6301.152	112.165	263.676	219.786	11664.957	72.761	11311.764	136.618
vrijstaand	1975 - 1991	6301.152	112.165	263.676	219.786	11664.957	72.761	11311.764	136.618
vrijstaand	1992 - 1995	6301.152	112.165	263.676	219.786	11664.957	72.761	11311.764	136.618
vrijstaand	1996 - 1999	6301.152	112.165	263.676	219.786	11664.957	72.761	11311.764	136.618
vrijstaand	2000 - 2005	6301.152	112.165	263.676	219.786	11664.957	72.761	11311.764	136.618
vrijstaand	2006 - 2010	6301.152	112.165	263.676	219.786	11664.957	72.761	11311.764	136.618
vrijstaand	2011 - 2014	6301.152	112.165	263.676	219.786	11664.957	72.761	11311.764	136.618
vrijstaand	2015 - 2020	6301.152	112.165	263.676	219.786	11664.957	72.761	11311.764	136.618
2 onder 1 kap	voor 1930	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	1930 - 1945	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	1946 - 1964	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	1965 - 1974	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	1975 - 1991	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	1992 - 1995	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	1996 - 1999	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	2000 - 2005	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	2006 - 2010	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	2011 - 2014	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
2 onder 1 kap	2015 - 2020	18139.3	0	28809.5	0	20054.5	0	27982.5	0
rijbewoning hoek	voor 1930	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	1930 - 1945	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	1946 - 1964	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	1965 - 1974	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	1975 - 1991	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	1992 - 1995	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	1996 - 1999	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	2000 - 2005	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	2006 - 2010	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	2011 - 2014	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning hoek	2015 - 2020	13359.75	0	20769.75	0	12519.317	20.854	17927.836	24.897
rijbewoning tussen	voor 1930	7734.244	42.467	9948.807	82.218	8710.321	17.697	13997.61	4.971
rijbewoning tussen	1930 - 1945	7734.244	42.467	9948.807	82.218	7947.188	26.112	11812.666	29.255
rijbewoning tussen	1946 - 1964	7734.244	42.467	9948.807	82.218	5417.601	44.606	5787.349	80.372
rijbewoning tussen	1965 - 1974	7734.244	42.467	9948.807	82.218	9227.066	21.493	13777.515	22.948
rijbewoning tussen	1975 - 1991	7734.244	42.467	9948.807	82.218	9227.066	21.493	13777.515	22.948
rijbewoning tussen	1992 - 1995	7734.244	42.467	9948.807	82.218	9227.066	21.493	13777.515	22.948
rijbewoning tussen	2000 - 2005	7734.244	42.467	9948.807	82.218	9227.066	21.493	13777.515	22.948
rijbewoning tussen	2006 - 2010	7734.244	42.467	9948.807	82.218	9227.066	21.493	13777.515	22.948
rijbewoning tussen	2011 - 2014	7734.244	42.467	9948.807	82.218	9227.066	21.493	13777.515	22.948
meergezins: laag en midden	voor 1930	-2499.396	179.064	1142.903	205.468	3478.281	70.892	1505.096	155.896
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	-1175.695	151.587	3071.765	171.978	2554.81	93.07	4530.185	136.404
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	-1175.695	151.587	3071.765	171.978	3717.8	44.892	12549.798	3.974
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: hoog	voor 1930	-2499.396	179.064	1142.903	205.468	3478.281	70.892	1505.096	155.896
meergezins: hoog	1930 - 1945	-1175.695	151.587	3071.765	171.978	2554.81	93.07	4530.185	136.404
meergezins: hoog	1946 - 1964	-1175.695	151.587	3071.765	171.978	3717.8	44.892	12549.798	3.974
meergezins: hoog	1965 - 1974	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: hoog	1975 - 1991	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: hoog	1992 - 1995	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: hoog	1996 - 1999	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: hoog	2000 - 2005	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: hoog	2006 - 2010	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: hoog	2011 - 2014	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186
meergezins: hoog	2015 - 2020	2768.106	93.784	5157.979	155.192	2651.623	74.026	3577.581	140.186

**TABEL B.5 (6) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 6 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label D naar label B				Schilsprom van label C naar label B			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
vriistaand	voor 1930	16415.643	39.544	21297.79	53.598	8177.926	22.283	11199.016	33.059
vriistaand	1930 - 1945	16415.643	39.544	21297.79	53.598	8177.926	22.283	11199.016	33.059
vriistaand	1946 - 1964	16415.643	39.544	21297.79	53.598	8177.926	22.283	11199.016	33.059
vriistaand	1965 - 1974	21217.989	28.447	25852.412	49.315	4853.327	42.792	3955.086	76.298
vriistaand	1975 - 1991	19308.279	41.439	23583.569	64.249	7114.102	23.433	11145.908	29.937
vriistaand	1992 - 1995	19308.279	41.439	23583.569	64.249	3936.162	44.035	6132.409	61.136
vriistaand	1996 - 1999	16415.643	39.544	21297.79	53.598	8177.926	22.283	11199.016	33.059
vriistaand	2000 - 2005	16415.643	39.544	21297.79	53.598	8177.926	22.283	11199.016	33.059
vriistaand	2006 - 2010	16415.643	39.544	21297.79	53.598	8177.926	22.283	11199.016	33.059
vriistaand	2011 - 2014	16415.643	39.544	21297.79	53.598	8177.926	22.283	11199.016	33.059
vriistaand	2015 - 2020	16415.643	39.544	21297.79	53.598	8177.926	22.283	11199.016	33.059
2 onder 1 kap	voor 1930	15261.5	0	20666.5	0	2769.635	63.842	4826.255	75.315
2 onder 1 kap	1930 - 1945	15261.5	0	20666.5	0	2769.635	63.842	4826.255	75.315
2 onder 1 kap	1946 - 1964	15261.5	0	20666.5	0	2769.635	63.842	4826.255	75.315
2 onder 1 kap	1965 - 1974	15261.5	0	20666.5	0	5646.109	14.62	7245.314	29.627
2 onder 1 kap	1975 - 1991	15261.5	0	20666.5	0	4549.782	16.42	6139.053	29.435
2 onder 1 kap	1992 - 1995	15261.5	0	20666.5	0	5646.109	14.62	7245.314	29.627
2 onder 1 kap	1996 - 1999	15261.5	0	20666.5	0	4190.436	27.7	4114.212	55.559
2 onder 1 kap	2000 - 2005	15261.5	0	20666.5	0	4190.436	27.7	4114.212	55.559
2 onder 1 kap	2006 - 2010	15261.5	0	20666.5	0	4190.436	27.7	4114.212	55.559
2 onder 1 kap	2011 - 2014	15261.5	0	20666.5	0	4190.436	27.7	4114.212	55.559
2 onder 1 kap	2015 - 2020	15261.5	0	20666.5	0	4190.436	27.7	4114.212	55.559
rijwoning hoek	voor 1930	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	1930 - 1945	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	1946 - 1964	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	1965 - 1974	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	1975 - 1991	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	1992 - 1995	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	1996 - 1999	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	2000 - 2005	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	2006 - 2010	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	2011 - 2014	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning hoek	2015 - 2020	5601.702	87.968	3373.753	149.793	6874.105	1.928	9406.492	4.349
rijwoning tussen	voor 1930	6945.01	30.676	9443.506	50.924	3248.035	38.459	4551.814	51.575
rijwoning tussen	1930 - 1945	5987.947	31.165	8083.738	52.527	5530.328	6.45	6448.859	20.006
rijwoning tussen	1946 - 1964	6756.48	12.411	4821.635	82.343	5602.625	18.092	9239.9	11.897
rijwoning tussen	1965 - 1974	3615.131	77.707	6793.113	83.217	2518.022	35.121	2005.911	63.673
rijwoning tussen	1975 - 1991	2052.801	94.858	2456.013	131.09	2518.022	35.121	2005.911	63.673
rijwoning tussen	1992 - 1995	2052.801	94.858	2456.013	131.09	2518.022	35.121	2005.911	63.673
rijwoning tussen	1996 - 1999	5187.122	53.304	6875.612	78.262	2203.701	39.911	1924.433	67.115
rijwoning tussen	2000 - 2005	5187.122	53.304	6875.612	78.262	2203.701	39.911	1924.433	67.115
rijwoning tussen	2006 - 2010	5187.122	53.304	6875.612	78.262	2203.701	39.911	1924.433	67.115
rijwoning tussen	2011 - 2014	5187.122	53.304	6875.612	78.262	2203.701	39.911	1924.433	67.115
rijwoning tussen	2015 - 2020	5187.122	53.304	6875.612	78.262	2203.701	39.911	1924.433	67.115
meergezins: laag en midden	voor 1930	6194.713	22.683	6614.936	73.153	3705.424	33.587	4382.471	68.656
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	3420.389	47.846	5302.285	60.543	1783.314	45.823	1909.493	67.77
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	4479.117	41.498	3621.781	106.819	3075.598	24.491	4337.672	41.895
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	5464.632	24.854	3787.464	114.442	3682.192	21.247	6244.588	26.948
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	6086.289	21.859	7702.755	84.283	4046.255	19.048	8381.372	6.199
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	6086.289	21.859	7702.755	84.283	3682.192	21.247	6244.588	26.948
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: hoog	voor 1930	6194.713	22.683	6614.936	73.153	3705.424	33.587	4382.471	68.656
meergezins: hoog	1930 - 1945	3420.389	47.846	5302.285	60.543	1783.314	45.823	1909.493	67.77
meergezins: hoog	1946 - 1964	4479.117	41.498	3621.781	106.819	3075.598	24.491	4337.672	41.895
meergezins: hoog	1965 - 1974	5464.632	24.854	3787.464	114.442	3682.192	21.247	6244.588	26.948
meergezins: hoog	1975 - 1991	6086.289	21.859	7702.755	84.283	4046.255	19.048	8381.372	6.199
meergezins: hoog	1992 - 1995	6086.289	21.859	7702.755	84.283	3682.192	21.247	6244.588	26.948
meergezins: hoog	1996 - 1999	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: hoog	2000 - 2005	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: hoog	2006 - 2010	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: hoog	2011 - 2014	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234
meergezins: hoog	2015 - 2020	5391.55	29.612	6452.562	74.529	5175.97	5.892	7874.91	21.234

**TABEL B.5 (7) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 7 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label G naar label A				Schilsprom van label F naar label A			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
vriistaand	voor 1930	21203.088	101.37117	45139.92	241.62127	21203.088	101.37117	45139.92	241.62127
vriistaand	1930 - 1945	21203.088	101.37117	45139.92	241.62127	21203.088	101.37117	45139.92	241.62127
vriistaand	1946 - 1964	10994.31	179.90024	20631.974	430.14393	10994.31	179.90024	20631.974	430.14393
vriistaand	1965 - 1974	21527.617	92.850882	26511.245	344.74525	21527.617	92.850882	26511.245	344.74525
vriistaand	1975 - 1991	28247.745	49.213683	51158.619	184.69736	28247.745	49.213683	51158.619	184.69736
vriistaand	1992 - 1995	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	1996 - 1999	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	2000 - 2005	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
vriistaand	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
vriistaand	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	voor 1930	11481.576	134.87385	21331.249	314.36598	11481.576	134.87385	21331.249	314.36598
2 onder 1 kap	1930 - 1945	11481.576	134.87385	21331.249	314.36598	11481.576	134.87385	21331.249	314.36598
2 onder 1 kap	1946 - 1964	14857.4	104.18454	32344.966	214.24128	14857.4	104.18454	32344.966	214.24128
2 onder 1 kap	1965 - 1974	19888.825	56.947622	46464.388	89.838072	19888.825	56.947622	46464.388	89.838072
2 onder 1 kap	1975 - 1991	20436.037	52.498744	36471.086	171.08443	20436.037	52.498744	36471.086	171.08443
2 onder 1 kap	1992 - 1995	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	1996 - 1999	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	2000 - 2005	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	voor 1930	9690.9575	97.385949	15829.738	239.44783	9690.9575	97.385949	15829.738	239.44783
rijwoning hoek	1930 - 1945	9690.9575	97.385949	15829.738	239.44783	9690.9575	97.385949	15829.738	239.44783
rijwoning hoek	1946 - 1964	18277.98	0	37195.886	0	18277.98	0	37195.886	0
rijwoning hoek	1965 - 1974	14239.624	40.433983	17660.227	193.17246	14239.624	40.433983	17660.227	193.17246
rijwoning hoek	1975 - 1991	9039.6024	89.490789	17179.902	197.70382	9039.6024	89.490789	17179.902	197.70382
rijwoning hoek	1992 - 1995	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465
rijwoning hoek	1996 - 1999	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465
rijwoning hoek	2000 - 2005	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465
rijwoning hoek	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	voor 1930	10115.333	92.508074	17135.017	224.44463	10115.333	92.508074	17135.017	224.44463
rijwoning tussen	1930 - 1945	10115.333	92.508074	17135.017	224.44463	10115.333	92.508074	17135.017	224.44463
rijwoning tussen	1946 - 1964	17578.102	6.7291109	35492.285	13.441537	17578.102	6.7291109	35492.285	13.441537
rijwoning tussen	1965 - 1974	18525.555	0	38136.712	0	18525.555	0	38136.712	0
rijwoning tussen	1975 - 1991	9862.4433	81.728139	14908.344	219.13361	9862.4433	81.728139	14908.344	219.13361
rijwoning tussen	1992 - 1995	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	1996 - 1999	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	2000 - 2005	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	voor 1930	10425.526	62.673114	12071.463	189.34558	10425.526	62.673114	12071.463	189.34558
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	10425.526	62.673114	12071.463	189.34558	10425.526	62.673114	12071.463	189.34558
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	3818.2977	162.78263	-2248.042	406.30778	3818.2977	162.78263	-2248.042	406.30778
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	7232.4052	94.827317	3449.0976	281.72355	7232.4052	94.827317	3449.0976	281.72355
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	10011.311	55.128656	19310.74	122.48046	10011.311	55.128656	19310.74	122.48046
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	voor 1930	9938.6685	56.380414	11195.626	163.79617	9938.6685	56.380414	11195.626	163.79617
meergezins: hoog	1930 - 1945	9938.6685	56.380414	11195.626	163.79617	9938.6685	56.380414	11195.626	163.79617
meergezins: hoog	1946 - 1964	3994.8395	146.43843	-1191.672	351.4825	3994.8395	146.43843	-1191.672	351.4825
meergezins: hoog	1965 - 1974	7037.6032	83.661278	3785.6237	237.13254	7037.6032	83.661278	3785.6237	237.13254
meergezins: hoog	1975 - 1991	9489.2896	48.637186	13168.298	103.09434	9489.2896	48.637186	13168.298	103.09434
meergezins: hoog	1992 - 1995	-762.8434	115.44205	-2237.291	243.52001	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001
meergezins: hoog	1996 - 1999	-762.8434	115.44205	-2237.291	243.52001	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001
meergezins: hoog	2000 - 2005	-762.8434	115.44205	-2237.291	243.52001	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001
meergezins: hoog	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0

**TABEL B.5 (8) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 8 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label E naar label A				Schilsprom van label D naar label A			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
vriistaand	voor 1930	18978.983	59.51556	40286.88	211.09261	18978.983	59.51556	40286.88	211.09261
vriistaand	1930 - 1945	18978.983	59.51556	40286.88	211.09261	18978.983	59.51556	40286.88	211.09261
vriistaand	1946 - 1964	10994.31	179.90024	20631.974	430.14393	12884.585	120.22762	24679.934	341.58248
vriistaand	1965 - 1974	21527.617	92.850882	26511.245	344.74525	21527.617	92.850882	26511.245	344.74525
vriistaand	1975 - 1991	28247.745	49.213683	51158.619	184.69736	28247.745	49.213683	51158.619	184.69736
vriistaand	1992 - 1995	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	1996 - 1999	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	2000 - 2005	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
vriistaand	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
vriistaand	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	voor 1930	9572.4183	105.0801	19189.519	274.07961	9572.4183	105.0801	19189.519	274.07961
2 onder 1 kap	1930 - 1945	9572.4183	105.0801	19189.519	274.07961	9572.4183	105.0801	19189.519	274.07961
2 onder 1 kap	1946 - 1964	17547.309	49.781786	35634.737	146.12625	17547.309	49.781786	35634.737	146.12625
2 onder 1 kap	1965 - 1974	19888.825	56.947622	46464.388	89.838072	17979.458	34.163881	44555.02	67.05433
2 onder 1 kap	1975 - 1991	20436.037	52.498744	36471.086	171.08443	20436.037	52.498744	36471.086	171.08443
2 onder 1 kap	1992 - 1995	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	1996 - 1999	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	2000 - 2005	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	voor 1930	9522.5797	76.627301	16390.39	206.23141	11570.927	27.732531	18273.509	152.08107
rijwoning hoek	1930 - 1945	9522.5797	76.627301	16390.39	206.23141	11570.927	27.732531	18273.509	152.08107
rijwoning hoek	1946 - 1964	18277.98	0	37195.886	0	15383.699	0	32056.181	0
rijwoning hoek	1965 - 1974	14239.624	40.433983	17660.227	193.17246	14239.624	40.433983	17660.227	193.17246
rijwoning hoek	1975 - 1991	9039.6024	89.490789	17179.902	197.70382	9039.6024	89.490789	17179.902	197.70382
rijwoning hoek	1992 - 1995	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465
rijwoning hoek	1996 - 1999	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465
rijwoning hoek	2000 - 2005	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465
rijwoning hoek	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	voor 1930	10115.333	92.508074	17135.017	224.44463	9522.5797	76.627301	16390.39	206.23141
rijwoning tussen	1930 - 1945	10115.333	92.508074	17135.017	224.44463	9522.5797	76.627301	16390.39	206.23141
rijwoning tussen	1946 - 1964	17578.102	6.7291109	35492.285	13.441537	14436.552	2.4901613	30299.466	7.9638584
rijwoning tussen	1965 - 1974	18525.555	0	38136.712	0	18525.555	0	38136.712	0
rijwoning tussen	1975 - 1991	9862.4433	81.728139	14908.344	219.13361	9862.4433	81.728139	14908.344	219.13361
rijwoning tussen	1992 - 1995	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	1996 - 1999	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	2000 - 2005	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	voor 1930	10425.526	62.673114	12071.463	189.34558	8057.324	62.673114	9889.1029	184.31696
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	10425.526	62.673114	12071.463	189.34558	8057.324	62.673114	9889.1029	184.31696
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	3818.2977	162.78263	-2248.042	406.30778	4630.4778	130.28963	1577.097	323.73322
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	7232.4052	94.827317	3449.0976	281.72355	7232.4052	94.827317	3449.0976	281.72355
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	10011.311	55.128656	19310.74	122.48046	10011.311	55.128656	19310.74	122.48046
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	-442.785	124.81872	-1736.871	276.15465	-442.785	124.81872	-1736.871	276.15465
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	-442.785	124.81872	-1736.871	276.15465	-442.785	124.81872	-1736.871	276.15465
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	-442.785	124.81872	-1736.871	276.15465	-442.785	124.81872	-1736.871	276.15465
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	voor 1930	9938.6685	56.380414	11195.626	163.79617	7570.4664	56.380414	9013.266	158.76755
meergezins: hoog	1930 - 1945	9938.6685	56.380414	11195.626	163.79617	7570.4664	56.380414	9013.266	158.76755
meergezins: hoog	1946 - 1964	3994.8395	146.43843	-1191.672	351.4825	4807.0195	113.94543	2633.4671	268.90795
meergezins: hoog	1965 - 1974	7037.6032	83.661278	3785.6237	237.13254	7037.6032	83.661278	3785.6237	237.13254
meergezins: hoog	1975 - 1991	9489.2896	48.637186	13168.298	103.09434	9489.2896	48.637186	13168.298	103.09434
meergezins: hoog	1992 - 1995	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001
meergezins: hoog	1996 - 1999	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001
meergezins: hoog	2000 - 2005	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001	-762.843	115.44205	-2237.291	243.52001
meergezins: hoog	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0

**TABEL B.5 (9) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE WONINGEN. BRON: TNO (DEEL 9 / 9)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label C naar label A				Schilsprom van label B naar label A			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
vriistaand	voor 1930	6913.668	27.221853	26758.11	148.15936	6913.668	27.221853	26758.11	148.15936
vriistaand	1930 - 1945	6913.668	27.221853	26758.11	148.15936	6913.668	27.221853	26758.11	148.15936
vriistaand	1946 - 1964	5179.7466	81.913528	12933.831	296.25813	5179.7466	81.913528	12933.831	296.25813
vriistaand	1965 - 1974	11673.049	53.245212	17888.507	254.71797	11673.049	53.245212	17888.507	254.71797
vriistaand	1975 - 1991	28247.745	49.213683	51158.619	184.69736	20733.307	39.865223	41702.135	159.51643
vriistaand	1992 - 1995	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	1996 - 1999	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	2000 - 2005	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736	22035.243	49.213683	44946.116	184.69736
vriistaand	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
vriistaand	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
vriistaand	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	voor 1930	4279.6523	35.517434	11734.884	183.87229	4279.6523	35.517434	11734.884	183.87229
2 onder 1 kap	1930 - 1945	4279.6523	35.517434	11734.884	183.87229	4279.6523	35.517434	11734.884	183.87229
2 onder 1 kap	1946 - 1964	7036.7908	49.781786	20729.967	146.12625	7036.7908	49.781786	20729.967	146.12625
2 onder 1 kap	1965 - 1974	17979.458	34.163881	44555.02	67.05433	10297.413	30.869528	31789.932	64.515701
2 onder 1 kap	1975 - 1991	20436.037	52.498744	36471.086	171.08443	14538.12	42.991132	29142.861	148.43342
2 onder 1 kap	1992 - 1995	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	1996 - 1999	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	2000 - 2005	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443	14223.535	52.498744	30258.584	171.08443
2 onder 1 kap	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
2 onder 1 kap	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	voor 1930	2950.6124	1.4649334	7163.85	106.19623	2950.6124	1.4649334	7163.85	106.19623
rijwoning hoek	1930 - 1945	2950.6124	1.4649334	7163.85	106.19623	2950.6124	1.4649334	7163.85	106.19623
rijwoning hoek	1946 - 1964	15383.699	0	32056.181	0	7508.426	0	22094.137	0
rijwoning hoek	1965 - 1974	6546.7504	19.742708	10489.842	132.67588	6546.7504	19.742708	10489.842	132.67588
rijwoning hoek	1975 - 1991	9039.6024	89.490789	17179.902	197.70382	4871.4294	61.901591	11691.339	158.19158
rijwoning hoek	1992 - 1995	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-6833.431	165.12125	-18356.86	423.40359
rijwoning hoek	1996 - 1999	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-6833.431	165.12125	-18356.86	423.40359
rijwoning hoek	2000 - 2005	-7413.326	179.13276	-20432.28	471.27465	-6833.431	165.12125	-18356.86	423.40359
rijwoning hoek	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning hoek	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	voor 1930	4258.3633	32.061661	9448.8253	134.44937	4258.3633	32.061661	9448.8253	134.44937
rijwoning tussen	1930 - 1945	4258.3633	32.061661	9448.8253	134.44937	4258.3633	32.061661	9448.8253	134.44937
rijwoning tussen	1946 - 1964	14436.552	2.4901613	30299.466	7.9638584	7133.7129	2.4901613	20275.685	7.9638584
rijwoning tussen	1965 - 1974	8302.9516	0	24608.308	0	8302.9516	0	24608.308	0
rijwoning tussen	1975 - 1991	9862.4433	81.728139	14908.344	219.13361	5520.5592	58.164305	9993.3051	178.17267
rijwoning tussen	1992 - 1995	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	1996 - 1999	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	2000 - 2005	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361	3690.8011	81.728139	8311.8016	219.13361
rijwoning tussen	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
rijwoning tussen	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	voor 1930	4247.7126	25.515012	6139.4658	112.70068	4247.7126	25.515012	6139.4658	112.70068
meergezins: laag en midden	1930 - 1945	4247.7126	25.515012	6139.4658	112.70068	4247.7126	25.515012	6139.4658	112.70068
meergezins: laag en midden	1946 - 1964	4630.4778	130.28963	1577.097	323.73322	1154.1033	106.39675	-3272.180	289.51568
meergezins: laag en midden	1965 - 1974	3396.0043	62.431915	809.93509	198.08947	3396.0043	62.431915	809.93509	198.08947
meergezins: laag en midden	1975 - 1991	10011.311	55.128656	19310.74	122.48046	5930.6149	44.99559	14162.069	96.909404
meergezins: laag en midden	1992 - 1995	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465	-399.668	112.66782	-1485.429	236.17647
meergezins: laag en midden	1996 - 1999	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465	-399.668	112.66782	-1485.429	236.17647
meergezins: laag en midden	2000 - 2005	-442.7853	124.81872	-1736.871	276.15465	-399.668	112.66782	-1485.429	236.17647
meergezins: laag en midden	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: laag en midden	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	voor 1930	3760.855	19.222312	5263.6288	87.151267	3760.855	19.222312	5263.6288	87.151267
meergezins: hoog	1930 - 1945	3760.855	19.222312	5263.6288	87.151267	3760.855	19.222312	5263.6288	87.151267
meergezins: hoog	1946 - 1964	4807.0195	113.94543	2633.4671	268.90795	1330.6451	90.052547	-2215.81	234.6904
meergezins: hoog	1965 - 1974	3201.2023	51.265876	1146.4612	153.49846	3201.2023	51.265876	1146.4612	153.49846
meergezins: hoog	1975 - 1991	9489.2896	48.637186	13168.298	103.09434	5408.593	38.504119	8019.6266	77.523279
meergezins: hoog	1992 - 1995	-762.8434	115.44205	-2237.291	243.52001	-680.853	103.04062	-1862.724	202.7483
meergezins: hoog	1996 - 1999	-762.8434	115.44205	-2237.291	243.52001	-680.853	103.04062	-1862.724	202.7483
meergezins: hoog	2000 - 2005	-762.8434	115.44205	-2237.291	243.52001	-680.853	103.04062	-1862.724	202.7483
meergezins: hoog	2006 - 2010	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	2011 - 2014	0	0	0	0	0	0	0	0
meergezins: hoog	2015 - 2020	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel B.6 Functionele vraag bestaande utiliteit

**TABEL B.6 (1) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE UTILITEIT. BRON: CE DELFT (DEEL 1 / 3)**

Type utiliteit	Bouwjaar	Default label	V RV schillabel G		V RV schillabel F		V RV schillabel E		V RV schillabel D	
			GJ / aansl	GJ / m2						
Kantoor	0<=1920	G	0	1.0133626	0	1.0133626	0	1.0133626	0	1.0133626
Kantoor	1920<=1975	E	0	0.7957236	0	0.7957236	0	0.7957236	0	0.7957236
Kantoor	1975<=1990	C	0	0.4058395	0	0.4058395	0	0.4058395	0	0.4058395
Kantoor	1990<=1995	B	0	0.3731983	0	0.3731983	0	0.3731983	0	0.3731983
Kantoor	1995<=2019	B	0	0.3055828	0	0.3055828	0	0.3055828	0	0.3055828
Kantoor	onbekend	D	0	0.5093824	0	0.5093824	0	0.5093824	0	0.5093824
Winkel	0<=1920	G	0	0.5107142	0	0.5107142	0	0.5107142	0	0.5107142
Winkel	1920<=1975	E	0	0.4048132	0	0.4048132	0	0.4048132	0	0.4048132
Winkel	1975<=1990	C	0	0.2083589	0	0.2083589	0	0.2083589	0	0.2083589
Winkel	1990<=1995	B	0	0.1968895	0	0.1968895	0	0.1968895	0	0.1968895
Winkel	1995<=2019	B	0	0.1543448	0	0.1543448	0	0.1543448	0	0.1543448
Winkel	onbekend	D	0	0.2995556	0	0.2995556	0	0.2995556	0	0.2995556
Gezondheidszorg	0<=1920	G	0	1.1531508	0	1.1531508	0	1.1531508	0	1.1531508
Gezondheidszorg	1920<=1975	F	0	0.8454833	0	0.8454833	0	0.8454833	0	0.8454833
Gezondheidszorg	1975<=1990	C	0	0.4756092	0	0.4756092	0	0.4756092	0	0.4756092
Gezondheidszorg	1990<=1995	B	0	0.4679	0	0.4679	0	0.4679	0	0.4679
Gezondheidszorg	1995<=2019	B	0	0.3896066	0	0.3896066	0	0.3896066	0	0.3896066
Gezondheidszorg	onbekend	D	0	0.6400535	0	0.6400535	0	0.6400535	0	0.6400535
Logies	0<=1920	G	0	0.7476078	0	0.7476078	0	0.7476078	0	0.7476078
Logies	1920<=1975	F	0	0.601904	0	0.601904	0	0.601904	0	0.601904
Logies	1975<=1990	C	0	0.3340953	0	0.3340953	0	0.3340953	0	0.3340953
Logies	1990<=1995	B	0	0.3122894	0	0.3122894	0	0.3122894	0	0.3122894
Logies	1995<=2019	B	0	0.268086	0	0.268086	0	0.268086	0	0.268086
Logies	onbekend	D	0	0.4136584	0	0.4136584	0	0.4136584	0	0.4136584
Onderwijs	0<=1920	G	0	0.5343391	0	0.5343391	0	0.5343391	0	0.5343391
Onderwijs	1920<=1975	F	0	0.4031801	0	0.4031801	0	0.4031801	0	0.4031801
Onderwijs	1975<=1990	C	0	0.2157588	0	0.2157588	0	0.2157588	0	0.2157588
Onderwijs	1990<=1995	B	0	0.2081597	0	0.2081597	0	0.2081597	0	0.2081597
Onderwijs	1995<=2019	B	0	0.1626863	0	0.1626863	0	0.1626863	0	0.1626863
Onderwijs	onbekend	D	0	0.2901662	0	0.2901662	0	0.2901662	0	0.2901662
Industrie	0<=1920	G	0	0.4289813	0	0.4289813	0	0.4289813	0	0.4289813
Industrie	1920<=1975	F	0	0.3336525	0	0.3336525	0	0.3336525	0	0.3336525
Industrie	1975<=1990	C	0	0.1731134	0	0.1731134	0	0.1731134	0	0.1731134
Industrie	1990<=1995	B	0	0.159316	0	0.159316	0	0.159316	0	0.159316
Industrie	1995<=2019	B	0	0.1309005	0	0.1309005	0	0.1309005	0	0.1309005
Industrie	onbekend	D	0	0.2200909	0	0.2200909	0	0.2200909	0	0.2200909
Bijeenkomst	0<=1920	G	0	0.5790927	0	0.5790927	0	0.5790927	0	0.5790927
Bijeenkomst	1920<=1975	F	0	0.8325647	0	0.8325647	0	0.8325647	0	0.8325647
Bijeenkomst	1975<=1990	C	0	0.6301068	0	0.6301068	0	0.6301068	0	0.6301068
Bijeenkomst	1990<=1995	B	0	0.6394413	0	0.6394413	0	0.6394413	0	0.6394413
Bijeenkomst	1995<=2019	B	0	0.4499881	0	0.4499881	0	0.4499881	0	0.4499881
Bijeenkomst	onbekend	D	0	0.6529097	0	0.6529097	0	0.6529097	0	0.6529097
Sport	0<=1920	G	0	0.7484395	0	0.7484395	0	0.7484395	0	0.7484395
Sport	1920<=1975	F	0	0.5619268	0	0.5619268	0	0.5619268	0	0.5619268
Sport	1975<=1990	C	0	0.3400033	0	0.3400033	0	0.3400033	0	0.3400033
Sport	1990<=1995	B	0	0.336099	0	0.336099	0	0.336099	0	0.336099
Sport	1995<=2019	B	0	0.285031	0	0.285031	0	0.285031	0	0.285031
Sport	onbekend	D	0	0.402629	0	0.402629	0	0.402629	0	0.402629
Overig	0<=1920	G	0	0.2351751	0	0.2351751	0	0.2351751	0	0.2351751
Overig	1920<=1975	F	0	0.1709225	0	0.1709225	0	0.1709225	0	0.1709225
Overig	1975<=1990	C	0	0.0922172	0	0.0922172	0	0.0922172	0	0.0922172
Overig	1990<=1995	B	0	0.0892041	0	0.0892041	0	0.0892041	0	0.0892041
Overig	1995<=2019	B	0	0.0711215	0	0.0711215	0	0.0711215	0	0.0711215
Overig	onbekend	D	0	0.1160097	0	0.1160097	0	0.1160097	0	0.1160097
Cel	0<=1920	G	0	1.2129674	0	1.2129674	0	1.2129674	0	1.2129674
Cel	1920<=1975	F	0	0.823241	0	0.823241	0	0.823241	0	0.823241
Cel	1975<=1990	C	0	0.4877226	0	0.4877226	0	0.4877226	0	0.4877226
Cel	1990<=1995	B	0	0.4850469	0	0.4850469	0	0.4850469	0	0.4850469
Cel	1995<=2019	B	0	0.3930565	0	0.3930565	0	0.3930565	0	0.3930565
Cel	onbekend	D	0	0.6573983	0	0.6573983	0	0.6573983	0	0.6573983

**TABEL B.6 (2) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE UTILITEIT. BRON: CE DELFT (DEEL 2 / 3)**

Type utiliteit	Bouwjaar	V_RV schillabel C		V_RV schillabel B		V_RV schillabel A	
		GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2
Kantoor	0<=1920	0	1.0133626	0	0.268277	0	0.1877939
Kantoor	1920<=1975	0	0.7957236	0	0.2381008	0	0.1666706
Kantoor	1975<=1990	0	0.4058395	0	0.2239576	0	0.1567703
Kantoor	1990<=1995	0	0.3731983	0	0.2202573	0	0.1541801
Kantoor	1995<=2019	0	0.3055828	0	0.2093062	0	0.1465143
Kantoor	onbekend	0	0.5093824	0	0.2238338	0	0.1566836
Winkel	0<=1920	0	0.5107142	0	0.146221	0	0.1023547
Winkel	1920<=1975	0	0.4048132	0	0.1305567	0	0.0913897
Winkel	1975<=1990	0	0.2083589	0	0.1196622	0	0.0837635
Winkel	1990<=1995	0	0.1968895	0	0.1145038	0	0.0801527
Winkel	1995<=2019	0	0.1543448	0	0.1135307	0	0.0794715
Winkel	onbekend	0	0.2995556	0	0.1237706	0	0.0866394
Gezondheidszorg	0<=1920	0	1.1531508	0	0.3879494	0	0.2715646
Gezondheidszorg	1920<=1975	0	0.8454833	0	0.3721221	0	0.2604855
Gezondheidszorg	1975<=1990	0	0.4756092	0	0.3392359	0	0.2374651
Gezondheidszorg	1990<=1995	0	0.4679	0	0.3136708	0	0.2195696
Gezondheidszorg	1995<=2019	0	0.3896066	0	0.3009327	0	0.2106529
Gezondheidszorg	onbekend	0	0.6400535	0	0.3372052	0	0.2360437
Logies	0<=1920	0	0.7476078	0	0.2722566	0	0.1905796
Logies	1920<=1975	0	0.601904	0	0.2416328	0	0.1691429
Logies	1975<=1990	0	0.3340953	0	0.2272798	0	0.1590958
Logies	1990<=1995	0	0.3122894	0	0.2235246	0	0.1564672
Logies	1995<=2019	0	0.268086	0	0.212411	0	0.1486877
Logies	onbekend	0	0.4136584	0	0.2275686	0	0.1592981
Onderwijs	0<=1920	0	0.5343391	0	0.1602499	0	0.1121749
Onderwijs	1920<=1975	0	0.4031801	0	0.1467749	0	0.1027424
Onderwijs	1975<=1990	0	0.2157588	0	0.1330074	0	0.0931052
Onderwijs	1990<=1995	0	0.2081597	0	0.124714	0	0.0872998
Onderwijs	1995<=2019	0	0.1626863	0	0.124306	0	0.0870142
Onderwijs	onbekend	0	0.2901662	0	0.1359204	0	0.0951443
Industrie	0<=1920	0	0.4289813	0	0.1242619	0	0.0869833
Industrie	1920<=1975	0	0.3363525	0	0.1102847	0	0.0771993
Industrie	1975<=1990	0	0.1731134	0	0.1037338	0	0.0726137
Industrie	1990<=1995	0	0.159316	0	0.1020199	0	0.0714139
Industrie	1995<=2019	0	0.1309005	0	0.0969475	0	0.0678632
Industrie	onbekend	0	0.2200909	0	0.1038504	0	0.0726953
Bijeenkomst	0<=1920	0	0.5790927	0	0.2179367	0	0.1525557
Bijeenkomst	1920<=1975	0	0.8325647	0	0.3600121	0	0.2520085
Bijeenkomst	1975<=1990	0	0.6301068	0	0.4282944	0	0.2998061
Bijeenkomst	1990<=1995	0	0.6394413	0	0.4232337	0	0.2962636
Bijeenkomst	1995<=2019	0	0.4499881	0	0.3585918	0	0.2510142
Bijeenkomst	onbekend	0	0.6529097	0	0.3453458	0	0.2417421
Sport	0<=1920	0	0.7484395	0	0.2968832	0	0.2078183
Sport	1920<=1975	0	0.5619268	0	0.2885399	0	0.2019779
Sport	1975<=1990	0	0.3400033	0	0.2528091	0	0.1769664
Sport	1990<=1995	0	0.336099	0	0.2361636	0	0.1653145
Sport	1995<=2019	0	0.285031	0	0.2302926	0	0.1612048
Sport	onbekend	0	0.402629	0	0.2542875	0	0.1780013
Overig	0<=1920	0	0.2351751	0	0.067433	0	0.0472031
Overig	1920<=1975	0	0.1709225	0	0.0655379	0	0.0458766
Overig	1975<=1990	0	0.0922172	0	0.0574222	0	0.0401955
Overig	1990<=1995	0	0.0892041	0	0.0536414	0	0.037549
Overig	1995<=2019	0	0.0711215	0	0.0523078	0	0.0366155
Overig	onbekend	0	0.1160097	0	0.0573996	0	0.0401797
Cel	0<=1920	0	1.2129674	0	0.3845765	0	0.2692036
Cel	1920<=1975	0	0.823241	0	0.3845765	0	0.2692036
Cel	1975<=1990	0	0.4877226	0	0.3332274	0	0.2332592
Cel	1990<=1995	0	0.4850469	0	0.3048987	0	0.2134291
Cel	1995<=2019	0	0.3930565	0	0.2983164	0	0.2088214
Cel	onbekend	0	0.6573983	0	0.3328219	0	0.2329753

**TABEL B.6 (3) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE UTILITEIT. BRON: CE DELFT (DEEL 3 / 3)**

Type utiliteit	Bouwjaar	Ventilatievraag (bijl B)		Warmwatervraag		Elektrische apparatuur		Koudevraag	
		GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2
Kantoor	0<=1920	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Kantoor	1920<=1975	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Kantoor	1975<=1990	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Kantoor	1990<=1995	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Kantoor	1995<=2019	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Kantoor	onbekend	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Winkel	0<=1920	0	0	0	0.0037768	0	0.567	0	0.0352788
Winkel	1920<=1975	0	0	0	0.0037768	0	0.567	0	0.0352788
Winkel	1975<=1990	0	0	0	0.0037768	0	0.567	0	0.0352788
Winkel	1990<=1995	0	0	0	0.0037768	0	0.567	0	0.0352788
Winkel	1995<=2019	0	0	0	0.0037768	0	0.567	0	0.0352788
Winkel	onbekend	0	0	0	0.0037768	0	0.567	0	0.0352788
Gezondheidszorg	0<=1920	0	0	0	0.0383343	0	0.232	0	0.0322903
Gezondheidszorg	1920<=1975	0	0	0	0.0383343	0	0.232	0	0.0322903
Gezondheidszorg	1975<=1990	0	0	0	0.0383343	0	0.232	0	0.0322903
Gezondheidszorg	1990<=1995	0	0	0	0.0383343	0	0.232	0	0.0322903
Gezondheidszorg	1995<=2019	0	0	0	0.0383343	0	0.232	0	0.0322903
Gezondheidszorg	onbekend	0	0	0	0.0383343	0	0.232	0	0.0322903
Logies	0<=1920	0	0	0	0.037453	0	0.089	0	0.1558468
Logies	1920<=1975	0	0	0	0.037453	0	0.089	0	0.1558468
Logies	1975<=1990	0	0	0	0.037453	0	0.089	0	0.1558468
Logies	1990<=1995	0	0	0	0.037453	0	0.089	0	0.1558468
Logies	1995<=2019	0	0	0	0.037453	0	0.089	0	0.1558468
Logies	onbekend	0	0	0	0.037453	0	0.089	0	0.1558468
Onderwijs	0<=1920	0	0	0	0.0046161	0	0.151	0	0.0041334
Onderwijs	1920<=1975	0	0	0	0.0046161	0	0.151	0	0.0041334
Onderwijs	1975<=1990	0	0	0	0.0046161	0	0.151	0	0.0041334
Onderwijs	1990<=1995	0	0	0	0.0046161	0	0.151	0	0.0041334
Onderwijs	1995<=2019	0	0	0	0.0046161	0	0.151	0	0.0041334
Onderwijs	onbekend	0	0	0	0.0046161	0	0.151	0	0.0041334
Industrie	0<=1920	0	0	0	0.0037768	0	0.086	0	0.0124003
Industrie	1920<=1975	0	0	0	0.0037768	0	0.086	0	0.0124003
Industrie	1975<=1990	0	0	0	0.0037768	0	0.086	0	0.0124003
Industrie	1990<=1995	0	0	0	0.0037768	0	0.086	0	0.0124003
Industrie	1995<=2019	0	0	0	0.0037768	0	0.086	0	0.0124003
Industrie	onbekend	0	0	0	0.0037768	0	0.086	0	0.0124003
Bijeenkomst	0<=1920	0	0	0	0.0334874	0	0.129	0	0.1760841
Bijeenkomst	1920<=1975	0	0	0	0.0334874	0	0.129	0	0.1760841
Bijeenkomst	1975<=1990	0	0	0	0.0334874	0	0.129	0	0.1760841
Bijeenkomst	1990<=1995	0	0	0	0.0334874	0	0.129	0	0.1760841
Bijeenkomst	1995<=2019	0	0	0	0.0334874	0	0.129	0	0.1760841
Bijeenkomst	onbekend	0	0	0	0.0334874	0	0.129	0	0.1760841
Sport	0<=1920	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Sport	1920<=1975	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Sport	1975<=1990	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Sport	1990<=1995	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Sport	1995<=2019	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Sport	onbekend	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Overig	0<=1920	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Overig	1920<=1975	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Overig	1975<=1990	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Overig	1990<=1995	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Overig	1995<=2019	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Overig	onbekend	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Cel	0<=1920	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Cel	1920<=1975	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Cel	1975<=1990	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Cel	1990<=1995	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Cel	1995<=2019	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802
Cel	onbekend	0	0	0	0.0037768	0	0.454	0	0.086802

Tabel B.7 Investeringskosten schilsprongen bestaande utiliteit

**TABEL B.7 (1) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE UTILITEIT. BRON: BRINK (DEEL 1 / 6)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprong van label G naar label B				Schilsprong van label F naar label B			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
Kantoor	0<=1920	0	125	0	186	0	125	0	186
Kantoor	1920<=1975	0	124.45965	0	185.1627	0	124.4597	0	185.1627
Kantoor	1975<=1990	0	114.88953	0	178.7395	0	114.8895	0	178.7395
Kantoor	1990<=1995	0	112.37992	0	174.5781	0	112.3799	0	174.5781
Kantoor	1995<=2019	0	107.32469	0	170.7541	0	107.3247	0	170.7541
Kantoor	onbekend	0	114.22911	0	176.8775	0	114.2291	0	176.8775
Winkel	0<=1920	0	156	0	226	0	156	0	226
Winkel	1920<=1975	0	155.39038	0	225.0098	0	155.3904	0	225.0098
Winkel	1975<=1990	0	141.49605	0	216.775	0	141.4961	0	216.775
Winkel	1990<=1995	0	138.74005	0	211.8993	0	138.74	0	211.8993
Winkel	1995<=2019	0	131.48807	0	207.199	0	131.4881	0	207.199
Winkel	onbekend	0	144.29016	0	217.151	0	144.2902	0	217.151
Gezondheidszorg	0<=1920	0	131	0	210	0	131	0	210
Gezondheidszorg	1920<=1975	0	130.44269	0	209.0649	0	130.4427	0	209.0649
Gezondheidszorg	1975<=1990	0	119.41675	0	201.7378	0	119.4168	0	201.7378
Gezondheidszorg	1990<=1995	0	116.83784	0	197.0858	0	116.8378	0	197.0858
Gezondheidszorg	1995<=2019	0	111.04621	0	192.718	0	111.0462	0	192.718
Gezondheidszorg	onbekend	0	120.38931	0	200.9565	0	120.3893	0	200.9565
Logies	0<=1920	0	124	0	170	0	124	0	170
Logies	1920<=1975	0	123.48135	0	169.2625	0	123.4813	0	169.2625
Logies	1975<=1990	0	114.47375	0	163.5982	0	114.4738	0	163.5982
Logies	1990<=1995	0	112.04985	0	159.9108	0	112.0499	0	159.9108
Logies	1995<=2019	0	107.28673	0	156.5307	0	107.2867	0	156.5307
Logies	onbekend	0	114.15621	0	162.0823	0	114.1562	0	162.0823
Onderwijs	0<=1920	0	112	0	167	0	112	0	167
Onderwijs	1920<=1975	0	111.53686	0	166.2596	0	111.5369	0	166.2596
Onderwijs	1975<=1990	0	99.475629	0	160.1053	0	99.47563	0	160.1053
Onderwijs	1990<=1995	0	97.494985	0	156.4405	0	97.49499	0	156.4405
Onderwijs	1995<=2019	0	91.227873	0	152.8034	0	91.22787	0	152.8034
Onderwijs	onbekend	0	101.66321	0	160.1608	0	101.6632	0	160.1608
Industrie	0<=1920	0	151	0	217	0	151	0	217
Industrie	1920<=1975	0	150.38297	0	216.0554	0	150.383	0	216.0554
Industrie	1975<=1990	0	139.77768	0	208.5387	0	139.7777	0	208.5387
Industrie	1990<=1995	0	136.78892	0	203.7352	0	136.7889	0	203.7352
Industrie	1995<=2019	0	131.17776	0	199.3739	0	131.1778	0	199.3739
Industrie	onbekend	0	139.70055	0	207.0916	0	139.7005	0	207.0916
Bijeenkomst	0<=1920	0	155	0	221	0	155	0	221
Bijeenkomst	1920<=1975	0	154.34068	0	219.9962	0	154.3407	0	219.9962
Bijeenkomst	1975<=1990	0	141.88676	0	212.1111	0	141.8868	0	212.1111
Bijeenkomst	1990<=1995	0	138.80991	0	207.1211	0	138.8099	0	207.1211
Bijeenkomst	1995<=2019	0	132.24596	0	202.4948	0	132.246	0	202.4948
Bijeenkomst	onbekend	0	145.90131	0	213.6678	0	145.9013	0	213.6678
Sport	0<=1920	0	181	0	281	0	181	0	281
Sport	1920<=1975	0	180.03914	0	279.4522	0	180.0391	0	279.4522
Sport	1975<=1990	0	162.60646	0	266.9342	0	162.6065	0	266.9342
Sport	1990<=1995	0	158.12951	0	259.2516	0	158.1295	0	259.2516
Sport	1995<=2019	0	148.93274	0	252.1566	0	148.9327	0	252.1566
Sport	onbekend	0	162.71205	0	265.0474	0	162.7121	0	265.0474
Overig	0<=1920	0	125	0	186	0	125	0	186
Overig	1920<=1975	0	124.40989	0	185.0511	0	124.4099	0	185.0511
Overig	1975<=1990	0	108.68509	0	176.6941	0	108.6851	0	176.6941
Overig	1990<=1995	0	106.10479	0	171.9494	0	106.1048	0	171.9494
Overig	1995<=2019	0	97.935759	0	167.2587	0	97.93576	0	167.2587
Overig	onbekend	0	108.34953	0	174.5266	0	108.3495	0	174.5266
Cel	0<=1920	0	127	0	207	0	127	0	207
Cel	1920<=1975	0	126.46751	0	206.1037	0	126.4675	0	206.1037
Cel	1975<=1990	0	118.03634	0	199.3409	0	118.0363	0	199.3409
Cel	1990<=1995	0	115.48036	0	194.9206	0	115.4804	0	194.9206
Cel	1995<=2019	0	111.00741	0	190.9688	0	111.0074	0	190.9688
Cel	onbekend	0	117.77009	0	197.8335	0	117.7701	0	197.8335

**TABEL B.7 (2) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE UTILITEIT. BRON: BRINK (DEEL 2 / 6)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprong van label E naar label B				Schilsprong van label D naar label B			
		Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
Kantoor	0<=1920	0	125	0	186	0	125	0	186
Kantoor	1920<=1975	0	124.4597	0	185.1627	0	124.4597	0	185.1627
Kantoor	1975<=1990	0	114.8895	0	178.7395	0	114.8895	0	178.7395
Kantoor	1990<=1995	0	112.3799	0	174.5781	0	112.3799	0	174.5781
Kantoor	1995<=2019	0	107.3247	0	170.7541	0	107.3247	0	170.7541
Kantoor	onbekend	0	114.2291	0	176.8775	0	114.2291	0	176.8775
Winkel	0<=1920	0	156	0	226	0	156	0	226
Winkel	1920<=1975	0	155.3904	0	225.0098	0	155.3904	0	225.0098
Winkel	1975<=1990	0	141.4961	0	216.775	0	141.4961	0	216.775
Winkel	1990<=1995	0	138.74	0	211.8993	0	138.74	0	211.8993
Winkel	1995<=2019	0	131.4881	0	207.199	0	131.4881	0	207.199
Winkel	onbekend	0	144.2902	0	217.151	0	144.2902	0	217.151
Gezondheidszorg	0<=1920	0	131	0	210	0	131	0	210
Gezondheidszorg	1920<=1975	0	130.4427	0	209.0649	0	130.4427	0	209.0649
Gezondheidszorg	1975<=1990	0	119.4168	0	201.7378	0	119.4168	0	201.7378
Gezondheidszorg	1990<=1995	0	116.8378	0	197.0858	0	116.8378	0	197.0858
Gezondheidszorg	1995<=2019	0	111.0462	0	192.718	0	111.0462	0	192.718
Gezondheidszorg	onbekend	0	120.3893	0	200.9565	0	120.3893	0	200.9565
Logies	0<=1920	0	124	0	170	0	124	0	170
Logies	1920<=1975	0	123.4813	0	169.2625	0	123.4813	0	169.2625
Logies	1975<=1990	0	114.4738	0	163.5982	0	114.4738	0	163.5982
Logies	1990<=1995	0	112.0499	0	159.9108	0	112.0499	0	159.9108
Logies	1995<=2019	0	107.2867	0	156.5307	0	107.2867	0	156.5307
Logies	onbekend	0	114.1562	0	162.0823	0	114.1562	0	162.0823
Onderwijs	0<=1920	0	112	0	167	0	112	0	167
Onderwijs	1920<=1975	0	111.5369	0	166.2596	0	111.5369	0	166.2596
Onderwijs	1975<=1990	0	99.47563	0	160.1053	0	99.47563	0	160.1053
Onderwijs	1990<=1995	0	97.49499	0	156.4405	0	97.49499	0	156.4405
Onderwijs	1995<=2019	0	91.22787	0	152.8034	0	91.22787	0	152.8034
Onderwijs	onbekend	0	101.6632	0	160.1608	0	101.6632	0	160.1608
Industrie	0<=1920	0	151	0	217	0	151	0	217
Industrie	1920<=1975	0	150.383	0	216.0554	0	150.383	0	216.0554
Industrie	1975<=1990	0	139.7777	0	208.5387	0	139.7777	0	208.5387
Industrie	1990<=1995	0	136.7889	0	203.7352	0	136.7889	0	203.7352
Industrie	1995<=2019	0	131.1778	0	199.3739	0	131.1778	0	199.3739
Industrie	onbekend	0	139.7005	0	207.0916	0	139.7005	0	207.0916
Bijeenkomst	0<=1920	0	155	0	221	0	155	0	221
Bijeenkomst	1920<=1975	0	154.3407	0	219.9962	0	154.3407	0	219.9962
Bijeenkomst	1975<=1990	0	141.8868	0	212.1111	0	141.8868	0	212.1111
Bijeenkomst	1990<=1995	0	138.8099	0	207.1211	0	138.8099	0	207.1211
Bijeenkomst	1995<=2019	0	132.246	0	202.4948	0	132.246	0	202.4948
Bijeenkomst	onbekend	0	145.9013	0	213.6678	0	145.9013	0	213.6678
Sport	0<=1920	0	181	0	281	0	181	0	281
Sport	1920<=1975	0	180.0391	0	279.4522	0	180.0391	0	279.4522
Sport	1975<=1990	0	162.6065	0	266.9342	0	162.6065	0	266.9342
Sport	1990<=1995	0	158.1295	0	259.2516	0	158.1295	0	259.2516
Sport	1995<=2019	0	148.9327	0	252.1566	0	148.9327	0	252.1566
Sport	onbekend	0	162.7121	0	265.0474	0	162.7121	0	265.0474
Overig	0<=1920	0	125	0	186	0	125	0	186
Overig	1920<=1975	0	124.4099	0	185.0511	0	124.4099	0	185.0511
Overig	1975<=1990	0	108.6851	0	176.6941	0	108.6851	0	176.6941
Overig	1990<=1995	0	106.1048	0	171.9494	0	106.1048	0	171.9494
Overig	1995<=2019	0	97.93576	0	167.2587	0	97.93576	0	167.2587
Overig	onbekend	0	108.3495	0	174.5266	0	108.3495	0	174.5266
Cel	0<=1920	0	127	0	207	0	127	0	207
Cel	1920<=1975	0	126.4675	0	206.1037	0	126.4675	0	206.1037
Cel	1975<=1990	0	118.0363	0	199.3409	0	118.0363	0	199.3409
Cel	1990<=1995	0	115.4804	0	194.9206	0	115.4804	0	194.9206
Cel	1995<=2019	0	111.0074	0	190.9688	0	111.0074	0	190.9688
Cel	onbekend	0	117.7701	0	197.8335	0	117.7701	0	197.8335

**TABEL B.7 (3) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE UTILITEIT. BRON: BRINK (DEEL 3 / 6)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprom van label C naar label B				Schilsprom van label G naar label A			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
Kantoor	0<=1920	0	125	0	186	0	150	0	224
Kantoor	1920<=1975	0	124.4597	0	185.1627	0	149.518	0	223.3236
Kantoor	1975<=1990	0	114.8895	0	178.7395	0	140.9773	0	218.1342
Kantoor	1990<=1995	0	112.3799	0	174.5781	0	138.7294	0	214.7723
Kantoor	1995<=2019	0	107.3247	0	170.7541	0	134.2181	0	211.6829
Kantoor	onbekend	0	114.2291	0	176.8775	0	140.3838	0	216.6198
Winkel	0<=1920	0	156	0	226	0	187	0	271
Winkel	1920<=1975	0	155.3904	0	225.0098	0	186.447	0	270.2039
Winkel	1975<=1990	0	141.4961	0	216.775	0	173.842	0	263.5836
Winkel	1990<=1995	0	138.74	0	211.8993	0	171.3418	0	259.6638
Winkel	1995<=2019	0	131.4881	0	207.199	0	164.7628	0	255.8851
Winkel	onbekend	0	144.2902	0	217.151	0	176.3884	0	263.896
Gezondheidszorg	0<=1920	0	131	0	210	0	157	0	251
Gezondheidszorg	1920<=1975	0	130.4427	0	209.0649	0	156.5094	0	250.2353
Gezondheidszorg	1975<=1990	0	119.4168	0	201.7378	0	146.8039	0	244.2437
Gezondheidszorg	1990<=1995	0	116.8378	0	197.0858	0	144.5339	0	240.4396
Gezondheidszorg	1995<=2019	0	111.0462	0	192.718	0	139.4359	0	236.8679
Gezondheidszorg	onbekend	0	120.3893	0	200.9565	0	147.66	0	243.6048
Logies	0<=1920	0	124	0	170	0	149	0	204
Logies	1920<=1975	0	123.4813	0	169.2625	0	148.5353	0	203.3694
Logies	1975<=1990	0	114.4738	0	163.5982	0	140.4741	0	198.5258
Logies	1990<=1995	0	112.0499	0	159.9108	0	138.3023	0	195.3726
Logies	1995<=2019	0	107.2867	0	156.5307	0	134.0346	0	192.4822
Logies	onbekend	0	114.1562	0	162.0823	0	140.1801	0	197.2295
Onderwijs	0<=1920	0	112	0	167	0	134	0	201
Onderwijs	1920<=1975	0	111.5369	0	166.2596	0	133.5964	0	200.4273
Onderwijs	1975<=1990	0	99.47563	0	160.1053	0	122.8472	0	195.667
Onderwijs	1990<=1995	0	97.49499	0	156.4405	0	121.0835	0	192.8251
Onderwijs	1995<=2019	0	91.22787	0	152.8034	0	115.5115	0	190.0191
Onderwijs	onbekend	0	101.6632	0	160.1608	0	124.804	0	195.71
Industrie	0<=1920	0	151	0	217	0	181	0	260
Industrie	1920<=1975	0	150.383	0	216.0554	0	180.4274	0	259.2279
Industrie	1975<=1990	0	139.7777	0	208.5387	0	170.8837	0	253.2282
Industrie	1990<=1995	0	136.7889	0	203.7352	0	168.2115	0	249.3838
Industrie	1995<=2019	0	131.1778	0	199.3739	0	163.1447	0	245.8933
Industrie	onbekend	0	139.7005	0	207.0916	0	170.8143	0	252.07
Bijeenkomst	0<=1920	0	155	0	221	0	185	0	265
Bijeenkomst	1920<=1975	0	154.3407	0	219.9962	0	184.4235	0	264.1576
Bijeenkomst	1975<=1990	0	141.8868	0	212.1111	0	173.5344	0	257.5405
Bijeenkomst	1990<=1995	0	138.8099	0	207.1211	0	170.8313	0	253.3652
Bijeenkomst	1995<=2019	0	132.246	0	202.4948	0	165.1049	0	249.4829
Bijeenkomst	onbekend	0	145.9013	0	213.6678	0	177.0317	0	258.8469
Sport	0<=1920	0	181	0	281	0	217	0	337
Sport	1920<=1975	0	180.0391	0	279.4522	0	216.1809	0	335.7613
Sport	1975<=1990	0	162.6065	0	266.9342	0	201.3116	0	325.6692
Sport	1990<=1995	0	158.1295	0	259.2516	0	197.4953	0	319.4755
Sport	1995<=2019	0	148.9327	0	252.1566	0	189.6556	0	313.7555
Sport	onbekend	0	162.7121	0	265.0474	0	201.4016	0	324.1481
Overig	0<=1920	0	125	0	186	0	150	0	224
Overig	1920<=1975	0	124.4099	0	185.0511	0	149.5114	0	223.256
Overig	1975<=1990	0	108.6851	0	176.6941	0	136.4917	0	216.7774
Overig	1990<=1995	0	106.1048	0	171.9494	0	134.3552	0	213.0993
Overig	1995<=2019	0	97.93576	0	167.2587	0	127.5915	0	209.4629
Overig	onbekend	0	108.3495	0	174.5266	0	136.2138	0	215.1055
Cel	0<=1920	0	127	0	207	0	153	0	248
Cel	1920<=1975	0	126.4675	0	206.1037	0	152.506	0	247.2374
Cel	1975<=1990	0	118.0363	0	199.3409	0	144.9524	0	241.3318
Cel	1990<=1995	0	115.4804	0	194.9206	0	142.6576	0	237.5011
Cel	1995<=2019	0	111.0074	0	190.9688	0	138.6418	0	234.0429
Cel	onbekend	0	117.7701	0	197.8335	0	144.7134	0	240.0195

**TABEL B.7 (4) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE UTILITEIT. BRON: BRINK (DEEL 4 / 6)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprong van label F naar label A				Schilsprong van label E naar label A			
		Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig	Natuurlijk moment	Zelfstandig
		€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>	€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>	€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>	€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>
Kantoor	0<=1920	0	150	0	224	0	150	0	224
Kantoor	1920<=1975	0	149.518	0	223.3236	0	149.518	0	223.3236
Kantoor	1975<=1990	0	140.9773	0	218.1342	0	140.9773	0	218.1342
Kantoor	1990<=1995	0	138.7294	0	214.7723	0	138.7294	0	214.7723
Kantoor	1995<=2019	0	134.2181	0	211.6829	0	134.2181	0	211.6829
Kantoor	onbekend	0	140.3838	0	216.6198	0	140.3838	0	216.6198
Winkel	0<=1920	0	187	0	271	0	187	0	271
Winkel	1920<=1975	0	186.447	0	270.2039	0	186.447	0	270.2039
Winkel	1975<=1990	0	173.842	0	263.5836	0	173.842	0	263.5836
Winkel	1990<=1995	0	171.3418	0	259.6638	0	171.3418	0	259.6638
Winkel	1995<=2019	0	164.7628	0	255.8851	0	164.7628	0	255.8851
Winkel	onbekend	0	176.3884	0	263.896	0	176.3884	0	263.896
Gezondheidszorg	0<=1920	0	157	0	251	0	157	0	251
Gezondheidszorg	1920<=1975	0	156.5094	0	250.2353	0	156.5094	0	250.2353
Gezondheidszorg	1975<=1990	0	146.8039	0	244.2437	0	146.8039	0	244.2437
Gezondheidszorg	1990<=1995	0	144.5339	0	240.4396	0	144.5339	0	240.4396
Gezondheidszorg	1995<=2019	0	139.4359	0	236.8679	0	139.4359	0	236.8679
Gezondheidszorg	onbekend	0	147.66	0	243.6048	0	147.66	0	243.6048
Logies	0<=1920	0	149	0	204	0	149	0	204
Logies	1920<=1975	0	148.5353	0	203.3694	0	148.5353	0	203.3694
Logies	1975<=1990	0	140.4741	0	198.5258	0	140.4741	0	198.5258
Logies	1990<=1995	0	138.3023	0	195.3726	0	138.3023	0	195.3726
Logies	1995<=2019	0	134.0346	0	192.4822	0	134.0346	0	192.4822
Logies	onbekend	0	140.1801	0	197.2295	0	140.1801	0	197.2295
Onderwijs	0<=1920	0	134	0	201	0	134	0	201
Onderwijs	1920<=1975	0	133.5964	0	200.4273	0	133.5964	0	200.4273
Onderwijs	1975<=1990	0	122.8472	0	195.667	0	122.8472	0	195.667
Onderwijs	1990<=1995	0	121.0835	0	192.8251	0	121.0835	0	192.8251
Onderwijs	1995<=2019	0	115.5115	0	190.0191	0	115.5115	0	190.0191
Onderwijs	onbekend	0	124.804	0	195.71	0	124.804	0	195.71
Industrie	0<=1920	0	181	0	260	0	181	0	260
Industrie	1920<=1975	0	180.4274	0	259.2279	0	180.4274	0	259.2279
Industrie	1975<=1990	0	170.8837	0	253.2282	0	170.8837	0	253.2282
Industrie	1990<=1995	0	168.2115	0	249.3838	0	168.2115	0	249.3838
Industrie	1995<=2019	0	163.1447	0	245.8933	0	163.1447	0	245.8933
Industrie	onbekend	0	170.8143	0	252.07	0	170.8143	0	252.07
Bijeenkomst	0<=1920	0	185	0	265	0	185	0	265
Bijeenkomst	1920<=1975	0	184.4235	0	264.1576	0	184.4235	0	264.1576
Bijeenkomst	1975<=1990	0	173.5344	0	257.5405	0	173.5344	0	257.5405
Bijeenkomst	1990<=1995	0	170.8313	0	253.3652	0	170.8313	0	253.3652
Bijeenkomst	1995<=2019	0	165.1049	0	249.4829	0	165.1049	0	249.4829
Bijeenkomst	onbekend	0	177.0317	0	258.8469	0	177.0317	0	258.8469
Sport	0<=1920	0	217	0	337	0	217	0	337
Sport	1920<=1975	0	216.1809	0	335.7613	0	216.1809	0	335.7613
Sport	1975<=1990	0	201.3116	0	325.6692	0	201.3116	0	325.6692
Sport	1990<=1995	0	197.4953	0	319.4755	0	197.4953	0	319.4755
Sport	1995<=2019	0	189.6556	0	313.7555	0	189.6556	0	313.7555
Sport	onbekend	0	201.4016	0	324.1481	0	201.4016	0	324.1481
Overig	0<=1920	0	150	0	224	0	150	0	224
Overig	1920<=1975	0	149.5114	0	223.256	0	149.5114	0	223.256
Overig	1975<=1990	0	136.4917	0	216.7774	0	136.4917	0	216.7774
Overig	1990<=1995	0	134.3552	0	213.0993	0	134.3552	0	213.0993
Overig	1995<=2019	0	127.5915	0	209.4629	0	127.5915	0	209.4629
Overig	onbekend	0	136.2138	0	215.1055	0	136.2138	0	215.1055
Cel	0<=1920	0	153	0	248	0	153	0	248
Cel	1920<=1975	0	152.506	0	247.2374	0	152.506	0	247.2374
Cel	1975<=1990	0	144.9524	0	241.3318	0	144.9524	0	241.3318
Cel	1990<=1995	0	142.6576	0	237.5011	0	142.6576	0	237.5011
Cel	1995<=2019	0	138.6418	0	234.0429	0	138.6418	0	234.0429
Cel	onbekend	0	144.7134	0	240.0195	0	144.7134	0	240.0195

**TABEL B.7 (5) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE UTILITEIT. BRON: BRINK (DEEL 5 / 6)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprong van label D naar label A				Schilsprong van label C naar label A			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2	€ / aansl	€ / m2
Kantoor	0<=1920	0	150	0	224	0	150	0	224
Kantoor	1920<=1975	0	149.518	0	223.3236	0	149.518	0	223.3236
Kantoor	1975<=1990	0	140.9773	0	218.1342	0	140.9773	0	218.1342
Kantoor	1990<=1995	0	138.7294	0	214.7723	0	138.7294	0	214.7723
Kantoor	1995<=2019	0	134.2181	0	211.6829	0	134.2181	0	211.6829
Kantoor	onbekend	0	140.3838	0	216.6198	0	140.3838	0	216.6198
Winkel	0<=1920	0	187	0	271	0	187	0	271
Winkel	1920<=1975	0	186.447	0	270.2039	0	186.447	0	270.2039
Winkel	1975<=1990	0	173.842	0	263.5836	0	173.842	0	263.5836
Winkel	1990<=1995	0	171.3418	0	259.6638	0	171.3418	0	259.6638
Winkel	1995<=2019	0	164.7628	0	255.8851	0	164.7628	0	255.8851
Winkel	onbekend	0	176.3884	0	263.896	0	176.3884	0	263.896
Gezondheidszorg	0<=1920	0	157	0	251	0	157	0	251
Gezondheidszorg	1920<=1975	0	156.5094	0	250.2353	0	156.5094	0	250.2353
Gezondheidszorg	1975<=1990	0	146.8039	0	244.2437	0	146.8039	0	244.2437
Gezondheidszorg	1990<=1995	0	144.5339	0	240.4396	0	144.5339	0	240.4396
Gezondheidszorg	1995<=2019	0	139.4359	0	236.8679	0	139.4359	0	236.8679
Gezondheidszorg	onbekend	0	147.66	0	243.6048	0	147.66	0	243.6048
Logies	0<=1920	0	149	0	204	0	149	0	204
Logies	1920<=1975	0	148.5353	0	203.3694	0	148.5353	0	203.3694
Logies	1975<=1990	0	140.4741	0	198.5258	0	140.4741	0	198.5258
Logies	1990<=1995	0	138.3023	0	195.3726	0	138.3023	0	195.3726
Logies	1995<=2019	0	134.0346	0	192.4822	0	134.0346	0	192.4822
Logies	onbekend	0	140.1801	0	197.2295	0	140.1801	0	197.2295
Onderwijs	0<=1920	0	134	0	201	0	134	0	201
Onderwijs	1920<=1975	0	133.5964	0	200.4273	0	133.5964	0	200.4273
Onderwijs	1975<=1990	0	122.8472	0	195.667	0	122.8472	0	195.667
Onderwijs	1990<=1995	0	121.0835	0	192.8251	0	121.0835	0	192.8251
Onderwijs	1995<=2019	0	115.5115	0	190.0191	0	115.5115	0	190.0191
Onderwijs	onbekend	0	124.804	0	195.71	0	124.804	0	195.71
Industrie	0<=1920	0	181	0	260	0	181	0	260
Industrie	1920<=1975	0	180.4274	0	259.2279	0	180.4274	0	259.2279
Industrie	1975<=1990	0	170.8837	0	253.2282	0	170.8837	0	253.2282
Industrie	1990<=1995	0	168.2115	0	249.3838	0	168.2115	0	249.3838
Industrie	1995<=2019	0	163.1447	0	245.8933	0	163.1447	0	245.8933
Industrie	onbekend	0	170.8143	0	252.07	0	170.8143	0	252.07
Bijeenkomst	0<=1920	0	185	0	265	0	185	0	265
Bijeenkomst	1920<=1975	0	184.4235	0	264.1576	0	184.4235	0	264.1576
Bijeenkomst	1975<=1990	0	173.5344	0	257.5405	0	173.5344	0	257.5405
Bijeenkomst	1990<=1995	0	170.8313	0	253.3652	0	170.8313	0	253.3652
Bijeenkomst	1995<=2019	0	165.1049	0	249.4829	0	165.1049	0	249.4829
Bijeenkomst	onbekend	0	177.0317	0	258.8469	0	177.0317	0	258.8469
Sport	0<=1920	0	217	0	337	0	217	0	337
Sport	1920<=1975	0	216.1809	0	335.7613	0	216.1809	0	335.7613
Sport	1975<=1990	0	201.3116	0	325.6692	0	201.3116	0	325.6692
Sport	1990<=1995	0	197.4953	0	319.4755	0	197.4953	0	319.4755
Sport	1995<=2019	0	189.6556	0	313.7555	0	189.6556	0	313.7555
Sport	onbekend	0	201.4016	0	324.1481	0	201.4016	0	324.1481
Overig	0<=1920	0	150	0	224	0	150	0	224
Overig	1920<=1975	0	149.5114	0	223.256	0	149.5114	0	223.256
Overig	1975<=1990	0	136.4917	0	216.7774	0	136.4917	0	216.7774
Overig	1990<=1995	0	134.3552	0	213.0993	0	134.3552	0	213.0993
Overig	1995<=2019	0	127.5915	0	209.4629	0	127.5915	0	209.4629
Overig	onbekend	0	136.2138	0	215.1055	0	136.2138	0	215.1055
Cel	0<=1920	0	153	0	248	0	153	0	248
Cel	1920<=1975	0	152.506	0	247.2374	0	152.506	0	247.2374
Cel	1975<=1990	0	144.9524	0	241.3318	0	144.9524	0	241.3318
Cel	1990<=1995	0	142.6576	0	237.5011	0	142.6576	0	237.5011
Cel	1995<=2019	0	138.6418	0	234.0429	0	138.6418	0	234.0429
Cel	onbekend	0	144.7134	0	240.0195	0	144.7134	0	240.0195

**TABEL B.7 (6) – INVESTERINGSKOSTEN SCHILSPRONGEN BESTAANDE UTILITEIT. BRON: BRINK (DEEL 6 / 6)**

Type woning	Bouwjaar	Schilsprong van label B naar label A			
		Natuurlijk moment		Zelfstandig	
		€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>	€ / aansl	€ / m <sup>2</sup>
Kantoor	0<=1920	0	119	0	177
Kantoor	1920<=1975	0	119.0021	0	177
Kantoor	1975<=1990	0	119.0251	0	177
Kantoor	1990<=1995	0	119.0056	0	177
Kantoor	1995<=2019	0	119.0182	0	177
Kantoor	onbekend	0	119.0138	0	176.9758
Winkel	0<=1920	0	148	0	215
Winkel	1920<=1975	0	148	0	215
Winkel	1975<=1990	0	148	0	215
Winkel	1990<=1995	0	148	0	215
Winkel	1995<=2019	0	148	0	215
Winkel	onbekend	0	148.0375	0	215.0243
Gezondheidszorg	0<=1920	0	125	0	199
Gezondheidszorg	1920<=1975	0	125	0	199
Gezondheidszorg	1975<=1990	0	125	0	199
Gezondheidszorg	1990<=1995	0	125	0	199
Gezondheidszorg	1995<=2019	0	125	0	199
Gezondheidszorg	onbekend	0	125	0	199
Logies	0<=1920	0	118	0	161
Logies	1920<=1975	0	118	0	161
Logies	1975<=1990	0	118.0295	0	161
Logies	1990<=1995	0	118.0295	0	161
Logies	1995<=2019	0	118.0295	0	161
Logies	onbekend	0	118	0	161
Onderwijs	0<=1920	0	106	0	159
Onderwijs	1920<=1975	0	106.0271	0	159
Onderwijs	1975<=1990	0	106	0	159
Onderwijs	1990<=1995	0	106	0	159
Onderwijs	1995<=2019	0	106.0271	0	159
Onderwijs	onbekend	0	106.0271	0	159
Industrie	0<=1920	0	144	0	206
Industrie	1920<=1975	0	143.9446	0	206
Industrie	1975<=1990	0	143.9446	0	206
Industrie	1990<=1995	0	144	0	206
Industrie	1995<=2019	0	143.9446	0	206
Industrie	onbekend	0	143.9446	0	206
Bijeenkomst	0<=1920	0	147	0	210
Bijeenkomst	1920<=1975	0	147	0	210
Bijeenkomst	1975<=1990	0	147	0	210
Bijeenkomst	1990<=1995	0	146.9619	0	210
Bijeenkomst	1995<=2019	0	147	0	210
Bijeenkomst	onbekend	0	146.9619	0	210
Sport	0<=1920	0	172	0	267
Sport	1920<=1975	0	172	0	267
Sport	1975<=1990	0	171.9753	0	267
Sport	1990<=1995	0	171.9753	0	267
Sport	1995<=2019	0	171.9753	0	267
Sport	onbekend	0	171.9753	0	267
Overig	0<=1920	0	119	0	177
Overig	1920<=1975	0	119	0	177
Overig	1975<=1990	0	119	0	177
Overig	1990<=1995	0	119	0	177
Overig	1995<=2019	0	119	0	177
Overig	onbekend	0	119	0	177
Cel	0<=1920	0	121	0	196
Cel	1920<=1975	0	120.9505	0	196.0513
Cel	1975<=1990	0	121	0	196
Cel	1990<=1995	0	121	0	196.0513
Cel	1995<=2019	0	121	0	196
Cel	onbekend	0	121	0	196

Tabel B.8 Functionele vraag bestaande glastuinbouw

**TABEL B.8 (1) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE GLASTUINBOUW. BRON: CE DELFT (DEEL 1 / 3)**

Type utiliteit	Bouwjaar	V RV schillabel G		V RV schillabel F		V RV schillabel E		V RV schillabel D	
		GJ / aansl	GJ / m2						
bloemen belicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
groente belicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
overig belicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen	onbekend	0	0.941814	0	0.941814	0	0.941814	0	0.941814
groente verwarmd	onbekend	0	1.092042	0	1.092042	0	1.092042	0	1.092042
overig verwarmd	onbekend	0	1.016928	0	1.016928	0	1.016928	0	1.016928
bloemen onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
groente	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onverwarmd	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0

**TABEL B.8 (2) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE GLASTUINBOUW. BRON: CE DELFT (DEEL 2 / 3)**

Type utiliteit	Bouwjaar	V RV schillabel C		V RV schillabel B		V RV schillabel A	
		GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2
bloemen belicht	onbekend	0	0	0	0	0	0
groente belicht	onbekend	0	0	0	0	0	0
overig belicht	onbekend	0	0	0	0	0	0
bloemen	onbekend	0	0.941814	0	0.941814	0	0.941814
groente verwarmd	onbekend	0	1.092042	0	1.092042	0	1.092042
overig verwarmd	onbekend	0	1.016928	0	1.016928	0	1.016928
bloemen onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0
groente onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0
overig onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0
bloemen	onbekend	0	0	0	0	0	0
groente	onbekend	0	0	0	0	0	0
overig onverwarmd	onbekend	0	0	0	0	0	0

**TABEL B.8 (3) – FUNCTIONELE VRAAG BESTAANDE GLASTUINBOUW. BRON: CE DELFT (DEEL 3 / 3)**

Type utiliteit	Bouwjaar	Ventilatievraag (bij B)		Warmwatervraag		Elektrische		Koudevraag	
		GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2
bloemen belicht	onbekend	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
groente belicht	onbekend	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
overig belicht	onbekend	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
bloemen	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
groente verwarmd	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
overig verwarmd	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onbelicht	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
groente	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onverwarmd	onbekend	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel B.9 Functionele vraag nieuwbouw woningen

**BRON: CE DELFT**

Type woning	Bouwjaar	Ruimteverwarming		Warmwatervraag		Elektrische apparatuur		Koudevraag	
		GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2
herenhuis grachtenpand	2000<=2010	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
herenhuis grachtenpand	2010<=2020	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
herenhuis grachtenpand	2020<=2030	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
herenhuis grachtenpand	2030<=2040	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
herenhuis grachtenpand	2040<=2050	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
boerderij/tuinderij	2000<=2010	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
boerderij/tuinderij	2010<=2020	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
boerderij/tuinderij	2020<=2030	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
boerderij/tuinderij	2030<=2040	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
boerderij/tuinderij	2040<=2050	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
vriistaand/bungalows	2000<=2010	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
vriistaand/bungalows	2010<=2020	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
vriistaand/bungalows	2020<=2030	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
vriistaand/bungalows	2030<=2040	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
vriistaand/bungalows	2040<=2050	30.96	0	7.0666667	0	11.082384	0	0	0
twee onder een kap	2000<=2010	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
twee onder een kap	2010<=2020	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
twee onder een kap	2020<=2030	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
twee onder een kap	2030<=2040	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
twee onder een kap	2040<=2050	23.76	0	5.7333333	0	11.485584	0	0	0
rijtshuizen/eengezins	2000<=2010	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
rijtshuizen/eengezins	2010<=2020	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
rijtshuizen/eengezins	2020<=2030	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
rijtshuizen/eengezins	2030<=2040	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
rijtshuizen/eengezins	2040<=2050	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
flats 4 of minder	2000<=2010	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
flats 4 of minder	2010<=2020	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
flats 4 of minder	2020<=2030	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
flats 4 of minder	2030<=2040	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
flats 4 of minder	2040<=2050	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
flats meer dan 4	2000<=2010	14.22	0	3.9666667	0	9.927648	0	0	0
flats meer dan 4	2010<=2020	14.22	0	3.9666667	0	9.927648	0	0	0
flats meer dan 4	2020<=2030	14.22	0	3.9666667	0	9.927648	0	0	0
flats meer dan 4	2030<=2040	14.22	0	3.9666667	0	9.927648	0	0	0
flats meer dan 4	2040<=2050	14.22	0	3.9666667	0	9.927648	0	0	0
zelfstandige	2000<=2010	14.76	0	4.0666667	0	9.897408	0	0	0
zelfstandige	2010<=2020	14.76	0	4.0666667	0	9.897408	0	0	0
zelfstandige	2020<=2030	14.76	0	4.0666667	0	9.897408	0	0	0
zelfstandige	2030<=2040	14.76	0	4.0666667	0	9.897408	0	0	0
zelfstandige	2040<=2050	14.76	0	4.0666667	0	9.897408	0	0	0
etagewoning/maisonnette	2000<=2010	15.12	0	4.1333333	0	11.969424	0	0	0
etagewoning/maisonnette	2010<=2020	15.12	0	4.1333333	0	11.969424	0	0	0
etagewoning/maisonnette	2020<=2030	15.12	0	4.1333333	0	11.969424	0	0	0
etagewoning/maisonnette	2030<=2040	15.12	0	4.1333333	0	11.969424	0	0	0
etagewoning/maisonnette	2040<=2050	15.12	0	4.1333333	0	11.969424	0	0	0
etage/flats grachtenpand	2000<=2010	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
etage/flats grachtenpand	2010<=2020	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
etage/flats grachtenpand	2020<=2030	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
etage/flats grachtenpand	2030<=2040	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
etage/flats grachtenpand	2040<=2050	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
studentenwoning/flat	2000<=2010	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
studentenwoning/flat	2010<=2020	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
studentenwoning/flat	2020<=2030	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
studentenwoning/flat	2030<=2040	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
studentenwoning/flat	2040<=2050	13.32	0	3.8	0	9.978048	0	0	0
divers	2000<=2010	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
divers	2010<=2020	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
divers	2020<=2030	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
divers	2030<=2040	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
divers	2040<=2050	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
onbekend	2000<=2010	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
onbekend	2010<=2020	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
onbekend	2020<=2030	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
onbekend	2030<=2040	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0
onbekend	2040<=2050	20.52	0	5.1333333	0	11.667024	0	0	0

Tabel B.10 Functionele vraag nieuwbouw utiliteit

**BRON: CE DELFT**

Type woning	Bouwjaar	Ruimteverwarming		Warmwatervraag		Elektrische apparatuur		Koudevraag	
		GJ / aansl	GJ / m <sup>2</sup>	GJ / aansl	GJ / m <sup>2</sup>	GJ / aansl	GJ / m <sup>2</sup>	GJ / aansl	GJ / m <sup>2</sup>
kantoren	2010<=2020	0	0.1451988	0	0.0035336	0	0.432	0	0.0825989
kantoren	2020<=2030	0	0.1451988	0	0.0035336	0	0.432	0	0.0825989
kantoren	2030<=2040	0	0.1451988	0	0.0035336	0	0.432	0	0.0825989
kantoren	2040<=2050	0	0.1451988	0	0.0035336	0	0.432	0	0.0825989
winkels	2010<=2020	0	0.118559	0	0.0035336	0	0.723	0	0.0471994
winkels	2020<=2030	0	0.118559	0	0.0035336	0	0.723	0	0.0471994
winkels	2030<=2040	0	0.118559	0	0.0035336	0	0.723	0	0.0471994
winkels	2040<=2050	0	0.118559	0	0.0035336	0	0.723	0	0.0471994
Verpleging en verzorging	2010<=2020	0	0.2160096	0	0.023557	0	0.22	0	0.0047199
Verpleging en verzorging	2020<=2030	0	0.2160096	0	0.023557	0	0.22	0	0.0047199
Verpleging en verzorging	2030<=2040	0	0.2160096	0	0.023557	0	0.22	0	0.0047199
Verpleging en verzorging	2040<=2050	0	0.2160096	0	0.023557	0	0.22	0	0.0047199
Ziekenhuizen	2010<=2020	0	0.2371277	0	0.0883389	0	0.223	0	0.1415981
Ziekenhuizen	2020<=2030	0	0.2371277	0	0.0883389	0	0.223	0	0.1415981
Ziekenhuizen	2030<=2040	0	0.2371277	0	0.0883389	0	0.223	0	0.1415981
Ziekenhuizen	2040<=2050	0	0.2371277	0	0.0883389	0	0.223	0	0.1415981
Onderwijs	2010<=2020	0	0.1076036	0	0.0043188	0	0.144	0	0.0039333
Onderwijs	2020<=2030	0	0.1076036	0	0.0043188	0	0.144	0	0.0039333
Onderwijs	2030<=2040	0	0.1076036	0	0.0043188	0	0.144	0	0.0039333
Onderwijs	2040<=2050	0	0.1076036	0	0.0043188	0	0.144	0	0.0039333
Autohandel en reparatie	2010<=2020	0	0.0707844	0	0.0035336	0	0.081	0	0.0117998
Autohandel en reparatie	2020<=2030	0	0.0707844	0	0.0035336	0	0.081	0	0.0117998
Autohandel en reparatie	2030<=2040	0	0.0707844	0	0.0035336	0	0.081	0	0.0117998
Autohandel en reparatie	2040<=2050	0	0.0707844	0	0.0035336	0	0.081	0	0.0117998
Groothandel	2010<=2020	0	0.0378568	0	0.0035336	0	0.167	0	0.0058999
Groothandel	2020<=2030	0	0.0378568	0	0.0035336	0	0.167	0	0.0058999
Groothandel	2030<=2040	0	0.0378568	0	0.0035336	0	0.167	0	0.0058999
Groothandel	2040<=2050	0	0.0378568	0	0.0035336	0	0.167	0	0.0058999
Horeca	2010<=2020	0	0.1682225	0	0.0382802	0	0.045	0	0.1887974
Horeca	2020<=2030	0	0.1682225	0	0.0382802	0	0.045	0	0.1887974
Horeca	2030<=2040	0	0.1682225	0	0.0382802	0	0.045	0	0.1887974
Horeca	2040<=2050	0	0.1682225	0	0.0382802	0	0.045	0	0.1887974
Overige dienstverlening	2010<=2020	0	0.1515118	0	0.0035336	0	0.432	0	0.0825989
Overige dienstverlening	2020<=2030	0	0.1515118	0	0.0035336	0	0.432	0	0.0825989
Overige dienstverlening	2030<=2040	0	0.1515118	0	0.0035336	0	0.432	0	0.0825989
Overige dienstverlening	2040<=2050	0	0.1515118	0	0.0035336	0	0.432	0	0.0825989

Tabel B.11 Functionele vraag nieuwbouw glastuinbouw

**BRON: CE DELFT**

Type woning	Bouwjaar	Ruimteverwarming		Warmwatervraag		Elektrische apparatuur		Koudevraag	
		GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2	GJ / aansl	GJ / m2
bloemen belicht	2010<=2020	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
bloemen belicht	2020<=2030	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
bloemen belicht	2030<=2040	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
bloemen belicht	2040<=2050	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
groente belicht	2010<=2020	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
groente belicht	2020<=2030	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
groente belicht	2030<=2040	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
groente belicht	2040<=2050	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
overig belicht	2010<=2020	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
overig belicht	2020<=2030	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
overig belicht	2030<=2040	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
overig belicht	2040<=2050	0	0	0	0	0	1.3331616	0	0
bloemen verwarmd	2010<=2020	0	0.941814	0	0	0	0	0	0
bloemen verwarmd	2020<=2030	0	0.941814	0	0	0	0	0	0
bloemen verwarmd	2030<=2040	0	0.941814	0	0	0	0	0	0
bloemen verwarmd	2040<=2050	0	0.941814	0	0	0	0	0	0
groente verwarmd	2010<=2020	0	1.092042	0	0	0	0	0	0
groente verwarmd	2020<=2030	0	1.092042	0	0	0	0	0	0
groente verwarmd	2030<=2040	0	1.092042	0	0	0	0	0	0
groente verwarmd	2040<=2050	0	1.092042	0	0	0	0	0	0
overig verwarmd	2010<=2020	0	1.016928	0	0	0	0	0	0
overig verwarmd	2020<=2030	0	1.016928	0	0	0	0	0	0
overig verwarmd	2030<=2040	0	1.016928	0	0	0	0	0	0
overig verwarmd	2040<=2050	0	1.016928	0	0	0	0	0	0
bloemen onbelicht	2010<=2020	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen onbelicht	2020<=2030	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen onbelicht	2030<=2040	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen onbelicht	2040<=2050	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onbelicht	2010<=2020	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onbelicht	2020<=2030	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onbelicht	2030<=2040	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onbelicht	2040<=2050	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onbelicht	2010<=2020	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onbelicht	2020<=2030	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onbelicht	2030<=2040	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onbelicht	2040<=2050	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen onverwarmd	2010<=2020	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen onverwarmd	2020<=2030	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen onverwarmd	2030<=2040	0	0	0	0	0	0	0	0
bloemen onverwarmd	2040<=2050	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onverwarmd	2010<=2020	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onverwarmd	2020<=2030	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onverwarmd	2030<=2040	0	0	0	0	0	0	0	0
groente onverwarmd	2040<=2050	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onverwarmd	2010<=2020	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onverwarmd	2020<=2030	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onverwarmd	2030<=2040	0	0	0	0	0	0	0	0
overig onverwarmd	2040<=2050	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel B.12 Leercurves optimistisch

Leercurve	Beschrijving	2020	2030	2040	2050	Bron
"Cmin"	Schilsprongen tot en met C	100%	82%	69%	59%	Gelijkgesteld aan sprongen naar B
"Bpls"	Schilsprongen naar B	100%	82%	69%	59%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: Standaardisolatie pp. 2 & 3
"Verder"	Schilsprongen naar A+	100%	59%	48%	40%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: NOM (exclusief warmtepomp)
"mWKK"	Microwarmtekrachtkoppeling	100%	58%	49%	43%	CE Delft, Functioneel Ontwerp 4.0
"zonB"	Zonneboilers	100%	75%	67%	62%	CE Delft, Functioneel Ontwerp 4.0
"EWV"	Elek. weerstandsverwarming	100%	77%	70%	74%	CE Delft, Functioneel Ontwerp 4.0
"HR"	HR- en Vr-ketels	100%	81%	65%	55%	CE Delft, Functioneel Ontwerp 4.0
"hWP"	Hybride warmtepompen	100%	55%	44%	37%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: component hWP pp. 7
"eWPlw"	Luchtwarmtepompen	100%	62%	50%	42%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: LuchtWP (incl. electra) pp. 6
"eWPww"	Bodem/Water warmtepomp	100%	62%	50%	42%	Gelijkgesteld aan luchtwarmtepompen
"LTAS"	LT-aftiftesystemen	100%	88%	71%	60%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: LuchtWP (component afgifte)
"MTnet"	Warmtenetten algemeen	100%	79%	69%	63%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: MT warmtenet (totaal) pp. 8
"Inpand"	Warmtenetten inpandig	100%	75%	66%	60%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: MT warmtenet (component)
"Aansl"	Aansluitkosten warmtenet	100%	80%	70%	64%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: MT warmtenet (component)
"Verl"	Verliezen in warmtenetten	100%	72%	63%	58%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: MT warmtenet (leidingverlies)
"OenM"	O & B in warmtenetten	100%	83%	73%	66%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: MT warmtenet (onderhoud)
"LTnet"	LT-bronnen voor warmtenet	100%	55%	48%	44%	kostprijsmodel WG7 ST-GO: WP met collectief net
"Waterstof"	Aanpassen gasnetten voor H2	100%	70%	56%	48%	CE Delft, Parameters modellering waterstof Vesta MAIS
"Geothermie"	Geothermiebronnen	100%	74%	65%	55%	EBN/TNO play-based portfolio-benadering
"Default"	Installatie zonder leercurve	100%	100%	100%	100%	Terugvaloptie voor installaties zonder leercurve: werkwaarde

In de pessimistische leercurves blijven alle waarden vaststaan op 100%, zoals in 2020.

Tabel B.13 Energiekosten elektriciteit uit netwerk

**TABEL B.13 (1/4) – ELEKTRICITEITSKOSTEN UIT NETWERK; KLEINGEBRUIKERS (< 10.000 kWh/jaar.)**  
**BRON: KEV 2019**

Jaar	Commodity (€/kWh)		Netwerk (€/kWh)		Belastingen (€/kWh)			Totaal (€/kWh)
	Excl. CO2	CO2	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125	0.038	0.237
2011	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.122	0.037	0.231
2012	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.121	0.041	0.236
2013	0.068	0.000	0.000	0.000	0.001	0.122	0.040	0.231
2014	0.066	0.000	0.000	0.000	0.002	0.123	0.040	0.231
2015	0.059	0.000	0.000	0.000	0.004	0.124	0.039	0.226
2016	0.051	0.000	0.000	0.000	0.006	0.104	0.034	0.195
2017	0.054	0.000	0.000	0.000	0.008	0.103	0.035	0.200
2018	0.065	0.000	0.000	0.000	0.013	0.105	0.038	0.221
2019	0.087	0.000	0.000	0.000	0.018	0.096	0.042	0.244
2020	0.087	0.000	0.000	0.000	0.026	0.094	0.043	0.250
2021	0.087	0.000	0.000	0.000	0.027	0.094	0.044	0.252
2022	0.087	0.000	0.000	0.000	0.028	0.094	0.044	0.252
2023	0.087	0.000	0.000	0.000	0.029	0.094	0.044	0.253
2024	0.087	0.000	0.000	0.000	0.030	0.094	0.044	0.255
2025	0.087	0.000	0.000	0.000	0.031	0.094	0.045	0.256
2026	0.087	0.000	0.000	0.000	0.029	0.094	0.044	0.253
2027	0.087	0.000	0.000	0.000	0.028	0.094	0.044	0.253
2028	0.087	0.000	0.000	0.000	0.028	0.094	0.044	0.252
2029	0.087	0.000	0.000	0.000	0.030	0.094	0.044	0.255
2030	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2031	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2032	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2033	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2034	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2035	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2036	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2037	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2038	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2039	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2040	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2041	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2042	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2043	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2044	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2045	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2046	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2047	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2048	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2049	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282
2050	0.102	0.000	0.006	0.000	0.031	0.094	0.049	0.282

**TABEL B.13 (2/4) – ELEKTRICITEITSKOSTEN UIT NETWERK; KLEIN TOT MIDDELGROOTGEBRUIKERS (10.000 T/M 50.000 kWh/jaar.) BRON: KEV 2019**

Jaar	Commodity (€/kWh)		Netwerk (€/kWh)		Belastingen (€/kWh)			Totaal (€/kWh)
	Excl. CO2	CO2	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.074	0.000	0.023	0.000	0.000	0.045	0.000	0.142
2011	0.072	0.000	0.024	0.000	0.000	0.044	0.000	0.140
2012	0.074	0.000	0.026	0.000	0.000	0.044	0.000	0.143
2013	0.068	0.000	0.026	0.000	0.001	0.044	0.000	0.139
2014	0.066	0.000	0.024	0.000	0.002	0.045	0.000	0.136
2015	0.059	0.000	0.023	0.000	0.003	0.047	0.000	0.131
2016	0.051	0.000	0.023	0.000	0.004	0.044	0.000	0.122
2017	0.054	0.000	0.024	0.000	0.007	0.043	0.000	0.128
2018	0.065	0.000	0.025	0.000	0.010	0.044	0.000	0.144
2019	0.087	0.000	0.022	0.000	0.027	0.052	0.000	0.188
2020	0.087	0.000	0.022	0.000	0.036	0.049	0.000	0.193
2021	0.087	0.000	0.022	0.000	0.023	0.049	0.000	0.180
2022	0.087	0.000	0.022	0.000	0.023	0.049	0.000	0.180
2023	0.087	0.000	0.022	0.000	0.024	0.049	0.000	0.181
2024	0.087	0.000	0.022	0.000	0.025	0.049	0.000	0.183
2025	0.087	0.000	0.022	0.000	0.026	0.049	0.000	0.183
2026	0.087	0.000	0.022	0.000	0.024	0.049	0.000	0.181
2027	0.087	0.000	0.022	0.000	0.023	0.049	0.000	0.181
2028	0.087	0.000	0.022	0.000	0.023	0.049	0.000	0.180
2029	0.087	0.000	0.022	0.000	0.025	0.049	0.000	0.182
2030	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2031	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2032	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2033	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2034	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2035	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2036	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2037	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2038	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2039	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2040	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2041	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2042	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2043	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2044	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2045	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2046	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2047	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2048	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2049	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205
2050	0.102	0.000	0.028	0.000	0.026	0.049	0.000	0.205

**TABEL B.13 (3/4) – ELEKTRICITEITSKOSTEN UIT NETWERK; MIDDEN TOT GROOTGEBRUIKERS (50.000 T/M 10.000.000 kWh/JAAR.) BRON: KEV 2019**

Jaar	Commodity (€/kWh)		Netwerk (€/kWh)		Belastingen (€/kWh)			Totaal (€/kWh)
	Excl. CO2	CO2	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.064	0.000	0.036	0.000	0.000	0.012	0.000	0.113
2011	0.062	0.000	0.037	0.000	0.000	0.012	0.000	0.112
2012	0.059	0.000	0.040	0.000	0.000	0.012	0.000	0.111
2013	0.056	0.000	0.042	0.000	0.000	0.012	0.000	0.110
2014	0.052	0.000	0.038	0.000	0.001	0.012	0.000	0.102
2015	0.046	0.000	0.037	0.000	0.001	0.013	0.000	0.096
2016	0.039	0.000	0.036	0.000	0.002	0.014	0.000	0.091
2017	0.041	0.000	0.037	0.000	0.003	0.013	0.000	0.094
2018	0.052	0.000	0.039	0.000	0.005	0.014	0.000	0.110
2019	0.073	0.000	0.033	0.000	0.007	0.014	0.000	0.127
2020	0.073	0.000	0.033	0.000	0.020	0.013	0.000	0.138
2021	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.129
2022	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.129
2023	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2024	0.073	0.000	0.033	0.000	0.012	0.013	0.000	0.130
2025	0.073	0.000	0.033	0.000	0.012	0.013	0.000	0.131
2026	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2027	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2028	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.129
2029	0.073	0.000	0.033	0.000	0.012	0.013	0.000	0.130
2030	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2031	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2032	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2033	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2034	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2035	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2036	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2037	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2038	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2039	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2040	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2041	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2042	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2043	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2044	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2045	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2046	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2047	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2048	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2049	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145
2050	0.081	0.000	0.039	0.000	0.012	0.013	0.000	0.145

**TABEL B.13 (4/4) – ELEKTRICITEITSKOSTEN UIT NETWERK; GROOTGEBRUIKERS (MEER DAN 10.000.000 kWh/JAAR.) BRON: KEV 2019**

Jaar	Commodity (€/kWh)		Netwerk (€/kWh)		Belastingen (€/kWh)			Totaal (€/kWh)
	Excl. CO2	CO2	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.057	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.059
2011	0.059	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.060
2012	0.053	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.055
2013	0.054	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.055
2014	0.045	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.046
2015	0.042	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.043
2016	0.036	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.038
2017	0.039	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.041
2018	0.053	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.055
2019	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2020	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2021	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2022	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2023	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2024	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2025	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2026	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2027	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2028	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2029	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2030	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2031	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2032	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2033	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2034	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2035	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2036	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2037	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2038	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2039	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2040	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2041	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2042	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2043	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2044	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2045	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2046	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2047	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2048	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2049	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086
2050	0.078	0.000	0.007	0.000	0.000	0.001	0.000	0.086

## Tabel B.14 Energiekosten klimaatneutrale elektriciteit

**TABEL B.14 (1/4) – ELEKTRICITEITSKOSTEN KLIJNGEBRUIKERS (< 10.000 kWh/jaar.)**  
**BRON: HOOGERVORST, N. (2020A)**

Jaar	Commodity (€/kWh)		Netwerk (€/kWh)		Belastingen (€/kWh)			Totaal (€/kWh)
	Excl. CO2	CO2	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125	0.038	0.237
2011	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.122	0.037	0.231
2012	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.121	0.041	0.236
2013	0.068	0.000	0.000	0.000	0.001	0.122	0.040	0.231
2014	0.066	0.000	0.000	0.000	0.002	0.123	0.040	0.231
2015	0.059	0.000	0.000	0.000	0.004	0.124	0.039	0.226
2016	0.051	0.000	0.000	0.000	0.006	0.104	0.034	0.195
2017	0.054	0.000	0.000	0.000	0.008	0.103	0.035	0.200
2018	0.065	0.000	0.000	0.000	0.013	0.105	0.038	0.221
2019	0.087	0.000	0.000	0.000	0.018	0.096	0.042	0.244
2020	0.087	0.000	0.000	0.000	0.026	0.094	0.044	0.251
2021	0.087	0.000	0.000	0.000	0.027	0.094	0.044	0.253
2022	0.087	0.000	0.000	0.000	0.028	0.094	0.044	0.253
2023	0.087	0.000	0.000	0.000	0.029	0.094	0.044	0.254
2024	0.087	0.000	0.000	0.000	0.030	0.094	0.044	0.256
2025	0.087	0.000	0.000	0.000	0.031	0.094	0.045	0.257
2026	0.087	0.000	0.000	0.000	0.029	0.094	0.044	0.254
2027	0.087	0.000	0.000	0.000	0.028	0.094	0.044	0.253
2028	0.087	0.000	0.000	0.000	0.028	0.094	0.044	0.253
2029	0.087	0.000	0.000	0.000	0.030	0.094	0.044	0.255
2030	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2031	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2032	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2033	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2034	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2035	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2036	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2037	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2038	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2039	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2040	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2041	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2042	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2043	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2044	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2045	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2046	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2047	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2048	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2049	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317
2050	0.122	0.000	0.015	0.000	0.031	0.094	0.055	0.317

**TABEL B.14 (2/4) – ELEKTRICITEITSKOSTEN KLIMAATNEUTRAAL; KLEIN TOT MIDDELGROOTGEBRUIKERS  
(10.000 t/m 50.000 kWh/jaar.) BRON: HOOGERVORST, N. (2020a)**

Jaar	Commodity (€/kWh)		Netwerk (€/kWh)		Belastingen (€/kWh)			Totaal (€/kWh)
	Excl. CO2	CO2	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.074	0.000	0.023	0.000	0.000	0.045	0.000	0.142
2011	0.072	0.000	0.024	0.000	0.000	0.044	0.000	0.140
2012	0.074	0.000	0.026	0.000	0.000	0.044	0.000	0.143
2013	0.068	0.000	0.026	0.000	0.001	0.044	0.000	0.139
2014	0.066	0.000	0.024	0.000	0.002	0.045	0.000	0.136
2015	0.059	0.000	0.023	0.000	0.003	0.047	0.000	0.131
2016	0.051	0.000	0.023	0.000	0.004	0.044	0.000	0.122
2017	0.054	0.000	0.024	0.000	0.007	0.043	0.000	0.128
2018	0.065	0.000	0.025	0.000	0.010	0.044	0.000	0.144
2019	0.087	0.000	0.022	0.000	0.027	0.052	0.000	0.188
2020	0.087	0.000	0.022	0.000	0.036	0.049	0.000	0.194
2021	0.087	0.000	0.022	0.000	0.023	0.049	0.000	0.181
2022	0.087	0.000	0.022	0.000	0.023	0.049	0.000	0.181
2023	0.087	0.000	0.022	0.000	0.024	0.049	0.000	0.182
2024	0.087	0.000	0.022	0.000	0.025	0.049	0.000	0.183
2025	0.087	0.000	0.022	0.000	0.026	0.049	0.000	0.184
2026	0.087	0.000	0.022	0.000	0.024	0.049	0.000	0.182
2027	0.087	0.000	0.022	0.000	0.023	0.049	0.000	0.181
2028	0.087	0.000	0.022	0.000	0.023	0.049	0.000	0.181
2029	0.087	0.000	0.022	0.000	0.025	0.049	0.000	0.182
2030	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2031	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2032	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2033	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2034	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2035	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2036	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2037	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2038	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2039	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2040	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2041	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2042	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2043	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2044	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2045	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2046	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2047	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2048	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2049	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233
2050	0.122	0.000	0.037	0.000	0.026	0.049	0.000	0.233

**TABEL B.14 (3/4) – ELEKTRICITEITSKOSTEN KLIMAATNEUTRAAL; MIDDEN TOT GROOTGEBRUIKERS (50.000 T/M 10.000.000 kWh/jaar.) BRON: HOOGERVORST, N. (2020a)**

Jaar	Commodity (€/kWh)		Netwerk (€/kWh)		Belastingen (€/kWh)			Totaal (€/kWh)
	Excl. CO2	CO2	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.064	0.000	0.036	0.000	0.000	0.012	0.000	0.113
2011	0.062	0.000	0.037	0.000	0.000	0.012	0.000	0.112
2012	0.059	0.000	0.040	0.000	0.000	0.012	0.000	0.111
2013	0.056	0.000	0.042	0.000	0.000	0.012	0.000	0.110
2014	0.052	0.000	0.038	0.000	0.001	0.012	0.000	0.102
2015	0.046	0.000	0.037	0.000	0.001	0.013	0.000	0.096
2016	0.039	0.000	0.036	0.000	0.002	0.014	0.000	0.091
2017	0.041	0.000	0.037	0.000	0.003	0.013	0.000	0.094
2018	0.052	0.000	0.039	0.000	0.005	0.014	0.000	0.110
2019	0.073	0.000	0.033	0.000	0.007	0.014	0.000	0.127
2020	0.073	0.000	0.033	0.000	0.020	0.013	0.000	0.139
2021	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2022	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2023	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2024	0.073	0.000	0.033	0.000	0.012	0.013	0.000	0.131
2025	0.073	0.000	0.033	0.000	0.012	0.013	0.000	0.131
2026	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2027	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2028	0.073	0.000	0.033	0.000	0.011	0.013	0.000	0.130
2029	0.073	0.000	0.033	0.000	0.012	0.013	0.000	0.131
2030	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2031	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2032	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2033	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2034	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2035	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2036	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2037	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2038	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2039	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2040	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2041	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2042	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2043	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2044	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2045	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2046	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2047	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2048	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2049	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168
2050	0.095	0.000	0.048	0.000	0.012	0.013	0.000	0.168

**TABEL B.14 (4/4) – ELEKTRICITEITSKOSTEN KLIMAATNEUTRAAL; GROOTGEBRUIKERS (MEER DAN 10.000.000 kWh/JAAR.) BRON: HOOGERVORST, N. (2020a)**

Jaar	Commodity (€/kWh)		Netwerk (€/kWh)		Belastingen (€/kWh)			Totaal (€/kWh)
	Excl. CO2	CO2	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.057	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.059
2011	0.059	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.060
2012	0.053	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.055
2013	0.054	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.055
2014	0.045	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.046
2015	0.042	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.043
2016	0.036	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.038
2017	0.039	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.041
2018	0.053	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.055
2019	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2020	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2021	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2022	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2023	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2024	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2025	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2026	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2027	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2028	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2029	0.071	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.073
2030	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2031	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2032	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2033	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2034	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2035	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2036	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2037	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2038	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2039	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2040	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2041	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2042	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2043	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2044	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2045	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2046	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2047	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2048	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2049	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108
2050	0.091	0.000	0.016	0.000	0.000	0.001	0.000	0.108

Tabel B.15 Energiekosten aardgas

**TABEL B.15 (1/5) – AARDGASKOSTEN; KLEINGEBRUIKERS (< 5.000 m<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: KEV 2019**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.354	0.000	0.000	0.000	0.000	0.183	0.102	0.639
2011	0.371	0.000	0.000	0.000	0.000	0.179	0.104	0.654
2012	0.397	0.000	0.000	0.000	0.000	0.177	0.121	0.695
2013	0.389	0.000	0.000	0.000	0.002	0.195	0.123	0.709
2014	0.367	0.000	0.000	0.000	0.005	0.197	0.119	0.688
2015	0.346	0.000	0.000	0.000	0.008	0.199	0.116	0.669
2016	0.293	0.000	0.000	0.000	0.012	0.261	0.119	0.685
2017	0.274	0.000	0.000	0.000	0.016	0.257	0.115	0.662
2018	0.285	0.000	0.000	0.000	0.028	0.260	0.120	0.694
2019	0.323	0.000	0.000	0.000	0.051	0.286	0.139	0.800
2020	0.323	0.000	0.000	0.000	0.075	0.321	0.151	0.869
2021	0.323	0.000	0.000	0.000	0.076	0.321	0.151	0.871
2022	0.323	0.000	0.000	0.000	0.076	0.321	0.151	0.871
2023	0.323	0.000	0.000	0.000	0.079	0.321	0.152	0.875
2024	0.323	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.153	0.881
2025	0.323	0.000	0.000	0.000	0.087	0.321	0.153	0.884
2026	0.323	0.000	0.000	0.000	0.080	0.321	0.152	0.875
2027	0.323	0.000	0.000	0.000	0.078	0.321	0.152	0.874
2028	0.323	0.000	0.000	0.000	0.078	0.321	0.151	0.873
2029	0.323	0.000	0.000	0.000	0.082	0.321	0.153	0.879
2030	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2031	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2032	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2033	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2034	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2035	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2036	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2037	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2038	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2039	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2040	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2041	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2042	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2043	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2044	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2045	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2046	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2047	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2048	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2049	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937
2050	0.368	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.163	0.937

**TABEL B.15 (2/5) – AARDGASKOSTEN; KLEIN TOT MIDDELGROOTGEBRUIKERS (5.001 t/m 170.000 m<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: KEV 2019**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.321	0.000	0.000	0.000	0.000	0.164	0.000	0.485
2011	0.337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.160	0.000	0.497
2012	0.342	0.000	0.000	0.000	0.000	0.159	0.000	0.500
2013	0.339	0.000	0.000	0.000	0.002	0.191	0.000	0.532
2014	0.338	0.000	0.000	0.000	0.005	0.193	0.000	0.536
2015	0.320	0.000	0.000	0.000	0.008	0.195	0.000	0.522
2016	0.267	0.000	0.000	0.000	0.012	0.256	0.000	0.534
2017	0.238	0.000	0.000	0.000	0.016	0.252	0.000	0.506
2018	0.232	0.000	0.000	0.000	0.028	0.255	0.000	0.515
2019	0.277	0.000	0.000	0.000	0.051	0.286	0.000	0.615
2020	0.277	0.000	0.000	0.000	0.075	0.321	0.000	0.672
2021	0.277	0.000	0.000	0.000	0.075	0.321	0.000	0.672
2022	0.277	0.000	0.000	0.000	0.075	0.321	0.000	0.673
2023	0.277	0.000	0.000	0.000	0.078	0.321	0.000	0.675
2024	0.277	0.000	0.000	0.000	0.083	0.321	0.000	0.680
2025	0.277	0.000	0.000	0.000	0.085	0.321	0.000	0.683
2026	0.277	0.000	0.000	0.000	0.078	0.321	0.000	0.676
2027	0.277	0.000	0.000	0.000	0.077	0.321	0.000	0.674
2028	0.277	0.000	0.000	0.000	0.076	0.321	0.000	0.674
2029	0.277	0.000	0.000	0.000	0.081	0.321	0.000	0.678
2030	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2031	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2032	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2033	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2034	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2035	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2036	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2037	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2038	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2039	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2040	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2041	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2042	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2043	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2044	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2045	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2046	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2047	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2048	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2049	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726
2050	0.322	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	0.726

**TABEL B.15 (3/5) – AARDGASKOSTEN; MIDDEN TOT GROOTGEBRUIKERS (170.000 T/M 1.000.000 M<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: KEV 2019**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	0.271
2011	0.253	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.000	0.295
2012	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	0.310
2013	0.274	0.000	0.000	0.000	0.001	0.046	0.000	0.321
2014	0.236	0.000	0.000	0.000	0.002	0.046	0.000	0.284
2015	0.228	0.000	0.000	0.000	0.003	0.070	0.000	0.301
2016	0.172	0.000	0.000	0.000	0.004	0.072	0.000	0.249
2017	0.178	0.000	0.000	0.000	0.008	0.063	0.000	0.249
2018	0.204	0.000	0.000	0.000	0.011	0.065	0.000	0.279
2019	0.211	0.000	0.000	0.000	0.016	0.064	0.000	0.291
2020	0.211	0.000	0.000	0.000	0.021	0.062	0.000	0.294
2021	0.211	0.000	0.000	0.000	0.023	0.062	0.000	0.297
2022	0.211	0.000	0.000	0.000	0.023	0.062	0.000	0.297
2023	0.211	0.000	0.000	0.000	0.024	0.062	0.000	0.298
2024	0.211	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.299
2025	0.211	0.000	0.000	0.000	0.027	0.062	0.000	0.300
2026	0.211	0.000	0.000	0.000	0.024	0.062	0.000	0.298
2027	0.211	0.000	0.000	0.000	0.024	0.062	0.000	0.297
2028	0.211	0.000	0.000	0.000	0.024	0.062	0.000	0.297
2029	0.211	0.000	0.000	0.000	0.025	0.062	0.000	0.299
2030	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2031	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2032	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2033	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2034	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2035	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2036	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2037	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2038	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2039	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2040	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2041	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2042	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2043	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2044	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2045	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2046	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2047	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2048	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2049	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344
2050	0.256	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.344

**TABEL B.15 (4/5) – AARDGASKOSTEN; GROOTGEBRUIKERS (MEER DAN 1.000.000 M<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: KEV  
2019**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.237
2011	0.253	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.262
2012	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.277
2013	0.274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.286
2014	0.236	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.249
2015	0.228	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.000	0.241
2016	0.172	0.000	0.000	0.000	0.001	0.013	0.000	0.186
2017	0.178	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.000	0.192
2018	0.204	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.000	0.219
2019	0.211	0.000	0.000	0.000	0.006	0.023	0.000	0.240
2020	0.211	0.000	0.000	0.000	0.020	0.023	0.000	0.254
2021	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2022	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2023	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2024	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2025	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2026	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2027	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2028	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2029	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2030	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2031	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2032	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2033	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2034	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2035	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2036	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2037	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2038	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2039	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2040	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2041	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2042	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2043	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2044	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2045	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2046	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2047	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2048	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2049	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284
2050	0.256	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.284

**TABEL B.15 (5/5) – AARDGASKOSTEN; GLASTUINBOUW (VERLAAGD TARIEF 5.001 t/m 170.000 m<sup>3</sup>/JAAR.)**  
**BRON: KEV 2019**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.250
2011	0.253	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.274
2012	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.289
2013	0.274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.297
2014	0.236	0.000	0.000	0.000	0.001	0.023	0.000	0.261
2015	0.228	0.000	0.000	0.000	0.001	0.024	0.000	0.253
2016	0.172	0.000	0.000	0.000	0.002	0.024	0.000	0.199
2017	0.178	0.000	0.000	0.000	0.003	0.024	0.000	0.204
2018	0.204	0.000	0.000	0.000	0.004	0.024	0.000	0.232
2019	0.211	0.000	0.000	0.000	0.006	0.046	0.000	0.263
2020	0.211	0.000	0.000	0.000	0.008	0.051	0.000	0.271
2021	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2022	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2023	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2024	0.211	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.273
2025	0.211	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.273
2026	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2027	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2028	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2029	0.211	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.272
2030	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2031	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2032	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2033	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2034	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2035	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2036	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2037	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2038	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2039	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2040	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2041	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2042	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2043	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2044	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2045	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2046	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2047	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2048	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2049	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317
2050	0.256	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.317

Tabel B.16 Energiekosten groengas

**TABEL B.16 (1/5) – GROENGASKOSTEN; KLEINGEBRUIKERS (< 5.000 m<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: HOOGERVORST, N. (2019)**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.354	0.000	0.000	0.000	0.000	0.183	0.102	0.639
2011	0.371	0.000	0.000	0.000	0.000	0.179	0.104	0.654
2012	0.397	0.000	0.000	0.000	0.000	0.177	0.121	0.695
2013	0.389	0.000	0.000	0.000	0.002	0.195	0.123	0.709
2014	0.367	0.000	0.000	0.000	0.005	0.197	0.119	0.688
2015	0.346	0.000	0.000	0.000	0.008	0.199	0.116	0.669
2016	0.293	0.000	0.000	0.000	0.012	0.261	0.119	0.685
2017	0.274	0.000	0.000	0.000	0.016	0.257	0.115	0.662
2018	0.285	0.000	0.000	0.000	0.028	0.260	0.120	0.694
2019	0.323	0.000	0.000	0.000	0.051	0.286	0.139	0.800
2020	0.323	0.000	0.000	0.000	0.075	0.321	0.151	0.869
2021	0.323	0.000	0.000	0.000	0.076	0.321	0.151	0.871
2022	0.323	0.000	0.000	0.000	0.076	0.321	0.151	0.871
2023	0.323	0.000	0.000	0.000	0.079	0.321	0.152	0.875
2024	0.323	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.153	0.881
2025	0.323	0.000	0.000	0.000	0.087	0.321	0.153	0.884
2026	0.323	0.000	0.000	0.000	0.080	0.321	0.152	0.875
2027	0.323	0.000	0.000	0.000	0.078	0.321	0.152	0.874
2028	0.323	0.000	0.000	0.000	0.078	0.321	0.151	0.873
2029	0.323	0.000	0.000	0.000	0.082	0.321	0.153	0.879
2030	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2031	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2032	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2033	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2034	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2035	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2036	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2037	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2038	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2039	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2040	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2041	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2042	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2043	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2044	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2045	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2046	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2047	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2048	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2049	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445
2050	0.788	0.000	0.000	0.000	0.086	0.321	0.251	1.445

**TABEL B.16 (2/5) – GROENGASKOSTEN; KLEIN TOT MIDDELGROOTGEBRUIKERS (5.001 t/m 170.000 m<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: HOOGERVORST, N. (2019)**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.321	0.000	0.000	0.000	0.000	0.164	0.000	0.485
2011	0.337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.160	0.000	0.497
2012	0.342	0.000	0.000	0.000	0.000	0.159	0.000	0.500
2013	0.339	0.000	0.000	0.000	0.002	0.191	0.000	0.532
2014	0.338	0.000	0.000	0.000	0.005	0.193	0.000	0.536
2015	0.320	0.000	0.000	0.000	0.008	0.195	0.000	0.522
2016	0.267	0.000	0.000	0.000	0.012	0.256	0.000	0.534
2017	0.238	0.000	0.000	0.000	0.016	0.252	0.000	0.506
2018	0.232	0.000	0.000	0.000	0.028	0.255	0.000	0.515
2019	0.277	0.000	0.000	0.000	0.051	0.286	0.000	0.615
2020	0.277	0.000	0.000	0.000	0.075	0.321	0.000	0.672
2021	0.277	0.000	0.000	0.000	0.075	0.321	0.000	0.672
2022	0.277	0.000	0.000	0.000	0.075	0.321	0.000	0.673
2023	0.277	0.000	0.000	0.000	0.078	0.321	0.000	0.675
2024	0.277	0.000	0.000	0.000	0.083	0.321	0.000	0.680
2025	0.277	0.000	0.000	0.000	0.085	0.321	0.000	0.683
2026	0.277	0.000	0.000	0.000	0.078	0.321	0.000	0.676
2027	0.277	0.000	0.000	0.000	0.077	0.321	0.000	0.674
2028	0.277	0.000	0.000	0.000	0.076	0.321	0.000	0.674
2029	0.277	0.000	0.000	0.000	0.081	0.321	0.000	0.678
2030	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2031	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2032	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2033	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2034	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2035	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2036	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2037	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2038	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2039	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2040	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2041	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2042	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2043	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2044	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2045	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2046	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2047	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2048	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2049	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146
2050	0.742	0.000	0.000	0.000	0.084	0.321	0.000	1.146

**TABEL B.16 (3/5) – GROENGASKOSTEN; MIDDEN TOT GROOTGEBRUIKERS (170.000 T/M 1.000.000 m<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: HOOGERVORST, N. (2019)**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	0.271
2011	0.253	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.000	0.295
2012	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	0.310
2013	0.274	0.000	0.000	0.000	0.001	0.046	0.000	0.321
2014	0.236	0.000	0.000	0.000	0.002	0.046	0.000	0.284
2015	0.228	0.000	0.000	0.000	0.003	0.070	0.000	0.301
2016	0.172	0.000	0.000	0.000	0.004	0.072	0.000	0.249
2017	0.178	0.000	0.000	0.000	0.008	0.063	0.000	0.249
2018	0.204	0.000	0.000	0.000	0.011	0.065	0.000	0.279
2019	0.211	0.000	0.000	0.000	0.016	0.064	0.000	0.291
2020	0.211	0.000	0.000	0.000	0.021	0.062	0.000	0.294
2021	0.211	0.000	0.000	0.000	0.023	0.062	0.000	0.297
2022	0.211	0.000	0.000	0.000	0.023	0.062	0.000	0.297
2023	0.211	0.000	0.000	0.000	0.024	0.062	0.000	0.298
2024	0.211	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.299
2025	0.211	0.000	0.000	0.000	0.027	0.062	0.000	0.300
2026	0.211	0.000	0.000	0.000	0.024	0.062	0.000	0.298
2027	0.211	0.000	0.000	0.000	0.024	0.062	0.000	0.297
2028	0.211	0.000	0.000	0.000	0.024	0.062	0.000	0.297
2029	0.211	0.000	0.000	0.000	0.025	0.062	0.000	0.299
2030	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2031	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2032	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2033	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2034	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2035	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2036	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2037	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2038	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2039	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2040	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2041	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2042	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2043	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2044	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2045	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2046	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2047	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2048	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2049	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764
2050	0.676	0.000	0.000	0.000	0.026	0.062	0.000	0.764

**TABEL B.16 (4/5) – GROENGASKOSTEN; GROOTGEBRUIKERS (MEER DAN 1.000.000 M<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: HOOGERVORST, N. (2019)**

Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.237
2011	0.253	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.262
2012	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.277
2013	0.274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.286
2014	0.236	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.249
2015	0.228	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.000	0.241
2016	0.172	0.000	0.000	0.000	0.001	0.013	0.000	0.186
2017	0.178	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.000	0.192
2018	0.204	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.000	0.219
2019	0.211	0.000	0.000	0.000	0.006	0.023	0.000	0.240
2020	0.211	0.000	0.000	0.000	0.020	0.023	0.000	0.254
2021	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2022	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2023	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2024	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2025	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2026	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2027	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2028	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2029	0.211	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.239
2030	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2031	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2032	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2033	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2034	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2035	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2036	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2037	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2038	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2039	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2040	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2041	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2042	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2043	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2044	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2045	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2046	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2047	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2048	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2049	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704
2050	0.676	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023	0.000	0.704

**TABEL B.16 (5/5) – GROENGASKOSTEN; GLASTUINBOUW (VERLAAGD TARIEF 5.001 t/m 170.000 m<sup>3</sup>/JAAR.) BRON: HOOGERVORST, N. (2019)**

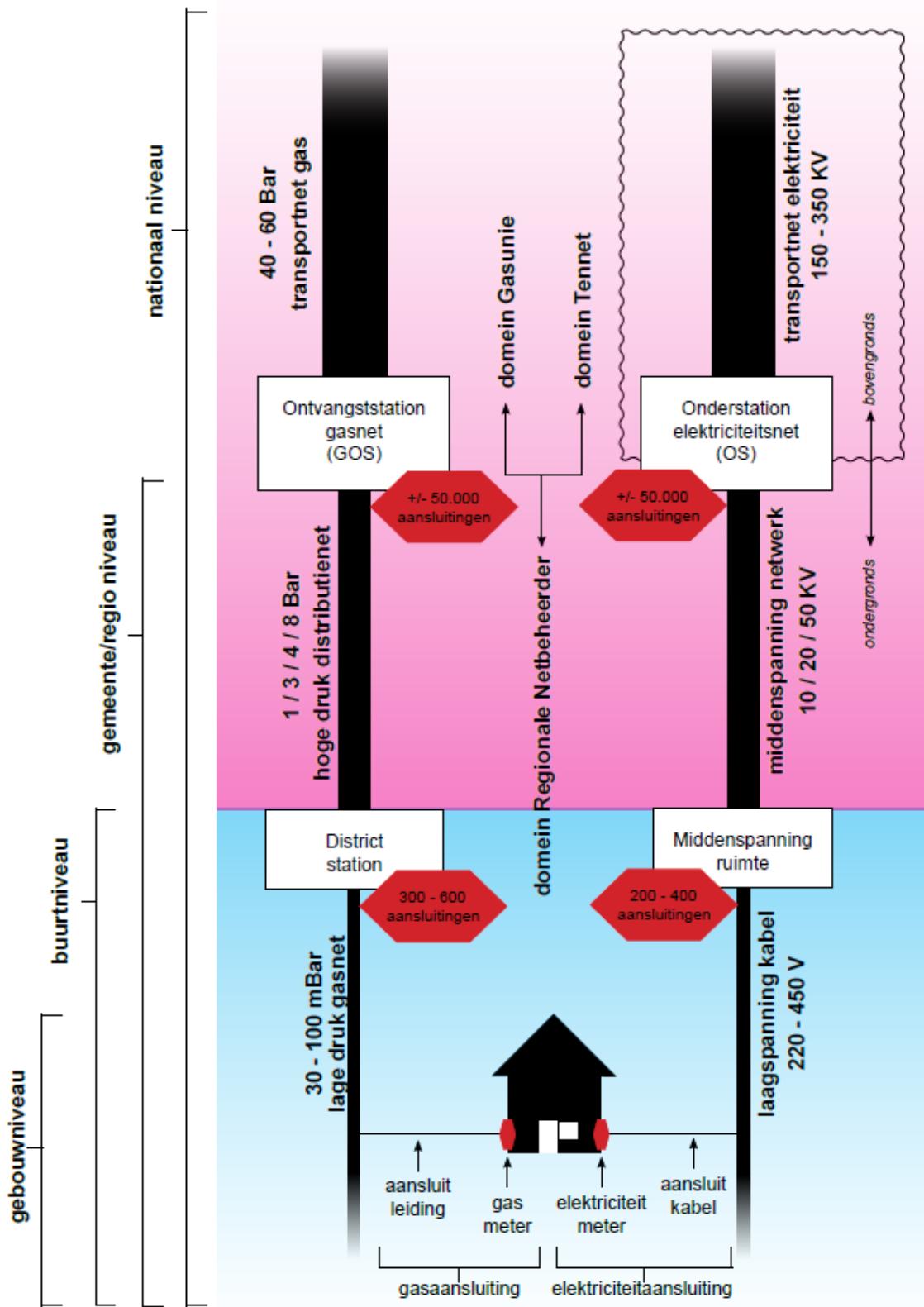
Jaar	Commodity (€/m <sup>3</sup> )		Netwerk (€/m <sup>3</sup> )		Belastingen (€/m <sup>3</sup> )			Totaal (€/m <sup>3</sup> )
	Excl. CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Distributie	Transport	ODE	Heffing	BTW	
2010	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.250
2011	0.253	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	0.274
2012	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.289
2013	0.274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.297
2014	0.236	0.000	0.000	0.000	0.001	0.023	0.000	0.261
2015	0.228	0.000	0.000	0.000	0.001	0.024	0.000	0.253
2016	0.172	0.000	0.000	0.000	0.002	0.024	0.000	0.199
2017	0.178	0.000	0.000	0.000	0.003	0.024	0.000	0.204
2018	0.204	0.000	0.000	0.000	0.004	0.024	0.000	0.232
2019	0.211	0.000	0.000	0.000	0.006	0.046	0.000	0.263
2020	0.211	0.000	0.000	0.000	0.008	0.051	0.000	0.271
2021	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2022	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2023	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2024	0.211	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.273
2025	0.211	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.273
2026	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2027	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2028	0.211	0.000	0.000	0.000	0.009	0.051	0.000	0.272
2029	0.211	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.272
2030	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2031	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2032	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2033	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2034	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2035	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2036	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2037	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2038	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2039	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2040	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2041	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2042	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2043	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2044	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2045	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2046	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2047	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2048	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2049	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737
2050	0.676	0.000	0.000	0.000	0.010	0.051	0.000	0.737

Tabel B.17 Energiekosten overige energiedragers

Jaar	Biogrondstoffen (€/GJ)		Kolen (€/GJ)		Waterstof (€/kg)		Aandeel in mix (%)	
	Biomassa	Pellets	Excl. CO2	CO2	Blauw	Groen	Blauw	Groen
2010	7.64	7.64	2.96	1.71	2.89	4.59	100	0
2011	7.87	7.87	2.96	1.52	3.01	4.71	100	0
2012	8.10	8.10	2.96	0.83	3.06	4.76	100	0
2013	8.33	8.33	2.96	0.50	3.08	4.78	100	0
2014	8.57	8.57	2.93	0.66	2.94	4.64	100	0
2015	8.83	8.83	2.90	0.87	2.90	4.60	100	0
2016	9.74	9.74	2.86	0.61	2.70	4.40	100	0
2017	9.27	9.27	2.83	0.62	2.76	4.46	100	0
2018	10.00	10.00	2.80	1.64	2.88	4.58	100	0
2019	9.77	9.77	2.77	2.27	2.79	4.49	100	0
2020	9.64	9.64	2.73	2.26	2.82	4.52	100	0
2021	9.50	9.50	2.70	2.26	2.78	4.48	100	0
2022	9.36	9.36	2.67	2.56	2.82	4.52	100	0
2023	9.22	9.22	2.63	2.86	2.87	4.57	100	0
2024	9.09	9.09	2.60	3.15	2.91	4.61	100	0
2025	8.95	8.95	2.57	3.45	2.96	4.66	100	0
2026	8.82	8.82	2.54	3.75	2.96	4.66	100	0
2027	8.69	8.69	2.50	4.05	2.97	4.67	100	0
2028	8.56	8.56	2.47	4.35	3.61	4.68	100	0
2029	8.43	8.43	2.44	4.65	3.61	4.69	100	0
2030	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2031	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2032	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2033	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2034	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2035	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2036	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2037	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2038	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2039	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2040	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2041	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2042	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2043	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2044	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2045	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2046	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2047	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2048	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2049	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0
2050	8.31	8.31	2.41	4.95	3.61	4.69	100	0

## Bijlage C systeemgrenzen infrastructuur

**FIGUUR C.1 ILLUSTRATIE MEE TE NEMEN INFRASTRUCTUUR (HET LICHTBLAUWE DEEL IS ONDERDEEL VAN DE VESTA MAIS-ANALYSE)**



## Bijlage D boekingen in flowtabellen

Tabel D.1 Boekingen Flowtabel “eenmalig”

<b>Naam</b>	<b>Beschrijving</b>	<b>Van</b>	<b>Naar</b>
Ki_Asl_Enet	Investering aansluitingskosten nieuwbouw op elektriciteitsnet	GebouwEigenaar	ElektriciteitsNet
Ki_Asl_Gnet	Investering aansluitingskosten nieuwbouw op gasnet	GebouwEigenaar	GasNet
Ki_vervangen	Investeringen in vervangen gasleidingen	GasNet	Netwerk
Ki_verwijderen	Investeringen in verwijderen gasleidingen	GasNet	Netwerk
Ki_verzwaren	Investeringen in verzwaren elektriciteitsnet	ElektriciteitsNet	Netwerk
Aansluitbijdrage_E	Investering aansluitingskosten nieuwbouw op elektriciteitsnet	ElektriciteitsNet	Netwerk
Aansluitbijdrage_G	Investering aansluitingskosten nieuwbouw op gasnet	GasNet	Netwerk
Ki30_LO	Investering lokale opwekkingsinstallaties met looptijd van 30 jaar	GebouwEigenaar	LokaleOpwekking
Ki20_LO	Investering lokale opwekkingsinstallaties met looptijd van 20 jaar	GebouwEigenaar	LokaleOpwekking
Ki15_LO	Investering lokale opwekkingsinstallaties met looptijd van 15 jaar	GebouwEigenaar	LokaleOpwekking
Ki_LTAS	Investering in afgiftesystemen in gebouwen	GebouwEigenaar	LokaleOpwekking
LokaleOpwekking_BTW	BTW over investeringen in lokale opwekkingsinstallaties	GebouwEigenaar	BTW
Gebouwverbetering	Investering in schilverbetering bij gebouwen	GebouwEigenaar	Gebouw
Gebouwverbetering_BTW	BTW over investeringen in lokale schilverbetering bij gebouwen	GebouwEigenaar	BTW
Oi_s_LO_30	Subsidie investeringen in lokale opwekkingsinstallaties looptijd 30 jaar	Subsidie	GebouwEigenaar
Oi_s_LO_20	Subsidie investeringen in lokale opwekkingsinstallaties looptijd 20 jaar	Subsidie	GebouwEigenaar
Oi_s_LO_15	Subsidie investeringen in lokale opwekkingsinstallaties looptijd 15 jaar	Subsidie	GebouwEigenaar
Oi_s_GV	Subsidie investeringen in gebouwverbetering	Subsidie	GebouwEigenaar
Oi_lv_Aansl_BTW <sup>1</sup>	BTW over Aansluitbijdrage aan Leverancier WijkDistributie	GebouwEigenaar	BTW
Oi_lv_Aansl <sup>1</sup>	Aansluitbijdrage aan Leverancier WijkDistributie	GebouwEigenaar	Leverancier
Ki_ge_ov <sup>1</sup>	Investering door gebouweigenaar in ongeriefsvergoeding bewoners	GebouwEigenaar	Comfort
Ki_ge_pm <sup>1</sup>	Investering door gebouweigenaar in projectmanagement	GebouwEigenaar	Admin
Oi_ge_EIA <sup>1</sup>	Subsidie op investeringen gebiedsoptie door gebouweigenaar	Subsidie	GebouwEigenaar
Ki_id <sup>1</sup>	Investering in inpandige distributie	InpandigeDistributeur	InpandigeDistributie
Oi_id_EIA <sup>1</sup>	Subsidie voor investering in inpandige distributie	Subsidie	InpandigeDistributie
Ki_wd <sup>1</sup>	Investering in wijkdistributie	WijkDistributeur	WijkDistributie
Oi_id_EIA <sup>1</sup>	Subsidie voor investering in wijkdistributie	Subsidie	WijkDistributeur
Ki_pt <sup>1</sup>	Investering in primair transport	PrimairTransporteur	PrimairTransport
Oi_pt_EIA <sup>1</sup>	Subsidie voor investering in primair transport	Subsidie	PrimairTransporteur
Ki_ow <sup>1</sup>	Investering in primaire bronnen	(type gebiedsoptie)	Opwekking
Oi_ow_EIA <sup>1</sup>	Subsidie voor investering in primaire bronnen	Subsidie	(type gebiedsoptie)
Ki_wd_Gnet <sup>1</sup>	Investering voor aanpassingen gasnet door gebiedsoptie	WijkDistributeur	GasNet
Ki_id_LO <sup>1</sup>	Investering in inpandige distributie voor lokale opwekkingsinstallaties	InpandigeDistributeur	LokaleOpwekking

<sup>1</sup> Investeringen in warmtenetten worden geboekt per type gebiedsoptie, bijvoorbeeld Restwarmte, Geothermie, WKO, et cetera. Boekingen in de aanleg van waterstofnetten worden waar van toepassing geboekt volgens dezelfde structuur als warmtenetten.

## Tabel D.2 Boekingen Flowtabel “jaarlijks”

**TABEL D.2 (1/3) – BOEKINGEN FLOWTABEL “JAARLIJKS”**

Naam	Beschrijving	Van	Naar	Iv
Kj_pellets_commodity	Inkoop pellets: commodity, netwerk en emissierechten	GebouwGebruiker	Pellets	
Kj_pellets_BTW	Inkoopkosten pellets, prijscomponent BTW	GebouwGebruiker	BTW	
Kj_biomassa_commodity	Inkoopkosten biomassa, prijscomponent commodity	GebouwGebruiker	Biomassa	
Kj_biomassa_BTW	Inkoopkosten biomassa, prijscomponent BTW	GebouwGebruiker	BTW	
Kj_H2_commodity	Inkoop H2: commodity, netwerk en emissierechten	GebouwGebruiker	Waterstof	
Kj_H2_BTW	Inkoopkosten H2, prijscomponent BTW	GebouwGebruiker	BTW	
Kj_H2_EH	Inkoopkosten H2, prijscomponent energiebelasting	GebouwGebruiker	EnergieHeffing	
Kj_gas_commodity	Inkoop aardgas: commodity, netwerk en emissierechten	GebouwGebruiker	AardGas	
Kj_gas_heffing	Inkoopkosten aardgas, prijscomponent energiebelasting	GebouwGebruiker	EnergieHeffing	
Kj_gas_BTW	Inkoopkosten aardgas, prijscomponent BTW	GebouwGebruiker	BTW	
Kj_gas_CO2	Inkoopkosten aardgas, prijscomponent emissierechten	AardGas	Emissierechten	
Kj_gas_net	Inkoopkosten aardgas, prijscomponent netwerk kosten	AardGas	GasNet	
Kj_gas_vastrecht	Jaarlijkse vastrechtkosten gasnet	GebouwGebruiker	GasNet	
Kj_gas_vastrecht_BTW	BTW over Jaarlijkse vastrechtkosten gasnet	GebouwGebruiker	BTW	
Kji_asl_Gnet	kapitaallasten (eindgebruiker) van aansluitbijdrages gasnet	GebouwGebruiker	KL_e	
Kmi_asl_Gnet	kapitaallasten (maatschappelijk) van aansluitbijdrages gasnet	KL_e	GasNet	
Kmi_asl_GnetBTW	kapitaallasten (eindgebruiker) BTW over aansluitbijdrage gasnet	KL_e	BTW	
Kj_elek_commodity	Inkoop elektriciteit: commodity, netwerk en emissierechten	GebouwGebruiker	Elektriciteit	
Kj_elek_heffing	Inkoopkosten elektriciteit, prijscomponent energiebelasting	GebouwGebruiker	EnergieHeffing	
Kj_elek_BTW	Inkoopkosten elektriciteit, prijscomponent BTW	GebouwGebruiker	BTW	
Kj_elek_CO2	Inkoopkosten elektriciteit, prijscomponent emissierechten	Elektriciteit	Emissierechten	
Kj_elek_net	Inkoopkosten elektriciteit, prijscomponent netwerk kosten	Elektriciteit	ElektriciteitsNet	
Kj_elek_vastrecht	Jaarlijkse vastrechtkosten elektriciteitsnet	GebouwGebruiker	ElektriciteitsNet	
Kj_elek_vastrecht_BTW	BTW over Jaarlijkse vastrechtkostenelektriciteitsnet	GebouwGebruiker	BTW	
Kji_asl_Enet	kapitaallasten (eindgebruiker) van aansluitbijdrages elektriciteitsnet	GebouwGebruiker	KL_e	
Kmi_asl_Enet	kapitaallasten (maatschappelijk) van aansluitbijdrages elektriciteitsnet	KL_e	ElektriciteitsNet	
Kji_asl_EnetBTW	kapitaallasten (eindgebr.) BTW over aansluitbijdrage elektriciteitsnet	KL_e	BTW	
Kji_KL_Gnet	Jaarlijkse kapitaallasten instandhouding gasnet	GasNet	Netwerk	
Kji_verwijderen	Jaarlijkse kapitaallasten verwijderen gasnet	GasNet	Netwerk	
Kji_vervangen	Jaarlijkse kapitaallasten vervangen gasnet	GasNet	Netwerk	
Kj_oh_Gnet	Jaarlijkse kosten onderhoud gasnet	GasNet	Onderhoud	
Kji_KL_Enet	Jaarlijkse kapitaallasten instandhouding elektriciteitsnet	ElektriciteitsNet	Netwerk	
Kji_verzwaren	Jaarlijkse kapitaallasten netverzwaring elektriciteitsnet	ElektriciteitsNet	Netwerk	
Kj_oh_Enet	Jaarlijkse kosten onderhoud elektriciteitsnet	ElektriciteitsNet	Onderhoud	
Kji30_LO	Kapitaallasten (eindgebruiker) lokale opwekking met looptijd 30 jaar	GebouwEigenaar	KL_e	
Kmi30_LO	Kapitaallasten (maatschappelijk) lokale opwekking met looptijd 30	KL_e	LokaleOpwekking	
BTW30_LO	Kapitaallasten (maatschappelijk) BTW over lokale opwekking (30jr)	KL_e	BTW	
Kji20_LO	Kapitaallasten (eindgebruiker) lokale opwekking met looptijd 20 jaar	GebouwEigenaar	KL_e	
Kmi20_LO	Kapitaallasten (maatschappelijk) lokale opwekking met looptijd 20	KL_e	LokaleOpwekking	
BTW20_LO	Kapitaallasten (maatschappelijk) BTW over lokale opwekking (20jr)	KL_e	BTW	
Kji15_LO	Kapitaallasten (eindgebruiker) lokale opwekking met looptijd 15 jaar	GebouwEigenaar	KL_e	
Kmi15_LO	Kapitaallasten (maatschappelijk) lokale opwekking met looptijd 15	KL_e	LokaleOpwekking	
BTW15_LO	Kapitaallasten (maatschappelijk) BTW over lokale opwekking (15jr)	KL_e	BTW	
Kji_gv	Kapitaallasten (eindgebruiker) gebouwverbetering	GebouwEigenaar	KL_e	
Kmi_gv	Kapitaallasten (maatschappelijk) gebouwverbetering	KL_e	Gebouw	
BTW_gv	Kapitaallasten (maatschappelijk) BTW over gebouwverbetering	KL_e	BTW	
Kji_LTAS	Kapitaallasten (eindgebruiker) investeringen afgiftesystemen	GebouwEigenaar	KL_e	
Kmi_LTAS	Kapitaallasten (maatschappelijk) investeringen afgiftesystemen	KL_e	LokaleOpwekking	
BTW_LTAS	Kapitaallasten (maatschappelijk) BTW over investeringen	KL_e	BTW	
Kj_adm_LO	Administratiekosten lokale opwekkingsinstallaties	GebouwEigenaar	Admin	
Kj_OH_LO	Onderhoudskosten lokale opwekkingsinstallaties	GebouwEigenaar	Onderhoud	
BTW_adm_LO	BTW over Administratiekosten lokale opwekkingsinstallaties	GebouwEigenaar	BTW	
BTW_OH_LO	BTW over Onderhoudskosten lokale opwekkingsinstallaties	GebouwEigenaar	BTW	

**TABEL D.2 (2/3) – BOEKINGEN FLOWTABEL “JAARLIJKS”**

<b>Naam</b>	<b>Beschrijving</b>	<b>Van</b>	<b>Naar</b>	<b>Iv</b>
EIA30	Geann. subsidie (eindgebruiker) lokale opwekking met looptijd 30 jaar	KL_e	GebouwEigenaar	
EIA30_BC	Geann. subsidies (maatschappelijk) lokale opwekking met looptijd 30	Subsidie	KL_e	
EIA20	Geann. subsidies (eindgebruiker) lokale opwekking met looptijd 20 jaar	KL_e	GebouwEigenaar	
EIA20_BC	Geann. subsidies (maatschappelijk) lokale opwekking met looptijd 20	Subsidie	KL_e	
EIA15	Geann. subsidies (eindgebruiker) lokale opwekking met looptijd 15 jaar	KL_e	GebouwEigenaar	
EIA15_BC	Geann. subsidies (maatschappelijk) lokale opwekking met looptijd 15	Subsidie	KL_e	
Kji_Aansl_	kapitaallasten aansluitbijdr. (eindgebr.) incl. BTW, looptijd 28 jaar	GebouwEigenaar	KL_e	
BTW_Aansl	Geann. BTW (maatsch.) aansluitbijdragen, looptijd 28 jaar	KL_e	BTW	
Kmi_aansl	Verschil kapitaallast tussen leverancier en eindgebr. (aansluitbijdragen)	KL_e	KL_p	
Kmi_aansl_lv	Verrekening kapitaallasten aansluitbijdragen aan leverancier	KL_p	Leverancier	X
Kj_Vastrecht	Vastrechtbetaling warmtelevering (incl. koude indien van toepassing)	GebouwGebruiker	Leverancier	X
BTW_Vastrecht	BTW over Vastrechtbetaling warmtelevering (& koude indien v.t.)	GebouwGebruiker	BTW	
Kj_Warmte	Betaling voor warmtelevering	GebouwGebruiker	Leverancier	X
BTW_Warmte	BTW over Betaling voor warmtelevering	GebouwGebruiker	BTW	
Kj_Koude	Betaling voor koudelevering	GebouwGebruiker	Leverancier	X
BTW_Koude	BTW over Betaling voor koudelevering	GebouwGebruiker	BTW	
VergoedingEG	Vergoeding van investeringen door gebouweigenaar in warmtenet	Leverancier	GebouwEigenaar	
VergoedingID	Vergoeding van investeringen aan inpandige distributie in warmtenet	Leverancier	Inpandige	
VergoedingWD	Vergoeding van investeringen in wijkdistributie in warmtenet	Leverancier	Wijkdistributeur	
VergoedingPT	Vergoeding van investeringen in primair transport in warmtenet	Leverancier	Primair Transporteur	
VergoedingOW	Vergoeding van investeringen in primaire warmtebronnen in warmtenet	Leverancier	(type gebiedsoptie)	
Kj_ge_hv	Huurverlagingen als gevolg van aansluiting op warmtenet	GebouwEigenaar	Comfort	X
Kji_ge_ov	Eenmalige kosten van ongeriefsvergoeding door gebouweigenaar	GebouwEigenaar	KL_e	X
Kji_ge_pm	Eenmalige kosten van projectmanagement door gebouweigenaar	GebouwEigenaar	KL_e	X
Kmi_ge_ov	Geannuleerde nationale kosten van ongeriefsvergoedingen	KL_e	Comfort	
Kmi_ge_pm	Geannuleerde nationale kosten van projectmanagement	KL_e	Admin	
Om_ge_comfort	Comfortwinst door koudelevering in gebouwen uit gebiedsoptie	Comfort	GebouwGebruiker	X
Oji_ge_EIA	Eindgebruikers-opbrengsten van subsidies op aansluitbijdragen	KL_e	GebouwGebruiker	X
Omi_ge_EIA	Nationale kosten van subsidie op aansluitbijdrages	Subsidie	KL_e	X
Km_id_gas	Kosten commodity gas incl. emissierechten voor inpandige distributie	InpandigDistributeur	AardGas	X
Kj_id_gas_EH	Energieheffing inpandige distributie over gasverbruik	InpandigDistributeur	EnergieHeffing	X
Kj_id_gas_CO2	Emissierechten als onderdeel van de gasprijs voor inpandige	Aardgas	EmissieRechten	
Km_id_elek	Kosten commodity elektriciteit incl. emissierechten voor inpandige dist.	InpandigDistributeur	Elektriciteit	X
Kj_id_elek_EH	Energieheffing inpandige distributie over elektriciteitsverbruik	InpandigDistributeur	EnergieHeffing	X
Kj_id_elek_CO2	Emissierechten, onderdeel van de elektriciteitsprijs voor inpandige dist.	Elektriciteit	EmissieRechten	
Kj_id_oh	Onderhoudskosten voor inpandige distributie	InpandigDistributeur	Onderhoud	X
Kj_id_adm	Administratiekosten voor inpandige distributie	InpandigDistributeur	Admin	X
Kji_id	Eindgebruikerskosten van investeringen in inpandige distributie	InpandigDistributeur	KL_p	X
Kmi_id	Nationale kosten van investeringen in inpandige distributie	KL_p	InpandigDistributie	
Oji_id_EIA	Opbrengsten in eindgebruikerskosten van investeringssubsidies	KL_p	InpandigDistributeur	X
Omi_id_EIA	Nationale kosten van investeringssubsidies in inpandige distributie	Subsidie	KL_p	
Oj_id_SDE	Jaarlijkse opbrengsten van productiesubsidies voor inpandige distributie	Subsidie	InpandigDistributeur	X
Km_wd_gas	Kosten commodity gas incl. emissierechten voor wijkdistributie	WijkDistributeur	AardGas	X
Kj_wd_gas_EH	Energieheffing wijkdistributie over gasverbruik	WijkDistributeur	EnergieHeffing	X
Kj_wd_gas_CO2	Emissierechten als onderdeel van de gasprijs voor wijkdistributeur	Aardgas	EmissieRechten	
Km_wd_elek	Kosten commodity elektriciteit incl. emissierechten voor wijkdistributie	WijkDistributeur	Elektriciteit	X
Kj_wd_elek_EH	Energieheffing wijkdistributie over elektriciteitsverbruik	WijkDistributeur	EnergieHeffing	X
Kj_wd_elek_CO2	Emissierechten, onderdeel van de elektriciteitsprijs voor wijkdistributie	Elektriciteit	EmissieRechten	
Kj_wd_oh	Onderhoudskosten voor wijkdistributie	WijkDistributeur	Onderhoud	X
Kj_wd_adm	Administratiekosten voor wijkdistributie	WijkDistributeur	Admin	X
Kji_wd	Eindgebruikerskosten van investeringen in wijkdistributie	WijkDistributeur	KL_p	X
Kmi_wd	Nationale kosten van investeringen in wijkdistributie	KL_p	WijkDistributie	
Oji_wd_EIA	Opbrengsten in eindgebr.kosten van investeringssubsidie wijkdistributie	KL_p	WijkDistributeur	X
Omi_wd_EIA	Nationale kosten van investeringssubsidies in wijkdistributie	Subsidie	KL_p	
Oj_wd_SDE	Jaarlijkse opbrengsten van productiesubsidies voor wijkdistributie	Subsidie	WijkDistributeur	X
Kj_pt_oh	Onderhoudskosten voor transport	PrimairTransporteur	Onderhoud	X
Kj_pt_adm	Administratiekosten voor transport	PrimairTransporteur	Admin	X
Kji_pt	Eindgebruikerskosten van investeringen in transport	PrimairTransporteur	KL_p	X
Kmi_pt	Nationale kosten van investeringen in transport	KL_p	PrimairTransport	
Oji_pt_EIA	Opbrengsten in eindgebr.kosten van investeringssubsidie transport	KL_p	PrimairTransporteur	X
Omi_pt_EIA	Nationale kosten van investeringssubsidies in transport	Subsidie	KL_p	

**TABEL D.2 (3/3) – BOEKINGEN FLOWTABEL “JAARLIJKS”**

Naam	Beschrijving	Van	Naar	Iv
Km_ow_gas	Kosten commodity gas incl. emissierechten voor primaire bron	GebiedsOptie (type)	AardGas	X
Kj_ow_gas_EH	Energieheffing primaire bron over gasverbruik	GebiedsOptie (type)	EnergieHeffing	X
Kj_ow_gas_CO2	Emissierechten als onderdeel van de gasprijs voor primaire bron	Aardgas	EmissieRechten	
Km_ow_elek	Kosten commodity elektriciteit incl. emissierechten voor primaire bron	GebiedsOptie (type)	Elektriciteit	X
Kj_ow_elek_EH	Energieheffing primaire bron over elektriciteitsverbruik	GebiedsOptie (type)	EnergieHeffing	X
Kj_ow_elek_CO2	Emissierechten, onderdeel van de elektriciteitsprijs voor primaire bron	Elektriciteit	EmissieRechten	
Kj_ow_oh	Onderhoudskosten voor primaire bron	GebiedsOptie (type)	Onderhoud	X
Kj_ow_adm	Administratiekosten voor primaire bron	GebiedsOptie (type)	Admin	X
Kji_ow	Eindgebruikerskosten van investeringen in primaire bron	GebiedsOptie (type)	KL_p	X
Kmi_ow	Nationale kosten van investeringen in primaire bron	KL_p	GebiedsOptie (type)	
Oji_ow_EIA	Opbrengsten in eindgebr.kosten van investeringssubsidie primaire bron	KL_p	GebiedsOptie (type)	X
Omi_ow_EIA	Nationale kosten van investeringssubsidies in primaire bron	Subsidie	KL_p	
Oj_ow_SDE	Jaarlijkse opbrengsten van productiesubsidies voor primaire bron	Subsidie	GebiedsOptie (type)	X
Oj_lv_SDE	Jaarlijkse opbrengsten van productiesubsidies voor leverancier	Subsidie	Leverancier	X
Kji_wd_Gnet	Eindgebruikers-kapitaallasten aangepast gasnet voor gebiedsopties	WijkDistributeur	KL_p	X
Kmi_wd_Gnet	Betaling van wijkdistributeur voor aangepast gasnet in nationale kosten	KL_p	GasNet	
Kmi_Gnet	Nationale kapitaallasten aangepast gasnet voor gebiedsopties	GasNet	NetWerk	
Kj_wd_Gnet_oh	Hogere onderhoudskosten van aangepast gasnet voor gebiedsopties	WijkDistributeur	Onderhoud	X
Kji_id_LO	Eindgebruikers-kapitaallasten inpandige opwekkingssystemen in W-net	InpandigDistributeur	KL_p	X
Kmi_id_LO	Nationale kapitaallasten inpandige opwekkingssystemen in warmtenet	KL_p	LokaleOpwekking	
Kj_id_LO_oh	Onderhoudskosten van inpandige opwekkingssystemen in warmtenet	InpandigDistributeur	Onderhoud	X

Tabel D.3 Boekingen Flowtabel “verbruik”

Beschrijving	Van	Naar	Emissiefactoren
Ruimteverwarming uit lokale opwekkingsinstallaties	LokaleOpwekking	Ruimteverwarming	n.v.t.
Tapwater uit lokale opwekkingsinstallaties	LokaleOpwekking	Tapwaters	n.v.t.
Ventilatie uit lokale opwekkingsinstallaties	LokaleOpwekking	Ventilatie	n.v.t.
Koudelevering uit lokale opwekkingsinstallaties	LokaleOpwekking	Koude	n.v.t.
LokaleOpwekking ontvangt metervraag elektra	GebouwElektra	LokaleOpwekking	n.v.t.
LokaleOpwekking ontvangt metervraag gas	GebouwGas	LokaleOpwekking	n.v.t.
LokaleOpwekking ontvangt metervraag waterstof	GebouwWaterstof	LokaleOpwekking	n.v.t.
LokaleOpwekking ontvangt metervraag biogrondstoffen	GebouwBiovast	LokaleOpwekking	n.v.t.
Levering elektriciteit aan gebouwen	ElektriciteitsLevering	GebouwElektra	n.v.t.
Elektriciteit voor gebouwen afkomstig uit elektriciteitsnet	Elektriciteitsnet	ElektriciteitsLevering	Elektriciteit
Levering gas aan gebouwen	GasLevering	GebouwGas	n.v.t.
Gas voor gebouwen afkomstig uit gasnet	Gasnet	GasLevering	Gas
Levering waterstof aan gebouwen	WaterstofLevering	GebouwWaterstof	n.v.t.
Waterstof voor gebouwen afkomstig uit gasnet	Gasnet	WaterstofLevering	n.v.t.
Apparatuurdiensten uit lokale apparaten	GebouwApparatuur	Apparatuur	n.v.t.
Lokale apparaten ontvangen metervraag elektriciteit	GebouwElektra	GebouwApparatuur	n.v.t.
Omgevingsverlies van apparatuur	GebouwApparatuur	OmgevingVerlies	n.v.t.
Omgevingswinst van apparatuur	OmgevingWinst	GebouwApparatuur	n.v.t.
Omgevingsverlies van lokale opwekking	LokaleOpwekking	OmgevingVerlies	n.v.t.
Omgevingswinst van lokale opwekking	OmgevingWinst	LokaleOpwekking	n.v.t.
Levering elektriciteit aan inpandige distributie	ElektriciteitsLevering	InpandigDistributie	n.v.t.
Levering elektriciteit aan WijkDistributie	ElektriciteitsLevering	WijkDistributie	n.v.t.
Levering elektriciteit aan PrimaireBron	ElektriciteitsLevering	PrimaireBron	n.v.t.
Elektriciteit voor inpandige distributie afkomstig uit elektriciteitsnet	Elektriciteitsnet	ElektriciteitsLevering	n.v.t.
Elektriciteit voor WijkDistributie afkomstig uit elektriciteitsnet	Elektriciteitsnet	ElektriciteitsLevering	n.v.t.
Elektriciteit voor PrimaireBron afkomstig uit elektriciteitsnet	Elektriciteitsnet	ElektriciteitsLevering	n.v.t.
Levering gas aan inpandige distributie	GasLevering	InpandigDistributie	n.v.t.
Levering gas aan WijkDistributie	GasLevering	WijkDistributie	n.v.t.
Levering gas aan PrimaireBron	GasLevering	PrimaireBron	n.v.t.
Gas voor inpandige distributie afkomstig uit gasnet	Gasnet	GasLevering	n.v.t.
Gas voor WijkDistributie afkomstig uit gasnet	Gasnet	GasLevering	n.v.t.
Gas voor PrimaireBron afkomstig uit gasnet	Gasnet	GasLevering	n.v.t.
Levering gas aan installaties in wijkdistributienetten	Gasnet	WijkDistributie	Gas
Levering elektriciteit aan installaties in wijkdistributienetten	Elektriciteitsnet	WijkDistributie	Elektriciteit
Warmte ontvangen door het wijkdistributienet uit het transportnet <sup>1</sup>	Opwekking	WijkDistributie	n.v.t.
Warmte ontvangen door inpandige systemen uit wijkdistributienet <sup>1</sup>	WijkDistributie	InpandigeDistributie	n.v.t.
OmgevingVerlies van leidingen en installaties in wijkdistributienetten	WijkDistributie	OmgevingVerlies	n.v.t.
OmgevingWinst van leidingen en installaties in wijkdistributienetten	OmgevingWinst	WijkDistributie	n.v.t.
Ruimteverwarminglevering aan gebouwen uit inpandige distributie	InpandigeDistributie	Ruimteverwarming	n.v.t.
Tapwaterlevering aan gebouwen uit inpandige distributie	InpandigeDistributie	Tapwaters	n.v.t.
Koudelevering aan gebouwen uit inpandige distributie warmtenetten	InpandigeDistributie	Koude	n.v.t.
Levering gas aan inpandige installaties in gebouwen	Gasnet	InpandigeDistributie	Gas
Levering elektriciteit aan inpandige installaties in gebouwen	Elektriciteitsnet	InpandigeDistributie	Elektriciteit
Warmte ontvangen door inpandige systemen uit wijkdistributienet <sup>1</sup>	WijkDistributie	InpandigeDistributie	n.v.t.
OmgevingVerlies van inpandige installaties in gebouwen	InpandigeDistributie	OmgevingVerlies	n.v.t.
OmgevingWinst van inpandige installaties in gebouwen	OmgevingWinst	InpandigeDistributie	n.v.t.
Levering gas aan installaties bij primaire bron	Gasnet	Opwekking	Gas
Levering elektriciteit aan installaties bij primaire bron	Elektriciteitsnet	Opwekking	Elektriciteit
Warmte uit primaire bron	PrimaireBron	Opwekking	n.v.t.
Warmte die primaire bron levert aan het transportnet <sup>1</sup>	Opwekking	WijkDistributie	n.v.t.
OmgevingVerlies van leidingen en installaties bij primaire bron	Opwekking	OmgevingVerlies	n.v.t.
OmgevingWinst van leidingen en installaties bij primaire bron	OmgevingWinst	Opwekking	n.v.t.

<sup>1</sup> warmteoverdracht van opwekker naar wijkdistributie, en van wijkdistributie naar inpandig worden beiden dubbel geboekt: eenmaal als verliespost voor de opwekker resp. distributeur, en eenmaal als ontvangst door de distributeur resp. inpandige distributie.

## Tabel D.4 Emissiefactoren Flowtabel “uitstoot”

*Let op: Emissiefactoren van NOx, SO2, VOS en TS bevatten verouderde waardes die niet recent zijn gevalideerd. Deze kunnen als werkwaardes worden gezien en het wordt afgeraden deze te gebruiken voor studies zonder deze voorafgaand te valideren.*

Jaar <sup>1</sup>	CO2 (Kg / GJ) <sup>2</sup>		NOx (Kg / GJ) <sup>2</sup>		SO2 (Kg / GJ) <sup>2</sup>		VOS (Kg / GJ) <sup>2</sup>		TS (Kg / GJ) <sup>2</sup>	
	Elek <sup>4</sup>	Gas <sup>3</sup>	Elek <sup>6</sup>	Gas <sup>5</sup>	Elek <sup>6</sup>	Gas <sup>5</sup>	Elek <sup>6</sup>	Gas <sup>5</sup>	Elek <sup>6</sup>	Gas <sup>5</sup>
2010	127.78	56.24	76.00	20.00	25.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
2011	122.78	56.24	71.90	20.00	23.60	0.00	1.90	0.00	1.00	0.00
2012	131.11	56.24	67.80	20.00	22.20	0.00	1.80	0.00	1.00	0.00
2013	133.61	56.24	63.70	20.00	20.80	0.00	1.70	0.00	1.00	0.00
2014	139.72	56.24	59.60	20.00	19.40	0.00	1.60	0.00	1.00	0.00
2015	146.94	56.24	55.50	20.00	18.00	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00
2016	137.50	56.24	51.40	20.00	16.60	0.00	1.40	0.00	1.00	0.00
2017	125.83	56.24	47.30	20.00	15.20	0.00	1.30	0.00	1.00	0.00
2018	112.50	56.24	43.20	20.00	13.80	0.00	1.20	0.00	1.00	0.00
2019	94.72	56.24	39.10	20.00	12.40	0.00	1.10	0.00	1.00	0.00
2020	83.33	56.24	35.00	20.00	11.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
2021	78.06	56.24	32.50	20.00	10.20	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00
2022	74.22	56.24	30.00	20.00	9.40	0.00	0.80	0.00	0.80	0.00
2023	68.06	56.24	27.50	20.00	8.60	0.00	0.70	0.00	0.70	0.00
2024	62.50	56.24	25.00	20.00	7.80	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
2025	58.33	56.24	22.50	20.00	7.00	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
2026	54.17	56.24	20.00	20.00	6.20	0.00	0.40	0.00	0.40	0.00
2027	50.28	56.24	17.50	20.00	5.40	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00
2028	46.94	56.24	15.00	20.00	4.60	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00
2029	43.89	56.24	12.50	20.00	3.80	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
2030	24.17	56.24	10.00	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2031	24.44	56.24	9.80	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2032	24.44	56.24	9.60	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2033	24.44	56.24	9.40	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2034	24.44	56.24	9.20	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2035	24.44	56.24	9.00	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2036	24.44	56.24	8.80	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2037	24.44	56.24	8.60	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2038	24.44	56.24	8.40	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2039	24.44	56.24	8.20	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2040	24.44	56.24	8.00	20.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2041	24.44	56.24	7.80	20.00	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2042	24.44	56.24	7.60	20.00	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2043	24.44	56.24	7.40	20.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2044	24.44	56.24	7.20	20.00	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2045	24.44	56.24	7.00	20.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2046	24.44	56.24	6.80	20.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2047	24.44	56.24	6.60	20.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2048	24.44	56.24	6.40	20.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2049	24.44	56.24	6.20	20.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2050	24.44	56.24	6.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup> Emissiefactoren voor 2010, 2020, 2030, 2040 en 2050 zijn gegeven in de bronnen, de overige jaartallen zijn lineair geïnterpoleerd.

<sup>2</sup> Deze emissiefactoren kunnen apart opgegeven worden voor groene/grijze elektriciteit en voor aardgas/groengas. In de standaardinvoer zijn deze emissiefactoren gelijkgesteld, met uitzondering van CO<sub>2</sub> waarbij de emissiefactoren op nul zijn gesteld bij groengas en klimaatneutrale elektriciteit.

<sup>3</sup> Emissiefactor CO<sub>2</sub> aardgas is ontleend aan: [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/05/vaststelling-standaard-co2-ef-aardgas-jaar-nationale-monitoring-2020-en-ets-2020-def\\_0.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/05/vaststelling-standaard-co2-ef-aardgas-jaar-nationale-monitoring-2020-en-ets-2020-def_0.pdf)

<sup>4</sup> Emissiefactoren CO<sub>2</sub> elektriciteit zijn overgenomen uit de tabellenbijlage bij de KEV 2019 (Schoots & Hammingh, 2019).

<sup>5</sup> Emissies van NOx, SO<sub>2</sub>, VOS en TS bij aardgas zijn aangeleverd door Arjan Plomp (ECN, 2015).

<sup>6</sup> Emissies van NOx, SO<sub>2</sub>, VOS en TS bij elektriciteit zijn gebaseerd op de uitstoot van het centrale elektriciteitspark binnen de NEV 2015 (voorgenomen beleid). Deze zijn gereed gemaakt voor invoer in Vesta door ECN/TNO.