



Functioneel ontwerp Vesta 3.0



CE Delft

Committed to the Environment

Functioneel ontwerp Vesta 3.0

Dit rapport is geschreven door:

Benno Schepers, Cor Leguijt

Met medewerking van: Ruud van den Wijngaart (PBL), Maarten Hilferink (Object Vision)

Delft, CE Delft, november 2016

Publicatienummer: 16.3H57.@@

Gebouwde omgeving / Energievoorziening / Vraag en aanbod / Warmte / Gegevensbestanden / Scenario's

Opdrachtgever: Planbureau voor de Leefomgeving.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Benno Schepers.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



Voorwoord

Voor u ligt de derde versie van het functioneel ontwerp van Vesta, 3.0 wel te verstaan. In dit functioneel ontwerp (FO) wordt een integraal, nieuw ontwerp van Vesta omschreven. Dit ontwerp is sterk gebaseerd op 2.0, maar in het kader van het MAIS-project van de Rijksoverheid, zijn diverse aspecten fundamenteel aangepast en aangevuld.

De aanpassingen die in dit FO zijn beschreven zijn gebaseerd op de wensen van het Kernteam dat het MAIS-project begeleidt en op de input die is verkregen uit diverse consultaties in de markt.

De wensen zijn functioneel vertaald door PBL, ObjectVision en CE Delft. ObjectVision heeft de aanpassingen in het FO uiteindelijk omgezet in Vesta 3.0, welke na afronding van het project beschikbaar is voor analyses van de toekomstige warmtevoorziening van Nederland.



Inhoud

| | | |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Globale beschrijving van de werking van het model | 7 |
| 1.1 | Versie | 7 |
| 1.2 | Doel | 7 |
| 1.3 | Werking van het model | 8 |
| 1.4 | Actoren | 10 |
| | | |
| 2 | Blok 2: Input bebouwing | 12 |
| | | |
| 3 | Blok 2: Input energiegegevens | 13 |
| 3.1 | Inleiding | 13 |
| 3.2 | Kengetallen energievraag en -aanbod op gebouwniveau | 13 |
| 3.3 | Invoerbestand restwarmtelocaties | 16 |
| 3.4 | Inputgegevens overige warmtebronnen | 16 |
| 3.5 | Kosten en energieprijzen | 17 |
| 3.6 | Gegevens over potenties en kostprijzen van vraagzijdebepaling | 18 |
| 3.7 | Contourbestanden geothermie en WKO | 20 |
| 3.8 | Gegevens huidige warmtedistributiegebieden en -netten | 21 |
| | | |
| 4 | Blok 3: Overige input | 22 |
| 4.1 | Draagvlakindicatoren | 22 |
| 4.2 | Overige input | 22 |
| | | |
| 5 | Blok 4: Interactie | 23 |
| 5.1 | Energiescenario's vraag- en aanbodzijde | 24 |
| | | |
| 6 | Blok 5: Bepaling en lokale energieproductie en -vraag | 27 |
| 6.1 | Inleiding | 27 |
| 6.2 | Werkwijze | 27 |
| | | |
| 7 | Blok 6: Rekenmodule rentabiliteit warmtegebiedopties | 28 |
| 7.1 | Inleiding | 28 |
| 7.2 | Werkwijze | 29 |
| 7.3 | Uitwerking stappen rentabiliteitsberekening | 32 |
| 7.4 | Split incentive | 34 |
| 7.5 | Aaneenrijgen van planregio's t.b.v. warmtelevering: iteratieslagen | 38 |
| | | |
| 8 | Intermezzo: Infrastructuur gas en elektriciteit | 40 |
| 8.1 | Opbrengsten gas- en elektriciteitsinfrastructuur | 40 |
| 8.2 | Kosten gas- en elektriciteitsinfrastructuur | 41 |
| | | |
| 9 | Blok 7: Interactie en bepaling: nadere reductie energievraag | 43 |
| | | |
| 10 | Blok 8: Bepaling kosten en baten actoren | 44 |



| | | |
|------------------|--------------------------------------------------------------------|------------|
| 10.1 | Inleiding maatschappelijke- en eindgebruikerskosten en -baten | 44 |
| 10.2 | Implementatie in het model | 45 |
| 10.3 | Welke energieprijs te hanteren? | 46 |
| 10.4 | Te hanteren default-discontovoeten in de kostenbepaling | 46 |
| 11 | Beschrijving blokken 9 t/m 12 | 48 |
| 11.1 | Blok 9: Bepaling draagvlak en kansrijkheid | 48 |
| 11.2 | Blok 10: Wegschrijven output | 48 |
| 11.3 | Blok 11: Analyse | 48 |
| 11.4 | Blok 12: Analyses buiten het model | 49 |
| 12 | Literatuurlijst | 50 |
| Bijlage A | Bebouwing | 51 |
| A.1 | Woningen | 51 |
| A.2 | Utiliteitsbouw | 52 |
| A.3 | Glastuinbouw | 52 |
| A.4 | Toekomstige situatie bebouwing (peiljaren: 2020, 2030, 2040, 2050) | 53 |
| Bijlage B | Overzicht investerings-componenten | 54 |
| Bijlage C | Formules rentabiliteit | 56 |
| C.1 | Hoofdformules (schematisch) | 56 |
| C.2 | Opbrengsten uit het warmtenet | 58 |
| C.3 | Kosten bij grootschalige warmtelevering | 64 |
| C.4 | WKO (warmte-koudeopslag) | 81 |
| C.5 | Opbrengsten gas- en elektriciteitsinfrastructuur | 87 |
| C.6 | Kosten gas- en elektriciteitsinfrastructuur | 89 |
| C.7 | Individuele gas-technieken | 93 |
| Bijlage D | Berekening van CO₂-emissies | 97 |
| Bijlage E | Berekening maatschappelijke- en eindgebruikerskosten | 99 |
| Bijlage F | Allocatie van kosten- en batenposten | 104 |
| Bijlage G | Overzichtstabellen | 113 |
| G.1 | Algemeen | 113 |
| G.2 | Kosten en baten | 113 |
| G.3 | Energiebalans | 116 |
| G.4 | CO ₂ -balans | 118 |
| G.5 | Outputtabellen | 118 |
| G.6 | Voorbeelden van uitvoertabellen | 120 |
| Bijlage H | Energieprijzen | 122 |





1 Globale beschrijving van de werking van het model

1.1 Versie

Dit functioneel ontwerp 3.0 is een derde versie van het oorspronkelijke functioneel ontwerp van Vesta van eind 2011. Ten opzichte van die vorige versies is de functionaliteit van het model uitgebreid en zijn enkele verbeteringen doorgevoerd. Deze nieuwe versie is opgesteld in het kader van het MAIS-traject van het ministerie van Economische Zaken.

1.2 Doel

Het doel van het model is om beleidsinformatie te genereren met betrekking tot de energievoorziening van de gebouwde omgeving. De recente aanpassingen aan Vesta hebben als doel om specifiekere beleidsvraagstukken door te rekenen, die in het kader van MAIS opkomen. Het gaat hierbij onder andere om marktordeningsvraagstukken, specifieke beleidsinstrumenten en nieuwe technieken.

De nadruk ligt op de vraag en het aanbod van warmte hoewel ook de elektriciteitsvraag van apparaten en verlichting wordt meegenomen. Het warmteaanbod geschiedt traditioneel op basis van (aard)gas met HR-ketels maar kan ook met collectieve systemen zoals restwarmte of geothermie, of met warmtepompen op basis van bodemwarmte. Vanuit de vraagzijde kan gestuurd worden op o.a. verbetering van de isolatiegraad van gebouwen, of op bewonersgedrag. Het model rekent keuzes met betrekking tot vraagzijde en aanbodzijde door op energievraag, eindgebruikers- en maatschappelijke kosten, CO₂-emissies en andere emissies naar lucht, etc. Daarbij kan gekozen worden uit verschillende scenario's voor de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland en kunnen invoerparameters zoals de ontwikkeling van energieprijzen gevarieerd worden. De ruimtelijke ontwikkeling van Nederland wordt als invoer aan het model aangeboden.

Bij de warmtevoorziening zit er interactie tussen vraag en aanbod, omdat de omvang van de vraag medebepalend is voor de rentabiliteit van warmte-distributieprojecten. Isoleren van gebouwen reduceert zo bijvoorbeeld het potentieel aan rendabele warmteprojecten. De gebruiker van het model kan aldus handmatig zoeken naar optimale situaties, en/of het rekenmodel gebruiken om (sub)optimale oplossingen te vinden.

Van belang voor een goed begrip van het model is het besef dat bij de energievraagzijde een keuze gemaakt kan worden door de gebruiker om maatregelen op te leggen of de maatregelen kostenoptimaal te laten bepalen op basis van rentabiliteitsberekeningen door het model. Hetzelfde geldt voor lokale energieproductie met zonneboilers, zonnecellen, warmtepompen en micro-warmtekracht. Dit in tegenstelling tot warmtebronnen waarmee ook een warmte-distributienet samenhangt, zoals rest- en aftapwarmte, bio-WKK, wijk-WKK, geothermie en WKO. Het model bepaalt de inzet daarvan op basis van rentabiliteitsberekeningen vanuit het oogpunt van de investeerder, en op basis van door de gebruiker opgegeven prioritaire volgordes.



Nieuw in de derde versie van het Vesta model zijn de biomassatechnologieën van woningen, utiliteitsgebouwen en glastuinbouw. Nadat het Vesta model heeft gedraaid met alle overige maatregelen kunnen vervolgens de biomassatechnologieën van de gebouwen worden opgelegd. De gevolgen voor de CO₂-emissie en andere emissies naar lucht van de sector gebouwde omgeving worden dan in beeld gebracht. Er vindt echter geen kostendoorrekening en rentabiliteitsafweging van de biomassatechnologieën plaats.

De default is in alle gevallen verwarming met gas.

1.3 Werking van het model

De globale werking van het model is weergegeven in het stroomschema in Figuur 1. De nummers van de blokken worden verderop in deze notitie weer gebruikt.

Om aan de energievoorziening in de gebouwde omgeving te kunnen rekenen moet er eerst een gebouwde omgeving in het model worden ingevoerd. Dat gebeurt in Blok 1.

De basis van het model is de ruimtelijke verdeling van de bebouwing in Nederland. Bebouwing is gedefinieerd als verzameling bebouwingsobjecten. Voor de toekomst wordt er gewerkt met verschillende scenario's voor nieuwbouw en sloop, de gebruiker moet daar in Blok 4 een keuze uit maken. Alle benodigde scenariogegevens worden al wel in Blok 1 ingelezen. Bebouwingsobjecten worden onderscheiden naar (momenteel 6) bebouwings-componenten: Bestaande woningen gegroepeerd op basis van overeenkomende PC6, utiliteiten¹ (per vestiging), glastuinbouw (per glastuinbouwlocatie, per voorkomend type) en nieuwe woningen, utiliteiten en glastuinbouw (volgens Ruimtescanner resultaten, per hectare). Zware industrie, veeteelt en grondgebonden landbouw worden buiten beschouwing gelaten.

Aan elk bebouwingsobject wordt een energievraag toegekend. De energiekenngetallen daarvan worden per eenheid modelobject² gedefinieerd in Blok 2. De gebruiker kan er in Blok 4 voor kiezen om de huidige vraag te reduceren, bijvoorbeeld door de efficiency van gebouwen te verhogen. De kenngetallen voor de kosten en effecten van dergelijke maatregelen worden ook ingelezen in Blok 2, evenals alle andere energie-relevante gegevens zoals gegevens over restwarmtebronnen, geothermie, et cetera. Keuzes voor energievraagreductie zijn belangrijk omdat die van invloed zijn op de rentabiliteit van warmtelevering, die verderop, in Blok 6, wordt bepaald door het model. De default voor de energielevering voor de warmtevraag is gas in het model. Gebouwen worden geacht 'default' op het gas- en elektranet aangesloten te zijn tenzij ze al zijn aangesloten op een bestaand warmtenet. Bij nieuwbouw kan voorrang worden gegeven aan elektrische verwarming al dan niet op basis van rentabiliteit.

De energievraag van de bebouwing en de lokale productie met bijvoorbeeld zonneboilers of microwarmtekracht, worden uitgerekend in Blok 5. Dat gebeurt per bebouwingsobject. De gebruiker moet daarvoor alle benodigde keuzes maken in Blok 4, zoals energieprijsscenario's, prioriteitsvolgordes van

¹ Dit wordt gedaan aan de hand van de Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG) van Het Kadaster.

² Een 'modelobject' is een woning, m² utiliteit of m² glastuinbouw.

warmtebronnen, etc. Als default wordt de gebouwde omgeving verwarmd op basis van gas.

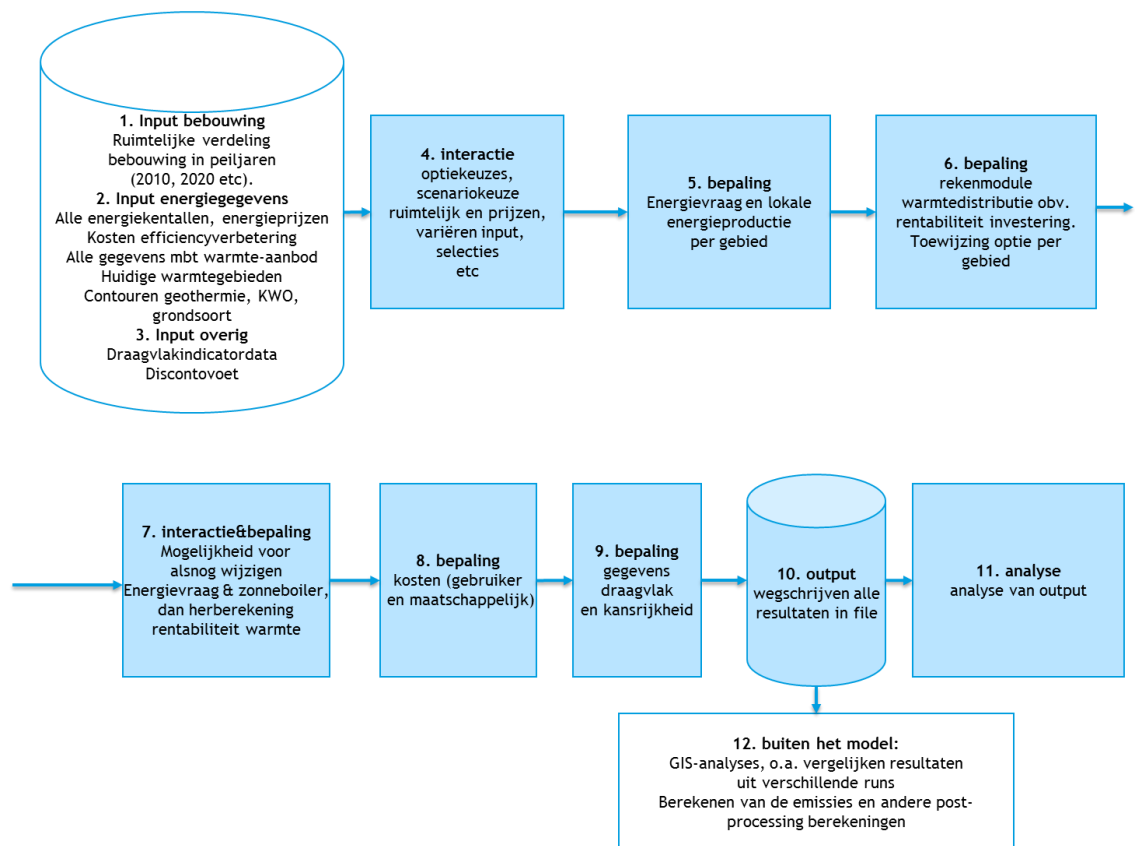
Overige benodigde gegevens zoals discontovoeten worden ingelezen in Blok 3. In Blok 3 worden ook gegevens ingelezen die relevant zijn voor bepaling van draagvlak en kansrijkheid van bepaalde maatregelen.

Als de energievraag en de lokale productie eenmaal zijn bepaald in Blok 5, dan wordt in Blok 6 vervolgens per gebied berekend of het rendabel is om te kiezen voor een andere warmtebron dan gas. Het rekenmodel bepaalt voor elk gebied of warmtedistributie fysiek beschikbaar is, en of dat rendabel toe te passen is of niet. Voor grootschalige restwarmte, BMC, bio-WKK, wijk-WKK (en BMC) en voor geothermie worden die bepalingen op planregio niveau uitgevoerd (meestal CBS-buurt, maar kan ook 500 m grid of 2 km grid zijn), voor WKO worden bebouwingsobjecten geclusterd.

In Blok 8 en Blok 9 worden gebruikerskosten en maatschappelijke kosten uitgerekend en draagvlakgegevens bepaald. In Blok 10 worden alle gegevens weggeschreven voor nadere analyse buiten het model.

Output van het model is deel per bebouwingsobject, per planregio en per te kiezen rapportageregio. Door de outputs van verschillende runs van het model te vergelijken en te analyseren worden de effecten van beleidskeuzes inzichtelijk, de gebruiker kan zo naar optimale combinaties van vraag- en aanbodzijdemaatregelen zoeken.

Figuur 1 Schematisch stroomschema van het model. De functionele beschrijving is gebaseerd op de bloknummers in deze figuur



1.4 Actoren

Nieuw in Vesta 3.0 is de toevoeging van actoren voor het in beeld brengen van waar de kosten en opbrengsten in de warmtevoorziening zich bevinden en welke financiële stromen tussen actoren plaatsvinden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de actoren die relevant zijn voor de rentabiliteitsberekeningen en actoren die daar geen (modelmatige) invloed op uitoefenen.

De eerste categorie bestaat uit:

- **Opwekking**
In het geval van collectieve warmteopties is dit onder andere de restwarmtebron of de geothermiebron.
- **Transport**
Dit betreft de hoofdinfrastructuur voor warmte, gas en elektriciteit; van de bron naar centrale punten in de wijk/buurt.
- **Distributie**
 - **Uitpandig**
Dit betreft de fijnmazige infrastructuur binnen de wijk/buurt, vanaf het punt van Transport.
 - **Inpandig**
Dit betreft de inpandige distributie in het geval van collectieve warmte bij gestapelde bouw.
- **Gebouweigenaar**
Dit betreft de eigenaar van het gebouw. Dit kan een verhuurder zijn of een eigenaar-bewoner. Verantwoordelijk voor eventuele gebouwaanpassingen.
- **Gebouwgebruiker**
Dit betreft de gebruiker van het gebouw. Dit kan een huurder zijn of een eigenaar-bewoner. De gebruiker is verantwoordelijk voor onder andere het energiegebruik.
- **Leverancier**
Een overkoepelende actor die fictief de geldstromen binnen het systeem beheert tussen eindgebruik en productie en zorgdraagt dat de kosten van de actoren worden gedekt door de opbrengsten.

De tweede categorie bestaat onder andere uit:

- **Overheid**
Verschaft subsidies en heft BTW en energiebelasting.
- **Gasleverancier**
Ontvangt opbrengsten van aardgasverbruik in de ongewijzigde situatie.
- **Elektriciteitsleverancier**
Ontvangt opbrengsten van elektriciteitsverbruik.

De volgende tabel geeft illustratief een beeld van de rol van de actoren in de verschillende stappen in de modelberekeningen. In het vervolg van dit functioneel ontwerp worden alle stappen, actoren en activiteiten verder toegelicht.

Tabel 1 Illustratief voorbeeld van actoren en kosten

| Actor | Stap 1 Opbrengsten | Stap 2 Kapitaallasten warmtedistributie | Stap 3 Operationele lasten warmtedistributie |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Opwekking | | Warmteuitkoppeling Bron | O&M |
| Transport | | Primair transportnet | O&M |
| Wijkdistributie | Aansluitbijdrage (opbrengst) | Overdrachtsstation Secundair net Distributienet Onderstations Hulpwarmteketels Precario | O&M Inkoop aardgas bijstook |
| Inpandige distri- butie | | Aansluitleidingen Aansluitsets Warmtemeters Vergoeding bestaande in- stallatie (uitgave) | O&M |
| Gebouweigenaar | Aansluitbijdrage (uitgave) | Vergoeding bestaande in- stallatie (ontvangst) Ongerijsvergoeding (uitga- ve) Projectmanagement Huurverlaging (uitgave) | |
| Gebouwgebruiker | Vastrecht Warmtelevering | Ongerijsvergoeding (ont- vangst) Huurverlaging (ontvangst) | |

2 Blok 2: Input bebouwing

Dit blok heeft als functie om alle bebouwingsgegevens in te lezen. De basislaag van het model wordt gevormd door de gegevens over de bebouwing in Nederland. Deze worden in dit blok ingelezen. Het model koppelt daar vervolgens de energiekegetallen aan, zodat de energievraag per gebied kan worden uitgerekend.

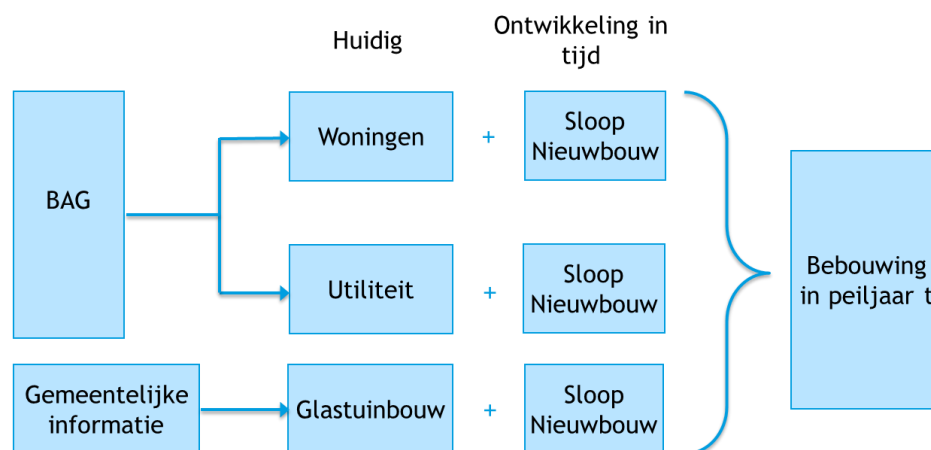
**GeoDmsGui: Zie Container
Vesta/BronData/bebouwing**

Het systeem leest gegevens in over de ruimtelijke verdeling van gebouwen in Nederland.

De verdeling van woningen, utiliteit en glastuinbouw komt uit de BAG en wordt periodiek geupdate met de meest recente aantallen. Daaraan toegevoegd worden gegevens over sloop en over nieuwbouw. Dit wordt gecombineerd tot een invoerbestand met daarin per peiljaar (2010, 2020, 2030, 2040, 2050) de bebouwing per soort.

Er worden meerdere varianten van dit invoerbestand gemaakt, voor verschillende ruimtelijke scenario's in Nederland, en ook voor de situatie dat er geen sprake is van sloop of van nieuwbouw. De gebruiker kan in het systeem opgeven welk specifiek invoerbestand hij wil 'aankoppelen'. Het is vanuit het reksysteem mogelijk om extra beslisregels toe te voegen waarmee bijvoorbeeld slechts een deel van de bebouwing wordt meegenomen in de bepaling van de energievraag. De relevante kenmerken voor die selectie moet dan al wel deel uitmaken van de voor het invoerbestand gedefinieerde attributen. Zie daarvoor Bijlage A.

Figuur 2 Schematische opbouw van de bebouwing in peiljaar t



NB: In Vesta 3.0 is het mogelijk gemaakt om van zichtjaar naar zichtjaar te stappen en per stap condities in het model te wijzigen. De status van de bebouwingsobjecten wordt in het model via overerving meegenomen naar een volgend zichtjaar.

3

Blok 2: Input energiegegevens

3.1 Inleiding

Dit blok heeft de functie om alle energiegerelateerde gegevens in te lezen.

**GeoDmsGui: Zie Container
Vesta/BronData/energie**

Input wordt ingelezen voor het startjaar (meest recente gegevens voor de huidige situatie), en voor de peiljaren 2020, 2030, 2040 en 2050. De input in dit blok staat in invoer-bestanden en voor sommige gegevens als default bij de formules in Bijlage C, en bestaat uit:

- gegevens over de energievraag in de gebouwen en de opbouw van die energievraag (zie Vesta/BronData/energie/vraag);
- gegevens over de warmtecapaciteitsvraag;
- locatiegegevens van rest- c.q. aftapwarmtebronnen en relevante verdere gegevens van die bronnen, zie Vesta/BronData/energie/WarmteBronnen/Restwarmte;
- gegevens overige warmtebronnen;
- kosten/prijzen van energie en kostprijs van CO₂-emissies, zie Vesta/BronData/energie/prijzen;
- CO₂-emissiefactor van elektriciteit (aard)gas, en warmte (per bron);
- de relevante gegevens voor de rentabiliteitsberekeningen van warmtedistributie en WKO, zie Vesta/BronData/energie/WarmteBronnen, en daarin WKO, GeoThermie, WKK en BMC;
- potenties en kosten van energiebesparende technieken in de vorm van kostencurves, en van gebouwgebonden decentrale opwekking (zon-PV, zonneboilers, elektrische warmtepompen en micro-WKK), zie Vesta/BronData/energie/vraag/ModelXXX/results/Verbeteringen;
- contourbestanden met bodemgeschiktheid voor geothermie (ja/nee), bodemgeschiktheid voor WKO (ja/nee), graaddagencorrectie, zie Vesta/BronData/klimaat;
- de gebieden met huidige warmtelevering, zie RunContext/Y2010/StartingState/AanbodOpties/RestWarmte/GivenStartArcSet.

Deze gegevenssoorten worden hieronder nader beschreven.

In Vesta 3.0 zijn de investeringskengetallen voorzien van 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.

3.2 Kengetallen energievraag en -aanbod op gebouwniveau

De volgende energievraagkengetallen worden ingevoerd in het model:

1. Functionele energiebehoefte uitgesplitst in 4 energiebehoefte-categorieën: warmte, koude, elektrische apparatuur en warmwater (zie Tabel 2):
 - a. Woningen (per woning, per woningtype, per bouwjaarklasse).



- b. Utiliteit (per m² bvo, per type utiliteit).
- c. Glastuinbouw (per m², per type glastuinbouw).

Op de functionele behoefte van woningen en utiliteit is ook door de gebruiker per periode in te stellen de vraagfactor per energiebehoefte-categorie (zie contai-

ner/UserInput1/RuimtelijkeVraagOpties/DragerSpecifiekeOpties/RuimteVerwarming) waarmee de gebruiker een verlaging of verhoging daarvan kan doorvoeren (bij handmatige wijze van het modelleren van bijvoorbeeld prijselasticiteit, toekomstige verlaging van de warmtebehoefte en verhoging van de koelbehoefte door opwarming van het klimaat of van gedragscampagnes)³. Door de functionele behoefte in toekomstige peiljaren te verlagen kan de gebruiker van het model een autonome efficiencyverbetering dan wel vraagaanpassing simuleren.

De functionele energiebehoefte staat voor de energievraag die de bewoners van het gebouw hebben. Deze vertaalt zich naar een vraag 'aan de energiemeter' via de efficiency van het gebouw en de efficiency van de installatie/apparatuur.

Daarnaast wordt een 100x100 m² gridbestand met zgn. graaddagencorrectie ingelezen. De warmtebehoefte wordt default ruimtelijk gecorrigeerd met graaddagencorrectie. De correctiefactor wordt toegepast op de functionele vraag ruimteverwarming in de gebouwen, en dient om te kunnen corrigeren voor de ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaartemperatuur in Nederland en voor de toekomstige geleidelijke temperatuurstijging in de peiljaren. Het aantal graaddagen per jaar in een gebied is rechtevenredig met de jaarvraag naar ruimteverwarming. De inputkengetallen per gebouwtype daarvoor zijn gebaseerd op het langjarig Nederlands gemiddelde zoals gemeten in De Bilt. Zie (PBL, 2012) voor nadere informatie.

2. Gebouwefficiency en installatie-efficiency per gebouw voor het startjaar⁴. Voor zowel de warmte⁵-, de koude- als de warmwatervraag wordt gedifferentieerd naar energiedrager: elektriciteit, gas, warmte (zie Tabel 2). NB: Bij woningen wordt ook per modelobject de huidige energie-index en bijbehorend energielabel ingevoerd. Per bebouwingsobject wordt het actuele label bepaald op basis van vastgestelde energielabels van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO):
 - a. Woningen (per woningtype, per leeftijdscategorie).
 - b. Utiliteit (per m², per aard utiliteit).
 - c. Glastuinbouw (per m², per type).

De efficiency voor warm waterinstallatie en ruimteverwarmingsinstallatie is als echte fysieke efficiency gemodelleerd, de gebouwefficiency is als *indexgetal* gemodelleerd, met indexgetal = 1,0 voor de huidige bebouwing.

NB: Per Modelobject (woning, m² utiliteit en m² glastuinbouw) wordt ook de aansluit-capaciteit voor warmtelevering ingevoerd. Deze is nodig voor de

³ In Vesta kan de functionele energiebehoefte worden aangepast door schaling (basiswaarde = 1.0) van warm water, koude, elektrische apparatuur en ruimteverwarming in DragerSpecifiekeOpties.

⁴ NB: Mocht er naderhand voortschrijdend inzicht zijn over de huidige kwaliteit van gebouwen dan kunnen de invoermatrices daar op worden aangepast, bijvoorbeeld door een andere (verbeterde) invoerset in te lezen.

⁵ NB: Het energiegebruik voor koken wordt niet separaat opgevoerd in het model vanwege de geringe omvang van dit verbruik (bij gas: < 100 m³/jaar), en koken op gas of elektrisch koken afhankelijk is van leefstijl en alleen met veel aannames in een model te vatten.



kostenbepaling (i.e. investeringen) en afzetprijs van eventuele warmtelevering.

Tabel 2 Modelinput per type gebouw. Functionele vraag, gebouwefficiency en apparatuur/installatie-efficiency bepalen gezamenlijk 'de vraag aan de netten'

| | Warm water | | | Koude ⁶ | Elektriciteit apparatuur | Ruimteverwarming | | |
|-------------------------------------------|------------|--------|--------|--------------------|-----------------------------|------------------|--------|--------|
| | Gas | Warmte | Elek. | | | Gas | Warmte | Elek. |
| Functionele vraag | V_WW | | | V_KOU | V_APP_ELEK | V_RV | | |
| Efficiency gebouw | N.v.t. | | | EG | N.v.t. | EG | | |
| Efficiency apparatuur c.q. installatie | E_WW_G | E_WW_W | E_WW-E | E_KOU_E | E_APP_E | E_RV_G | E_RV_W | E_RV_E |

NB: Bij woningen en utiliteit wordt daarnaast ook de energie-index en bijbehorend energielabel ingevoerd, die wordt echter niet berekend in het model.

3. Aanbodpotenties op gebouwniveau, ter berekening van de lokale energieproductie per gebied (indien opgegeven als keuzeoptie door de gebruiker):
 - a. Zon-PV (beschikbaar dakoppervlak per type gebouw (m²), jaarproductie met zon-PV per m² dakoppervlak (kWh/jr)), kostprijs.
 - b. Zonneboiler (beschikbaar dakoppervlak per type gebouw (m²)); ervan uitgaand dat de zonneboiler alleen voor warmtapwaterproductie in het betreffende gebouw wordt gebruikt, jaarproductie per m² dakoppervlak (GJ/jr), kostprijs.
 - c. Elektrische warmtepomp⁷ (eWP) (effect op installatie-efficiency, kostprijs, extra benodigde elektriciteitsinzet). De extra elektriciteits-inzet wordt bepaald uit:
 - toename el.vraag = (warmtevraag aan eWP/COP) [GJe/jr];
 - waarbij default COP = 400%;
 - en (warmtevraag aan eWP) = func.vraag warmwater + (func.vraag ruimteverwarming/eff.gebouw) [GJth/jr].
 - d. De elektrische warmtepomp is in het model inzetbaar voor nieuwbouw van woningen en utiliteit, en voor de bestaande bouw in combinatie met isolatiepakket en aanleg van laagtemperatuur-afgiftesysteem. Bij glastuinbouw is de inzet van de elektrische warmtepomp niet mogelijk in het model.
 - e. Micro-WKK (elektriciteitsproductie (GJe/jr) en benodigde gasinzet (GJgas/jr) per geleverde eenheid warmte (GJth/jr)), in te zetten in de woningbouw.
 - f. Elektrische Weerstandsverwarming (ewv).

⁶ In de koudevraag van gebouwen wordt in het model voorzien door elektrische compressiekoelers, tenzij het gebouw wordt aangesloten op WKO. Bij woningen is de vraag naar koude ingesteld op 0 indien koude elektrisch wordt geleverd, maar stijgt de functionele vraag naar koude tot 7.2 [GJ Yr/nrWoningen] indien aangesloten wordt op WKO.

⁷ Voor nieuwbouw is er van uitgegaan dat het gebouw zodanig is gebouwd dat toepassing van elektrische warmtepompen standaard mogelijk is i.t.t. bij bestaande bouw. De elektrische warmtepomp is gemodelleerd onder 'lokale energieproductie' in plaats van onder efficiencyverbetering, omdat het gebouw 'all electric' wordt en er ook een verhoging van de elektriciteitsvraag mee samenhangt.



3.3 Invoerbestand restwarmtelocaties

Een belangrijk onderdeel van het model vormt de afweging of warmte-distributie rendabel toe te passen is. Hiertoe wordt onder andere een bestand met restwarmtelocaties ingelezen.

Vanuit een invoerbestand worden huidige en toekomstige restwarmtelocaties ingelezen in het systeem. De gegevens per restwarmtebron betreffen:

- ID ter identificatie (string);
- locatie (coördinaten): Point;
- jaartal ingebruikname (i.e. reeds beschikbaar in 2010, of jaartal in de toekomst);
- productiekostprijs van de warmte (K_{GJ} [€/GJ]) (per peiljaar);
- eenmalige investeringskosten in de uitkoppeling van de restwarmte (K_{kW_min} , K_{kW_max} [€/kW]);
- maximale (en minimale) capaciteit van de levering ($MWth_max$, $MWth_min$ [MW]);
- CO₂-emissie per geleverde GJ warmte vanuit de bron ($CO2_GL$). Jaarlijkse onderhoudskosten als fractie van de eenmalige investering (Rj Onderhoud [per jaar]).

In het systeem moet op elk punt (locatie) een restwarmtebron kunnen worden opgevoerd.

In de tabel '%datadir%/RestWarmteStart/CumulatedArcSet.dbf' wordt opgenomen welke planregio's reeds op een restwarmtebron zijn aangesloten en dan ook welke restwarmtebron en de initiële investeringskosten.

De capaciteit van de restwarmtebronnen omvat ook de leveringen aan deze reeds aangesloten planregio's.

3.4 Inputgegevens overige warmtebronnen

Het systeem werkt, naast rest/aftapwarmte van bestaande of toekomstige elektriciteitscentrales, afvalverbrandingsinstallaties (AVI's), biomassacentrales (BMC's) en industrieën, met de volgende warmte-aanbodopties:

- geothermie;
- WKO;
- wijk-WKK;
- bio-WKK.

Deze hebben, in tegenstelling tot rest/aftapwarmte, de eigenschap dat ze op elk gewenst punt kunnen worden ingezet, zonder transportafstand, *mits* de ondergrond daarvoor geschikt is i.g.v. geothermie en WKO. En deze zijn niet gebonden aan een maximale capaciteit, dit in tegenstelling tot restwarmte.

Per warmtebron wordt berekend door Vesta:

- de productieprijs van warmte (€/GJ) per zichtjaar (K_{GJ10} , K_{GJ20} , K_{GJ30} , K_{GJ40} , K_{GJ50} [€/GJ] ; de minimale aansluitwaarde ($Mwth$ min [MW]);
- de eenmalige minimale en maximale investeringskosten in de bron (K_{kW_min} , K_{kW_max} [€/kW]). De jaarlijkse onderhoudskosten als fractie van de eenmalige investering (Rj Onderhoud [per jaar]).

Voor geothermie en WKO is er de beperking dat de ondergrond in Nederland niet overal geschikt is. Er wordt met gebiedscontouren in het systeem opgegeven waar geothermie en WKO fysiek beschikbaar is. In het warmterentabiliteitsrekenmodel kan een geothermiebron binnen die contouren op afstand nul worden opgevoerd, het systeem moet ook rekening houden met de mogelijkheid dat geothermie naar een locatie buiten die contour wordt getransporteerd. Het systeem moet in dat geval aan de kosten van dat betreffende geothermieproject dan de investeringskosten voor het warmtetransport toevoegen.

Voor WKO is de keuze gemaakt om dit alleen binnen de contour toe te staan, en geen transportnet toe te staan vanuit een WKO-bron.

3.5 Kosten en energieprijzen

Deze gegevens zijn nodig voor de rentabiliteitsberekeningen aan de verschillende warmteopties (Blok 6).

De kostencomponenten (investeringskosten, etc.) voor warmtelevering, deze zijn uitgebreid beschreven, inclusief defaultwaardes, in Bijlage C. De kosten zijn onderscheiden naar

- a. Aansluitkosten van woningbouw.
- b. Aansluitkosten van utiliteitbouw.
- c. Aansluitkosten van glastuinbouw.
- d. Alle onderdelen van het distributienet warmte (en WKO).
- e. Kosten voor het transportnet voor de warmte (prijs per km rechte afstand; gedifferentieerd naar capaciteit).
- f. Kostprijs van de warmte bij de warmtebron.

De inkoopkosten van (rest)warmte worden uit een invoerbestand ingelezen in het model. De defaultwaardes staan in Tabel 3. De gebruiker kan desgewenst een ander invoerbestand aankoppelen met eigen gegevens. Elk type restwarmtebron kent een eigen bedrag per kWth 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 peiljaar bepaald, in Tabel 3 is alleen peiljaar 2010 opgenomen.



Tabel 3

Invoerbestand met defaultwaardes voor de kosten per restwarmtebron⁸ waarmee in het model rekening wordt gehouden. Onderstaande waardes zijn in 2012 geverifieerd in een marktconsultatie

| Typebenaming | Investerings ⁹ | Ondergrens | Ondergrens | Vaste kosten | Variabele kosten ¹⁰ |
|---------------------|------------------------------|---------------------|------------|--------------|--------------------------------|
| (Sleutelveld) | (€/kW _{th,output}) | (MW _{th}) | mIn€ | (% van inv.) | Euro_per_GJwarmte_2010 |
| Type | K_kW | MWth_min | K_min | JaarKosten | K_GJ10 |
| STEG | 150-175 | 10,0 | 1,50-1,75 | 5% | 4,94 |
| Kolen | 150-175 | 20,0 | 3,00-3,50 | 5% | 2,38 |
| Gasmotor | 800-1.800 | 0,5 | 0,40-0,90 | 1% | 3,71 |
| Gasturbine | 175-185 | 6,0 | 1,05-1,11 | 5% | 4,94 |
| Conventioneel | 175-185 | 6,0 | 1,05-1,11 | 5% | 4,94 |
| Industrie | 100-275 | 6,0 | 0,60-1,65 | 5% | 0,000237 |
| Raffinaderij | 225-275 | 6,0 | 1,35-1,65 | 5% | 0,000237 |
| AVI | 150-175 | 3,0 | 0,45-0,53 | 5% | 2,67 |
| BMC ¹¹ | 175-185 | 3,0 | 0,53-0,56 | 5% | 6,94 |
| Kern (kerncentrale) | - | - | - | 5% | 0,000237 |
| Wijk-WKK | 800-1.800 | 0,5 | 0,40-0,90 | 1% | 3,71 |
| Bio-WKK | 750-1.000 | 0,5 | 0,38-0,50 | 5% | |
| Geothermie | 1.750-2.000 | 3,0 | 5,25-6,00 | 1% | 0,000237 |

Daarnaast worden in het model uit een invoerbestand invoergegevens ingelezen van de energieprijzen en CO₂-prijs voor elk jaar, per soort afnemer. In Bijlage G staan invoerbestanden met defaultwaarden van de energieprijzen. De gebruiker kan desgewenst een ander invoerbestand aankoppelen met eigen gegevens. In de rentabiliteitsberekeningen wordt de energieprijs constant in de tijd gehouden en gelijk aan de waarde in het gekozen peiljaar. De kosten per peiljaar worden echter wel gebaseerd op de energieprijzen van dat peiljaar.

De warmteverkooprijzen in het model zijn afhankelijk van de gasprijzen en worden opgesteld conform de Maximumprijs-berekeningen van de ACM, zie de betreffende formules in Bijlage C.

3.6 Gegevens over potenties en kostprijzen van vraagzijdebepanking

De functie van deze gegevens is dat de gebruiker kan kiezen om aan de energievraagzijde energiebesparende maatregelen door te voeren. Het betreft kosten voor verbeteren van de gebouwefficiency, van de installatie-efficiency

⁸ NB: voor investeringen in 'actieve' bronnen (i.p.v. Investerings in uitkoppeling van een restwarmtebron) is de gehele investering in de bron bepaald. In geval daarmee ook elektriciteit wordt opgewekt met de bron, zoals bij wijk-WKK, is de opbrengst daarvan verrekend in de warmteprijs, en wordt de jaarlijkse omvang van die elektriciteitsproductie berekend i.v.m. het effect daarvan op de landelijke productie (die wordt immers minder, en daardoor ook de CO₂-emissie van het 'landelijk centralepark').

⁹ In de genoemde marktconsultatie is ook een range voor deze parameter vastgesteld, en een leercurve. Waarden zijn aangepast naar aanleiding van deze consultatie en een recentere consultatie in het kader van het MAIS-traject.

¹⁰ De variabele kosten zoals getoond in deze kolom worden in het model berekend op basis van de energie- en CO₂-prijzen in Bijlage G, het betreft dus geen harde invoerwaardes.

¹¹ De BMC wordt gezien als een puntbron waar restwarmte wordt uitgekoppeld. Hierbij komen dus alleen de uitkoppelkosten kijken. Deze zijn aangenomen van dezelfde hoogte als bij conventioneel.



voor warmte/koudevraag en warmwater, en gedifferentieerd naar energiedrager elektriciteit, gas, warmte. De gegevens worden uit een invoerbestand ingelezen. De gebruiker kan desgewenst een ander invoerbestand aankoppelen met eigen gegevens.

In het model wordt een maximale efficiencyverbetering opgevoerd met bijbehorende kosten. De gebruiker kan er voor kiezen een deel van die efficiencyverbetering door te voeren; het model voert dan een lineaire interpolatie op de opgegeven kosten uit.

Het invoerbestand is gedifferentieerd naar:

- woningen (per woningtype, per leeftijdscategorie);
- utiliteit (per m² bvo, per type utiliteit);
- glastuinbouw (per m², per type).

Voor de woningbouw zijn de defaultwaardes voor de efficiencyverbeteringen ontleend aan de Voorbeeldwoningen van Agentschap NL (PBL, 2012). De utiliteitsbouw is gebaseerd op gegevens verzameld door Jeffrey Sipma in het ECN-rapport 'Verbetering referentiebeeld utiliteitssector' (ECN, 2013), welke door CE Delft geschikt zijn gemaakt voor Vesta (CE Delft, 2015). Voor glastuinbouw waren nog geen goede gegevens beschikbaar, in het invoerbestand zijn de mogelijke efficiencyverbeteringen voor glastuinbouw daarom op nul gezet. Functioneel is deze mogelijkheid gewoon aanwezig.

Voor de gebouwen zijn in Vesta 2.0 ook verdergaande energetische schilverbeteringen mogelijk gemaakt in het model dan de maximale schilverbetering tot Label B (CE Delft, 2013). Dit is gedaan door een aanvullende schilisolatie te modelleren, en door een laagtemperatuur-afgiftesysteem te modelleren. Hierdoor is ook de inzet in de bestaande bouw van elektrische warmtepompen en van elektrische weerstandsverwarming door te rekenen. Daarnaast is een tussenlabel gemodelleerd, tussen het huidige niveau van het gebouw en label B. De mogelijke efficiëncystappen die door te rekenen zijn in Vesta 3.0 staan schematisch weergegeven in Figuur 3. Met de kanttekening dat géén sprong toepassen ook een mogelijke optie is in het model.

De methodiek is sinds de eerste versie van Vesta uitgebreid met:

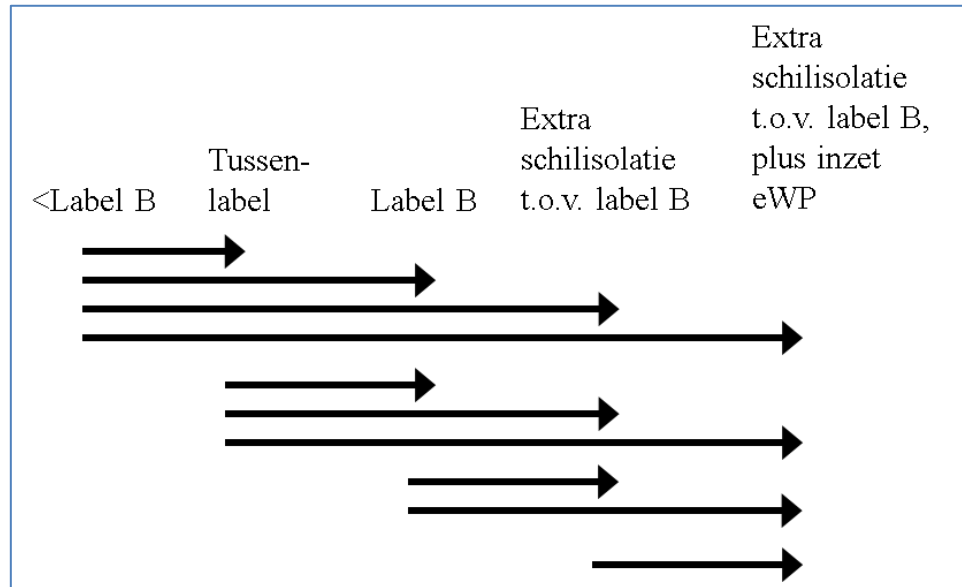
1. minimale en maximale investeringskosten en de leercurve van investeringskosten (CE Delft, 2013). De leercurve geeft de kostenreductie als functie van de tijd;
2. werkelijke energiebesparing in plaats van de theoretische energiebesparing en hiermee samenhangend: bij de afweging op basis van rentabiliteit om een labelsprong uit te voeren kan worden gewerkt met de reboundfactor (PBL, 2016). De rebound factor kan daarbij het verschil tussen werkelijke en theoretische energiebesparing weerspiegelen. In de rentabiliteitsberekening wordt dan uitgegaan van de theoretische energiebesparing van de schilverbetering maar indien de schilverbetering rendabel is wordt bij het feitelijke energiegebruik en de -kosten daarvan gerekend met de daadwerkelijke energiebesparing dat wil zeggen de warmtevraag na de rebound. De rebound kan worden beschouwd als comfortverbetering.

Tabel 4 Voorbeeld van de defaultwaarden van de functionele energievraag van ruimteverwarming voor en na schilverbetering naar label B met bijbehorende investeringskosten en reboundfactor uit de invoertabel bestaande woningen

| | | Functionele vraag ruimteverwarming | | Rebound | Kosten | |
|-------------|----------|---------------------------------------|-------------------|---------|--------|-----|
| | | VOOR verbetering | NA verbetering | | min | max |
| type woning | bouwjaar | GJ/jr | GJ/jr | factor | € | € |

| | | | | | | |
|------------|-------------|----|----|------|--------|--------|
| vrijstaand | voor 1946 | 59 | 33 | 0,50 | 12.133 | 13.690 |
| vrijstaand | 1946 - 1964 | 59 | 33 | 0,50 | 12.133 | 13.690 |
| vrijstaand | 1965 - 1974 | 60 | 37 | 0,50 | 13.197 | 14.981 |
| vrijstaand | 1975 - 1991 | 53 | 39 | 0,50 | 12.900 | 14.645 |
| vrijstaand | 1992 - 2005 | 46 | 44 | 0,50 | 2.018 | 2.527 |
| vrijstaand | 2006 - 2014 | 47 | | | | |

Figuur 3 De gemodelleerde sprongen in het model voor de energetische kwaliteit van gebouwen



Bovenstaandesprongen worden in het Vesta model aangeduid met de volgende codes:

- S_H_x: sprong van huidig naar x = T, B, AP, eWP of EWV
- S_T_x: sprong van tussenlabel naar x = B, AP, eWP of EWV
- S_B_x: sprong van label B naar x = AP, eWP of EWV
- S_AP_x: sprong van AP naar x= eWP of EWV

Met

H = huidig label

B = label B

AP = extra schilisolatie ten opzichte van label B

eWP = AP met elektrische warmtepomp

EWV = AP met elektrische weerstandsverwarming

Zie ook het item 'Verbeteringen' in de tabel van Paragraaf 5.1.

3.7 Contourbestanden geothermie en WKO¹²

In Blok 1 wordt een geografisch bestand ingelezen waarin met contouren wordt aangegeven of er binnen dat contour geothermie mogelijk is of niet (de keuze

¹² In Blok 1 wordt ook een geografisch bestand met grondsoorten ingelezen, dit ten behoeve van een eventuele differentiatie van investeringen in warmteleidingen. In de huidige versie wordt echter zonder differentiatie gewerkt.

is: ja/nee), en een contourbestand over de fysieke mogelijkheid voor WKO (de keuze is: ja/nee)¹³.

3.8 Gegevens huidige warmtedistributiegebieden en -netten

Ingelezen worden de postcode 4-gebieden waar op dit moment (2010) warmtedistributie plaatsvindt.

¹³ In een volgende versie kan hier desgewenst nader worden gedifferentieerd, met meer en minder geschikt voor WKO, waarbij de investeringskosten bij 'minder geschikt' hoger zijn.



4

Blok 3: Overige input

Naast de bebouwingsdata en de energiegerelateerde input heeft het model ook nog andere gegevens nodig. Die worden in dit blok ingelezen.

4.1 Draagvlakindicatoren

Het model kan rekening houden met het *effect* van draagvlak en kansrijkheid, dit is ingebouwd in de functionaliteit van het model. Op basis van bepaalde karakteristieken zoals type woning, bedrijf en bouwperiode kunnen eindgebruikers worden aan- of uitgezet in de modelberekeningen.

Daarnaast kan op buurtniveau een koppeling worden gelegd met sociaal-economische woongegevens van het CBS (CBS 2013, CBS 2014, CBS 2015). van het CBS.

Woongegevens waarmee een koppeling kan worden gelegd zijn:

- Inkomen: laag, midden en hoog;
- eigendomsverhouding (koopwoning, woning in bezit van woningcorporatie, woning in bezit van overige verhuurders).

Voor iedere buurt geeft het CBS het percentage van deze groepen dat in de buurt voorkomt. De resultaten van de gebouwobjecten in het Vesta worden vermenigvuldigd met het buurtpercentage. Sommatie hiervan over de gebouwobjecten levert de verwachting voor heel Nederland of de beschouwde regio.

4.2 Overige input

Algemene inputgegevens zoals de rentevoet voor discontering van investeringen in de rentabiliteitsberekeningen en de bepaling van de maatschappelijke- en eindgebruikerskosten. De maatschappelijke en sectorale rentevoet wordt gegeven in Paragraaf 9.5.



5

Blok 4: Interactie

Dit blok heeft als functie dat de gebruiker hier kan kiezen of de ingelezen defaults gehanteerd worden of dat andere keuzes of gewijzigde cijfers worden gebruikt. Het is mogelijk het model te ‘runnen’ op basis van alle defaults.

De invoergegevens bevatten sets van verschillende bebouwings- en prijs-scenario's. Ook kan de gebruiker kiezen om bijvoorbeeld de energievraag te reduceren door energiebesparende maatregelen toe te passen of lokale energieproductie toe te passen. De energie-invoergegevens die als default worden ingelezen kunnen ook worden gewijzigd.

In dit blok heeft de gebruiker de mogelijkheid om:

1. Te kiezen welke set voor de ruimtelijke ontwikkeling gebruikt moet worden (selectie uit de inputdatasets die in Blok 1 zijn ingelezen).
2. Te kiezen welk scenario voor energieprijsontwikkeling gebruikt moet worden.
3. Te kiezen of er graaddagencorrectie op de functionele behoefte ruimteverwarming moet worden uitgevoerd en met welk correctiefactorenbestand.
4. De voorkeursvolgorde voor toewijzen van warmteopties op te geven.
5. Ingelezen gegevens uit Blok 2 en 3 te variëren, zoals bijvoorbeeld de efficiency van gebouwen of de energievraag van de bewoners; zonder wijzigingen hanteert het model de defaultwaardes zoals ze in Blok 2 zijn ingelezen. De gegevens in het invoerbestand wijzigen niet, alleen de actuele waardes waar het model mee rekent wijzigen. De gebruiker heeft de mogelijkheid om met een ‘reset’ terug te vallen op de defaultwaardes.
6. De vlakverdeling van planregio en rapportageregio in te stellen, de default mogelijkheden zijn: CBS-buurt, of blokken van 500x500 meter of 2.000x2.000 meter. Overschrijvingen door de gebruiker zijn mogelijk. De planregio-indeling moet afgestemd zijn op de indeling van de rapportageregio, in de zin dat elke planregio aan een rapportageregio is toegewezen. Indien in de startsituatie planregio's al aan restwarmte-bronnen moet worden toegewezen, is het van belang dat dezelfde planregio-indeling gebruikt wordt. Momenteel is alleen een startsituatie per CBS-buurt beschikbaar.
7. Een gebied te selecteren en alleen voor dat specifieke gebied, bijvoorbeeld een provincie, scenario's te kiezen en gegevens te wijzigen.¹⁴

De gebruiker krijgt ook met ‘knoppen’ de mogelijkheid om:

- aan te vinken of huurwoningen en/of koopwoningen in de analyse worden meegenomen;
- de functionele vraag in gebouwen te reduceren of juist te verhogen (knop met continue verdeling 0-200%; 100% is de defaultwaarde in het model).

¹⁴ Een manier om dit mogelijk te maken is het toevoegen van een kenmerk ‘provincie’ aan CBS-buurtcodes. In een ruimtelijke tabel kan dan worden aangegeven of de provincie wel/niet meedoet.



Te kiezen voor de mogelijkheid om alleen die gebouwmaatregelen mee te nemen in de modelrun die rendabel zijn. Het betreft dan:

- het verhogen van de gebouwefficiency van woningen;
- het verhogen van de installatie-efficiency van woningen;
- het inzetten van de zonneboilers;
- het inzetten van de elektrische warmtepomp;
- het inzetten van de hybride warmtepomp;
- het inzetten van micro-WKK.

Gekozen kan worden voor één van deze maatregelen of een combinatie van twee of meer (tot alle) maatregelen waarbij installatie-efficiency, elektrische warmtepomp en micro-WKK elkaar uitsluiten. Bij de rentabiliteitsberekening dient het verhogen van de gebouwefficiency als eerste te worden doorge-rekend omdat deze maatregel de rentabiliteit van de installatie-efficiency, de elektrische warmtepomp, de hybride warmtepomp en de micro-WKK beïnvloedt.

De bepaling of maatregelen rendabel zijn, is afhankelijk van de geografische locatie. Bij deze rentabiliteitsberekeningen wordt geen rekening gehouden met eventuele meerkosten die op zouden kunnen treden bij mogelijke vervolgstappen. De berekening is afhankelijk van het zichtjaar waarin ze wordt uitgevoerd. Als geen enkele sprong rendabel is dan wordt geen enkele sprong toegepast.

Het systeem is zo ontworpen dat niet alleen vooraf gedefinieerde keuzes als ‘knop’ kunnen worden uitgevoerd, maar dat de gebruiker ook zelf bepaalde selectieregels kan toevoegen (‘fluïde’ methode).

Als voorbeeld hierbij: de gebruiker wil bijvoorbeeld alleen de rijwoningen in de analyse meenemen. Die optie is niet als ‘knop’ aangemaakt. De gebruiker voegt dan een zelf opgegeven selectieregel toe. Uiteraard moet de basis voor die selectie dan in de onderliggende data wel aanwezig zijn.

De ontwikkelingen in de tijd van bouwvolume en van ontwikkeling van energieprijzen moet door de gebruiker elk met een ‘vinkje’ aan of uit te zetten zijn. In geval van nieuwbouw betekent dat, dat een andere ruimtelijke dataset wordt geselecteerd.

5.1 Energiescenario's vraag- en aanbodzijde

De gebruiker moet vraagzijde- en aanbodzijdescenario's voor energie kunnen kiezen. Dat kan zijn: Business as usual (BAU), maar dat kan ook een actief beleid zijn met bijvoorbeeld verdergaande vraagzijdemaatregelen dan in BAU.

Voor vraagzijde worden knoppen ingebouwd waarmee de gebruiker de functionele energievraag kan verlagen of verhogen, en de gebouwefficiency en de installatie/apparatuur efficiency kan verbeteren. In de invoerdata zijn de bijbehorende kostencurves opgenomen.

NB: In het model is ervoor gekozen om de optie zonneboilers in te zetten als ‘lokale energieproductie’.

Voor aanbodzijde (alleen voor warmte) geldt dat de gebruiker warmteopties kan aan- of uitzetten, en de onderlinge prioritaire volgorde van toepassing kan opgeven.

NB: Alleen van warmteopties met name rest/aftapwarmte, geothermie, bio-WKK, wijk-WKK en WKO wordt in Blok 6 de rentabiliteitsafweging ten opzichte



van de default 'gas' gemaakt. Kiest de gebruiker voor eerste prioriteit voor gebouwopties als micro-WKK of elektrische warmtepomp dan zal het model alle bebouwings-objecten aan die optie toekennen, omdat er geen economische afweging voor die opties wordt gemaakt. De kosten van die opties worden wel bepaald in het model. De gebruiker kan op die manier de effecten analyseren ten opzichte van andere keuzes.

Uitbreiding gebruikersinterface in Vesta 2.0

In Vesta 2.0 is de parametrisatie verbeterd. Deze is in Vesta 3.0 meegenomen. De muteerbare opties worden gedefinieerd in een run specifieke configuratiefile. Deze voorgedefinieerde opties staan weergegeven in onderstaande tabel. Daarnaast zijn er algemene instellingen van het model, en invoerwaarden die per zichtjaar kunnen worden gewijzigd. Tot slot staan sommige waarden 'hard' in de programmacode, en leest het programma gegevens uit separate invoerfiles in, zoals bijvoorbeeld de energieprijzen per zichtjaar.

De invoertabellen gelden nu voor geheel Nederland. Het is de bedoeling om Vesta uiteindelijk zo in te richten dat die per regio gedifferentieerd kunnen worden.

Tabel 5 Door de gebruiker te kiezen opties in de invoerfile van Vesta 3.0. De meeste van deze parameters kunnen per zichtjaar (2010,2020, ...) en per BebouwsComponent worden gevarieerd

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energieprijzen | Hoog (parameter<string> prijzenbron: Expr = "20140418_Vesta_energieprijzen_Hoog"; // @USERINPUT, moet verwijzen naar een geldige .xls in %datadir%) |
| VAT | Vrij te kiezen, default is 21% ¹⁵ |
| Dragerspecifiekeopties | Ruimteverwarming[0-1] Koude[0-1], WarmWater[0-1], ElectrischeApparatuur[0-1] |
| LokaleSpecifiekeOpties ¹⁹ | Zon_PV[0-1], ZonneBoiler[0-1], micro_wkk[0-1], |
| Verbeteringen | S_H_T: van huidig naar 2 labels hoger (E->C; F->D;G->E) (=Tussenlabel) S_H_B: van huidig naar label B S_H_AP: van huidig naar Aplus (zonder eWP en EWV) S_H_eWP: van huidig naar Aplus met eWP S_H_EWV: van huidig naar Aplus met EWV S_T_B: van tussenlabel naar B S_T_AP: van tussenlabel naar Aplus (zonder eWP en EWV) S_T_eWP: van tussenlabel naar Aplus met eWP S_T_EWV: van tussenlabel naar Aplus met EWV S_B_AP: van label B (na sprong van huidig of tussenlabel naar B) naar |

¹⁵ De defaultwaarde van de BTW (VAT) geldt voor alle onderdelen voor de huishoudens, met uitzondering van de kosten voor labelstappen. Het BTW-tarief op arbeid bij energiebesparende maatregelen 6%. Voor de berekeningen in Vesta 3.0 wordt aangenomen dat het gemiddelde BTW-tarief voor de labelstappen op 13,5% uitkomt (50/50-verdeling tussen arbeid en materiaal).

Ter info: Dit geeft een kleine fout bij de vergaande labelstappen, omdat daarbij ook de elektrische warmtepomp in de investering zit, waarvoor de verlaagde BTW niet geldt.



| | |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Aplus (zonder eWP en EWV)</p> <p>S_B_eWP: van label B (na sprong van huidig of tussenlabel naar B) naar Aplus met eWP</p> <p>S_B_EWV: van label B (na sprong van huidig of tussenlabel naar B) naar Aplus met EWV</p> <p>S_AP_eWP: van Aplus naar Aplus met eWP</p> <p>S_AP_EWV: van Aplus naar Aplus met EWV</p> |
| SpringMeestRendabel | Parameter waarmee de gebruiker het model kan opdragen om alleen (de meest) rendabele sprongen toe te laten |
| SpringMaatschappelijk | Parameter zorgt voor de meest rendabele sprong op basis van de maatschappelijke kosten/baten (indien true en SpringMeestRendabel false) |
| RuimteVerwarmingsJaar | Het jaartal van de eenmalige sprong met installatie-efficiency verbetering (activering HR107 ketel) |
| Kosten | <p>Parameterset waarmee de gebruiker de ratio tussen 0 (minimum van de range) en 1 (maximum van de range) van de investeringskosten kan instellen waarmee het model gaat rekenen, genaamd Verbeter-MinMaxSchuif</p> <p>Idem dito voor de leercurves (0=optimistische leercurve, 1 = pessimistische leercurve), genaamd LeercurveMinMaxSchuif</p> <p>En of het model überhaupt met leercurves rekening houdt (0=kosten blijven constant, 1=volledig volgen van de leercurve), genaamd LeercurveGebruikSchuif</p> |
| Volgordeaanbodopties | De gebruiker kan in dit blok van de invoerfile aangeven wat de volgorde is waarin het model de rentabiliteit van de aanbodopties onderzoekt en toewijst (i.e. restwarmte, geothermie, WKO, wijk-WKK) |
| Planregio | de gebruiker kan de vlakindeling van de planregio opgeven, i.e. CBS-buurt, PC4, grid 500 meter, grid 1.000 meter, grid 2.000 meter |
| Rapportageregio | de gebruiker kan opgeven hoe de output er uit moet zien, i.e. Nederland als geheel, per provincie, gemeente, CBS-wijk of per PC01 |
| BestaandeWoningRapGroep | Wijze van aggregatie van de exportbestanden: geen aggregatie, per woningtype, per bouwjaarklasse, per woningtype & bouwjaarklasse, per eigendomsklasse(koop/huur/onbekend), per inkomensklasse |
| Klimaat | Door gebruiker op te geven voorkeur voor het te hanteren klimaatscenario |



6 Blok 5: Bepaling en lokale energieproductie en -vraag

6.1 Inleiding

De functie van dit blok is dat, op basis van de door gebruiker ingevoerde keuzes, de energievraag en de lokale energieproductie (bijvoorbeeld zonneboiler) per bebouwingsobject (bijvoorbeeld PC6-gebied) wordt bepaald. Dit wordt gedaan door de bebouwingsgegevens te combineren met de energiekegetallen. Op basis van de output van dit blok wordt in het volgende blok de rentabiliteit van warmtedistributie berekend.

6.2 Werkwijze

Met behulp van de kengetallen en de door de gebruiker opgegeven keuzes voor een eventuele energievraagbesparing en lokale productie (bijv. zonneboiler en/of zon-PV) wordt de energievraag in de bebouwing bepaald, per energiedrager en per soort bebouwing. Dit wordt vervolgens intern in het systeem ook getotaliseerd per planregio (meestal CBS-buurt) ten behoeve van de berekeningen aan grootschalige restwarmte, geothermie en wijk-WKK. De berekeningen van WKO worden per Bebouwingsobject gemaakt die vervolgens geclusterd worden om voldoende contributiemarge te vinden.

NB: Voor warmtedistributie is er interactie tussen vraag en aanbod, omdat de omvang van de vraag medebepalend is voor de rentabiliteit van warmtedistributie. Isoleren van gebouwen reduceert zo bijvoorbeeld het potentieel aan rendabele warmteprojecten. De keuze voor aanschakelen van vraagzijde-maatregelen heeft de gebruiker gemaakt in Blok 3 (Interactie).

Tot de warmtevraaggegevensbepaling behoort eveneens de aansluitwaarde warmte (en koude). Voor woningen is die onderscheiden naar woningtype en bouwjaarcategorie. Voor de utiliteitsbouw wordt de aansluitwaarde bepaald met behulp van de ingevoerde gegevens (kW/m^2 bvo) per type, zie ook Bijlage A en Bijlage C. De aansluitwaarde is bepaald in kW/m^2 bvo per utiliteitssector en kW/m^2 voor glastuinbouw.



7

Blok 6: Rekenmodule rentabiliteit warmtegebiedopties

7.1 Inleiding

De functie van dit blok is dat hier wordt bepaald of een geprioriteerde warmtegebiedoptie economisch rendabel is in een gebied. Is dat het geval, dan wordt dat gebied vervolgens aan die optie toegewezen. Zo niet, dan is de volgende geprioriteerde warmtegebiedoptie aan de beurt. Als geen van de warmtegebiedopties rendabel is, blijft de default van kracht: gas.

Dit is een zeer belangrijk blok in het systeem. De default voor de warmtevoorziening is gasdistributie. In deze module wordt, op basis van de door de gebruiker gemaakte keuzes en invoer, bepaald waar warmtedistributie rendabel is en waar niet. Op basis van de door de gebruiker opgegeven prioritaire volgorde worden die gebieden vervolgens toegewezen aan een warmtebron.

Als bijvoorbeeld de eerste prioriteit ligt bij WKO dan wordt eerst per bebouwingsobject bepaald waar WKO rendabel is en aldus de voorkeur krijgt. Daarna wordt met de resterende vraag op CBS-buurt-niveau bepaald of de andere warmteopties rendabel zijn.

Indien de eerste prioriteit bij restwarmte of geothermie wordt gelegd dan worden gehele CBS-buurtten toegewezen aan die opties en is daarbinnen geen ruimte meer voor WKO.

Het rekensysteem moet dus *per* bebouwingsobject administreren welke warmtevoorziening is toegewezen. De default is (aard)gaslevering voor alle gebieden.

Het is echter mogelijk dat het rekensysteem al heeft bepaald dat een gebied geheel of voor een deel van de gebouwen al is overgegaan op elektrische verwarming. Indien alle gebouwen zijn overgegaan op elektrische verwarming dan vervallen de warmtegebiedopties. Indien echter een deel van de gebouwen is overgegaan dan wordt bepaald of een warmtegebiedoptie rendabel is voor het overige deel van de gebouwen.

NB: Pas op: bij wijk-WKK wordt de gasmotor (en de piekketel) gevoed met gas, dat is van belang voor de CO₂-emissies. Ook bij restwarmtelevering en geothermie wordt de piekketel in het centrale overdrachtstation in de wijk gevoed met gas.

Details over de gebruikte formules zijn opgenomen in Bijlage C. Het model is, met de nodige aanpassingen, ontleend aan het voormalige CE-rekenmodel voor grootschalige restwarmtelevering. Dit model is beschreven in:

(CE Delft, 1993)

F.J. Rooijers, G.C. Bergsma, L.B.M.M. Boels, J. Verlinden
Grootschalige warmtelevering in de bestaande bouw
Delft : CE Delft, 1993

en

(CE Delft, 1994)



7.2 Werkwijze

De rentabiliteitsberekening in versie 3.0 verschilt van de voorgaande versies. Kern van deze verandering zijn twee aanpassingen aan Vesta. Ten eerste wordt in de nieuwe versie onderscheid gemaakt in een zestal actoren (producent, transporteur, distributeur, gebouweigenaar, gebouwgebruiker en leverancier) en ten tweede wordt de rentabiliteit bepaald door de 'jaarlijkse kosten' te vergelijken met de jaarlijkse opbrengsten. In de vorige versie van Vesta werden hiervoor toekomstige kasstromen teruggerekend naar een netto contante waarde (NCW), maar voor goede vergelijking tussen de verschillende opties is gekozen om (toekomstige) investeringen juist terug te rekenen naar jaarlijkse kapitaallasten.

Jaarlijkse kosten

Het systeem 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 zes actoren. Per actor wordt een specifieke discontovoet toegepast om de investeringen om te rekenen naar CAPEX.

Jaarlijkse opbrengsten

De jaarlijkse opbrengsten bestaan uit de verdisconteerde eenmalige opbrengsten (zoals aansluitbijdrage of investeringssubsidies) en jaarlijkse vaste en variabele opbrengsten (zoals vastrecht en verkoop van energie). Deze opbrengsten worden door de verschillende actoren 'opgebracht'.

De opbrengsten in het systeem gaan naar de actor 'Leverancier'

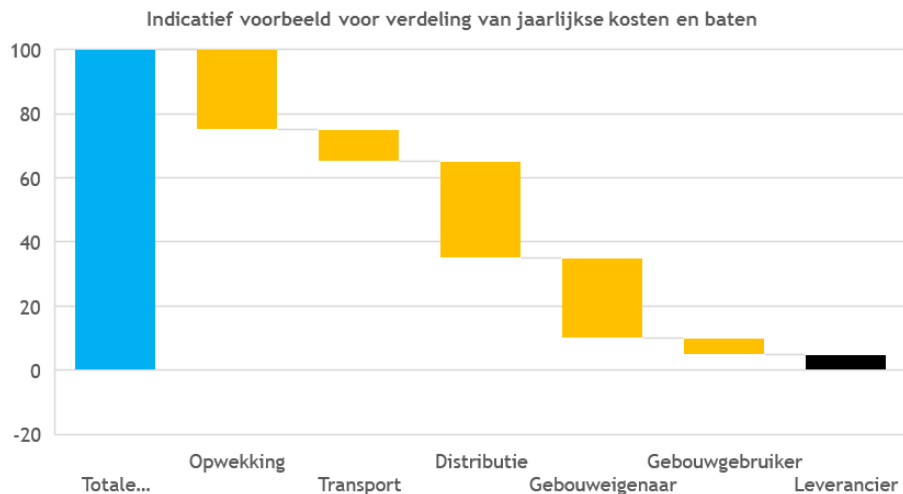
Hoofdberekening rentabiliteit

Voor de rentabiliteitsafweging wordt voor een 'modeljaar' de volgende berekening gemaakt:

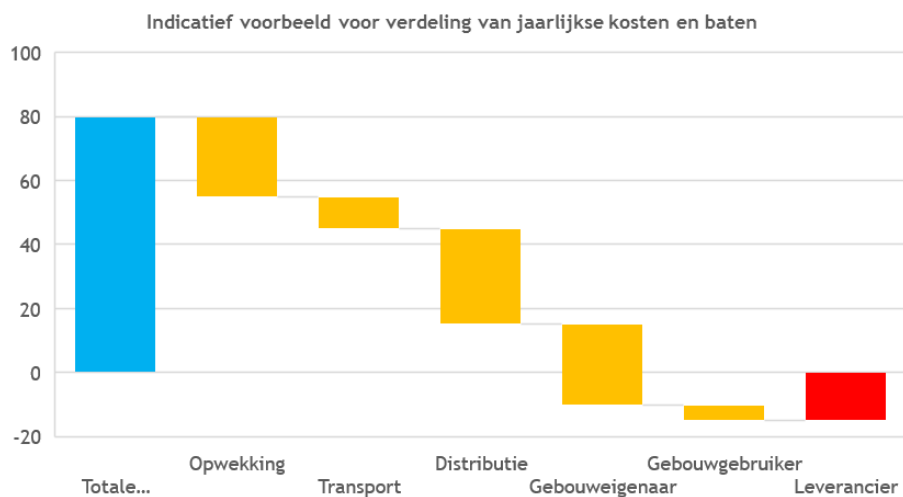
$$SOM(\text{jaarlijkse opbrengsten}) - / - SOM(\text{jaarlijkse kapitaallasten per actor [CAPEX]} + \text{overige jaarlijkse kosten per actor [OPEX]})$$

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 onderstaande grafieken geven hiervan indicatief weer hoe dit werkt.

Figuur 4 Indicatief voorbeeld van rendabel project



Figuur 5 Indicatief voorbeeld van onrendabel project



In Figuur 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 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'.

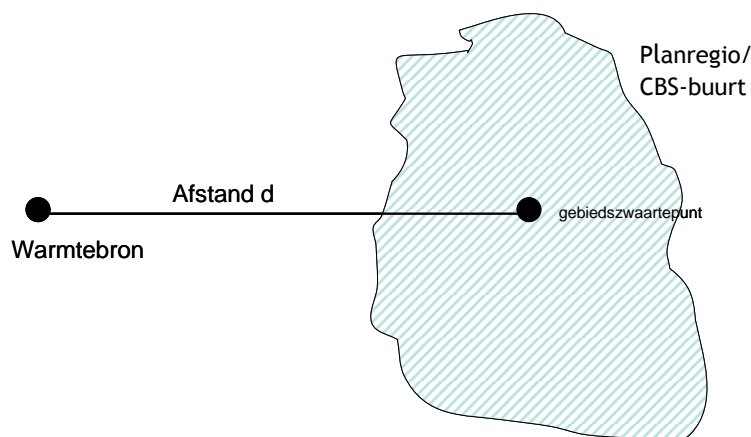
NB: Niet alle kosten lopen via de leverancier. Enkele uitzonderingen zijn:

- Een aantal kosten/opbrengsten wordt één-op-één uitgewisseld tussen de diverse stakeholders (zie paragraaf 7.4 over het split incentive);
- Sommige eenmalige opbrengsten worden eerste van de eenmalige investeringen afgetrokken, voordat de CAPEX wordt berekend, zoals de eenmalige aansluitbijdrage die wordt verminderd op de investeringen van de actor Distributie;
- De subsidies van de overheid aan een actor worden rechtstreeks in mindering gebracht op de kosten van de desbetreffende actor.

Gebiedsbenadering

Per planregio - bijvoorbeeld een CBS-buurt - wordt op basis van de invoergegevens de bovenstaande rentabiliteitsberekening uitgevoerd voor grootschalige restwarmte, bio-WKK, wijk-WKK en geothermie. Voor WKO wordt de rentabiliteitsafweging uitgevoerd op gebouwniveau waarbij de gebouwen aaneen geregen kunnen worden. Bij WKO wordt aangenomen dat de bron zo optimaal mogelijk in het gebied zal worden gepositioneerd. Voor WKO worden daarom alleen de kosten voor de distributie in rekening gebracht maar niet voor transport. Zie Bijlage B voor een schema welke uitgaven en inkomsten worden meegenomen in de rentabiliteitsbepalingen.

Figuur 6 Schematische weergave van restwarmtebron en warmteleveringsgebied



De omvang van de CBS-buurt vormt meestal een goed gebied voor doorrekenen van de rentabiliteit van grootschalige warmtelevering. Het buurt is in het algemeen monofunctioneel, volgt grote barrières als waterwegen en vormt voor de woningbouw in het algemeen een homogene woonwijk. Per onderscheiden gebied worden de opbrengsten en kosten van grootschalige warmtelevering berekend op basis van aantallen gebouwen, warmtebehoefte per gebouw, aansluitdichtheid en aansluitwaarde per gebouw. Aan deze gegevens worden kengetallen voor de opbrengsten en kosten van warmtedistributie gekoppeld. De jaarlijkse opbrengsten minus de kosten resulteren in een oordeel of warmtelevering rendabel is of niet.

Per warmteleveringsgebied wordt op basis van de warmtevraag bepaald of een productie-eenheid voor warmtelevering in aanmerking komt; in het door de gebruiker geselecteerde aanbodsscenario wordt de prioritaire volgorde van inzet van de verschillende typen warmteproductie bepaald. Kostendekkende warmtelevering is mogelijk als de rentabiliteitsberekening positief is en als de leverancier dus 'zwarte cijfers' kan schrijven, nadat alle kosten van de andere actoren gedekt zijn.

De toewijzing van gebieden aan een specifieke bron gaat in volgorde van maximale opbrengst per eenheid warmtecapaciteit, omdat de warmtecapaciteit van de bron uiteindelijk de limiterende factor is.

Samengevat worden de volgende stappen doorlopen:

1. Berekening van de jaarlijkse opbrengsten van warmtelevering per warmteleveringsgebied.
2. Berekening van de jaarlijkse kapitaallasten van warmtedistributie per warmteleveringsgebied.

3. Berekening van de jaarlijkse operationele lasten van warmtedistributie per warmteleveringsgebied.
4. Bepalen of de Leverancier per warmteleveringsgebied een haalbare business case heeft, door 'zwarte cijfers' te kunnen draaien. Tenslotte worden de gebieden vervolgens toegewezen op basis van de door de gebruiker bepaalde prioritaire volgorde (= aanbodscenario). Per restwarmtebron-ID administreert het rekensysteem de toegewezen warmtecapaciteit (MWth). Als de toe te wijzen capaciteit groter is dan de maximale capaciteit van de bron dan wijst het systeem de afzetgebieden met de hoogste contributiemarge per eenheid warmtecapaciteit toe aan die bron. Per gebied administreert het rekensysteem wat de toegewezen warmtevoorziening is, dat wil zeggen gas en in geval van warmtelevering ook vanuit welke bron. Indien alle woningen en utiliteitsgebouwen een elektrische warmtepomp of weerstandsverwarming hebben dan wordt dit tevens geadministreerd, ook als de glastuinbouw nog wel gas gebruikt.

7.3 Uitwerking stappen rentabiliteitsberekening

Stap 1: Berekening van de jaarlijkse opbrengsten van warmtelevering per warmte-leveringsgebied.

In deze stap worden de totale jaarlijkse opbrengsten in het project bepaald. Het betreft de opbrengsten die via de Leverancier worden verdeeld over alle actoren. De opbrengsten worden bepaald door de verkoopprijs van de warmte, de warmte-vraag per warmteleveringsgebied, het vastrecht en overige vergoedingen.

De warmtevraag wordt bepaald aan de hand van het aantal woningen, de omvang van de utiliteitsbouw in m² bvo, en de omvang van glastuinbouw in m² in het warmteleveringsgebied. De verkoopprijs van warmte per GJ, het vastrecht en overige vergoedingen zijn apart ingelezen voor de woningbouw, de utiliteitsbouw en tuinbouw. Bij de woningbouw zijn deze tarieven onafhankelijk van het woningtype en de bouwjaarcategorie. Voor de utiliteitsbouw en tuinbouw zijn de tarieven onafhankelijk van de sector.

De formule voor de opbrengstberekening is:

$$\text{Opbrengsten} = \sum \text{Vastrecht} + \sum \text{Verkoop warmte} + \sum \text{Overige opbrengsten}$$

Jaarlijkse en eenmalige opbrengsten worden afzonderlijk berekend; netto jaarlijkse opbrengsten worden pas bij de rentabiliteitsafweging geannualiseerd.

Voor de woningbouw, utiliteitsbouw en tuinbouw worden verschillende tariefstructuren gebruikt, gebaseerd op de Maximumprijs t.o.v. aardgaslevering, zoals gangbaar is in de huidige praktijk.

De opbrengst uit warmtelevering bij woningbouw wordt bepaald door:

- het aantal woningen in een gebied;
- het deelnamepercentage (percentage woningen dat daadwerkelijk zal worden aangesloten);
- aansluitbijdrage (€);
- vastrecht (€/jaar);
- afzet aan GJ in woningbouw in het gebied (GJ/jaar);
- prijs van GJ-warmte (€/GJ).



NB: Het model houdt er rekening mee dat er warmteverlies optreedt tussen bron en afzet met name in het secundaire net; een percentage (veelal 5 tot 20% op jaarbasis) van de warmte wordt wel geproduceerd maar niet verkocht.

In Blok 4 (Interactie) heeft de gebruiker een keuze gemaakt of er aan geothermie of restwarmte extra inkomsten uit warmtelevering moeten worden toegekend voor warmtelevering aan WKO-systemen in het betreffende CBS-buurt in de zomermaanden ten behoeve van het handhaven van de warmtebalans in de ondergrond. De default is 'nee'. De gebruiker kan wel kaarten opvragen om de warmte (on)balans te zien, zie RunContext/Y20YY/Gridkaarten/totaal/WKO/Onttrekking.

Dit is relevant als in de prioritaire volgorde van warmteopties eerst WKO wordt toegewezen en vervolgens restwarmte of geothermie.

Aansluitbijdrage

De eenmalige inkomsten vanuit de aansluitbijdrage zijn voor woningbouw:

$$\text{Aantal woningen} * \text{deelname\%} * \text{aansluitbijdrage}$$

waarbij het deelnamepercentage en de eenmalige aansluitbijdrage per type woning kan verschillen. Voor utiliteit en ook tuinbouw gelden soortgelijke formules, maar zijn de tarieven voor aansluitbijdrage en vastrecht afhankelijk van de capaciteit van de aansluiting (in kW).

Er wordt aangenomen dat de eenmalige aansluitbijdrage twee jaar¹⁶ na aanvang van de investeringen wordt geïnd. Deze opbrengstenpost wordt echter rechtstreeks verrekend met de investeringen van de distributeur en komen dan ook niet terug als losse opbrengsten. De opbrengstenpost wordt wel zichtbaar gemaakt in de uitvoer van het rekensysteem.

Stap 2: Berekening jaarlijkse kapitaallasten

De kapitaallasten worden berekend door de investeringen per warmteleveringsgebied te bepalen. Het model bevat gegevens van de kosten die moeten worden gemaakt om warmte vanuit het hart van het warmte-leveringsgebied naar een gebouw te brengen. Dit zijn onder andere eenmalige investeringen voor:

- primair net
- overdrachtstation
- secundair net
- distributienet
- precario
- onderstations
- hulpwarmteketels
- aansluitleidingen en aansluitsets
- in pandig distributienet
- warmtemeters in gebouwen.

Alle componenten zijn schematisch weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Details zijn beschreven bij de formules in Bijlage C.

Daarnaast kan er sprake zijn van aanloopverliezen omdat de investeringen enkele jaren voor lopen op de afzet van de warmte, en van financiële compensa-

¹⁶ Betreft een default, die te overschrijven is.

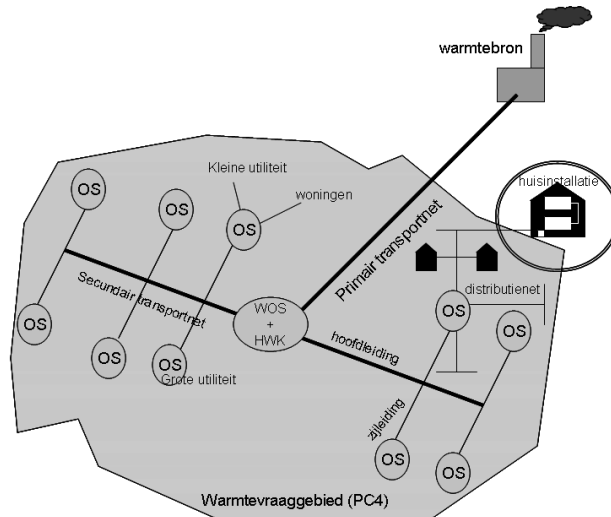


ties voor overname van bestaande collectieve verwarmingsinstallaties (in flats).

Alle benodigde formules plus toelichting en relevante defaultgegevens zijn opgenomen in Bijlage C.

Alle kosten worden per actor geannualiseerd met de relevante discontovoet en afschrijving (zie Bijlage E en Bijlage F).

Figuur 7 Schematische weergave van de componenten in het warmtedistributiemodel



Stap 3: Berekening jaarlijkse operationele lasten

De jaarlijkse kosten voor warmtedistributie in een gebied worden bepaald door:

- onderhoud en bediening
- administratie
- energiekosten
- kosten voor warmteproductie in piekwarmtekets (uitgangspunt: gasgestookt).

Stap 4: Bepalen of de Leverancier per warmteleveringsgebied een haalbare business case heeft

De som van de opbrengsten (geannualiseerd met de discontovoet van de leverancier) wordt vergeleken met de som van de kosten (geannualiseerd met de discontovoet van de betreffende actoren). Hierbij wordt gekeken of de jaarlijkse baten voldoende zijn om de jaarlijkse lasten te dekken. Indien dit het geval is, dan is warmtelevering in het onderzochte gebied rendabel. Indien dit niet het geval is, dan blijft de defaultwaarde voor het gebied staan (individuele verwarming met HR-ketel).

7.4 Split incentive

Nieuw in deze versie van Vesta is de toevoeging van het *split incentive*, waarbij een indicatie wordt gegeven van de verschillende belangen van de gebouweigenaar en -gebruiker.

Splitincentive bij warmtenetten

Het split incentive komt het sterkste naar voren bij de situatie waar een verhuurder en huurder aanwezig zijn. In overleg met AEDES en BZK is gekeken of hier een adequate invulling voor gegeven kan worden in Vesta. In deze paragraaf wordt de uitwerking toegelicht.

Deze uitwerking van het split incentive heeft in eerste instantie geen invloed op de rentabiliteitsberekening, maar heeft vooral als doel om in de rapportage inzichtelijk te maken hoe de kostenverdeling in het project zit.

Situatieschets

De huurderaanpassingen zijn vooral van toepassing op de gestapelde bouw. In de praktijk is de gestapelde bouw deels verketeld dat wil zeggen dat ieder appartement een eigen CV-ketel heeft en deels voorzien van blokverwarming. Omdat niet bekend is waar deze blokverwarming zich bevindt, is het niet mogelijk hier als input rekening mee te houden. Om modelmatig een indicatie van het kostenverschil tussen wel of geen aanwezige blokverwarming te geven, wordt een MIN en MAX gebruikt, zoals ook bij andere technieken. De MIN is de waarde voor het aansluiten van gestapelde woning die al voorzien is van blokverwarming, de MAX is een woning die op dit moment verketeld is. Standaard wordt in Vesta aangenomen dat 50% van de woningen blokverwarming heeft en 50% verketeld is. Deze verdeling kan door de gebruiker aangepast worden.

Op basis van waarden van AEDES is een indicatie gemaakt van de kosten die komen kijken bij het aansluiten van gestapelde bouw op een warmtenet.

Naast de situatie in de gestapelde bouw met wel of geen blokverwarming, wordt tevens de situatie beschreven bij grondgebonden bouw. In dat geval is er enkel sprake van een 'MAX', omdat er bij grondgebonden bouw altijd sprake is van een verketelde situatie.

Aanpassingen

In de onderstaande tabellen wordt dit weergegeven voor kosten en opbrengsten bij de verschillende actoren in het laatste deel van de keten. De groene getallen zijn nieuwe waarden voor bestaande kosten/opbrengsten, de groene cellen zijn nieuwe variabelen. De pijlen geven aan of er sprake is van een geldstroom naar een andere actor.

De onderstaande tabellen hebben betrekking op de bestaande bouw. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de verschillen met nieuwbouw. De verhuurders (gebouw-eigenaar) zijn BTW-plichtig.

Tabel 6 Gestapelde bouw - MIN (blokverwarming aanwezig) (per woning)

| | Gebouw-gebruiker (huurder) | Gebouw-eigenaar (verhuurder) | Leverancier | Distributie - in pandig | Distributie - wijk |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------------|-----------------------|
| Eenmalige kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Eenmalige aansluitkosten ¹ | | | | | € 2.700 |
| Fysieke aansluitmaatregelen ² | | | | € 1.823 | |
| Vergoeding bestaande installatie ³ | | | | € 500 | |
| Ongerijsvergoeding ⁴ | ← | € 0 | ● | | |
| Projectmanagement ⁵ | | € 50 | | | |
| Eenmalige opbrengsten (worden betaald aan leverancier) | | | | | |
| Subsidie | | | | Variabel | |
| Aansluitbijdrage ⁶ | | € 795 (N7) | ● | | |
| Jaarlijkse kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Huurverlaging verhuurder | € 0 | € 0 | | | |
| Onderhoudskosten ⁷ | | | | 2,5% | 2,5% |

| Jaarlijks opbrengsten (worden betaald aan leverancier) | | | | | |
|--------------------------------------------------------|---------------------|--|--|--|--|
| Vastrecht (warmtewet) | € 228 (N6) | | | | |
| Verkoop warmte | Verbruik * GJ-prijs | | | | |

- 1) Kosten voor het aansluiten van het pand op het distributienet (dit was €3.000 in de vorige versie); het bedrag is de uitkomst van een onderhandeling en er wordt aangenomen dat dit de ordegrrootte is van de werkelijke kosten. Nieuwe waarde komt uit de validatieslag van Vesta.
- 2) Plaatsen warmtestation in bestaande ruimte; Aansluiten warmtestation op bestaande CV-installatie; Verwijderen collectieve ketel; Aansluiten / aanleggen warmtapwatersysteem.
- 3) Vergoeding voor versneld afschrijven van (delen van) de bestaande installatie; middenwaarde € 0-1.000.
- 4) Onkostenvergoeding voor het tijdelijk verblijf elders en ander ongemak.
- 5) Schatting
- 6) Er wordt aangenomen dat het pand wordt gezien als meerdere individuele aansluitingen die onder de Warmtewet vallen.
- 7) Standaardpercentage voor jaarlijkse onderhoudskosten distributienet

Tabel 7 Gestapelde bouw - MAX (géén blokverwarming aanwezig) (per woning)

| | Gebouw-gebruiker (huurder) | Gebouw-eigenaar (verhuurder) | Leverancier | Distributie - in pandig | Distributie - wijk |
|--------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------|
| Eenmalige kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Eenmalige aansluitkosten ¹ | | | | | € 2.700 |
| Fysieke aansluitmaatregelen ² | | | | € 5.308 | |
| Verwijderen bestaande installatie ³ | | | | € 500 | |
| Ongeriefsvergoeding ⁴ | | € 125 | | | |
| Projectmanagement ⁵ | | € 250 | | | |
| Eenmalige opbrengsten (worden betaald aan leverancier) | | | | | |
| Subsidie | | | | Variabel | |
| Aansluitbijdrage ⁶ | | € 795 (N7) | | | |
| Jaarlijkse kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Huurverlaging verhuurder ⁷ | Variabel (-/- €0-150) | Variabel (€ 0-150) | | | |
| Onderhoudskosten ⁸ | | | | 2,5% | 2,5% |
| Jaarlijks opbrengsten (worden betaald aan leverancier) | | | | | |
| Vastrecht (warmtewet) | € 228 (N6) | | | | |
| Verkoop warmte | Verbruik * GJ-prijs | | | | |

- 1) Kosten voor het aansluiten van het pand op het distributienet (dit was €3.000 in de vorige versie); het bedrag is de uitkomst van een onderhandeling en er wordt aangenomen dat dit de ordegrrootte is van de werkelijke kosten. Nieuwe waarde komt uit de validatieslag van de Vesta.
- 2) Plaatsen warmtestation in bestaande ruimte; Aanleg verdeelleidingen door bergingen / kruipruimte; Aanleg stijgleidingen; Plaatsen afleverset; Aansluiten afleverset op bestaande binneninstallatie; Verwijderen combiketel.
- 3) Vergoeding voor versneld afschrijven van (delen van) de bestaande installatie; middenwaarde € 0-1.000.
- 4) Onkostenvergoeding voor het tijdelijk verblijf elders en ander ongemak; middenwaarde € 0-250.
- 5) Schatting
- 6) Er wordt aangenomen dat het pand wordt gezien als meerdere individuele aansluitingen die onder de Warmtewet vallen.
- 7) Door een collectief verwarmingssysteem daalt de maximale huur die een verhuurder mag vragen; omdat in veel gevallen deze maximale huur toch al niet wordt gevraagd, kan het zijn dat er geen verlaging tot een maximale verlaging plaatsvindt.
- 8) Standaardpercentage voor jaarlijkse onderhoudskosten distributienet

Voor de grondgebonden bouw zijn geen gegevens aangeleverd door Aedes of BZK en heeft ook (bijna) geen validatie plaatsgevonden. Daar waar de waarden geschat of aangenomen zijn, is dit aangegeven.

Tabel 8 Grondgebonden bouw - MAX (géén blokverwarming aanwezig) (per woning)



| | Gebouw-gebruiker (huurder) | Gebouw-eigenaar (verhuurder) | Leverancier | Distributie - inpandig | Distributie - wijk |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|
| Eenmalige kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Eenmalige aansluitkosten ¹ | | | | | € 5.000 |
| Fysieke aansluitmaatregelen ² | | | | € 0 | |
| Verwijderen bestaande installatie ³ | | | | € 500 | |
| Ongeriefsvergoeding ⁴ | | € 125 | | | |
| Projectmanagement ⁵ | | € 250 | | | |
| Eenmalige opbrengsten (worden betaald aan leverancier) | | | | | |
| Subsidie | | | | Variabel | |
| Aansluitbijdrage ⁶ | | € 795 (N7) | | | |
| Jaarlijkse kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Huurverlaging verhuurder ⁷ | Variabel (-/- €0-150) | Variabel (€ 0-150) | | | |
| Onderhoudskosten ⁸ | | | | 2,5% | 2,5% |
| Jaarlijks opbrengsten (worden betaald aan leverancier) | | | | | |
| Vastrecht (warmtewet) | € 228 (N6) | | | | |
| Verkoop warmte | Verbruik * GJ-prijs | | | | |

- 1) Waarde komt uit validatie Vesta. Dit is inclusief warmteunit in de woning
- 2) Geen inpandige aanpassingen verondersteld
- 3) Gelijk als bij verketeld appartementen.
- 4) Idem
- 5) Idem
- 6) Idem
- 7) Idem
- 8) Idem

Bij de rentabiliteitsafweging worden de volgende posten meegenomen: Vergoeding vervroegde afschrijving bestaande installatie, ongeriefsvergoeding, projectmanagement, huurverlaging (als kostenpost). Ook wordt rekening gehouden met de rebound (zie paragraaf 3.6). Alleen de aansluitbijdrage wordt afgetrokken van de investeringskosten van de wijkdistributie.

Bij de maatschappelijke kosten worden de volgende posten meegenomen: ongeriefsvergoeding en huurverlaging als kostenpost. Deze laatste omdat deze kan worden gezien als vermindering van de woningwaarde. Bij WKO wordt de levering van koude als baat gezien. De koude werd oorspronkelijk niet geleverd maar door de toevoeging van WKO wel waardoor de comfort wordt vergroot.

Nieuwbouw

Vesta kent ook de mogelijkheid van het doorrekenen van nieuwe gebieden. De verschillen met de bestaande bouw zitten op:

- Algemeen: de waarden voor nieuwbouw, zoals hierboven genoemd voor bestaande bouw, zijn niet gevalideerd in het MAIS-traject, daarom berusten de waarden op aannames. Wel wordt de mogelijkheid ingebouwd van een generieke factor op de kosten die het mogelijk maken de kosten bij nieuwbouw lager of hoger te maken dan bestaande bouw.
- Eenmalige aansluitkosten: geen verschil bij grondgebonden (GG) en gestapeld (GS); [factor]
- Fysieke aansluitmaatregelen: geen verschil bij GG en GS; [factor]
- Verwijderen bestaande installatie: €0 in alle gevallen
- Ongeriefsvergoeding: €0 in alle gevallen
- Projectmanagement: €0 in alle gevallen (aannahme dat dit onder de algemene bouwkosten valt)
- Aansluitbijdrage: geen verschil bij GG en GS. De aansluitbijdragen bedragen €4.500 (de maximum aansluitbijdrage uit de Warmtewet is alleen gel-



- dig bij niet-geplande aansluiting op het warmtenet, daar is bij nieuwbouw geen sprake van); [factor]
- Subsidie: geen verschil bij GG en GS
 - Huurverlaging: €0 in alle gevallen
 - Onderhoudskosten: geen verschil bij GG en GS
 - Vastrecht en warmteprijs: geen verschil GG en GS

Bij de maatschappelijke kosten worden de volgende posten meegenomen: ongeriefsvergoeding en huurverlaging als kostenpost. Deze laatste omdat deze kan worden gezien als vermindering van de woningwaarde. Bij WKO wordt de levering van koude als baat gezien. De koude werd oorspronkelijk niet geleverd maar door de toevoeging van WKO wel waardoor de comfort wordt vergroot. (Misschien staat dit al ergens).

Split incentive bij gebouwmaatregelen

Alle gebouwen in Vesta kennen een gebouweigenaar en een gebouwgebruiker. In het geval van een verhuurder/huurder is die splitsing ook fysiek aanwezig, maar in het geval van een eigenaar-bewoner gaat het hier om dezelfde 'persoon'. Het split incentive draait om de situatie dat de Eigenaar de investeringen doet voor een bepaalde installatie of set met besparingsmaatregelen, maar omdat de Gebruiker de energiekosten betaald, behaalt deze de 'winst'.

Om er voor te zorgen dat de individuele business case van de Eigenaar interessanter wordt, wordt een verdeling gemaakt van de opbrengsten die een nieuwe installatie of set besparingsmaatregelen veroorzaken. Bij deze verdeling wordt er vanuit gegaan dat 80% (aanpasbaar) van de besparingen bij Gebruiker wordt overgeheveld naar de Eigenaar. Hiermee krijgen zowel de Eigenaar als Gebruiker dus een deel van het voordeel van de nieuwe situatie. Dit geldt zowel bij de energiebesparende maatregelen, als de elektrische warmtepomp, zonneboiler, zon-PV maar niet voor hybride warmtepomp.

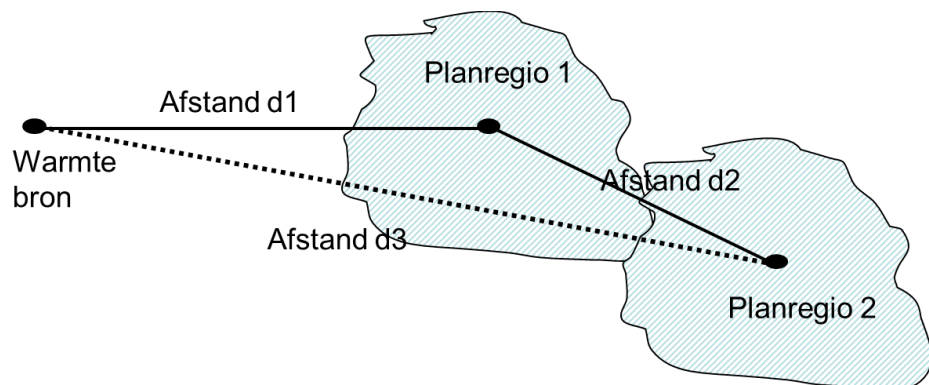
Deze herverdeling heeft (wel) invloed op de totale rentabiliteitsberekening en dient enkel voor de rapportage. Dit geldt voor de private afweging. Bij de maatschappelijke doet deze herverdeling niet mee.

7.5 Aaneenrijgen van planregio's t.b.v. warmtelevering: iteratieslagen

Het is mogelijk dat een gebied 1 dat dicht bij een restwarmtebron op afstand d_1 ligt rendabel is voor warmtedistributie vanuit die bron, terwijl een verder weg gelegen gebied 2 op zich kansrijk is voor warmtedistributie, maar dat de investeringen in het warmtetransport over afstand d_3 vanuit de restwarmtebron te hoog worden om rendabele levering in dat tweede gebied mogelijk te maken. Het zou zo kunnen zijn dat via doortrekken van de warmtetransportpijp vanuit het eerste naar het tweede gebied, over afstand d_2 , het gebied 2 wel rendabel op warmte kan worden aangesloten. Onder de randconditie dat de warmtebron voldoende capaciteit heeft om beide gebieden van warmte te kunnen voorzien.

De enkelvoudige analyse (i.e. steeds 1 gebied, vanuit een warmtebron) levert dus een *ondergrens* van het potentieel voor rendabele warmtelevering. Vanuit o.a. het voormalige CE-warmterekenmodel weten we dat de enkelvoudige analyses op PC4-niveau leiden tot aanzienlijke potentiële voor rendabele restwarmtelevering vanuit bestaande restwarmtebronnen (300 tot 1.000 PC4-gebieden, afhankelijk van prijsscenario). Indien deze analyse op basis van CBS-buurtten zou zijn uitgevoerd, dan is de verwachting dat dit tot een gelijk aantal zou zijn gekomen.

Figuur 8 Schematische weergave van het aaneenrijgen van warmteleveringsgebieden



Het model moet nu in een volgende iteratieslag vanuit gebied 1 bepalen wat de transportafstand naar gebied 2 is, en vervolgens of warmte vanuit de bron rendabel geleverd kan worden in gebied 2. Daartoe worden de productiekosten van de warmte bij de bron meegenomen, de transportpijp vanuit gebied 1 naar gebied 2, en de *meerkosten* van de grotere transportcapaciteit die nodig is voor het transport naar gebied 1. De investeringsgetallen voor warmte-transportpijpen worden gedifferentieerd naar capaciteit berekend in het model.

Opmerkingen:

1. 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 eventuele nieuwbouw in een nog niet eerder aangesloten CBS-buurt kan worden aangesloten. Het model beschouwt de situatie in het nieuwe zichtjaar als nieuw, en voert het algoritme van voren af aan uit. Indien het gaat om nieuwbouw binnen een reeds eerder aan een warmtebron toegewezen CBS-buurt, 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.
2. Het algoritme is zo ingericht dat de meest rendabele gebieden worden aangesloten op een warmtevoorziening. Het bewust maken van een omweg met een verbinding, zodat de verbinding door een kleiner, naastgelegen bebouwingsgebied loopt en deze kan worden aangesloten, is een optimalisatie die niet is ingebouwd in het model.

Keuze van puntbron

Voor ieder planregio wordt in de eerste iteratieslag de dichtstbijzijnde puntbron beschouwd die voldoende restcapaciteit beschikbaar heeft. 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.

Meerdere bronnen

In het geval zoals hierboven geschetst zou het aansluiten van planregio 1 en planregio 2 er toe kunnen leiden dat de warmtebron onvoldoende capaciteit bezit om beide gebieden te beleveren. Er wordt 1 planregio toegewezen en 1 planregio afgewezen. In een volgende iteratie zal voor de afgewezen planregio de puntbron buiten beschouwing blijven en worden andere minder nabije puntbronnen die nog wel voldoende capaciteit hebben beschouwd.

8 Intermezzo: Infrastructuur gas en elektriciteit

In Vesta 3.0 is een nieuwe functionaliteit toegevoegd, waarmee de kosten van de gas- en elektriciteitsinfrastructuur worden berekend. Hiermee kan enerzijds een betere berekening worden gemaakt, indien er een transitie plaatsvindt van verwarming met aardgas naar elektriciteit of warmtenetten en anderzijds zijn deze berekeningen nodig om alle verschillende opties eerlijk met elkaar te vergelijken. In deze versie van Vesta wordt namelijk niet meer gerekend met meerkosten, maar met absolute kosten, waardoor voor alle warmte-technieken de volledige kosten bepaald moeten worden.

In de onderstaande paragrafen wordt kort toegelicht op welke wijze de infrastructuur voor gas en elektriciteit zijn meegenomen. Een uitgebreide uitwerking hiervan is terug te vinden in bijlagen C.5 en C.6.

8.1 Opbrengsten gas- en elektriciteitsinfrastructuur

De **opbrengsten** van de infra worden bepaald door de gemiddelde netwerkprijs van de netbeheerders te nemen. Voor G kan hierbij de waarde van de Maximumprijsberekening van de ACM worden genomen. Voor E kan eveneens het gemiddelde netwerkprijs worden bepaald door het gemiddelde te berekenen van de (drie grootste) netbeheerders.

De netwerkprijs betreft voor bestaande en nieuwbouw:

- vastrecht (jaarlijks)
- capaciteitstarief (jaarlijks)
- meterdiensten (jaarlijks)
- aansluitvergoeding (jaarlijks)
- aansluitbijdrage in het geval van nieuwbouw (eenmalig)

Bij de opbouw van de kosten van gas en elektriciteit is er een verschil in de wijze hoe het nationale transportnet wordt gefinancierd door het gebruik. Bij elektriciteit zit een bedrag verwerkt in de opbrengsten van de netbeheerders (afdracht aan TenneT), bij gas zit het verwerkt in het variabele gastarief middels de regiotoeslag (afdracht aan GTS). Door deze constructie bij gas, heeft het als consequentie dat als er minder gas wordt gebruikt, er ook minder financiering voor de transportinfrastructuur van GTS binnenkomt. Er is besloten om Vesta+ bij deze situatie in de praktijk aan te laten sluiten. De opbrengsten voor het gastransportnet zitten daarmee dus in de variabele gasprijs verwerkt¹⁷.

Er wordt in de methodiek onderscheid gemaakt tussen huishoudens en utiliteit. De reden hiervoor is het verschil in de tariefstelling voor utiliteit, die een inzicht in de aansluitwaarden van de utiliteit vereist, welke niet beschikbaar is in Vesta. Voor utiliteit wordt daarom naar het verbruik gekeken en wordt gerekend met de waarden, zoals die door het CBS wordt gepresenteerd.

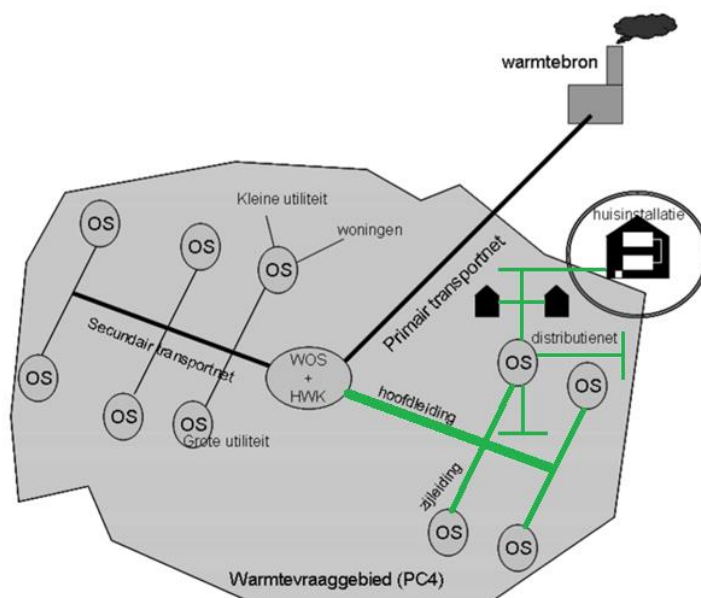
¹⁷ In overleg met PBL is besloten dat het bedrag voor de regiotoeslag los wordt weergegeven in de inputtabellen.

8.2 Kosten gas- en elektriciteitsinfrastructuur

De werkelijke kosten van de energie-infrastructuur zijn van vele factoren afhankelijk en goede openbare waarden hiervan zijn niet beschikbaar. Als gevolg daarvan is, gelijk aan de uitwerking van warmtenetten, gekozen voor een modelmatige benadering van de kosten op basis van de beschikbare gegevens op nationaal niveau. Deze worden omgezet naar kengetallen die voor de specifieke berekeningen worden gebruikt.

De jaarlijkse kosten per strekkende meter van de E en G-infra worden berekend door de **totale jaarlijkse kosten** van de netbeheerders te delen door de berekende lengte van de warmtenetten¹⁸. Aangenomen wordt dat de lengte van de infrastructuur voor warmte, gas en elektriciteit in dezelfde orde grootte ligt. Het betreft daarbij alleen de lengte van de groene leidingen in de onderstaande figuur.

De totale jaarlijkse kosten worden evenredig geschaald naar 100% van de totale jaarlijkse netopbrengsten¹⁹ (zie onder). De resulterende bedragen worden vervolgens gedeeld door berekende lengte van de betreffende infrastructuur (voor elektra en gas). Hierdoor wordt een kengetal verkregen voor de kapitaallasten per meter_{secundair distr.} voor transport en distributie en onderhoudskosten per meter_{secundair distr.}.



Gevolgen verandering in infrastructuur:

– Uitbreiding

Bij nieuwbouw wordt de lengte van de benodigde infra berekend en worden de kengetallen per m toegepast. Hiermee wordt een deel van de fictieve uitbreiding van het transportnet gedekt en een deel van de uitbreiding van het distributienet. Daarnaast zijn er de jaarlijkse onderhoudskosten die er bij komen.

¹⁸ Hierbij worden de kosten bepaald van de huidige energie-infrastructuur, los van het huidige verbruik.

¹⁹ Hier een percentage nemen van het totaal, omdat ook sectoren aan de infra meebetalen die niet in Vesta zitten (industrie, elektriciteitsproductie en verkeer). Per definitie zouden de opbrengsten in Vesta dus lager moeten zijn dan de totale kosten van de netbeheerders. Eerste aanname is 100%, na eerste berekening kijken of dit naar boven moet worden bijgesteld.

- Afname

In het geval van het verwijderen van het G-net door overschakelen op warmtelevering of all electric, blijven de berekende kapitaallasten bestaan (ter compensatie van het vervroegd afschrijven). Tevens komen er extra 'verwijderingskosten' voor het gasnet, ter waarde van 50% van de kapitaallasten²⁰. De onderhoudskosten verdwijnen wel.

In het geval gebouwen worden gesloopt, geldt het bovenstaande ook voor de elektriciteitsinfra.

²⁰ Percentage moet aanpasbaar zijn.



9 Blok 7: Interactie en bepaling: nadere reductie energievraag

De functie van dit blok is om analyses te kunnen maken van situaties waarbij eerst is besloten tot warmtedistributie, terwijl later alsnog de warmtevraag wijzigt en/of zonneboilers worden toegepast (waardoor de warm tapwater-vraag daalt). De gebruiker kan de effecten op de rentabiliteit van de eerder gemaakte toewijzingskeuzes bepalen, en ook zoeken of er een optimum is in maatschappelijke kosten, CO₂-emissies, et cetera.

In Blok 7 krijgt de gebruiker de mogelijkheid om alsnog vraagzijdemaatregelen toe te passen of lokale productie met bijvoorbeeld zonneboilers of additionele besparing door hybride warmtepompen²¹. Dit heeft consequenties voor de rentabiliteit van warmtedistributieprojecten. Met de in dit blok gewijzigde energievraaggegevens wordt door het model alleen nog een herberekening van de rentabiliteit van de warmtelevering uitgevoerd, maar niet meer een herbepaling van de toewijzing van warmteopties per gebied.

De berekeningsmethodiek voor de hybride warmtepomp is opgenomen in Bijlage C.

NB: Zowel de eerst bepaalde rentabiliteit van warmtelevering als de herziene bepaling moet in dit geval in de outputfile worden weggeschreven, zodat de verschillen nader geanalyseerd kunnen worden.

NB 2: In de praktijk vindt deze keuze, net als alle andere keuzes, al in het begin van het draaien van het model plaats. Voor de overzichtelijkheid en begrijpelijkheid is in dit functioneel ontwerp net gedaan alsof het model op dit punt fysiek onderbroken wordt ten behoeve van deze interactie.

²¹ Deze worden (in eerste instantie) gemodelleerd als 'add-on' voor de huidige HR-ketel.



10

Blok 8: Bepaling kosten en baten actoren

10.1 Inleiding maatschappelijke- en eindgebruikerskosten en -baten

De kosten worden berekend op basis van de 'VROM Methodiek Milieukosten'. Hierbij worden twee benaderingen gehanteerd, de nationale (maatschappelijke) kosten en de eindgebruikerskosten.

In dit hoofdstuk wordt eerst de methodiek kort besproken, vervolgens wordt per onderdeel besproken hoe in de data-input en berekeningen in het model met kosten is omgegaan, en tot slot wordt voor drie voorbeelden uitgewerkt hoe daarvan de maatschappelijke kosten en eindgebruikerskosten moeten worden bepaald.

In Tabel 13 in de Formulebijlage staan de nadere details van de modeloutput nader uitgewerkt.

De partijen die onderscheiden worden ten behoeve van Vesta zijn:

1. Opwekker
2. Transporteur
3. Distributeur
4. Leverancier
5. Gebouweigenaar (bestaand en nieuw)
 - a Huishouden
 - b Utiliteit
 - c Glastuinbouw
6. Gebouwgebruiker (bestaand en nieuw)
 - a Huishouden
 - b Utiliteit
 - c Glastuinbouw
7. Overheid

De producenten van gas en elektriciteit worden *niet* als aparte partij meegenomen. Producenten van installaties en dergelijke ook niet.

Voor **eindgebruikerskosten** wordt per partij bepaald wat de kosten zijn. Eenmalige investeringen worden met een discontovoet omgerekend naar kosten per jaar (CAPEX). De discontovoet is verschillend per type eindgebruiker, zie het lijstje aan het eind van dit hoofdstuk. Daarbij worden de jaarlijkse vaste kosten en de jaarlijkse variabele kosten opgeteld (OPEX). In de eindgebruikerskosten worden kostenposten als energiebelasting meegenomen. BTW wordt alleen meegenomen voor huishoudens, niet voor utiliteit, tuinbouw en 'energiebedrijven'. Er kan sprake zijn van baten, bijvoorbeeld voor de energieleverancier, of voor de eindgebruiker die teruglevert met zijn micro-WKK of zonnepaneel. Baten zijn negatieve kosten.

Voor **maatschappelijke kosten** wordt in de methodiek feitelijk hetzelfde gedaan, maar dan tegen een *maatschappelijke* discontovoet (4%), zonder het meerekenen van belastingen, BTW en eventueel subsidies, en voor de maatschappij als geheel. Overhevelingen tussen partijen (zoals inkomsten uit warmtelevering) worden dus weggelaten. Ook hier kan sprake zijn van baten.



Subsidies

In de nieuwe versie van Vesta is het ook mogelijk om met subsidies te werken. Hierbij worden twee typen subsidies onderscheiden:

- **Exploitatiesubsidies (zoals SDE+)**
De exploitatiesubsidie kunnen aangrijpen op de geproduceerde of geleverde warmte. Deze subsidies zijn alleen van toepassing op de producent. Deze subsidie is in €/GJ of een percentage.
- **Investeringsubsidies (zoals MIA, VAMIL, Step)**
De investeringsubsidies zijn van toepassing voor alle actoren die investeringen doen. Deze subsidie is in € of een percentage.

De subsidies kunnen per techniek worden toegekend.

10.2 Implementatie in het model

De kostenberekeningen worden pas aan het eind van een ‘run’ uitgevoerd. Om effecten van bijvoorbeeld de combinatie van besparingen en warmtelevering te kunnen bepalen uit een ‘run’ waarin beide worden toegepast, moet het model meerdere malen worden gedraaid met de afzonderlijke maatregelen. Op die manier kunnen effecten van resultaten worden ‘afgepeld’. De kosten worden bepaald per energiedrager (gas, warmte, elektriciteit, koude). De kosten worden uitgedrukt in € per jaar.

Verder is van belang wat de geografische omvang is van de gewenste output. Bij restwarmtedistributie, geothermie en wijk-WKK is het niet mogelijk om alle investeringen toe te rekenen naar de bebouwingsobjecten. Planregio (meestal: CBS-buurt) is wel mogelijk. Om die reden wordt als kleinste geografische eenheid het planregioniveau gehanteerd voor sommige output, plus het totaalniveau van rapportage regio's (meestal: Nederland of Provincie). Dit geldt voor eindgebruikerskosten en voor maatschappelijke kosten. De eindgebruikers worden onderscheiden naar de hierboven genoemde partijen, en nog gedifferentieerd naar de in Vesta gehanteerde bebouwingscomponenten.

In het model worden de volgende financiële berekeningen uitgevoerd, zoals beschreven in voorgaande hoofdstukken en in de bijlagen:

1. Van energiegebruik, via omvang van het gebruik naar prijzen (volgens scenario van reële prijzen), en gedifferentieerd naar type gebruiker (i.e. huishoudens, utiliteit, glastuinbouw). Van de prijzen is de opbouw ingevoerd in het model, zodat berekeningen met en zonder belastingen/subsidies kunnen worden uitgevoerd, oftewel t.b.v. eindgebruikerskosten en maatschappelijke kosten. Specifiek voor levering van warmte en koude geldt dat de leverancier daarover geen energiebelasting hoeft af te dragen aan de staat²².
2. Van de energie-infrastructuur (gas en elektra), gedifferentieerd naar type gebruiker. Hierbij wordt voor de kosten van de infrastructuur een andere aanpak gebruikt dan bij de opbrengsten.
3. Investeringskosten in energetische verbetering van gebouwschil of installatie. Hiervan zijn de investeringen gegeven en de effecten op energetische efficiëntie van gebouw of installatie, die zich vertaalt in een lagere energievraag per gebied ‘aan de meter’. Het model optimaliseert niet.

²² NB: Via Maximumprijsberekening voor warmte leidt de energiebelasting op gas wel tot een hogere warmteverkoop prijs, maar de leverancier van de warmte hoeft die component niet aan de overheid af te dragen.



4. Investerings in decentrale opwekking (PV, zonneboilers, micro-WKK, elektrische warmtepomp (eWP)). Hiervan zijn de *investerings* gegeven en de opbrengst van energie (kWh, GJ) per gebied. In het model wordt geen afweging of optimalisatie van kosten en baten gemaakt.
5. Investerings in nieuwe warmtebronnen als geothermie, wijk-WKK (gasmotor) en WKO en bijbehorend distributienet. Van de bron worden de investeringen per kW_{th} gegeven, de jaarlijkse vaste kosten en de variabele warmteproductiekosten (in €/GJ_{th}), plus alle investeringen in het netwerk. Het model bepaalt op basis van rentabiliteitsberekeningen²³ vanuit het gezichtspunt van de leverancier of de optie voldoet aan het opgegeven rentabiliteitscriterium (default: positieve kosten/baten-afweging). Zo ja, dan wordt het betreffende gebied aan de optie toegewezen, in volgorde van opgegeven voorkeur voor de bronnen. De energiekosten voor de afnemers in het gebied worden berekend (en gebruikt in de rentabiliteitsberekening).
6. Investering in uitkoppeling en benutting van restwarmtebronnen. Hierbij wordt dezelfde aanpak gehanteerd als bij het vorige punt, met dit verschil dat alleen de investering in de warmte-uitkoppeling van de warmtebroninstallatie worden meegenomen en niet de investering in de gehele broninstallatie.

10.3 Welke energieprijzen te hanteren?

De energieprijzen zijn voor elk jaar opgegeven in het model. Er is echter voor het functioneel ontwerp afgesproken dat bij een berekening voor een bepaald peiljaar alle gegevens in de berekening genomen worden uit dat specifieke peiljaar. De prijzen zijn dus in die berekening constant. Zo worden ze ook gehanteerd in de kostenberekeningen zoals beschreven in dit hoofdstuk.

10.4 Te hanteren default-discontovoeten in de kostenbepaling

Voor de berekeningen van maatschappelijke- en eindgebruikerskosten moeten de volgende discontovoeten worden gehanteerd, conform de VROM-methodiek:

Maatschappelijk: 4%.

Voor bepaling van eindgebruikerskosten:

Opwekker: 6%

Transporteur: 6%

Distributeur (in-uitpandig): 6%

Leverancier: 6%

Gebouweigenaar (bestaand en nieuw)

Huishouden: 5,5%

Utiliteit: 8%

Glastuinbouw: 8%

Gebougebruiker (bestaand en nieuw)

Huishouden: 5,5%

Utiliteit: 8%

Glastuinbouw: 8%

De bovenstaande discontovoeten zijn te variëren in runs.

²³ Daarbij wordt de investering op $t = 0$ vergeleken met de netto contant gemaakte jaarlijkse kosten en de netto contant gemaakte jaarlijkse opbrengsten.



Merk overigens op dat de afweging bij warmtedistributie en WKO op een default-discontovoet van 6% is gebaseerd. Dat is gebaseerd op discussies rond het 'redelijk rendement' op dit soort laagriscoinvesteringen in netwerk-projecten voor gebonden klanten. Als default in de VROM-methodiek wordt voor zakelijke investeringen een discontovoet van 8% aangehouden, daarvan wordt hier bewust afgeweken; in runs kan deze default overigens wel worden gewijzigd door de gebruiker van het model.



11 Beschrijving blokken 9 t/m 12

11.1 Blok 9: Bepaling draagvlak en kansrijkheid

Deze worden bepaald op basis van een nog nader te bepalen model en weggeschreven als separate geografische laag, voor latere GIS-analyses.

11.2 Blok 10: Wegschrijven output

De functie van dit blok is om alle gegevens weg te schrijven ten behoeve van latere analyses, ook buiten het model.

Het model exporteert alle door de gebruiker gemaakte keuzes, en in principe per kleinste geografische eenheid, tenminste op CBS-buurtgebied²⁴. Waar over kosten wordt gesproken worden de maatschappelijke en eindgebruikerskosten bedoeld zoals beschreven in Hoofdstuk 9.

- de warmtevraag, elektriciteitsvraag en gasvraag per gebied;
- de toegewezen optie voor de warmtevoorziening en de toegewezen bron (ID);
- de kosten van warmtelevering per gebied;
- de rentabiliteit van warmtelevering per gebied, zowel voor als na de optionele extra vraagzijdereductie;
- de kosten van gebouwverbetering;
- de lokale productie van energie, per type;
- de CO₂-emissie, per type gebouw, per energiedrager.

Daarnaast worden de totalen voor Nederland als geheel bepaald en getoond.

Rekenresultaten moeten als bestand kunnen worden opgeslagen onder een unieke naam. Aan het uitvoerbestand moet de gebruikers ook enkele commentaarregels kunnen toevoegen, bijvoorbeeld omdat er gebruik is gemaakt van de ‘fluïde methodiek’ om bepaalde selecties op de data te hanteren.

De output moet ook ‘afpelplaatjes’ bevatten; waarmee inzichtelijk wordt welke omvang van CO₂-emissiereductie het gevolg is van energievraagvermindering, welke door sloop van gebouwen, welke door aanbodzijde-maatregelen (i.e. warmteleveringsscenario), etc.

11.3 Blok 11: Analyse

De gebruiker heeft hier de mogelijkheid om outputgegevens te bekijken en te analyseren.

²⁴ Omdat kosten van warmtedistributie niet op PC6-niveau bekend zijn.



11.4 Blok 12: Analyses buiten het model

Buiten het model kunnen GIS- en andere analyses worden gemaakt. Bijvoorbeeld door resultaten van verschillende runs met elkaar te vergelijken. Zo kunnen ook effecten van beleidskeuzes geanalyseerd worden door de outputfiles van een run met 'defaultwaardes' te vergelijken met die van een run waarin beleidskeuzes zijn ingevoerd.



12 Literatuurlijst

Literatuurverwijzingen in dit functioneel ontwerp zijn, waar van toepassing, opgenomen als voetnoten.

- CE Delft. (1993). *Grootschalige warmtelevering in de bestaande bouw*. Delft: CE Delft.
- CE Delft. (1994). *Grootschalige warmtelevering in de nieuwbouw en de glastuinbouw*. Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2013). *Vesta 2.0 - Uitbreidingen en dataverificaties*. Delft: CE Delft.
- CE Delft. (2015). *Nieuwe inputgegevens utiliteit voor Vesta*. Delft: CE Delft.
- ECN. (2013). *Verbetering referentiebeeld utiliteitssector*. Petten: ECN.
- PBL. (2011). *VESTA Ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving: Data en methoden*. Bilthoven/Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL. (2012). *VESTA Ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving: Data en methoden*. Bilthoven/Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).



Bijlage A Bebouwing

In deze bijlage wordt een korte typering van de bebouwing gegeven. De bebouwingsgegevens worden ingelezen vanuit de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG) van Het Kadaster op CBS-buurniveau en buiten het model samengesteld en aangeleverd. Hieronder is de bebouwing verdeeld in de sectoren woningen, utiliteit en glastuinbouw. Een uitgebreide beschrijving geeft (PBL, 2012).

A.1 Woningen

De huidige omvang van woningbouw komt uit het GeoMarkt-bestand (met type-indeling 2006), waarin dominant type en bijbehorend bouwjaarvak op PC6-niveau wordt gegeven.

De gehanteerde type-indeling is:

1. Herenhuis grachtenpand.
2. Boerderij/tuinderij.
3. Vrijstaand/bungalows.
4. Twee onder een kap.
5. Rijtjeshuizen/eengezins.
6. Flats, vier of minder verdiepingen.
7. Flats, meer dan vier verdiepingen.
8. Zelfstandige bejaardenwoning.
9. Etagewoning/maisonnette.
10. Etage/flats grachtenpand.
11. Studentenwoning/flat.
12. Divers.
13. Onbekend.
14. Woonboten.
15. Woonwagens.

De types woonboten en woonwagens worden niet gebruikt in het model.

De gehanteerde en hier gebruikte tijdvakken in het GeoMarktbestand zijn:

- 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 2010;
- onbekend.

Daaraan worden als tijdvak nog toegevoegd:

- 2010-2020;
- 2020-2030;
- 2030-2040;
- 2040-2050.



A.2 Utiliteitsbouw

De huidige omvang van utiliteitbouw komt uit LISA. Industrie wordt daar uit weggelaten en bedrijven met één werknemers idem dito omdat dit in LISA veelal ZZP'ers zijn die vanuit een woning werken; dit zou anders een dubbel-telling geven.

De bebouwingsgegevens utiliteit worden in de invoerbestanden weggeschreven als oppervlaktes per type, in m² bvo (bruto vloeroppervlak).

In LISA is het aantal werknemers per (fysieke) bedrijfslocatie opgenomen, en het type bedrijf. Vanuit de randtotalen van jaarenergiegebruik per type utiliteit voor geheel Nederland, de kengetallen voor energiegebruik per m² bvo voor elk type utiliteit, en het totaal aantal werknemers bij dit type utiliteit is per utiliteittype een kengetal bepaald voor het aantal m² bvo per werknemer²⁵. Door deze werkwijze is het totale energiegebruik van de utiliteit in Nederland toebedeeld aan het totaal aan LISA-records.

De onderscheiden utiliteittypes in het model zijn:

1. Kantoren.
2. Winkels.
3. Groothandel.
4. Autohandel en reparatie.
5. Verpleging en verzorging.
6. Ziekenhuizen.
7. Onderwijs.
8. Horeca.
9. Overige dienstverlening.

In de functionaliteit van het model wordt de utiliteit volgens dezelfde bouwjaarklassen verdeeld als de woningbouw. Omdat de energievraaggegevens utiliteit die differentiatie echter momenteel nog niet kennen, wordt alle bestaande utiliteit aan de categorie 'bouwjaar onbekend' toegedeeld.

A.3 Glastuinbouw

De huidige omvang van glastuinbouw is onderscheiden in de types bloemen, groente en overig (i.e. 'blijvende teelt'). De input is gegeven in m² kasoppervlak, en verdeeld naar de categorieën:

1. Glastuinbouw, bloemen, verwarmd.
2. Glastuinbouw, groente, verwarmd.
3. Glastuinbouw, overig, verwarmd.
4. Glastuinbouw, bloemen, onverwarmd.
5. Glastuinbouw, groente, onverwarmd.
6. Glastuinbouw, overig, onverwarmd.
7. *Glastuinbouw, bloemen, belicht.*
8. *Glastuinbouw, groente, belicht.*
9. *Glastuinbouw, overig, belicht.*
10. *Glastuinbouw, bloemen, onbelicht.*
11. *Glastuinbouw, groente, onbelicht.*
12. *Glastuinbouw, overig, onbelicht.*

²⁵ Detail: dit kengetal verschilt wanneer vanuit gasgebruik en elektriciteitsgebruik wordt gerekend. Om dit op te lossen is het kengetal voor m² bvo per werknemer bepaald vanuit het gasgebruik omdat dit het belangrijkste onderdeel van het model is. Om de zo ontstane mismatch met het elektriciteitsgebruik op te lossen is hiertoe een correctiefactor op de kengetallen voor het functioneel gebruik elektriciteit elektra per m² bvo toegepast.



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 Folkert (2011).

NB: In het model worden alleen de eerste drie categorieën, met verwarmde kassen, potentieel aangesloten op warmtedistributie.

In de functionaliteit van het model wordt de glastuinbouw volgens dezelfde bouwjaarklassen verdeeld als de woningbouw. Omdat de energievraaggegevens van glastuinbouw die differentiatie echter momenteel nog niet kennen, wordt alle bestaande glastuinbouw aan de categorie 'bouwjaar onbekend' toege-deeld.

A.4 Toekomstige situatie bebouwing (peiljaren: 2020, 2030, 2040, 2050)

Toevoegingen en sloop worden buiten het Vesta-model bepaald en als invoerbestanden aangeleverd.

De gegevens over gebouwtoevoegingen en sloop zijn scenarioafhankelijk, het systeem moet dus verschillende inputsets voor de bebouwing aankunnen.

De gebruiker selecteert welke variant wordt genomen, waarbij altijd een default wordt aangegeven door het systeem.

Bijlage B Overzicht investeringscomponenten

Het doel van Figuur 9 is om inzichtelijk te maken dat er sprake is van een investeringsfase en een exploitatiefase bij een warmtedistributieproject, en daarbij aan te geven welke inkomsten en uitgaven bij welke fase horen.

Figuur 9 Schematische weergave van inkomsten en uitgaven in de tijd in het model m.b.t. de centrale warmtenetten (en WKO)

| Defaultlooptijd is 30 jaar, vanaf aanvang investering; dit is een modelvariabele, door gebruiker te overschrijven | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|-----------------|----|----|-----------------------------------------------------------------------------|
| Defaultlooptijd investeringsperiode is 2 jaar; dit is een modelvariabele, door gebruiker te overschrijven | | | | | | | | |
| Jaar | Investeringsfase | | | | Exploitatiefase | | | Opmerkingen |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ... | 29 | 30 | |
| Onderdeel: distributie | | | | | | | | |
| Investering aanleg distributienet | X | X | | | | | | Incl. aansluitingen, meters, WOS, piekketels |
| Uitgaven gas piekketels | | | X | X | X | X | X | N.v.t. bij WKO |
| Uitgaven bediening en onderhoud, etc. | | | X | X | X | X | X | Alles wat nodig is om distributienet up and running te houden |
| Inkomsten verkoop warmte en evt. koude | | | X | X | X | X | X | |
| Inkomsten vastrecht | | | X | X | X | X | X | |
| Inkomsten aansluitbijdrage | | | X | | | | | |
| Onderdeel: transport | | | | | | | | |
| Investering uitkoppeling warmte of in warmtebron | X | X | | | | | | I.g.v. ‘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 up and running te houden |
| Uitgaven productiekosten warmte en evt. koude | | | X | X | X | X | X | O.a. derving elektriciteitsproductie bij aftapwarmte elektriciteitscentrale |

Toelichting en afwijkingen

Geothermie

Onderdeel transport:

- investering uitkoppeling warmte wordt vervangen door investering in doublet van geothermie;
- investering transportpijpen is alleen van toepassing als brondoublet buiten het distributiegebied ligt;
- uitgaven productiekosten warmte betreft de benodigde pompenergie van de bron.

Wijk-WKK & Bio-WKK

Onderdeel transport:

- investering uitkoppeling warmte wordt vervangen door investering in productie-eenheid wijk-WKK;
- investering transportpijpen is niet van toepassing;
- in de uitgaven voor productiekosten warmte betreffen de uitgaven voor aardgasinkoop van de wijk-WKK, in de berekening van deze uitgaven worden de inkomsten van de door de WKK geproduceerde elektriciteit verdisconteerd.

WKO

Onderdeel distributie:

- Bij woningen en bij utiliteit wordt WKO op PC6-gebied gerealiseerd en is sprake van een distributienet.
WKO-installaties voor één (utiliteit)gebouw zijn in het model opgenomen. Gemodelleerd is een WKO-systeem met een centrale warmtepomp.
- Uitgaven gas piekketels is niet van toepassing, de warmtepomp incl. eventuele elektrische bijverwarming levert alle benodigde warmte.
- Inkomsten verkoop warmte betreffen tevens koude.

Onderdeel transport:

- Investering uitkoppeling warmte wordt vervangen door investering in het doublet van de WKO.
- Investering transportpijpen is niet van toepassing.
- Uitgaven productiekosten warmte betreft ook productie van koude en bestaat uit uitgaven elektriciteit ten behoeve van de centrale elektrische warmtepomp van de WKO.

Bijlage C Formules rentabiliteit

In deze bijlage zijn de formules verzameld die nodig zijn voor het model, zowel voor kosten en opbrengsten als voor techniek, en voorzien van toelichting over de aannames die er aan ten grondslag liggen.

In het model wordt per distributiegebied, dus CBS-buurt en bij WKO is dat PC6, de opbrengsten uit de verkoop van warmte (en evt. koude) bepaald, en de kosten om de warmte in het gebied te distribueren. Als het verschil tussen de opbrengsten en de kosten gedeeld wordt door de warmtevraag in het distributiegebied dan levert dit de maximale warmte-inkoopprijs per GJ op waarbij het warmteproject nog rendabel is.

De verschillende onderdelen worden nu eerst schematisch beschreven en vervolgens in detail uitgewerkt.

NB: In het model is het mogelijk om per peiljaar (2010, 2020, etc.) de berekeningen te doen. Daarbij wordt de bebouwing in dat peiljaar en de kosten en prijzen in dat peiljaar genomen. Gedurende de looptijd van de rentabiliteitsberekeningen worden deze gegevens geacht vervolgens constant te zijn.

De kasstromen worden in het model geacht constant te zijn met een waarde gelijk aan die in het peiljaar. Hiertoe worden de jaarlijkse kapitaallasten (CAPEX) en operationele lasten (OPEX) berekend. Voor de rentabiliteitsberekening worden de kosten en baten tegen elkaar afgewogen.

De volgende notaties voor de subsidies worden in het model gebruikt:

- EIA: investeringssubsidie wordt gegeven als percentage op de investering van opwekking, transport, distributie en eigenaar van warmtegebedopties (EIA30, EIA 15 en EIA voor levensduur van respectievelijk 30, 15 en 28 jaar). Bij de eigenaar worden ongeriefsvergoeding en procesmanagement ook als investering beschouwd waarop subsidie kan worden verleend; en op de investering van schilverbetering;
- Subsidie LokaleOpwekking: hetzelfde als EIA maar dan voor gebouwinstallaties zoals zonnepaneel, zonneboiler en elektrische warmtepomp;
- EEA: exploitatiesubsidie wordt gegeven als percentage op de jaarlijkse kapitaallasten van de investering;
- SDE: exploitatiesubsidie wordt gegeven als bedrag per eenheid geleverde warmte (euro/GJ) dat binnenkomt in het distributiegebied. De leidingverliezen van het transport zijn dus al wel verdisconteerd maar die van het distributiegebied niet. Bij WKO wordt de netto energie beschouwd dwz de hoeveelheid energie berekend als de som van warmte en koude minus elektriciteit. In de uitvoer is de SDE onderdeel van de EEA;
- Subsidie O&B: exploitatiesubsidie wordt gegeven als percentage op onderhoud en bediening alsmede op administratie.

C.1 Hoofdformules (schematisch)

Deze formules gelden voor de centrale warmtevoorzieningsopties:

- restwarmte;
- geothermie;
- wijk-WKK.

Bij wijk-WKK, en bij geothermie met een bron in het betreffende gebied, is er wel een WOS maar geen transportpijp tussen bron en WOS (zie Figuur 6). Voor WKO geldt een zelfde structuur maar iets afwijkende formules, zie vermeldingen daarvoor verderop bij WKO.

1. Formule maximale warmte-inkoopprijs

$$\text{Maximale warmte inkoopprijs} = F = \frac{\text{opbrengsten-kosten}}{\text{warmtevraag}}$$

Deze maximale warmte-inkoopprijs geldt per CBS-buurt. De opbrengsten en kosten worden als CAPEX en OPEX bepaald per jaar. De warmtevraag wordt voor het peiljaar bepaald.

De eenheid is €/GJ.

2. Formule kosten warmtelevering

$$\text{Kosten} = \text{distributiekosten} + \text{kosten bijstook}$$

Deze formule drukt de totale kosten van de warmtelevering in een CBS-buurt uit, bestaande uit twee hoofdcomponenten: distributiekosten zijn alle kosten (dus inclusief eenmalige investeringen) die nodig zijn om de warmte in het gebied te distribueren (CAPEX en OPEX). De kosten van bijstook zijn de kosten die gemoeid zijn met de piekvoorziening (eenmalige investeringen in pieketels en variabele kosten voor inkoop van gas voor de piekvoorziening).

De kosten worden omgerekend naar jaarlijkse kosten met de discontovoet per actor.

De eenheid is €.

3. Distributiekosten

Bij de berekening van de distributiekosten worden in deze nieuwe versie van Vesta eveneens de kosten van de gas- en elektriciteitsinfrastructuur toegevoegd.

$$\text{Distributiekosten} : f(Lw_1, Lw_2, Lu, Ld, Lt, Lq_1, Lq_2, \sum (Lq_3), Lq_4, Lq_5, Lq_6)$$

Met daarin:

| Symbool | Betekenis | Herkomst |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|
| Lw ₁ | Aantal woningen | Blok 1 |
| Lw ₂ | Oppervlakte gebied (km ²) | Blok 1 |
| Lu | Omvang utiliteitsbouw (m ² bvo); te sommeren over de types | Blok 1 |
| Ld | Distributiekosten per woning en per m ² bvo utiliteitsbouw | Blok 2 |
| Lt | Omvang glastuinbouw (m ²) | Blok 1 |
| Lq ₁ | Aansluitwaarde woningen (kW) | Blok 5 |
| Lq ₂ | Warmtevraag woningen (GJ/jaar) | Blok 5 |
| Lq ₃ | Aansluitwaarde utiliteit (kW/m ² bvo) | Blok 2 |
| Lq ₄ | Warmtevraag utiliteitsbouw (GJ/m ² bvo /jaar) | Blok 5 |
| Lq ₅ | Aansluitwaarde per m ² glastuinbouw | Blok 2 |



| (kW/m ²) | | |
|----------------------|------------------------------------------------|--------|
| Lq ₆ | Warmtevraag tuinbouw (GJ//m ² jaar) | Blok 5 |

De CAPEX en OPEX worden per peiljaar bepaald. Bij de eenmalige kosten worden ook de jaarlijkse onderhoudskosten gegeven als percentage van de eenmalige investering.

Er wordt in het model van uitgegaan dat de levensduur van alle investeringen even lang is als de looptijd van het project²⁶.

De eenheid is €.

De formule voor de kosten van bijstook wordt verderop gegeven.

4. Opmerking over ‘collectieve verwarming’

Bij bestaande woningen met ‘collectieve verwarming’ (flats met centrale CV-ketel en een reeds bestaand in pandig warmtedistributienet) is het in de praktijk relatief gemakkelijk om aan te sluiten op een warmtedistributienet. In de praktijk is de gestapelde bouw deels verketeld en deels voorzien van blokverwarming. Omdat niet bekend is waar deze blokverwarming zich bevindt, is het niet mogelijk hier als input rekening mee te houden. Om modelmatig een indicatie van het kostenverschil tussen wel of geen aanwezige blokverwarming te geven, wordt een MIN en MAX gebruikt, zoals ook bij andere technieken. De MIN is de waarde voor het aansluiten van gestapelde woning die al voorzien is van blokverwarming, de MAX is een woning die op dit moment verketeld is. Op basis van waarden van AEDES is een indicatie gemaakt van de kosten die komen kijken bij het aansluiten van gestapelde bouw op een warmtenet.

Naast de situatie in de gestapelde bouw met wel of geen blokverwarming, wordt tevens de situatie beschreven bij grondgebonden bouw. In dat geval is er enkel sprake van een ‘MAX’, omdat er bij grondgebonden bouw altijd sprake is van een verketelde situatie.

Als default wordt in het model nu verondersteld dat alle bestaande woningbouw voorzien is van individuele verwarming. Het ‘percentage collectieve verwarming’ is in de invoerspreadsheets opgenomen (Blok 2) en default op nul gesteld.

Deze opmerking geldt voor alle volgende formules waarin sprake is van collectieve verwarming.

5. Formule opbrengsten warmtelevering

$$\text{Opbrengsten} = \text{aansluitbijdrage} + \text{vastrecht} + \text{verkoop warmte}$$

De aansluitbijdrage is een eenmalig bedrag dat is geannualiseerd (€), het jaarlijkse vastrecht is een bedrag in € per jaar, de verkoop warmte levert een bedrag in € per jaar op. Het betreft hier de totale opbrengsten per gebied.

De eenheid is €.

C.2 Opbrengsten uit het warmtenet

²⁶ In een volgende versie kan desgewenst een nadere verfijning worden aangebracht door aan sommige componenten een kortere levensduur toe te kennen, waardoor sprake kan zijn van herinvesteringen gedurende de looptijd van het project. Dit kan dan door een factor in de NCW-bepalingen worden opgenomen.



Voor het prijspeil wordt uitgegaan van het peiljaar waarin het model gezien wordt. Er wordt van uitgegaan dat de prijzen van het peiljaar gedurende de looptijd van het warmteproject niet wijzigen.

De deelnamepercentages N_4 , $N_{4,util}$ en $N_{4,gtb}$ van respectievelijk woningbouw, utiliteitbouw en glastuinbouw zijn in het model verondersteld gelijk te zijn. Het deelnamepercentage is in het model afzonderlijk te variëren per centrale aanbodtechnologie en apart instelbaar voor bestaande- en nieuwbouw. Alle defaults voor het deelnamepercentage zijn 100% (t.b.v. bepaling van technisch potentieel).

De vergoeding N'_7 voor bestaande gasinstallaties geldt alleen voor bestaande woningbouw (met default=0 €/woning).

C.2.1 Opbrengsten woningbouw

6. Opbrengsten vastrecht woningbouw

$$Vastrecht : N_4 \times Lw_1 \times N_6$$

De uitkomst uit deze formule is een bedrag in €/jaar.

De eenheid is dan €.

Met daarin:

| Symbool | Betekenis | Herkomst | Defaultwaarde |
|---------|-------------------------------|----------|---------------|
| Lw1 | Aantal woningen | Blok 1 | N.v.t. |
| N_4 | Deelnamepercentage woningbouw | Blok 2 | 100% |
| N_6 | Vastrecht (€/jaar) | Blok 2 | € 228 |

7. Opbrengsten aansluitbijdrage woningbouw

$$Aansluitbi\ jdrage : N_4 \times Lw_1 \times (N_7 - N'_7)$$

Met daarin:

| Symbool | Betekenis | Herkomst | Defaultwaarde |
|-----------------|------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------|
| Lw ₁ | Aantal woningen | Blok 1 | N.v.t. |
| N_4 | Deelnamepercentage woningbouw | Blok 2 | 100% |
| N_7 | Aansluitbijdrage (€/woning) | Blok 2 | Nieuwbouw € 5.000 Bestaande bouw € 795 Zie opmerking |
| N'_7 | Vergoeding bestaande gasinstallatie (€/woning) | Blok 2 | € 0 |

Opmerking: Dit bedrag is gebaseerd op de uitgevoerde marktanalyse. In het geval van bestaande bouw, moet het bedrag uit de maximumprijsberekening worden gebruikt (NMDA-principe).



In het model is het mogelijk om bij bestaande woningbouw een eenmalige vergoeding (N'_7) voor een nog niet afgeschreven installatie op te voeren, de default daarvan staat op nul.

De aansluitbijdrage is eenmalig en wordt direct in mindering gebracht op de kosten van de wijkdistributie. Dit bedrag wordt daarmee dus geannualiseerd met de discontovoet van de wijk-distributie. De eenheid is €.

8. Opbrengsten verkoop warmte woningbouw

$$\text{Verkoop warmte} : N_4 \times Lq_2 \times N_{5w}$$

Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst | Defaultwaarde |
|----------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Lq_2 | Warmtevraag woningbouw (GJ/jaar) | Blok 5 | N.v.t. |
| N_4 | Deelnamepercentage woningbouw | Blok 2 | 100% |
| N_{5w} | Warmteverkooptarief woningbouw (€/GJ) | Zie warmteprijs-formule woningen | Afh. Prijzen gas; Prijsscenario |

De uitkomst uit deze formule is een bedrag in €/jaar.

9. Formule warmteprijs (warmteverkooptarief) o.b.v. Maximumprijs (woningen)

$$\text{Warmteprijs} = \frac{\text{gasprijs}}{\text{brandstofrendement}}$$

De gasprijs in deze formule is in €/GJ, (inclusief ODE en energiebelasting, exclusief BTW). Het brandstofrendement is een gewogen gemiddelde van het opwekkingsrendement van een HR-ketel voor ruimteverwarming en warm tapwater. Dit brandstofrendement wordt in Vesta voor ieder peiljaar berekend aan de hand van de dan geldende algemene verhouding tussen de vraag naar ruimteverwarming en warm tapwater bij woningen op aardgas. Hierbij wordt dus rekening gehouden met voortschrijdende isolatiemaatregelen en dalende vraag naar ruimteverwarming. Indien er geen woningen op aardgas meer zijn in een bepaald peiljaar, wordt daarbij het brandstofrendement genomen van het laatste peiljaar waar nog wel woningen op aardgas waren. Dit wijkt daarmee af van huidige situatie zoals uitgewerkt in het Warmtebe-sluit.

10. Formule kosten ruimteverwarming en tapwaterverwarming wo-ningbouw

$$\text{Kosten ruimteverw} : N_{11} = \frac{Q_{rv}}{\eta_{rv} * \eta_{gebouw}} \times \frac{N_{13}}{31,65 / 1000}$$

$$\text{Kosten tapwaterve} : N_{12} = \frac{Q_{tw}}{\eta_{tw}} \times \frac{N_{13}}{31,65 / 1000}$$



Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst |
|-----------------|------------------------------------------|----------|
| N_{13} | Gasprijs (€/m ³) | Blok 2 |
| Q_{rv} | Warmtevraag ruimteverwarming (GJ/jaar) | Blok 2 |
| Q_{tw} | Warmtevraag tapwaterverwarming (GJ/jaar) | Blok 2 |
| η_{rv} | Rendement ruimteverwarming op o.w. | Blok 2 |
| η_{gebouw} | Gebouwefficiëntie voor ruimteverwarming | Blok 2 |
| η_{tw} | Rendement tapwaterverwarming op o.w. | Blok 2 |

Deze formule is opgenomen ten behoeve van het bepalen van de kosten in geval van de *nulsituatie* van gasstook in de woningen. De kengetallen zijn per type woningbouw opgegeven in de invoerspreadsheets.

De formule geldt voor één woning, er moet worden getotaliseerd over alle woningen in het gebied.

De factor 31,65/1.000 is de energie-inhoud van 1 m³ aardgas in GJ, op onderwaarde.

De uitkomst uit de formule is een bedrag in € per jaar.

Voor utiliteitbouw en glastuinbouw geldt een soortgelijke formule, met de gasprijzen voor utiliteit en glastuinbouw en de bijbehorende kengetallen.

C.2.2 Opbrengsten utiliteitbouw

De Warmtewet en Maximumprijs gelden alleen voor kleinverbruikers. Voor utiliteit (en glastuinbouw) wordt daarom een andere methodiek toegepast.

11. Opbrengsten vastrecht utiliteitsbouw

$$Vastrecht : \sum \frac{96,84}{Lq_3^{0,22}} \times N_{4,util}$$

Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst | Defaultwaarde |
|--------------|---------------------------------|----------|---------------------|
| Lq_3 | Aansluitwaarde utiliteit (kWth) | Blok 2 | Vanuit inputbestand |
| $N_{4,util}$ | Deelnamepercentage utiliteit | Blok 2 | 100% |

De uitkomst van de breuk is een bedrag in € per kW.

De sommatie is over de aansluitvermogens van alle utiliteitbouw (i.e. LISA-records) in het gehele CBS-buurt, rekening houdend met het deelnamepercentage $N_{4,util}$ op het geheel.

De formule levert de jaarlijkse vastrechtinkomsten in € in een gebied.

12. Opbrengsten aansluitbijdrage utiliteitsbouw

De eenmalige aansluitbijdrage utiliteit is € 100 per kW (warmteaansluiting).

Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst/default |
|--------------|--------------------------------------|------------------|
| Lq_3 | Aansluitwaarde utiliteit (kWth) | Blok 2 |
| $N_{4,util}$ | Deelnamepercentage utiliteit | Default: 100% |
| $N_{7,u}$ | Eenmalige aansluitbijdrage utiliteit | 75 euro per kW |

De aansluitbijdrage is eenmalig en wordt direct in mindering gebracht op de kosten van de wijkdistributie. Dit bedrag wordt daarmee dus geannualiseerd met de discontovoet van de wijk-distributie.

Zie hierboven voor de bepaling van de aansluitwaarde utiliteit.

13. Opbrengsten verkoop warmte utiliteitsbouw

$$\text{Verkoop warmte} : Lq_4 \times N_{5u}$$

Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst |
|----------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Lq_4 | Warmtevraag utiliteitsbouw (GJ/jaar) | Blok 5, rekening houden met deelnamepercentage utiliteit |
| N_{5u} | Warmteverkooptarief utiliteitsbouw (€/GJ) | Zie prijsformule warmte utiliteit |

De uitkomst van de formule is een bedrag in €/jaar.

De warmtevraag utiliteitbouw wordt berekend door de warmtevraag 'bij de meter' (ruimteverwarming + tapwaterverwarming; in GJ per jaar per m² bvo) per type utiliteitbouw te vermenigvuldigen met de omvang van dat type utiliteitbouw in m² bvo in het gebied en met het deelname percentage utiliteitbouw van dat type. Vervolgens wordt gesommeerd over alle typen utiliteitbouw.

14. Formule warmteverkooptarief utiliteitsbouw

$$\text{Tarief warmte} = N_{5u} = 33,32 \times N_{13}$$

Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst |
|----------|------------------------------------------|----------|
| N_{13} | Gasprijs (utiliteit) (€/m ³) | Blok 2 |

In de factor zit de gemiddelde efficiency van de CV-ketel verdisconteerd waarmee het gebouw anders zou worden verwarmd (95% op onderwaarde).

De eenheid is € per GJ.

C.2.3 Opbrengsten glastuinbouw

NB: De opbrengsten (en kosten) worden alleen gerealiseerd uit de tuinbouwkassen die verwarmd zijn. De andere kastypen krijgen géén warmte-



aansluiting in het model, en realiseren dus ook geen opbrengsten voor warmte. De opbouw is analoog aan die bij utiliteitbouw.

15. Opbrengsten vastrecht glastuinbouw

Vastrecht: Σ (vastrechtGTB)

De sommatie is over de vermogensvraag (in kW) van alle typen verwarmde glastuinbouw in een gebied, vermenigvuldigd met het deelnamepercentage (waarbij default = 100%). De vermogensvraag in kW wordt bepaald via vermenigvuldiging van het kengetal van de vermogensvraag per m² tuinbouw (in kW/m²) met de omvang van het betreffende type tuinbouw in het gebied (in m²).

De uitkomst uit de formule is in € per jaar.

16. Formule vastrecht glastuinbouw

Vastrecht is 0 €/jr

Vanwege het Niet-Meer-Dan-Anders-principe en omdat de huidige verwarmingsinstallatie (incl. gasaansluiting) blijft bestaan voor back-up, worden er geen vastrechtkosten in rekening gebracht. Voor nieuwbouw is dat in de praktijk ook zo.

Als er in analyseruns voor gekozen wordt om voor het vastrecht een bedrag in te voeren dan is de aanpak analoog aan die bij utiliteitbouw: een vastrecht-bedrag per kW per record; en rekening houdend met het deelnamepercentage glastuinbouw.

17. Opbrengsten aansluitbijdrage glastuinbouw

Aansluitbijdrage: Σ (aansluitbijdrageGTB)

De aansluitbijdrage is eenmalig.

De eenheid is €.

De berekening is analoog aan die bij utiliteitbouw.

18. Formule aansluitbijdrage glastuinbouw

Bij bestaande glastuinbouw wordt niets uitgespaard als op warmte wordt aangesloten omdat de bestaande warmte-installatie i.h.a. blijft staan, de aansluitbijdrage is daarom gelijk aan nul gesteld. Voor nieuwbouw is ze gelijk gesteld aan die bij utiliteitbouw. De praktijk is overigens dat de aansluitbijdrage warmte in het geval van tuinbouw uitonderhandeld wordt voordat een project van start gaat.

Nieuwbouw: aansluitbijdrageGTB: $75 \times Lq_5$ [€]

Bestaand: aansluitbijdrageGTB: $0 \times Lq_5$ [€]

Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst |
|--------|----------------------------------|----------|
| Lq_5 | Aansluitwaarde glastuinbouw (kW) | Blok 2 |



De aansluitbijdrage is eenmalig en wordt direct in mindering gebracht op de kosten van de wijkdistributie. Dit bedrag wordt daarmee dus geannualiseerd met de discontovoet van de wijk-distributie

19. Opbrengsten verkoop warmte glastuinbouw

$$\text{Verkoop warmte} : Lq_6 \times N_{5g}$$

Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst |
|----------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Lq_6 | Warmtevraag glastuinbouw (GJ/jaar) | Blok 5, rekening houdend met deelnamepercentage |
| N_{5g} | Warmteverkooptarief glastuinbouw (€/GJ) | Zie prijsformule warmte glastuinbouw |

De uitkomst uit de formule is een bedrag in € per jaar.
De NCW over de looptijd moet vervolgens worden bepaald.
De eenheid is dan €.

20. Formule warmteverkooptarief glastuinbouw

$$\text{Tarief warmte} = N_{5g} = 33,32 \times N_{gtb}$$

In de factor zit de gemiddelde efficiency van de CV-ketel verdisconteerd waarmee de kas anders zou worden verwarmd (95% op onderwaarde).

N_{gtb} is de gasprijs voor glastuinbouw, in €/m³.

De eenheid is € per GJ.

C.3 Kosten bij grootschalige warmtelevering

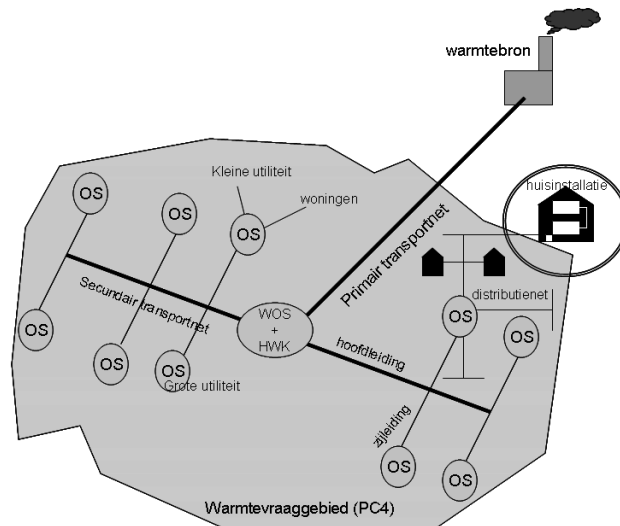
Om de verschillende kostenonderdelen goed inzichtelijk te maken is Figuur 10 opgenomen, waarin de onderdelen schematisch zijn weergegeven.

De kosten worden eerst besproken voor de woningen. Deze zijn gesplitst in enerzijds woninginstallatie en onderstation (Paragraaf C.3.2) en anderzijds secundair en primair warmtenet (Paragraaf C.3.3). Deze laatste bestaan uit:

- hoofd- en zijleiding van secundair net;
- warmte-overdrachtstation (WOS) en hulpwarmteketel (HWK);
- bijstook van de piekgasketel;
- grootschalige warmte-inkoop;
- primair transportnet.

De kosten van utiliteit en glastuinbouw lopen hetzelfde maar kennen enkele afwijkingen (Paragraaf C.3.4 respectievelijk Paragraaf C.3.5). De onderhoudskosten van het warmtenet worden bepaald als percentage van de investeringen. Hiermee wordt hieronder begonnen (Paragraaf C.3.1).

Figuur 10 Schematische weergave van het model met alle investeringsonderdelen



- WOS = Warmteoverdrachtstation (ontkoppelpunt tussen primaire- en secundaire warmtewet).
- HWK = Hulpwarmteketel (voor de pieklevering; de piek is goed voor ca. 50% van het maximaal gevraagde thermische vermogen, waarin maar ca. 10% van de warmte wordt geleverd).
- OS = Onderstation.

C.3.1 Percentage onderhoudskosten op de investeringen

Bij de eenmalige investeringen hoort een percentage voor de jaarlijkse onderhouds- en bedieningskosten. Deze moet worden meegenomen in de NCW-bepalingen van de kosten. De onderhouds- en bedieningskosten starten direct in het jaar van investering.

- uitkoppeling warmtebron: 5%;
- nieuwe bron: 5% (wijk-WKK (gasmotor), WKO, en geothermie);
- WOS + HWK: 3%;
- OS: 3%;
- primair net: 1%;
- secundair net: 1%;
- distributienet: 2,5%.

De opgegeven defaultkosten van de investeringen zijn prijspeil 2010 en excl. BTW. In het model is het functioneel mogelijk om per peiljaar de investeringscijfers te wijzigen.

C.3.2 Administratieve lasten

Om de administratieve lasten van de leverancier toe te voegen, wordt een percentage van de opbrengst van de jaarlijkse vastrechten genomen. Dit percentage is instelbaar (default 25%).

Dit zijn jaarlijkse kosten in €.

C.3.3 Kosten woninginstallatie en onderstation bij woningbouw

Er wordt in de functionaliteit onderscheid gemaakt tussen niet-collectief verwarmde woningen en collectief verwarmde woningen, zie de toelichting over collectief verwarmde woningen verderop. De default is: niet-collectief verwarmde woningen. Voor de duidelijkheid: met collectief verwarmde woningen wordt hier bedoeld: blokverwarming, oftewel flats met een collectieve CV-ketel en een warmtedistributiesysteem in de flat.

Voor utiliteit en glastuinbouw volgt eenzelfde opbouw van de netkosten (i.e. aansluiting en distributienet, OS, secundair transportnet, WOS + HWK, primair transportnet. Er wordt aangegeven waar kosten, en opbouw daarvan, gemeenschappelijk zijn voor woningbouw, utiliteitbouw en tuinbouw. Woningbouw is om die reden het meest gedetailleerd uitgewerkt.

C.3.2.1 Niet-collectief verwarmde woningen

Voor de eenmalige kosten (investering) voor de aansluiting van de woninginstallatie op het distributienet voor niet-collectief verwarmde woningen wordt een vast bedrag per woning gehanteerd, dat verschilt per type woning. Als defaultwaardes worden gehanteerd:

meergezinswoning: 2.700 €/woning
eengezinswoning: 5.000 €/woning

Een meergezinswoning betreft alle gestapelde bouw.

Daarnaast gelden tevens onderstaande kosten per woning (zie ook paragraaf 7.4).

Tabel 9 Gestapelde bouw - MAX (géén blokverwarming aanwezig) (per woning)

| | Gebouw-gebruiker (huurder) | Gebouw-eigenaar (verhuurder) | Leverancier | Distributie - in pandig | Distributie - wijk |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------------|-----------------------|
| Eenmalige kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Fysieke aansluitmaatregelen ¹ | | | | € 5.308 | |
| Verwijderen bestaande installatie ² | | | | € 500 | |
| Ongeriefsvergoeding ³ | | € 125 | | | |
| Projectmanagement ⁴ | | € 250 | | | |
| Jaarlijkse kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Huurverlaging verhuurder ⁵ | Variabel (-/- €0-150) | Variabel (€ 0-150) | | | |
| Onderhoudskosten ⁶ | | | | 2,5% | 2,5% |

- 1) Plaatsen warmtestation in bestaande ruimte; Aanleg verdeelleidingen door bergingen / kruipruimte; Aanleg stijgleidingen; Plaatsen afleverset; Aansluiten afleverset op bestaande binneninstallatie; Verwijderen combiketel.
- 2) Vergoeding voor versneld afschrijven van (delen van) de bestaande installatie; middenwaarde € 0-1.000.
- 3) Onkostenvergoeding voor het tijdelijk verblijf elders en ander ongemak; middenwaarde € 0-250.
- 4) Schatting
- 5) Door een collectief verwarmingssysteem daalt de maximale huur die een verhuurder mag vragen; omdat in veel gevallen deze maximale huur toch al niet wordt gevraagd, kan het zijn dat er geen verlaging tot een maximale verlaging plaatsvindt.
- 6) Standaardpercentage voor jaarlijkse onderhoudskosten distributienet



Tabel 10 Grondgebonden bouw - MAX (géén blokverwarming aanwezig) (per woning)

| | Gebouw-gebruiker (huurder) | Gebouw-eigenaar (verhuurder) | Leverancier | Distributie - inpandig | Distributie - wijk |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|
| Eenmalige kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Fysieke aansluitmaatregelen ¹ | | | | € 0 | |
| Verwijderen bestaande installatie ² | | | | € 500 | |
| Ongeriefsvergoeding ³ | | € 125 | | | |
| Projectmanagement ⁴ | | € 250 | | | |
| Jaarlijkse kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Huurverlaging verhuurder ⁵ | Variabel (-/- €0-150) | Variabel (€ 0-150) | | | |
| Onderhoudskosten ⁶ | | | | 2,5% | 2,5% |

- 1) Geen inpandige aanpassingen verondersteld
- 2) Gelijk als bij verketeld appartementen.
- 3) Idem
- 4) Idem
- 5) Idem
- 6) Idem
- 7) Idem

De huurverlaging wordt ook door de leverancier vergoed. Vergoedingen door de leverancier maken deel uit van de rentabiliteitsafweging en worden bij toewijzing van een optie als betaling geboekt: veel huurverlaging maakt een gebiedsoptie dus minder rendabel.

Ongeriefsvergoeding en projectmanagement wordt geannualiseerd met de discontovoet van de woning-eigenaren.

In het geval er gebruik wordt gemaakt van de vermeden kosten van de gasketel, dan worden de inpandige distributiekosten verlaagd met €2.700,00. Dit zijn de kosten van de HR-ketel, verrekend met de levensduur van de ketel (15 jaar) en warmtenet (28 jaar).

21. Formule thermisch vermogen onderstation

Bij niet-collectief verwarmde woningen. Hier wordt het thermisch vermogen van een standaard onderstation (OS) bepaald. Dit wordt gebruikt in verdere berekeningen.

$$P_{\text{const}} = a_{\text{opt}} \cdot ASW_{\text{gem}} \cdot y = 825 \text{ kW}$$

Met daarin:

a_{opt} = optimaal aantal woningen = 150

ASW_{gem} = gemiddelde aansluitwaarde voor een rijwoning = 11 kW

y = gelijktijdigheidsfactor woningen = 0,5

De gelijktijdigheidsfactor drukt uit dat niet alle woningen tegelijkertijd hun individuele aansluitcapaciteit vragen. De capaciteitsvraag op het niveau van het OS is aldus kleiner dan de som van de capaciteitsvraag van de aangesloten woningen.

22. Formule kosten 1 onderstation niet-collectief (OS)

Bij niet-collectief verwarmde woningen, voor 1 standaard onderstation

$$K_{\text{OS, niet - coll}} = P_{\text{const}} \cdot K_{\text{OS / kW}} = € 82.500$$

met daarin:



$$P_{\text{const}} = 825 \text{ kW}$$

$$K_{\text{OS/kW}} = \text{kosten OS per kilowatt (inclusief behuizing)} = \text{€ } 100$$

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

23. Formule aantal onderstations

Voor niet-collectief verwarmde woningen. Er worden maar een beperkt aantal woningen op een onderstation aangesloten. Met deze formule wordt het aantal benodigde onderstations berekend.

$$n_1 = P_{\text{max, OS}} / P_{\text{const}} = P_{\text{max, OS}} / 825 \text{ (naar boven afronden)}$$

met:

$P_{\text{max, OS}}$ = maximaal op OS-niveau benodigd vermogen voor niet-collectief verwarmde woningen.

24. Formule kosten onderstations

Ten behoeve van niet-collectief verwarmde woningen.

$$K_{\text{OS, tot 1}} = n_1 \cdot K_{\text{OS, niet coll.}}$$

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

25. Formule maximaal benodigd vermogen op onderstationniveau

$$P_{\text{max, OS}} = 1 / (1 - \beta) \cdot y \cdot \sum (ASW \cdot N_4 \cdot a_{\text{niet-coll.}}) [\text{kW}]$$

met:

β = piekverliesfactor = 0,05

y = gelijktijdigheidsfactor = 0,5

ASW = aansluitwaarde van een bepaald woningtype (kW)

N_4 = deelnamepercentage woningbouw

$a_{\text{niet-coll.}}$ = aantal woningen van een bepaald woningtype, uitgezonderd de collectief verwarmde woningen

NB: De gelijktijdigheidsfactor geldt feitelijk bij 40 woningen of meer, bij minder woningen is de gelijktijdigheid groter, oplopend tot 1,0 wanneer slechts enkele woningen worden beschouwd. In het model is er van uitgegaan dat altijd grote aantallen woningen op een OS worden aangesloten en is een gelijktijdigheid van 0,5 verondersteld.

De piekverliesfactor is het vermogensverlies tussen het onderstation en de woningaansluiting, als percentage van het beschikbare vermogen. Feitelijk zou ook met een iets grotere gelijktijdigheidsfactor kunnen worden gerekend, echter de piekverliesfactor sluit beter aan bij de fysieke werkelijkheid.

C.3.2.2 Collectief verwarmde bestaande woningen ('blokverwarming')

Zoals eerder beschreven bevat het model voor woningbouw een differentiatie naar collectief verwarmde woningen en individueel verwarmde woningen.

Als default is voor alle woningen het percentage 'collectief verwarmd' op nul gezet, bij gebrek aan actuele gegevens (zie ook eerdere beschrijving).

Bij collectief verwarmde woningen (i.e. flats) is al een centrale CV-ketel aanwezig en een in pandig warmtedistributienet.



26. Formule kosten aansluitingsbijdrage woninginstallatie bij collectief verwarmde woningen

In het geval een woning reeds voorzien is van een collectieve warmtevoorziening (blokverwarming), dan gelden daarvoor de volgende kosten. Dit geldt alleen voor gestapelde woningen.

Tabel 11 Gestapelde bouw - MIN (blokverwarming aanwezig) (per woning)

| | Gebouw-gebruiker (huurder) | Gebouw-eigenaar (verhuurder) | Leverancier | Distributie - in pandig | Distributie - wijk |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------------|-----------------------|
| Eenmalige kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Eenmalige aansluitkosten ¹ | | | | | € 2.700 |
| Fysieke aansluitmaatregelen ² | | | | € 1.823 | |
| Vergoeding bestaande installatie ³ | | | | € 500 | |
| Ongeriefsvergoeding ⁴ | | € 0 | | | |
| Projectmanagement ⁵ | | € 50 | | | |
| Jaarlijkse kosten (worden vergoed door leverancier) | | | | | |
| Huurverlaging verhuurder | € 0 | € 0 | | | |
| Onderhoudskosten ⁶ | | | | 2,5% | 2,5% |

- 1) Kosten voor het aansluiten van het pand op het distributienet (dit was €3.000 in de vorige versie); het bedrag is de uitkomst van een onderhandeling en er wordt aangenomen dat dit de orde-grootte is van de werkelijke kosten. Nieuwe waarde komt uit de validatieslag van Vesta.
- 2) Plaatsen warmtestation in bestaande ruimte; Aansluiten warmtestation op bestaande CV-installatie; Verwijderen collectieve ketel; Aansluiten / aanleggen warmtapwatersysteem.
- 3) Vergoeding voor versneld afschrijven van (delen van) de bestaande installatie; middenwaarde € 0-1.000.
- 4) Onkostenvergoeding voor het tijdelijk verblijf elders en ander ongemak.
- 5) Schatting
- 6) Standaardpercentage voor jaarlijkse onderhoudskosten distributienet

De huurverlaging wordt ook door de leverancier vergoed. Vergoedingen door de leverancier maken deel uit van de rentabiliteitsafweging en worden bij toewijzing van een optie als betaling geboekt: veel huurverlaging maakt een gebiedsoptie dus minder rendabel. Ongeriefsvergoeding en projectmanagement wordt geannualiseerd met de discontovoet van de woning-eigenaren.

In het geval er gebruik wordt gemaakt van de vermeden kosten van de gas-ketel, dan worden de in pandige distributiekosten verlaagd met €2.700,00. Dit zijn de kosten van de HR-ketel, verrekend met de levensduur van de ketel (15 jaar) en warmtenet (28 jaar).

27. Formule aantal onderstations bij collectief verwarmde woningen

$$n_2 = P_{\max, \text{coll}} / P_{\text{const}} = P_{\max, \text{coll}} / 825 \text{ (naar boven afronden)}$$

met:

$P_{\max, \text{coll}}$ = maximaal op OS-niveau benodigd vermogen voor collectief verwarmde woningen



29. Formule maximaal benodigd vermogen voor collectief verwarmde woningen

$$P_{\max, coll} = 1 / (1 - \beta) \cdot y \cdot \sum (ASW \cdot N_4 \cdot a_{coll}) [kW]$$

met daarin:

β = piekverliesfactor = 0,05

y = gelijktijdigheidsfactor = 0,5

ASW = aansluitwaarde van een bepaald woningtype (kW)

N_4 = deelnamepercentage woningbouw

a_{coll} = aantal woningen van een bepaald woningtype, uitgezonderd de niet-collectief verwarmde woningen

De uitkomst in de formule is in kW.

30. Formule vergoeding voor overname van overbodig geworden collectieve CV-ketels

$$K_{ketelvergoeding} = P_{\max, coll} \cdot 0,33 \cdot K_{ketel}$$

De uitkomst in de formule is een eenmalig bedrag in €.

NB: Deze functionaliteit is 'uitgezet' in het model; in de marktconsultatie is gebleken dat dit een terechte keuze is. Het ketelvermogen (kW) is in bovenstaande formule geval gelijk aan dat van het OS dat ervoor in de plaats komt. In totaal in een gebied dus gelijk aan $P_{\max, coll}$. De ketels worden overigens in de praktijk veelal niet meer gebruikt na overname, en hoeven dus ook niet te worden vervangen na verloop van tijd. Het betreft een bedrag dat in praktijk-situaties nodig is in onderhandelingen om tot overeenstemming met de eigenaar van het huidige collectieve verwarmingssysteem te komen. De factor 0,33 komt uit de aanname dat het gehele bestaande distributiesysteem in de flats wordt overgenomen voor 1/3 van de vervangingswaarde. De praktijk-waarde is uiteraard afhankelijk van de werkelijke ouderdom van de ketels, die de werkelijke restwaarde bepaalt.

C.3.4 Kosten secundair en primair warmtenet

31. Formule per meter warmtetracé

Er is een formule opgesteld om de kosten per meter warmtetracé²⁷ te bepalen, afhankelijk van het te transporteren warmtevermogen.

In bestaand gebied inclusief herbestrating. Voor de kosten is een range met minimumcurve en maximumcurve opgesteld, als functie van het te transporteren warmtevermogen.

Minimumcurve

$$K_{buis} = 215,5 \cdot (P \text{ (in MW)})^{0,4828} [\text{€ / m}]$$

[P in MW]

²⁷ Een warmtedistributienet heeft altijd een aanvoer- en retourleiding.



Maximumcurve

$$K_{\text{buis}} = 379,29 \cdot (P \text{ (in MW)})^{0,4739} \text{ [€ / m]}$$

[P in MW]

met:

$$P = (n_1 + n_2) \cdot P_{\text{const}} / 1.000 = (n_1 + n_2) \cdot 0,825 \text{ (MW)}$$

n_1 = aantal OS voor niet-collectief verwarmde woningen

n_2 = aantal OS voor collectief verwarmde woningen

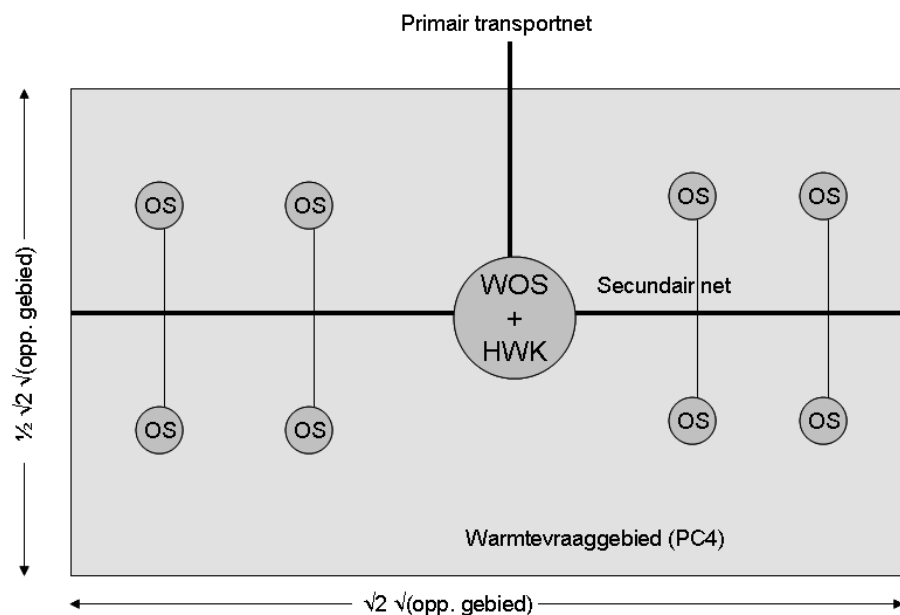
P_{const} = het vermogen van een standaard OS = 825 kW

Deze kosten zijn eenmalig, in € per meter tracé. Let op: P is in MW, niet in kW.

Per CBS-buurtzal de warmtevraag naar verwachting niet groter zijn dan circa 60 MW. Als in het rekenmodel bij een run van het model situaties voorkomen waarbij het te transporteren vermogen in het net groter is dan 115 MW, dan moeten deze situaties in de output zichtbaar gemaakt worden en achteraf analyseerbaar zijn. De reden daarvoor is dat de bijbehorende grote diameters van de transportbuizen niet gangbaar zijn, waardoor de formule buiten het beoogde toepassingsgebied komt.

32. Formule kosten van de hoofdleiding (secundair net)

Figuur 11 Schematische weergave van het gebied



Om de kosten van de hoofdleiding van het secundaire net (zie Figuur 11) te kunnen bepalen wordt gerekend met de oppervlakte van het warmteleveringsgebied (i.e. CBS-buurt), zie ook Figuur 10 voor een schematische weergave van het net. De hoofdleiding van het secundaire net moet het volledig vermogen van de som van de er op aangesloten onderstations kunnen leveren vanuit het Warmteoverdrachtstation. Daarbij moet rekening gehouden worden met de gelijktijdigheden.

$$K_{\text{hoofdleiding}} = \alpha \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\text{oppgebied}} \cdot K_{\text{buis}}$$

α = omwegfactor = 1,25

oppgebied = oppervlakte van het PC4gebied (in m²)

De omwegfactor is geïntroduceerd als kostenverhogende factor in het model omdat het warmtenet niet altijd volgens rechte lijnen kan worden aangelegd in het gebied.

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

33. Formule voor kosten van zijleidingen secundair net

Zie Figuur 11 voor een schematische weergave van het net. Elke zijleiding voedt het OS aan het eind ervan. Het vermogen van dat OS is het vermogen dat in de formule voor K_{buis} moet worden gehanteerd voor die zijleiding.

$$K_{\text{zijleiding}} = \alpha \cdot n \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \sqrt{\text{oppgebied}} \cdot K_{\text{buis}}$$

met:

α = omwegfactor = 1,25

n = totaal aantal OS = $n_1 + n_2$

K_{buis} = zie eerdere formule [€/m]

oppgebied = oppervlakte van het CBS-buurt (in m²)

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

34. Formule kosten Warmteoverdrachtstation met hulpwarmteketel (WOS + HWK)

In het warmteoverdrachtstation (WOS) bevindt zich het ontkoppelpunt (warmtewisselaar) tussen het primaire transportnet en het secundaire distributienet in het warmtevraaggebied. In het WOS bevinden zich ook (grote) hulpwarmteketels voor de piekvraag. Dit zijn gasgestookte CV-ketels. Deze ketels hebben in de praktijk een capaciteit van 70-100% van de totale capaciteitsvraag vanuit de onderstations. Voor de modelberekeningen wordt hiervoor uitgegaan van 85%. Met de ketels wordt voorzien in circa 20% van de warmtevraag op jaarbasis.

De HWK doet ook dienst als noodwarmtevoorziening in het geval de warmtebron of het primaire net uitvalt.

$$K_{\text{WOS}} = 0,85 \times P_{\text{sec}} \times \text{€}125.000$$

met:

P_{sec} = $(n_1 + n_2) \cdot 0,825$ MW

n_1 = aantal onderstations voor individueel aangesloten woningen

n_2 = aantal onderstations voor collectief aangesloten woningen

NB: P_{sec} is in MW.

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

Deze kosten zijn voor het totaal van WOS plus hulpwarmteketels, waarbij de hulpwarmteketels de belangrijkste kostencomponent vormen.



35. Kosten bijstook (piekgasketel)

$$Kosten_{bijstook} = (Lq_2 \times N_4 + Lq_4 \times N_4 + Lq_6 \times N_4) \times \frac{1}{(1 - N_3)} \times (1 - N_1) \times N_2 / \eta_{ketel}$$

Met daarin:

| Symbol | Betekenis | Herkomst | Defaultwaarde |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|
| Lq ₂ | Warmtevraag woningbouw (GJ/jaar) | Blok 5 | N.v.t. |
| Lq ₄ | Warmtevraag utiliteitsbouw (GJ/jaar) | Blok 5 | N.v.t. |
| Lq ₆ | Warmtevraag glastuinbouw (GJ/jaar) | Blok 5 | N.v.t. |
| N ₁ | Percentage grootschalige warmte | Blok 2 | 80% |
| N ₂ | Brandstofprijs aardgas; voor de prijs voor bijstookgas wordt het prijspeil van gas voor de utiliteit genomen (klein-middelgroot) | Blok 2 | Prijsscenario |
| N ₃ | Warmteverliespercentage | Blok 2 | 20% |
| N ₄ | Deelnamepercentage per type bebouwing | Blok 2 | 100% |
| η _{ketel} | Efficiency van de piekketel (op o.w.) | | 92,5% |

Het percentage grootschalige warmte staat voor de hoeveelheid warmte-energie die geleverd wordt in het gebied vanuit de primaire transportpijp. Dit betreft 80% van de warmte-energie²⁸ in GJ en 30% van de benodigde capaciteit in kW²⁹. De rest van de warmte (en piekcapaciteit) komt uit de in het Warmteoverdrachtstation opgestelde gasgestookte piekwarmteketels, de zogenaamde ‘bijstook’ of ‘hulpwarmteketels’.

Het warmteverliespercentage is het warmteverlies in het net, op jaarbasis (GJ/jr, en uitgedrukt als percentage); warmte die dus wel wordt ingekocht maar niet verkocht kan worden.

Met ‘deelnamepercentage’ kan worden gesimuleerd dat niet alle bebouwing in een gebied aangesloten wordt op de warmtelevering. Voor een potentieel-bepaling staat de default op 100%. Voor warmtelevering aan nieuwbouw is dat ook de praktijk. Bij levering aan bestaande bouw is de praktijk dat niet alle gebouwen worden aangesloten, om uiteenlopende redenen.

De uitkomst van de formule is een bedrag in € per jaar. Dit moet netto contant worden gemaakt over de looptijd van het project.

²⁸ NB: Deze defaults kunnen in het model handmatig worden aangepast (‘fluïde methode’), maar de gebruiker moet daarvoor wel goed kennis hebben van de zgn. jaar-belastingduurkromme van warmteprojecten.

²⁹ In het geval van geothermie, wordt op dit moment het systeem zo ontworpen dat een kleiner deel van de capaciteit en volume uit de hoofdbron komt. Dit wordt vooral vanuit kostenoverwegingen gedaan. In de toekomstige, duurzame energievoorziening, is het de wens om zo veel mogelijk hernieuwbare warmte te hebben. Daarom wordt ook voor geothermie dezelfde verhouding genomen als bij de andere collectieve warmteopties.



36. Kosten grootschalige warmte-inkoop

Complementair aan de kosten van gasinkoop voor de piekgasketel(s) moet warmte worden ingekocht van de (rest)warmtebron.

$$Kosten_{warmte - inkoop} = (Lq_2 \times N_4 + Lq_4 \times N_4 + Lq_6 \times N_4) \times \frac{1}{(1 - N_3)} \times (N_1) \times Nw$$

In de formule is:

Nw: de inkoopprijs in €/GJ van de betreffende warmtebron³⁰.

Daarnaast is nog sprake van de eenmalige investeringskosten in de uitkoppelingsinstallatie van de restwarmte. Deze zijn per type warmtebron gegeven.

37. Formule kosten primair transportnet

Het primaire transportnet verbindt de warmtebron met het WOS, of WOS'sen in verschillende warmtevraaggebieden. Het vermogen van de buis is P_{prim} .

$$K_{primaire\ transport\ eiding} = \ell \cdot \alpha \cdot K_{primair\ buis}$$

met:

$$\ell = \text{lengte net} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

$$\alpha = \text{omwegfactor} = 1,25$$

x_1, y_1 en x_2, y_2 zijn de coördinaten van de te koppelen punten

$K_{primair, buis}$ in [€/m]; hiervoor geldt dezelfde formule als de eerder gegeven K_{buis}

$$P_{prim} = 0,3 \cdot (n_1 + n_2) \cdot 0,825 \text{ [MW]}$$

De factor 0,3 in de formule voor P_{prim} duidt aan dat 30% van het totale thermische vermogen wordt geleverd vanuit het primaire net, en de andere 70% vanuit de gasgestookte hulpwarmteketels die in het WOS staan opgesteld (welke overgedimensioneerd worden voor de redundantie).

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

80. Formule voor berekenen precario

Onderdeel van de kosten van de infrastructuur is de precario, een gemeentelijke belasting op leidingen in de ondergrond. Deze wordt per strekkende meter berekend en verschilt per gemeente. Een marktvraag heeft opgeleverd dat precario een hoogte van 4,30€/m kan hebben. Dit wordt berekend op de lengte van het primaire en secundaire net en de distributie³¹.

Deze kosten zijn jaarlijks, in €.

³⁰ In de implementatie is Nw bepaald in de inputspreadsheet KostenkengetallenProductie, per peiljaar. Nw is in de spreadsheet afhankelijk van de brandstofprijs van de betreffende warmtebron, waarin ook reeds eventuele CO₂-kosten zitten opgenomen.

³¹ Voor de lengte van het distributienet wordt een gemiddeld lengte van 15m per aansluiting genomen.



C.3.5 Kosten grootschalige warmtedistributie bij utiliteitbouw (Formules zijn gegeven alleen daar waar afwijkend van die bij woningbouw).

Net als bij de woningbouw worden eerst de in pandige kosten gegeven, vervolgens de kosten van het distributienet, OS, secundaire net, WOS + HWK en primaire net. Voor die laatste componenten worden alleen de wijzigingen t.o.v. woningbouw gegeven.

Van belang voor goed begrip van dit gedeelte van het model is dat er onderscheid wordt gemaakt tussen 'kleine' utiliteitgebouwen en 'grote' utiliteitgebouwen. Klein betekent een thermische vermogensvraag per gebouw van kleiner of gelijk dan 100 kW.

In het model zijn niet afzonderlijke gebouwen bekend maar afzonderlijke LISA-records. ***Er wordt in het model aangenomen dat elk LISA-record een afzonderlijk utiliteitgebouw representeert.***

Kleine utiliteitgebouwen worden via een distributienet aangesloten op een standaard onderstation (OS) van 825 kW. Dat kan op eenzelfde OS zijn als waar woningbouw op wordt aangesloten. De kosten van het OS voor kleine utiliteitgebouwen zijn dus hetzelfde als voor woningbouw (€ 100 per kW, zie formule 22). Grote utiliteitgebouwen krijgen een eigen (in pandig) OS (zie formule 42). Merk op dat gelijktijdigheid van de warmtevraag, net als bij woningen, wel wordt verondersteld bij de kleine utiliteit maar niet bij de grote utiliteit. Bij de grote utiliteit wordt immers uitgegaan van aansluiting van één gebouw.

38. Formule kosten warmtemeters

Deze geldt voor zowel grote als kleine utiliteit.

$$\text{Kosten warmtemete} \quad rs = 810 + (1,2 \cdot P) \quad [\text{€}]$$

P: Vermogen in kW van de in het gebied aangesloten utiliteitbouw (zonder gelijktijdigheidfactor).

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

39. Formule kosten warmtemenginstallaties

Menginstallaties komen niet (meer) voor bij de warmtebedrijven. Deze kostencomponent in het model is daarom op nul gezet.

$$\text{Kosten menginstal} \quad laties = 0 \quad [\text{€}]$$

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

40. Formule distributiekosten kleine utiliteitbouw

$$Distributi\text{e}kosten\text{ kleine utiliteitbouw} = 125 \left[\text{€} / kW \right]$$

P: Vermogen in kW van de in het gebied aangesloten kleine utiliteitbouw (zonder gelijktijdigheidfactor).

Deze kosten zijn eenmalig, in €. De defaultwaarde is ontleend aan de investeringen in het distributienet bij 'meergezinswoningen' en een gemiddelde woningcapaciteit van 11 kW.

In het geval er gebruik wordt gemaakt van de vermeden kosten van de gasketel, dan worden de in pandige distributiekosten verlaagd met €2.700,00. Dit zijn de kosten van de HR-ketel, verrekend met de levensduur van de ketel (15 jaar) en warmtenet (28 jaar).

NB: Deze kleine utiliteitbouw wordt aangesloten op standaard OS. Het aantal van deze OS is $n_{util,klein}$, en volgt uit:

41. Formule aantal onderstations voor kleine utiliteit

$$n_{util,klein} = P / P_{const} = P / 825$$

met:

P = maximaal op OS-niveau benodigd vermogen voor kleine utiliteit, in kW

P wordt bepaald door de som te nemen van het thermisch aansluitvermogen voor kleine utiliteit in het gebied, maal een gelijktijdigheidsfactor. De gelijktijdigheidsfactor voor utiliteit is 0,7.

Het aantal $n_{util,klein}$ moet worden opgeteld bij de aantallen n_1 en n_2 voor kostenbepalingen voor OS bij de niet-collectieve woningbouw (die ook wordt leverd vanuit standaard OS in het model, waarbij het OS uitpandig staat).

42. Formule kosten onderstation grote utiliteitsbouw

Kosten OS

$$\begin{aligned} Tot\ 3.000\ kW &= 20 + (65 - 11 \cdot (P - 0,1)) \cdot (P - 0,1) \left[\text{€} \cdot 1.000 \right] \\ > 3.000\ kW &= \text{€} 40 / kW \end{aligned}$$

Bovenstaande formule is in de implementatie vervangen door:

$$\text{Kosten OS} = C \cdot P$$

C: 82,5 €/kW

P: Vermogen grote utiliteitbouw in het gebied in MW (zonder gelijktijdigheidfactor).

Deze kosten zijn eenmalig, in €x1.000.

NB: Ook op de vermogensvraag van de grote utiliteitbouw zit een gelijktijdigheidsfactor (default: 0,7). Deze zit echter niet op het niveau van het OS maar op het niveau van het WOS.



43. Formule bepaling verkortingsfactor secundair transportnet

Het secundaire transportnet heeft voor de grote utiliteitbouw meer zijtakken doordat elk OS een eigen zijtak naar de secundaire hoofdleiding krijgt. Indien er in een gebied veel grote utiliteitgebouwen dicht bij elkaar staan, zou op deze manier een teveel aan kosten worden gerekend. Dit wordt gecorrigeerd door de lengte van de zijtakken van het secundaire net kleiner te nemen naar gelang het aantal grote utiliteitgebouwen per CBS-buurt toeneemt. De parameter hiervoor in het model is het totaal aantal OS per CBS-buurt (dus voor woningbouw plus grote en kleine utiliteit).

$$\text{Verkorting} \quad \text{sfactorzij} \quad \text{leiding} = 48 / (40 + n)$$

n = Totaal aantal onderstations in een CBS-buurt

Bij de bepaling van de kosten van de secundaire hoofdleiding, WOS+HWK en primaire transportleiding moet de vermogensvraag van de OS voor kleine en grote utiliteitbouw worden opgeteld bij die van de woningbouw. LET OP: op de vermogensvraag van de grote utiliteitbouw zit op het niveau van de WOS nog een gelijktijdigheidsfactor van 0,7.

C.3.6 Kosten grootschalige warmtedistributie glastuinbouw

Net als bij de woningbouw worden eerst de inpandige kosten gegeven, vervolgens de kosten van het distributienet, OS, secundaire net, WOS + HWK en primaire net. Voor die laatste componenten worden alleen de wijzigingen t.o.v. woningbouw gegeven. Ook de kosten van dienstleidingen (zie Figuur 12) worden apart gegeven.

Alleen *verwarmde* tuinbouw wordt op het warmtenet aangesloten!

Het model gaat er van uit dat elke kas een eigen OS krijgt, dat met een *dienstleiding* op de zijleiding van het secundaire transportnet wordt aangesloten, zie Figuur 12. Per aansluiting wordt een warmtemeter en een OS geïnvesteerd. Daarnaast zijn er kosten voor CO₂.

Er wordt verder van uitgegaan dat de tuinder een eigen gasgestookte back-upketel heeft (en daarom ook geen vastrecht warmte betaalt). De gelijktijdigheid van de warmtevraag van tuinbouw wordt gelijk aan 1,0 gesteld (default). Dit geldt zowel voor bestaande kassen als voor nieuwbouw.

Qua vorm van het gebied wordt er van uitgegaan dat een tuinbouwgebied, binnen een CBS-buurt, een rechthoekige vorm heeft met een breedte-lengteverhouding van 1:2. Midden door dit gebied over de kortste zijde loopt een weg met daarlangs de hoofdleiding van het totale gebied. Op dit niveau wordt gerekend met een gelijktijdigheid in capaciteitsvraag van 1,0. Er wordt een extra zijleiding in het gebied aangelegd zodat ringen ontstaat, om volledige leveringszekerheid voor de tuinders te kunnen waarborgen (zie Figuur 1).

Voor tuinbouw worden de volgende hulpvariabelen gedefinieerd:

Lt = oppervlakte *verwarmde* glastuinbouw

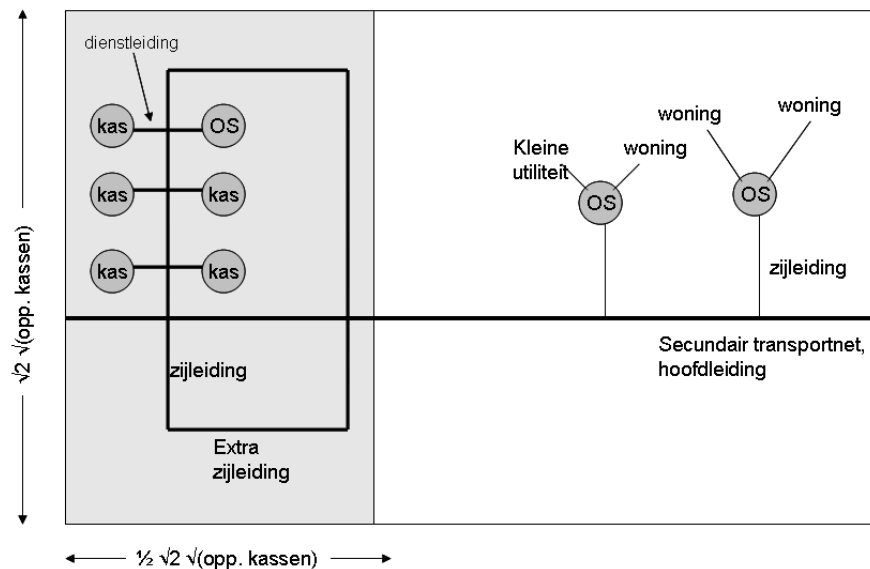
= opp_groent e + opp_bloeme n + opp_overig

Pt = warmtevermogensvraag van het oppervlak *verwarmde* glastuinbouw

=

$$(opp_groente \cdot aansluitP_groente) + (opp_bloemen \cdot aansluitP_bloemen) + (opp_overig \cdot aansluitP_overig)$$

Figuur 12 Schematische weergave van gebied met warmtelevering aan glastuinbouw



44. Formule kosten warmtemeters

$$\text{Kosten warmtemete } rs = 810 + (1,2 \cdot P) \text{ [€]}$$

P: Totale vermogensvraag vanuit het OS in kW, van de verwarmde tuinbouw in het gebied.

De kosten zijn eenmalig, in €.

45. Formule kosten CO₂-installatie

Tuinders kunnen niet zonder CO₂. Bij aansluiting op een warmtedistributienet wordt in de CO₂ voorzien door een CO₂-installatie.

Pas op: het oppervlak Lt is in hectare (10.000 m²) in deze formules.

Eenmalige installatiekosten: 1.000 x Lt [€]

Deze kosten zijn eenmalig, in €.

Jaarlijkse CO₂-kosten = (CO₂-vraag x CO₂-prijs x Lt) + (huurCO₂-installatie x Lt)

CO₂-vraag : 340 ton/ha/jaar

CO₂-prijs : 80 €/ton

Lt : Omvang verwarmde glastuinbouw (ha)

Huur CO₂-installatie: 1.600 €/ha/jaar

Dit zijn de kosten per jaar, in €.

Voor de totale kosten van CO₂ moeten de jaarlijkse kosten netto contant worden gemaakt over de looptijd van het project en opgeteld bij de eenmalige kosten.

46. Formule kosten onderstations tuinbouw

$$Kosten_{OS} = 82,5 \cdot P \quad [€]$$

P: Totale vermogensvraag vanuit het OS in kW, van de verwarmde tuinbouw in het gebied.

Er wordt van uitgegaan in het model dat het OS geen eigen behuizing nodig heeft, hetgeen de kosten drukt.

De kosten zijn eenmalig, in €.

Voor bestaande- en nieuwbouw gelijk.

47a. Formule kosten secundair transportnet hoofdleiding

Gelijk aan kostenberekening bij woningbouw.

De kosten zijn eenmalig, in €.

47b. Formule kosten dienstleidingen

$$kosten_{dienstleidingen} = \left(\left(10.000 \cdot \frac{opp_{groente}}{gem_{opp_{groente}}} \right) + \left(6.000 \cdot \frac{opp_{bloemen}}{gem_{opp_{bloemen}}} \right) + \left(6.000 \cdot \frac{opp_{overig}}{gem_{opp_{overig}}} \right) \right) \cdot n$$

De uitkomst³² is een eenmalig investeringsbedrag in €.

Opp_groente, opp_bloemen en opp_overig zijn de oppervlaktes van de verwarmde kassen in het gebied, in m². Met defaults:

Gem_opp_groente = 11.000 m², de gemiddelde grootte van een groentekas.

Gem_opp_bloemen = 9.000 m², de gemiddelde grootte van een bloemenkas.

Gem_opp_overig = 9.000 m², gemiddelde grootte van een kas, type 'overig'.

De eenheid van de factoren 10.000, 6.000 en 6.000 is Euro's.

Loodrecht op de hoofdweg zijn een aantal zijwegen gelegen waarlangs de kassen zijn gelegen. Er wordt van uitgegaan dat de groentekassen ongeveer vierkant zijn, en de bloemenkassen en overige verwarmde kassen net zo diep maar half zo breed. Hiermee kan het aantal zijwegen aan de hoofdweg worden uitgerekend. Elke kas krijgt een eigen OS.

Een eerste aanname is dat de gemiddelde grootte van een groentekas 11.000 m² is. Dit is de defaultwaarde voor de **gem_opp_groente**³³ in de formules. De diepte van de gemiddelde groentekas is de wortel hieruit.

³² In de gehouden marktconsultatie is gebleken dat er op zich voor deze formule de eerder gegeven kostenformule K_{buis} gehanteerd kan worden. Echter, die formule vergt een voorafgaande bepaling van het te transporteren warmtevermogen, en van de benodigde lengte van de dienstleidingen. Omdat die in de modelopzet voor de glastuinbouw niet beschikbaar zijn wordt de huidige formule voor de kosten van de dienstleidingen gehandhaafd.

Vervolgens wordt:

- het aantal zijwegen bepaald;
- het vermogen van de zijleiding bepaald;
- de lengte van de zijleidingen bepaald;
- en volgen uiteindelijk de kosten van de zijleidingen.

48. Formule aantal zijwegen bestaande glastuinbouw

$$\text{helft_aantal_zijwegen} = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{L_t}}{2 \cdot \sqrt{\text{gem_opp_groente}}}$$

Met gem_opp_groente het gemiddelde oppervlak van een groentekast: 11.000 m².

Deze helft_aantal_zijwegen moet worden afgerond om het echte aantal zijwegen aan weerskanten van de hoofdweg te kunnen berekenen:

$$\text{aantal_zijwegen} = 2 \cdot \text{integer}(\text{helft_aantal_zijwegen})$$

49. Formule vermogen zijleiding

$$P_{\text{zijleiding}} = \left(\frac{(P_t)}{\text{aantal_zijwegen}} \right)$$

$P_{\text{zijleiding}}$ = vermogen zijleiding [kW]
 opp_groente (c.q. bloemen, overig) = oppervlakte verwarmde groentekassen (c.q. bloemen, overig) [m²]
 aansluitP_bloemen (cq. ...) = aansluitvermogen per type verwarmde kas [kW/m²]

50. Formule totale lengte zijleidingen

De totale lengte van de zijleidingen kan uit de vorm van het gebied worden bepaald. Daarbij wordt in de praktijk aan de uiterste zijden nog twee leidingen aangelegd zodat ringen ontstaan. Deze twee leidingen zijn even lang als het gebied breed is. Dit is het tweede deel in onderstaande formule:

$$\text{Lengte_zijleidingen} = a \cdot \left(\frac{L_t}{2 \cdot \sqrt{\text{gem_opp_groente}}} + \sqrt{2 \cdot (L_t)} \right)$$

a: omwegfactor tuinbouwgebied.

a is in bestaand tuinbouwgebied = 1,7; in nieuw tuinbouwgebied = 1,3.

De waarde van a is relatief groot omdat er nog enige ruimte tussen de afzonderlijke kassen moet zitten.

De lengte_zijleidingen is in [m].

³³ In het voormalige CE-rekenmodel is voor deze grootte nog onderscheid gemaakt tussen bestaande en nieuwe kassen, waarbij de gemiddelde grootte bij nieuwe kassen groter was. Dat onderscheid is hier weggelaten.



51. Formule totale kosten zijleidingen bestaande glastuinbouw

$$kosten_{zijleiding} = Lengte_{zijleiding} \cdot K_{buis}$$

Dit zijn eenmalige investeringskosten, in €.

K_{buis} : Deze formule is al eerder gegeven, de kosten zijn afhankelijk van het te leveren vermogen [€/m]

Let op: In de formule voor K_{buis} moet P in MW worden ingevuld.

52. Formule totale kosten zijleidingen nieuwe glastuinbouw

Hiervoor wordt de al eerder gegeven formule voor K_{buis} gehanteerd.

Voor de kosten van de secundaire hoofdleiding in het tuinbouwgebied geldt:

53. Formule kosten hoofdleiding tuinbouwgebied

$$kosten_{hoofdleiding} = Lengte_{hoofdleiding} \cdot K_{buis}$$

waarbij:

$$Lengte_{hoofdleiding} = a \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot (\sqrt{L_t})$$

Het betreft eenmalige kosten, in €.

Het vermogen dat nodig is voor de glastuinbouw wordt geleverd door de WOS in het midden van de wijk. Voor de vermogensvraag vanuit de glastuinbouw geldt een gelijktijdigheid (default) van 1,0.

C.4 WKO (warmte-koudeopslag)

Voor WKO (warmte/koudeopslag) is aangenomen dat dit per cluster van afzonderlijke bebouwingsobjecten gerealiseerd wordt, in plaats van op CBS-buurt. De schaalgrootte van de aangesloten bebouwing is daarom tot circa een factor 100 kleiner. Er is wel sprake van een distributienet voor WKO in het model. Net als bij restwarmtelevering wordt uitgegaan van een rentabiliteitsafweging vanuit het oogpunt van de investeerder in het net.

In de - nog schaarse - praktijk van gebieden die zijn uitgerust met een WKO-net komen twee soorten WKO-systemen voor. Beide met een centrale bron (aquifer), maar de ene met individuele warmtepompen in de gebouwen (woningen), de andere met een collectieve centrale warmtepomp. In dit functioneel ontwerp is alleen het tweede systeem beschreven: een collectief WKO-systeem met centrale warmtepomp³⁴. Ten opzichte van Vesta 1.0 is in Vesta 3.0 ook de functionaliteit opgenomen om WKO-gebieden met elkaar te koppelen. Daarbij is ook de functionaliteit gerealiseerd om woningbouw en utiliteitsbouw op hetzelfde centrale WKO-net aan te kunnen sluiten. Het betreft zowel bestaande als nieuwbouw. Bij bestaande bouw moeten in de invoerfiles van het model ook de kosten voor de installatie van lage temperatuurverwarmingssystemen zijn opgenomen. Alleen woningen die label A-Plus bereikt hebben komen in aanmerking voor Lt-afgiftesysteem + WKO. De kosten van een

³⁴ Belangrijk is om te beseffen dat er nog maar relatief weinig ervaring is in Nederland met dit soort collectieve WKO-systemen, de default-kostenkengetallen hebben om die reden relatief grote onzekerheidsmarges.



eventueel opgelegde labelsprong naar A-Plus worden niet meegenomen in de WKO-rentabiliteits afweging.

Het WKO-model is nu opgebouwd rond vier investeringscomponenten:

1. Opwekking: de WKO-bron (doublet) in het gebied met alle toebehoren zoals centrale warmtepomp, regelapparatuur en behuizing. De investeringskosten zijn afhankelijk van de broncapaciteit, of specifieker: de gelijktijdige warmtecapaciteitsvraag aan de bron. Die capaciteitsvraag wordt bepaald door de aan te sluiten bebouwing (euro per kW_{th}).
2. Wijk-distributie: het uitpandige WKO-distributienet in de grond. In het model is deze kostenpost nu opgenomen als een kostenpost per oppervlakte-eenheid van het gebied (euro per m^2 gebied). Voor precario is uitgegaan van 15 meter per aansluiting. Er is geen lengte in rekening gebracht voor overige leidingen van de oppervlakte van het WKO-verzorgingsgebied.
3. Inpandige distributie: aansluitleiding, inpandige leidingen (in het flatgebouw, bij appartementen, afleverset) (euro/aansluiting (woning of appartement) of per m^2 bvo utiliteitsbouw) en lage temperatuurafgiftesysteem.
4. Gebouweigenaar: projectmanagement en ongeriefsvergoeding comfort de andere warmtegebiedopties. De huurverlaging wordt niet toegepast.

De praktijksituatie is dat er minimale investeringskosten zijn voor de realisatie van de centrale WKO-bron plus toebehoren, de gemodelleerde lineariteit in het kostenmodel geldt niet meer als de warmtevraag aan de bron te klein wordt. Om die reden is er in de functionaliteit van het model een parameter opgenomen voor minimale bronkosten. De lineariteit geldt pas als de uitkomst van de kostenformule boven deze minimumkosten uitkomt. Bebouwingsobjecten kunnen geclusterd worden voor toepassing van WKO. Voor woningen is een bebouwingsobject een PC6-gebied; utiliteitsgebouwen zijn afzonderlijke objecten. Het is toegestaan sommige utiliteiten wel of niet deel te laten nemen aan het WKO-cluster, ongeacht of ze wel of niet in hetzelfde PC6 liggen als de woningen.

NB: De aansluitkosten per m^2 bvo voor de aansluiting bij utiliteit zijn in de praktijk nul voor grote utiliteitsgebouwen ($>7.500 \text{ m}^2$ bvo) omdat die in de praktijksituatie een eigen WKO krijgen, maar bij kleinere utiliteitsgebouwen zijn ze in de praktijk niet nul. In het model is dat opgelost door een functie te definiëren voor de aansluitkosten utiliteit, die nul is bij 7.500 m^2 bvo en hoger, gelijk is aan de aansluitkosten van woningen bij het aantal m^2 bvo van een woning (100 m^2 bvo), en tussen 100 en 7.500 m^2 bvo lineair afloopt.

C.4.1 Capaciteitsvraag

| | Woningen | Appartementen | Utiliteit |
|-------------------------------------------------|-------------|---------------|---------------------------|
| Capaciteit warmte | 6 kW/woning | 5 kW/app. | 0,05 kW/ m^2 bvo |
| Capaciteit koude | 2 kW/woning | 2 kW/app. | 0,06 kW/ m^2 bvo |
| Gelijktijdigheidsfactor capaciteitsvraag warmte | 0,5 | 0,5 | 0,95 |

De investeringskosten in het model zijn gekoppeld aan de gelijktijdige warmtevraag. De gelijktijdige warmtevraag wordt bepaald door de som van:

- Aantal woningen * capaciteit_warmte per woning * gelijktijdigheidsfactor_woningen
- Aantal appartementen * capaciteit_warmte per appartement * gelijktijdigheidsfactor_appartementen

- Aantal m² bvo utiliteit * capaciteit_warmte per m² bvo utiliteit*gelijktijdigheidsfactor_utiliteit

Appartementen zijn meergezinswoningen (i.e. gestapelde woningbouw).

55. Investeringskosten inpandige distributie

De investeringskosten ‘inpandig’ schalen met de aantallen aan te sluiten woningen, appartementen en m² bvo utiliteit. Voor woningen betreft het alleen de afleverset per woning, voor appartementsgebouwen is er daarnaast ook een post voor het leidingnet in het appartementsgebouw.

De inpandige investeringskosten voor een gebied zijn de som van:

- Aantal woningen maal kostenkengetal_woningen
- Aantal appartementen maal kostenkengetal_appartementen
- Aantal m² bvo utiliteit maal kostenkengetal_utiliteit (een formule, zie tabel)

| Onderdeel | Woningen | Appartementen | Utiliteit |
|----------------------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inpandige afleverset + aansluitleiding | 2.000 [euro/woning] | 2.000+2.000 = 4.000 [euro/app.] | 0 bij >7500 m ² bvo. 20 euro/m ² bvo van nul tot 100 m ² bvo Tussen 100 en 7.500 m ² bvo lineair aflopend. [euro/m ² bvo] |

Het betreft een eenmalige investering, in €.

Deze investeringen worden als inpandige distributiekosten geboekt. Subsidie is mogelijk als percentage op de investeringskosten (EIA/id) en als percentage op de jaarlijkse afschrijvingskosten (EEA/id).

De WKO specifieke aansluitbijdrage van de gebouw-eigenaren wordt aangewend voor de financiering van de inpandige distributie. Dit in tegenstelling tot de andere gebiedsopties waar dit wordt aangewend voor de wijkdistributie. Wel wordt de aansluitbijdrage ook 2 jaar na investeringsaanvang betaald en iedere 28 jaar opnieuw.

56. Investeringskosten gebied (uitpandig)

De investeringskosten gebied bij WKO zijn de eenmalige investeringskosten in het uitpandige distributienetwerk ('in de grond'). De kosten worden in het model bepaald door de omvang van het gebied maal een kostenkengetal_gebied. Er wordt voor deze investeringspost geen onderscheid gemaakt tussen gebieden met woningen, appartementen of utiliteit. Voor de omvang van het gebied wordt het oppervlak van de ellips van de aan te sluiten bebouwings-objecten berekend in het model.

De defaultwaarde van het kostenkengetal_gebied is ontleend aan het WKO-gebied De Teuge (Zutphen) (187 grondgebonden woningen, berekend oppervlak van de ellips 15.762 m². Kosten uitpandig leidingnet per woning: 6.000 euro. Resultaat: 71 euro/m²_gebied).

Kostenkengetal_gebied: 71 euro/m²_gebied

Het betreft een eenmalige investering, in €.

Deze investeringen worden als wijkdistributiekosten geboekt. Subsidie is mogelijk als percentage op de investeringskosten (EIA/wd) en als percentage op de jaarlijkse afschrijvingskosten (EEA/wd).

57. Investeringskosten WKO-bron plus toebehoren

Het betreft een eenmalige investering in het WKO-doubling plus de centrale warmtepomp en verdere toebehoren als regelruimte en regelapparatuur.

De kosten zijn: kostenkengetal_bron [euro/kW]*totale gelijktijdige warmtevraag [kW]

Kostenkengetal_bron: 1.133 euro/kW gelijktijdige warmtevraag

Het betreft een eenmalige investering, in €.

Zoals bij de inleiding van het kostenmodel WKO uitgelegd wordt een minimum-investering van 400.000 euro aangehouden voor deze post.

In de ketentoe wijzing zijn deze bronkosten geboekt als investeringen van de opwekker in de regel 'gebouw' en kolom 'WKO.'

Subsidie is mogelijk als percentage op de investeringskosten (EIA/WKO), als percentage op de jaarlijkse afschrijvingskosten (EEA/SDE) en als vast bedrag per geleverde eenheid warmte (euro/GJ) van de warmtelevering (EEA/SDE_WKO).

90. Formule kosten aansluitbijdrage woningen WKO

Analoog aan de kosten voor collectief verwarmde woningen, geldt ook voor WKO-woningen dat er kosten zijn bij de ombouw van een huidige gas-woning (individueel of collectief verketeld) naar een WKO-situatie. Hierbij wordt verwezen naar de kosten die in Tabel 6, Tabel 7 en Tabel 8 staan, met de volgende aanpassingen:

- Ongeriefsvergoeding en projectmanagement zijn van toepassing en gaan op dezelfde manier als in deze tabel staat
- Huurverlaging is een bijzonder regeling voor WKO, we gaan er nu even van uit dat we dit niet meenemen.
- Vastrecht en warmte/koudeopbrengst worden al berekend voor WKO (zie verderop)
- Er wordt aangenomen dat dit hetzelfde bedrag is als voor gebiedsopties, namelijk 795 euro.

58. Operationele kosten collectieve warmtepomp

Kosten = verbruik elektra [kWh/jr] * elektriciteitsprijs [€/kWh]

Verbruik elektra = $(1 / \text{SPF}_c) * V / 0,0036$;
van de warmtepomp, in [kWh/jr]
V = totale verbruik warmte+koude [GJ/jr]
SPF_c = Seasonal Performance Factor collectieve warmtepomp
= 3,5 (default)



Voor de elektriciteitsprijs wordt hier uitgegaan van de elektriciteitsprijs voor utiliteitsbouw [in €/kWh]

De factor 0,0036 is voor de omrekenfactor van GJ naar kWh.

Het betreft een bedrag in €/jaar, per collectieve warmtepomp.

59. Operationele kosten WKO

Kosten = onderhoud [€]

Onderhoud = 5 euro per jaar per aangesloten woning of appartement, en 0,09 euro per jaar per aangesloten m² bvo utiliteit. Dit wordt beschouwd als onderhoudskosten van de opwekker.

Het betreft een bedrag in €/jaar, per WKO-voorziening.

60. Formule opbrengsten warmte- en koudelevering (WKO woningbouw - collectieve warmtepomp)

Totale opbrengsten = Vastrecht + Aansluitbijdrage (eenmalig) + Verkoop warmte + Verkoop koude.

61. Opbrengsten vastrecht woningbouw - collectieve warmtepomp

Gelijk aan opbrengst woningbouw bij restwarmtelevering (Maximumprijs).

62. Opbrengsten aansluitbijdrage woningbouw - collectieve warmtepomp

Gelijk aan opbrengst woningbouw bij restwarmtelevering (Maximumprijs).

63. Opbrengsten warmte- en koudeverkoop - collectieve warmtepomp

Opbrengst Warmte: Gelijk aan opbrengst woningbouw bij restwarmtelevering (Maximumprijs).

Opbrengst Koude: Verkoop koude = $L_{w1} \cdot \text{koudeprijs}$

Koudeprijs = € 250 [per jaar per woning]

Het totaal is een bedrag in € per jaar (per gebied).

64. Formule opbrengsten warmte- en koudelevering - utiliteit

Opbrengsten = Vastrecht + Aansluitbijdrage + Verkoop warmte + Verkoop koude.

65. Formule vastrecht utiliteitsbouw

Gelijk aan dat bij restwarmtelevering aan utiliteitsbouw.

Het totaal is een bedrag in € per jaar (per gebied).

66. Opbrengsten aansluitbijdrage utiliteitsbouw



Gelijk aan dat bij restwarmtelevering aan utiliteitsbouw (NB: afwijkend deelnamepercentage is functioneel mogelijk).

Het totaal is een eenmalig bedrag in €.

67. Opbrengsten verkoop warmte utiliteitsbouw

Gelijk aan dat bij restwarmtelevering aan utiliteitsbouw (NB: afwijkend deelnamepercentage is functioneel mogelijk).

Het totaal is een bedrag in € per jaar (per gebied).

68. Opbrengsten verkoop koude utiliteitsbouw

Verkoop koude: koudevraag per m² bvo * Lu * koudetarief

Koudetarief³⁵ = 5 €/GJ

De koudevraag (GJ per m² bvo per jaar) wordt ingelezen uit de invoerfile met energiekegetallen van utiliteit.

Het totaal is een bedrag in € per jaar (per gebied).

69. WKO; energie(on)balans in de ondergrond

De regelgeving voor WKO-systemen schrijft voor dat de energiebalans in de ondergrond gehandhaafd moet blijven, waarmee wordt bedoeld dat de onttrekking en toevoeging van energie aan de ondergrond even groot moeten zijn. In Vesta wordt geen functionaliteit opgenomen om die energiebalans vanuit het model te handhaven of te optimaliseren, wel wordt de energie-onbalans in de ondergrond berekend en getoond.

De energieonbalans is het verschil tussen de warmte die op jaarbasis aan de bodem wordt onttrokken (ten behoeve van de verwarming van gebouwen) en de warmte die op jaarbasis aan de bodem wordt toegevoegd (ten gevolge van de koeling van de gebouwen). Voor verwarming van de gebouwen wordt de centrale warmtepomp ingezet om het water naar de gewenste temperatuur te brengen. Voor koeling wordt het water uit de koude bron van de WKO direct rondgepompt, zonder tussenkomst van de warmtepomp.

In formulevorm:

Onbalans = warmte_uit_bodem - warmte_in_bronnen [GJ/jr]

Waarbij (in de modellering in Vesta, zonder piekinstallaties en leidingverliezen in het WKO-distributienet):

warmte_uit_bodem = warmtevraag_gebied x (1 - 1/SPF) [GJ/jr]

koudevraag_gebied = koeling_uit_bronnen [GJ/jr]

koeling_uit_bronnen = warmte_in_bronnen [GJ/jr]

³⁵ Een mogelijk alternatief voor een volgende versie van Vesta is om dit volgens NMDA-aanpak te modelleren en af te leiden uit de efficiency van een elektrische compressiekoelmachine en de elektriciteitsprijs.



NB: Er wordt van uit gegaan dat aan de glastuinbouw geen koude wordt geleverd en WKO daar niet wordt toegepast (productkoeling is niet in het model opgenomen, alleen gebouwkoeling).

C.5 Opbrengsten gas- en elektriciteitsinfrastructuur

De opbrengsten van de infra worden bepaald door de gemiddelde netwerkprijs van de netbeheerders te nemen. Voor G kan hierbij de waarde van de Maximumprijsberekening van de ACM worden genomen. Voor E kan eveneens het gemiddelde netwerkprijs worden bepaald door het gemiddelde te berekenen van de (drie grootste) netbeheerders. De netwerkprijs betreft voor bestaande en nieuwbouw het vastrecht en capaciteitstarief (jaarlijks). In het geval van nieuwbouw komt daar tevens de aansluitbijdrage bij (eenmalig).

Bij de opbouw van de kosten van gas en elektriciteit is er een verschil in de wijze hoe het nationale transportnet wordt gefinancierd door het gebruik. Bij elektriciteit zit een bedrag verwerkt in de opbrengsten van de netbeheerders (afdracht aan TenneT), bij gas zit het verwerkt in het variabele gastarief middels de regiotoeslag (afdracht aan GTS). Door deze constructie bij gas, heeft het als consequentie dat als er minder gas wordt gebruikt, er ook minder financiering voor de transportinfrastructuur van GTS binnenkomt. Er is besloten om Vesta+ bij deze situatie in de praktijk aan te laten sluiten. De opbrengsten voor het gastransportnet zitten daarmee dus in de variabele gasprijs verwerkt³⁶. Om dit te voorkomen en om een gelijke aanpak voor gas en elektriciteit te hebben, worden de totale opbrengsten van de regioheffing berekend voor de woningen en utiliteit. Dit betekent dat dit bedrag tevens uit de gasprijzen gehaald moet worden.

De regiotoeslag varieert per regio in NL (zie overzicht aan het einde van deze memo). Om een indicatie van de omvang te geven, wordt met een gemiddelde voor heel Nederland gewerkt. Er wordt aangenomen dat de regiotoeslag de kosten van GTS moet dekken. De jaarlijkse opbrengsten van GTS zijn €1,18mld bij een getransporteerd volume van 95,7mld m³. Gemiddeld is dat €0,012 per m³. Dit ligt in dezelfde ordegrootte als de waarden in het overzicht van Nuon. Aangenomen wordt dat dit een adequate eerste schatting van de gemiddelde regiotoeslag voor Nederland is.

Er wordt in de methodiek onderscheid gemaakt tussen huishoudens en utiliteit. De reden hiervoor is het verschil in de tariefstelling voor utiliteit, die een inzicht in de aansluitwaarden van de utiliteit vereist, welke niet beschikbaar is in Vesta. Voor utiliteit wordt daarom naar het verbruik gekeken en wordt gerekend met de waarden, zoals die door het CBS wordt gepresenteerd.

Opbrengsten huishoudens (excl. BTW)³⁷

- Eenmalige aansluitbijdrage bij nieuwbouw
 - Aardgas: €795 (bron: ACM)
 - Elektriciteit: €555 (bron: Stedin)
- Jaarlijks vastrecht, periodieke aansluitvergoeding en meterhuur
 - Aardgas: €18+€21+€20 (bron: Stedin)

³⁶ In overleg met PBL is besloten dat het bedrag voor de regiotoeslag los wordt weergegeven in de inputtabellen.

³⁷ Prijspeil 2016.



- Elektriciteit: €18+€18+€28 (bron: Stedin)
- Jaarlijks capaciteitsstarief
 - Aardgas: €65 (bron: Stedin)
 - Elektriciteit: €132 (bron: Stedin)
- Regiotoeslag (variabel)
 - Aardgas: €0,012 per m³ (of €0,38 per GJ)

Opbrengsten utiliteit (excl. BTW)

- Eenmalige aansluitbijdrage bij nieuwbouw
 - Aardgas: Schalen naar 'standaardwoning', gemiddeld oppervlak van de woning wordt bepaald door model en de kosten van een woning wordt gedeeld door gemiddeld oppervlak en dan heb je €/m². Hier wordt nog een factor opgezet, default 0,75.
 - Elektriciteit: idem dito
- Jaarlijkse netwerkprijs (bron: CBS) (uitvoering als schijven, analoog aan methodiek energiebelasting) (exclusief belastingen)
 - Aardgas
 - Verbruik eerste 1TJ: zie opbrengsten kleinverbruik (woningen)
 - Volgende 1-10TJ: 0,963€/GJ
 - Volgende 10-100TJ: 0,293€/GJ
 - Volgende 100-1.000TJ: 0,303€/GJ
 - >1.000TJ: 0,294€/GJ
 - Regiotoeslag (variabel): €0,012 per m³ (of €0,38 per GJ)
 - Elektriciteit
 - Verbruik eerste 20.000kWh: zie opbrengsten kleinverbruikers (woningen)
 - Volgende 20.000-500.000kWh: 0,030€/kWh
 - Volgende 500.000-2.000.000: 0,019€/kWh
 - Volgende 2.000.000-20.000.000: 0,017€/kWh
 - Volgende 20.000.000-70.000.000: 0,015€/kWh
 - Volgende 70.000.000-150.000.000: 0,019€/kWh
 - >150.000.000: 0,018€/kWh

Formules - opbrengsten

70. Formule voor de eenmalige opbrengsten woningbouw (alleen in het geval van nieuwe aansluitingen!)

$$\text{Eenmalige opbrengsten}_{W,i} = N_{9,i} \times N_{10,i}$$

- N_9 = aantal nieuwbouwwoningen met een gas- en/of elektriciteits-aansluiting
- $N_{10,i}$ = aansluitbijdrage (€/woning) (werkwaarden e: €555; g: €795)
- i = elektriciteit (e) of gas (g)

71. Formule voor de jaarlijkse opbrengsten woningbouw

$$\text{Jaarlijkse opbrengsten}_{W,i} = N_{11,i} \times (VR_i + PA_i + MH_i + CT_i)$$

- N_{11} = aantal aangesloten woningen op gas- of elektriciteitsnet
- VR = vastrecht (werkwaarden e: €18; g: €18)
- PA = periodieke aansluitvergoeding (werkwaarden e: €18; g: €21)
- MH = meterhuur (werkwaarden e: €28; g: €20)
- CT = capaciteitsstarief (werkwaarden e: €132; g: €65)
- i = elektriciteit (e) of gas (g)



72. Formule voor de eenmalige opbrengsten utiliteitsbouw (alleen in het geval van nieuwe aansluitingen!)

$$\text{Eenmalige opbrengsten}_{U,i} = N_{9,util,i} \times N_{10,util,i}$$

| | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $N_{9,util}$ | = aantal vierkante meter nieuwbouw utiliteit met een gas- en/of elektriciteitsaansluiting |
| $N_{10,util}$ | = aansluitbijdrage (€/m ²) |
| i | = elektriciteit (e) of gas (g) |
| AF | = aansluitbijdragefactor (werkwaarde: 75%) (factor voor verhouding aansluitbijdrage utiliteit ten opzichte van woningbouw) |

met

$$N_{10,util,i} = AF \times \frac{\text{Eenmalige opbrengsten}_{W,i}}{\text{Gem. woningoppervlak}}$$

73. Formule voor de jaarlijkse opbrengsten utiliteitsbouw

$$\text{Jaarlijkse opbrengsten}_{U,i} = \sum (\text{Energievraag}_i \times \text{netwerkprijs}_i)$$

| | |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energievraag | = vraag naar gas of elektriciteit <u>per gebouw</u> |
| Netwerkprijs | = variabele prijs van het netwerk per verbruiksschijf (zie boven in toelichting) (wordt gelezen uit het energieprijzen-bestand) |
| i | = elektriciteit (e) of gas (g) |

74. Formule voor totale jaarlijkse opbrengsten energie-infrastructuur

$$O_{infra,i} = \text{Jaarlijkse opbrengsten}_{W,i} + \text{Jaarlijkse opbrengsten}_{U,i}$$

C.6 Kosten gas- en elektriciteitsinfrastructuur

De jaarlijkse kosten per strekkende meter van de E en G-infra worden berekend door de **totale jaarlijkse kosten** van de netbeheerders te delen door de berekende lengte van de warmtenetten³⁸. Hierbij worden de totale jaarlijkse kosten en de lengte van de warmtenetten bepaald door:

- De jaarlijkse kosten voor deze netten worden bepaald aan de hand van de jaarlijkse kosten van de netbeheerders samen³⁹. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar kapitaallasten onderhoudskosten voor van transport (TenneT/Gasunie) en distributie (Alliander, Enexis, Stedin, etc.). Deze worden geschaald om te matchen met de huidige jaarlijkse opbrengsten (alleen de jaarlijkse posten, zie onder bij 'opbrengsten'). Zo kan een verrekening worden gemaakt als er nieuwe/andere input voor een startjaar komt.

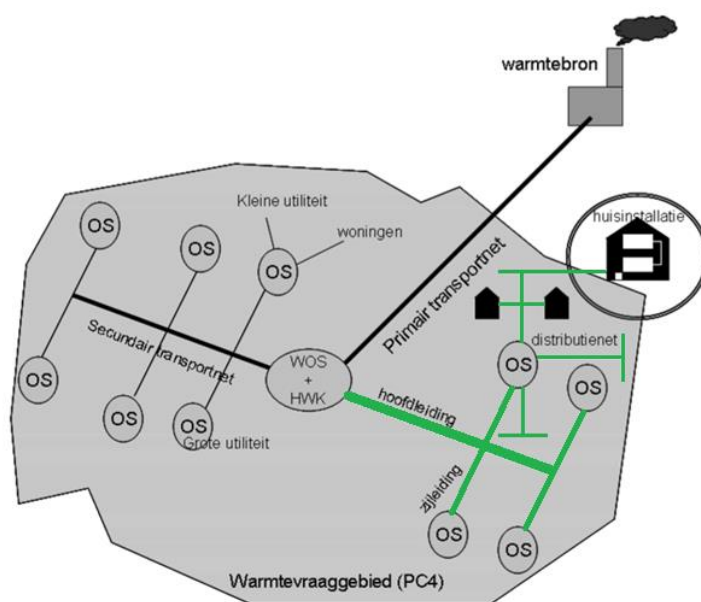
³⁸ Hierbij worden de kosten bepaald van de huidige energie-infrastructuur, los van het huidige verbruik.

³⁹ Hierbij worden de kosten van de drie grote netbeheerders (Alliander, Enexis en Stedin) genomen en verrekend met hun marktaandeel.



- De ‘lengte’ van de warmtenetten worden bepaald door het secundaire transportnet en het distributienet: hoofdleiding, zijleiding en distributienet (zie Figuur 9 uit het Functioneel ontwerp, en groen gemarkeerde leidingen in onderstaande figuur). De laatste, het distributienet (van het OS naar de woning en/of kleine utiliteit), wordt echter niet berekend. Hiervoor wordt daarom aangesloten bij een externe bron (Ecofys, 2015) → Aanname: gemiddeld 15 m/aansluiting.

De totale jaarlijkse kosten worden evenredig geschaald naar 100% van de totale jaarlijkse netopbrengsten⁴⁰ (zie onder). De resulterende bedragen worden vervolgens gedeeld door berekende lengte van de betreffende infrastructuur (voor elektra en gas). Hierdoor wordt een kengetal verkregen voor de kapitaallasten per meter secundair distr. voor transport en distributie en onderhoudskosten per meter secundair distr. •



Gevolgen verandering in infrastructuur:

- **Uitbreiding**
Bij nieuwbouw wordt de lengte van de benodigde infra berekend en worden de kengetallen per m toegepast. Hiermee wordt een deel van de fictieve uitbreiding van het transportnet gedekt en een deel van de uitbreiding van het distributienet. Daarnaast zijn er de jaarlijkse onderhoudskosten die er bij komen.
- **Afname**
In het geval van het verwijderen van het G-net door overschakelen op warmtelevering of all electric, blijven de berekende kapitaallasten bestaan (ter compensatie van het vervroegd afschrijven). Tevens komen er extra ‘verwijderingskosten’ voor het gasnet, ter waarde van 50% van de kapitaallasten⁴¹. De onderhoudskosten verdwijnen wel.
In het geval gebouwen worden gesloopt, geldt het bovenstaande ook voor de elektriciteitsinfra.

⁴⁰ Hier een percentage nemen van het totaal, omdat ook sectoren aan de infra meebetalen die niet in Vesta zitten (industrie, elektriciteitsproductie en verkeer). Per definitie zouden de opbrengsten in Vesta dus lager moeten zijn dan de totale kosten van de netbeheerders. Eerste aanname is 100%, na eerste berekening kijken of dit naar boven moet worden bijgesteld.

⁴¹ Percentage moet aanpasbaar zijn.

75. Formule voor de totale jaarlijkse kosten (voor zowel elektriciteits- en aardgasinfrastructuur), berekend in startjaar:

$$\text{Jaarlijkse kosten infrastructuur} = K_{\text{infra},i} = JK_{\text{transport},i} + JK_{\text{distributie},i} + JO_{\text{transport},i} + JO_{\text{distributie},i}$$

| | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $JK_{\text{transport}}$ | = jaarlijkse kapitaallasten transportnet (werkwaarden e: €150mln; g: €150mln) |
| $JK_{\text{distributie}}$ | = jaarlijkse kapitaallasten distributienet (werkwaarden e: €350mln; g: €350mln) |
| $JO_{\text{transport}}$ | = jaarlijkse onderhoudskosten transportnet (werkwaarden e: €100mln; g: €60mln) |
| $JO_{\text{distributie}}$ | = jaarlijkse onderhoudskosten distributienet (werkwaarden e: €250mln; g: €100mln) |
| i | = elektriciteit (e) of gas (g) |

In verband met het ontbreken van beschikbare waarden voor bovenstaande bedragen, is op basis van de diverse jaarverslagen van TSO en DSO's een schatting van deze waarden gemaakt.

NB: K_{infra} wordt geschaald naar 100% van O_{infra} (zie boven), waarbij alle variabelen uit de bovenstaande formule met de schalingsfactor worden vermenigvuldigd. In de berekening wordt dus:

- Eerst de originele waarde van de jaarlijkse kosten berekend;
- Vervolgens de schalingsfactor van de jaarlijkse kosten in relatie tot de jaarlijkse opbrengsten (zie onder);
- Tot slot de definitieve waarde van de jaarlijkse kosten, gemarkeerd met een accent (').

$$\text{Schalingsfactor}_i = \frac{N_{8,i} \times O_{\text{infra},i}}{K_{\text{infra},i}}$$

| | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N_8 | = percentage van de opbrengsten infrastructuur (werkwaarde: 100%) → Dit is een nieuwe variabele. Hier wordt een percentage genomen van het totaal, omdat ook sectoren aan de infra meebetalen die niet in Vesta zitten (industrie, elektriciteitsproductie en verkeer). Per definitie zouden de opbrengsten in Vesta dus lager moeten zijn dan de totale kosten van de netbeheerders. Eerste aanname is 100%, na eerste berekening kijken of dit naar boven moet worden bijgesteld. |
| i | = elektriciteit (e) of gas (g) |

76. Formule voor de totale lengte van de infrastructuur (voor zowel elektriciteits- en aardgasinfrastructuur), berekend in startjaar:

$$\text{Totale lengte infrastructuur} = L_{\text{infra},i} = L_{\text{hoofd}} + L_{\text{zij}} + L_{\text{distributie}}$$

$$L_{\text{distributie}} = (LW_1 + LU_1) \times D_{\text{gem}}$$

| | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------|
| L_{hoofd} | = berekende lengte van de hoofdleidingen warmtenet voor heel Nederland |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------|



| | |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| L_{zij} | = berekende lengte van de zijleidingen warmtenet voor heel Nederland |
| $L_{distributie}$ | = lengte distributienet warmtenet voor heel Nederland |
| LW_1 | = aantal woningen in heel Nederland |
| LU_1 | = aantal utiliteitsgebouwen in heel Nederland |
| D_{gem} | = gemiddelde lengte distributienet per aansluiting (werkwaarde: 15 meter) |
| i | = elektriciteit (e) of gas (g) |

Deze berekening wordt ‘fictief’ uitgevoerd in het startjaar om te bepalen wat de totale benodigde lengte van een energie-infrastructuur is in de startsituatie.

77. Formule voor het berekenen van de jaarlijkse infrastructuurkosten per meter

$$\text{Jaarlijkse kapitaallasten infrastructuur per meter}_{\text{secundair distri.}} = K_{\text{infra,kapitaal},i} = \frac{JK'_{\text{transport},i} + JK'_{\text{distributie},i}}{L_{\text{infra},i}}$$

$$\text{Jaarlijkse onderhoudskosten infrastructuur per meter}_{\text{secundair distri.}} = K_{\text{infra,onderhoud},i} = \frac{JO'_{\text{transport},i} + JO'_{\text{distributie},i}}{L_{\text{infra},i}}$$

Dit zijn de waarden (in €/m) die voor alle zichtjaren gelden in Vesta+ en zijn voor alle zichtjaren constant en veranderen (in eerste instantie) niet aan de hand van leercurves.

78. Formule voor het berekenen van de totale jaarlijkse kosten van de infrastructuur

Voor de zichtjaren (j) moeten de volgende berekeningen worden gemaakt:

$$K_{\text{infra},i,j} = (L_{\text{infra},i,2015} + L_{\text{infra},i,j,\text{BIJ}}) \times K_{\text{infra,kapitaal},i} + L_{\text{infra},i,j,\text{AF}} \times VB_i \times K_{\text{infra,kapitaal},i} + L_{\text{infra},i,j} \times K_{\text{infra,onderhoud},i}$$

Dit is voor gas geïmplementeerd als:

$$K_{\text{infra},g,j} = L_{\text{infra},g,j} \times (K_{\text{infra,kapitaal},g} + K_{\text{infra,onderhoud},g}) + L_{\text{infra},g,j,\text{AF}} \times (1 + VB_g) \times K_{\text{infra,kapitaal},g}$$

$L_{\text{infra},i,j,\text{AF}}$ = lengte van bestaand gas- of elektriciteitsnet dat is verwijderd in zichtjaar j

$L_{\text{infra},i,j,\text{BIJ}}$ = lengte van nieuw gebouwd gas- of elektriciteitsnet in zichtjaar j

VB_i = percentage dat aangeeft wat de verwijderkosten van een gas- of elektriciteitsnet zijn, ten opzicht van de oorspronkelijke investeringskosten; standaardwaarde 50%

i = elektriciteit (e) of gas (g)

79. Formule voor het berekenen van de jaarlijkse kosten van netverzwaring

In het geval dat netverzwaring van het elektriciteitsnet nodig is bij grootschalige toepassing van warmtepompen, wordt voor een zichtjaar een nieuwe $K'_{\text{infra,kapitaal},e,j}$ berekend:



$$K'_{\text{infra,kapitaal,e,j}} = AW_j \times WF \times K_{\text{infra,kapitaal,e}} + (1 - AW_j) \times K_{\text{infra,kapitaal,e}}$$

AW_j = aandeel van het aantal gebouwen in het gebied dat voorzien is van een individuele, elektrische warmtepomp in zichtjaar j
 WF = warmtepompfactor voor de kosten van netverzwaring (werkwaarde: 2)

Dit is geïmplementeerd als berekening van de verzwaring-investering:

$$K_{\text{verzwaring,kapitaal,e,j}} = AW_j \times K_{\text{infra,kapitaal,e}}$$

Indien er sprake is van netverzwaring, dan wordt in de formule voor het berekenen van $K_{\text{infra,e,j}}$ als volgt:

$$K_{\text{infra,e,j}} = (L_{\text{infra,e,2015}} + L_{\text{infra,e,j,BIJ}}) \times K'_{\text{infra,kapitaal,e,i}} + L_{\text{infra,e,j,AF}} \times VB_i \times K_{\text{infra,kapitaal,e}} + L_{\text{infra,e,j}} \times K_{\text{infra,onderhoud,e}}$$

Dit is geïmplementeerd als:

$$K_{\text{infra,e,j}} = L_{\text{infra,e,j}} \times (K_{\text{infra,kapitaal,e}} + K_{\text{infra,onderhoud,e}} + K_{\text{verzwaring,kapitaal,e,j}})$$

C.7 Individuele gas-technieken

In aanvulling op Vesta2.0 wordt in de nieuwe versie van Vesta ook de gehele referentiesituatie gemodelleerd: verwarming met een individuele HR-ketel. In de onderstaande paragraaf wordt dit uitgewerkt. Daarnaast wordt een nieuwe optie toegevoegd: de hybride warmtepomp (hWP). Deze combinatie van de elektrische warmtepomp en HR-ketel wordt (in deze versie van Vesta) toegevoegd als 'add-on' op een bestaande CV-installatie met HR-ketel.

C.7.1 Referentiesituatie: HR-ketel

Alle gegevens van de HR-ketel zitten reeds opgenomen in het Vesta-model, maar omdat in versie 3.0 deze techniek ook expliciet inzichtelijk wordt gemaakt en niet enkel als referentie wordt gebruikt voor het bepalen van de meerkosten, wordt deze hieronder nader beschreven.

De gegevens van de HR-ketel zitten in de input-bestanden en zijn daarmee anders dan de formules in de voorgaande alinea's, welke door het model worden uitgevoerd.

81. Formule voor berekenen aardgasvraag HR-ketel

Met de onderstaande formule wordt de functionele warmtevraag van een gebouw (uit inputtabellen) omgerekend naar de finale aardgasvraag van het gebouw.

$$\text{Finale aardgasvraag} = \frac{\text{Functionele vraag ruimte} \times (1 + \text{LVR})}{\eta_{\text{HR, ruimte}}} + \frac{\text{Functionele vraag tapwater} \times (1 + \text{LVT})}{\eta_{\text{HR,tap}}}$$

De functionele vraag naar ruimteverwarming en warm tapwater worden ingelezen uit de inputtabellen.

$\eta_{\text{HR, ruimte}}$ = 1,04 (rendement ruimteverwarming op onderwaarde)
 $\eta_{\text{HR,tap}}$ = 0,72 (rendement warm tapwater op onderwaarde)
 LVR = 0,05 (leidingverlies ruimteverwarming; ACM - Maximumprijs)
 LVT = 0,10 (leidingverlies warm tapwater; ACM - Maximumprijs)



De uitkomst is een aardgasvraag in GJ.

82. Formule voor berekenen hulpenergie HR-ketel

De HR-ketel gebruikt elektriciteit voor het rondpompen van water in het CV-systeem en aansturing van de ketel.

$$\text{Hulpenergie}_{\text{HR}} = \text{HE}_{\text{HR}} \times V_{\text{HE}}$$

HE_{HR} = hulpenergie HR-ketel = 285 kWh/jaar = 1,0 GJ/jaar
 V_{HE} = variabele voor koppelen hulpenergie aan verwarmingsvraag uit HR-ketel = 1 (mogelijk wordt dit in een volgende versie van Vesta aangepast)

De uitkomst is een elektriciteitsvraag in GJ.

83. Formule voor berekenen jaarlijkse variabele kosten HR-ketel

$$\text{JVK}_{\text{HR}} = \text{Finale aardgasvraag} \times \text{aardgasprijs} + \text{Hulpenergie}_{\text{HR}} \times \text{elektriciteitsprijs}$$

JVK_{HR} = Jaarlijkse verbruikskosten HR-ketel

De energieprijzen worden ingelezen uit de inputtabellen.

De uitkomst is variabele jaarlijkse kosten in €.

84. Formule voor berekenen jaarlijkse onderhoudskosten HR-ketel

$$\text{JOK}_{\text{HR}} = \text{OK}_{\text{HR}} \times \text{IK}_{\text{HR}}$$

JOK_{HR} = Jaarlijkse onderhoudskosten HR
 OK_{HR} = Percentage onderhoud = 6%
 IK_{HR} = Investeringskosten HR-ketel = € 1.900,00 (excl. BTW)

De uitkomst is jaarlijkse onderhoudskosten in €.

C.7.2 Hybride warmtepomp

Nieuw in deze versie van Vesta is de hybride warmtepomp (hWP). Deze techniek combineert de standaard HR-ketel met de elektrische warmtepomp. De warmtepomp, met hoog rendement, neemt hierbij het grootste deel van de warmtevraag voor zijn rekening, terwijl de HR-ketel in de piekvraag en warm tapwater voorziet.

Voor de hWP gelden de volgende opmerkingen:

- Voor het modelleren van de hWP is in deze versie van Vesta gekozen voor een vaste verhouding van de vraag die door de warmtepomp wordt voorzien en de vraag die door de HR-ketel wordt voorzien. Daarnaast wordt de hWP op hetzelfde moment in het model toegepast als de zonnepanelen en zonneboiler. Dat betekent dat deze techniek niet wordt meegenomen in de rentabiliteitsberekening. In een nieuwe versie van Vesta kan dit mogelijk wel worden uitgevoerd.
- De hWP kan, in tegenstelling tot de elektrische warmtepomp, bij woningen met alle energielabels worden toegepast.
- In deze versie wordt er vanuit gegaan dat de hWP niet leidt tot een netverzwaring bij het elektriciteitsnet.

85. Formule voor berekenen finale energievraag hWP



$$\text{Finale elektriciteitsvraag} = DG_{WP} \times \frac{\text{Functionele vraag ruimte}}{\eta_{WP, \text{ruimte}}}$$

$$\text{Finale aardgasvraag} = (1 - DG_{WP}) \times \frac{\text{Functionele vraag ruimte} \times (1 + LVT)}{\eta_{HR, \text{ruimte}}} + \frac{\text{Functionele vraag tapwater} \times (1 + LVT)}{\eta_{HR, \text{tap}}}$$

Op de functionele vraag naar warm tapwater wordt eerst de levering van de zonneboiler afgetrokken en vervolgens vermeerderd met 10% warmteverlies. De functionele warmtevraag van ruimte die resteert na aftrek van de warmtelevering door de warmtepomp wordt vermeerderd met 5% warmteverlies.

$$\text{Finale energievraag} = \text{Finale elektriciteitsvraag} + \text{finale aardgasvraag}$$

| | |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| DG_{WP} | = Dekkingsgraad warmtepomp = 0,8 |
| $\eta_{WP, \text{ruimte}}$ | = 4,0 (rendement warmtepomp ruimteverwarming) |
| $\eta_{HR, \text{ruimte}}$ | = 1,04 (rendement ruimteverwarming op onderwaarde) |
| $\eta_{HR, \text{tap}}$ | = 0,72 (rendement warm tapwater op onderwaarde) |
| LVR | = 0,05 (leidingverlies ruimteverwarming; ACM - Maximumprijs) |
| LVT | = 0,10 (leidingverlies warm tapwater; ACM - Maximumprijs) |

De uitkomst is de totale finale energievraag in GJ.

86. Formule voor berekenen besparing hWP t.o.v HR-ketel

Ten opzichte van de HR-ketel behaalt de hWP in de huidige modellering een besparing van:

$$\text{Besparing}_{hWP} = \left(1 - \left(\frac{DG_{WP} \times \eta_{HR}}{\eta_{WP}} + (1 - DG_{WP}) \right) \right) \times \frac{\text{Functionele vraag ruimte}}{\eta_{HR, \text{ruimte}}}$$

De uitkomst is een besparing van de finale energievraag door de hWP ten opzichte van de HR-ketel in GJ.

87. Formule voor berekenen hulpenergie hWP

De hWP gebruikt, net als de HR-ketel, hulpenergie voor het rondpompen van warm water in het CV-systeem en elektronica voor de aansturing. Voor de modellering is aangenomen dat de hulpenergie wordt toegerekend aan het HR-deel van de installatie. Omdat normaliter de hulpenergie van een warmtepomp in het rendement van de warmtepomp zit verwerkt, kan voor de hWP het rendement van de warmtepomp ligt hoger worden genomen dan bij de standaard warmtepomp.

$$\text{Hulpenergie}_{hWP} = HE_{hWP} \times V_{HE}$$

| | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HE_{hWP} | = hulpenergie hWP = 285 kWh/jaar = 1,0 GJ/jaar |
| V_{HE} | = variabele voor koppelen hulpenergie aan verwarmingsvraag uit HR-deel van hWP = $(1 - DG_{WP})$ |
| DG_{WP} | = dekkingsgraad warmtepomp = 0,8 |

De uitkomst is een elektriciteitsvraag in GJ.

88. Formule voor berekenen jaarlijkse variabele kosten hWP

$$JVK_{hWP} = \text{Finale aardgasvraag} \times \text{aardgasprijs} + (\text{Finale elektriciteitsvraag} + \text{Hulpenergie}_{hWP}) \times \text{electriciteitsprijs}$$



JVK_{HR} = Jaarlijkse verbruikskosten hWP-ketel

De energieprijzen worden ingelezen uit de inputtabellen.

De uitkomst is variabele jaarlijkse kosten in €.

89. Formule voor bereken jaarlijkse onderhoudskosten hWP

$$JOK_{hWP} = OK_{hWP} \times IK_{hWP}$$

JOK_{hWP} = Jaarlijkse onderhoudskosten hWP

OK_{hWP} = Percentage onderhoud = 6%

IK_{hWP} = Investeringskosten hWP = € 5.000,00 (excl. BTW)
(Min = € 4.500,00 en Max = € 5.500,00)

De uitkomst is jaarlijkse onderhoudskosten in €.

De investeringskosten zijn voor een eenheid waarbij zowel de HR-ketel als warmtepomp zijn inbegrepen.

Voor het berekenen van de kapitaalslasten wordt uitgegaan van een levensduur van 15 jaar. De leercurve is gelijkgesteld aan die van de elektrische warmtepomp.

Indien een gebouw eenmaal een hybride warmtepomp heeft gekregen, kan niet meer worden overgestapt op een elektrische warmtepomp.



Bijlage D Berekening van CO₂-emissies

De berekeningen van de CO₂-emissies staan opgesomd in Tabel 12. Het doel van Tabel 12 is om overzicht te geven van alle onderdelen in het model waar sprake is van effecten op CO₂-emissies.

Tabel 12 Berekening CO₂-emissies

| Onderdeel | CO ₂ -emissies | Formulenummer |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gebouwen | | |
| Metervraag elektriciteit | (Totale metervraag elektriciteit in het CBS-buurt)*CO ₂ -kengetal elektriciteit. | N.v.t., zie Blok 5 en 7. |
| Metervraag gas | (Totale metervraag gas in het CBS-buurt) * CO ₂ -kengetal gas. | N.v.t., zie Blok 5, 6 en 7. |
| Metervraag warmte | Emissies worden bepaald bij warmtebron plus piekkel, niet bij eindgebruiker van de warmtelevering. | N.v.t. |
| Energiebesparing | Leverd een lagere metervraag. NB: De efficiency-optie 'elektrische warmtepomp' bij nieuwbouw is als lokale energieproductie gemodelleerd. | N.v.t., zie Blok 5 en 7. |
| Lokale energieproductie | <i>NB: De omvang van de lokale energieproductie wordt ook in de output weggeschreven, per type.</i> | |
| Micro-WKK | Gemodelleerd als lagere metervraag elektriciteit, plus hogere metervraag gas. Voor emissies o.b.v. metervraag zie verder bij 'gebouwen'. | N.v.t., zie Blok 5 en 7. |
| Zon-PV | Gemodelleerd als lagere metervraag elektriciteit. Voor emissies zie verder bij 'gebouwen'. | N.v.t., zie Blok 5 en 7. |
| Zonneboiler | Gemodelleerd als lagere metervraag voor tapwaterverwarming. Voor emissies zie verder bij 'gebouwen'. | N.v.t., zie Blok 5 en 7. |
| Elektrische warmtepomp (eWP) | Keuze-optie bij nieuwbouw vanaf peiljaar 2020. Het gebouw wordt dan 'all electric'. De extra elektriciteitsvraag van de eWP wordt opgeteld bij de metervraag elektriciteit. Voor emissies zie verder bij 'gebouwen'. | N.v.t., zie Blok 5 en 7. |
| Centrale warmtebronnen | <i>NB: Bij alle opties een aandeel vanuit de centrale bron, en een aandeel pieklast (voor emissies pieklast: zie daar).</i> | |
| Restwarmte en geothermie | Warmte-afname bij de bron * CO ₂ -emissie per GJ van de betreffende bron. | Zie formule 36, waarbij prijs Nw vervangen moet worden door CO ₂ -kengetal van de bron. |
| Wijk-WKK en BMC_nieuw | Warmte-afname bij de bron * CO ₂ -emissie per GJ van de wijk-WKK (i.e. gasmotor), respectievelijk van de BMC_nieuw (de default emissiefactor BMC_nieuw is nul, uitgaand van duurzame biomassa) NB: In het defaultkengetal voor de gasmotor | Idem. |

| Onderdeel | CO ₂ -emissies | Formulenummer |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | is alle CO ₂ -emissie van de gasmotor toegerekend aan de warmte. De door de wijk-WKK geproduceerde elektriciteit is in het model dus emissieloos. De elektriciteits-productie van de wijk-WKK wordt apart in de output weggeschreven. Voor analyses kan dit, <i>buiten het model</i> , verwerkt worden als emissieverlaging van de totale elektriciteits-productie in Nederland. Het volume van de elektriciteitsproductie is (in GJ) gelijk aan dat van de warmteproductie van de wijk-WKK-gasmotor (in GJ) ⁴² . | |
| WKO | CO ₂ -emissie volgt uit (elektriciteitsgebruik van de centrale ⁴³ warmtepomp)* CO ₂ -kengetal elektriciteit. NB: WKO is als enige centrale warmteoptie op PC6-niveau gemodelleerd. | Zie formules voor WKO woningen en utiliteit, elektriciteitsgebruik van warmtepomp. Formules 57, 58, 65, 66 en specifiek de termen elektriciteitsgebruik daarin (met prijs daarin te vervangen door CO ₂ -kengetal elektriciteit). |
| Pieklast | | |
| Gasgestookte pieklastketel | Bij alle centrale warmteopties wordt een centrale pieklastketel verondersteld, die gasgestookt is. De CO ₂ -emissies volgen uit: (warmteproductie van de piekketel/efficiency van de piekketel)*CO ₂ -kengetal gas. | Zie formule 35, waarbij gasprijs N2 vervangen moet worden door CO ₂ -kengetal van aardgas. |

Opmerking: bij warmtelevering aan glastuinbouwbedrijven wordt er in het model rekening mee gehouden dat het glastuinbouwbedrijf additionele kosten moet maken voor een CO₂-installatie. Dit is alleen in de financiële analyses meegenomen, het effect ervan op de CO₂-emissies is niet gemodelleerd.

⁴² Het energetisch totaalrendement van de gasmotor is 80%, 50/50-verdeeld over warmte- en elektriciteitsproductie.

⁴³ Bij collectieve WKO met decentrale warmtepompen in de woningen, in plaats van een centrale warmtepomp, is de bepaling anders, deze optie is nog niet uitgewerkt in deze fase. Voor de CO₂-emissies van deze optie moet het elektriciteitsgebruik van de decentrale warmtepompen worden opgeteld en worden vermenigvuldigd met het CO₂-kengetal elektriciteit.

Bijlage E Berekening maatschappelijke- en eindgebruikerskosten

De kosten voor de referentiesituatie en het alternatief worden uitgerekend door twee 'runs' met het model te maken, en die met elkaar te vergelijken; op sommige onderdelen is het mogelijk om de rekenresultaten op onderdelen in het model te bekijken.

De kosten voor de gasinfrastructuur en gasapparatuur in de gebouwen worden bepaald in de runs om de maatschappelijke kosten te kunnen vergelijken met alternatieven waarin warmtenetten worden ingezet. Om dit te doen, is in de nieuwe versie van Vesta de gasinfrastructuur gemodelleerd.

Onder belastingen bij energiedragers valt zowel de energiebelasting als de ODE-opslag op de energietarieven, alsook VAT (voor bewoners).



Tabel 13 Berekening van maatschappelijke- en eindgebruikerskosten

| Onderdeel | Maatschappelijk | Eindgebruikerskosten Woningen (VET = gebouweigenaar) | Utiliteit en GTB (VET = gebouweigenaar) | Opwekking/Transport/ Distributie/levering | Opmerking |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gebouwen | | | | | |
| Elektriciteitsvraag | Meterverbruik*tarief (excl. belastingen en BTW). | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen en BTW) | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen, excl. BTW). | N.v.t. | |
| Gasvraag (alleen indien aangesloten op gas) | Meterverbruik*tarief (excl. belastingen en BTW). Vastrecht warmte (excl. BTW). Aansluitbijdrage warmte (excl. BTW), annuïtair 4% over 30 jr. | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen en BTW). Vastrecht warmte (incl. BTW). Aansluitbijdrage warmte (incl. BTW), annuïtair 5,5% over 15 of 30 jr. Incl. subsidies. | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen, excl. BTW). Vastrecht warmte (excl. BTW). Aansluitbijdrage warmte (excl. BTW), annuïtair 8% over 15 of 30 jr. Incl. subsidies. | N.v.t. | Vastrecht en aansluitbijdrage warmte i.v.m. NMDA, om te kunnen vergelijken met alternatief. |
| Warmtevraag (alleen indien aangesloten op warmte of WKO) | N.v.t. (maatsch. kosten worden hoger in de keten bepaald). | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen en BTW). | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen, excl. BTW). | N.v.t. | |
| Energiebesparing | Investerings (excl. BTW). | Investerings (incl. BTW; annuïtair 5,5% over 30 jr. bij gebouw, over 15 jr. bij verwarmingsinstallatie). Incl. subsidies. | Investerings (excl. BTW; annuïtair 8% over 30 jr. bij gebouw, over 15 jr. bij verwarmingsinstallatie). Incl. subsidies. | N.v.t. | |
| Lokale energieproductie | | | | | |
| HR-ketel | Investerings (excl. BTW; annuïtair 4% over 15 jaar), effect op metervraag gas is al bij gebouwen bepaald. | Investerings (incl. BTW; annuïtair 5,5% over 15 jaar), effect op metervraag gas is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | Investerings (incl. BTW; annuïtair 8% over 15 jaar), effect op metervraag gas is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | | |
| Micro-WKK | Investerings (excl. BTW; annuïtair 4% over 15 jaar), effect op metervraag gas en elektra is al bij gebouwen bepaald. | Investerings (incl. BTW; annuïtair 5,5% over 15 jaar), effect op metervraag gas en elektra is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | N.v.t. | N.v.t. | |
| Zon-PV | Investerings (excl. BTW; annuïtair 4% over 15 jaar), | Investerings (incl. BTW; annuïtair 5,5% over 15 jaar), | Investerings (excl. BTW; annuïtair 8% over 15 jaar), | N.v.t. | |



| Onderdeel | Maatschappelijk | Eindgebruikerskosten | Utiliteit en GTB (VET = gebouweigenaar) | Opwekking/Transport/ Distributie/levering | Opmerking |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| | effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. | Woningen (VET = gebouweigenaar) effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | | |
| Zonneboiler | Investerings (excl. BTW; annuïtair 4% over 15 jaar), effect op metervraag gas is al bij gebouwen bepaald. | Investerings (incl. BTW; annuïtair 5,5% over 15 jaar), effect op metervraag gas is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | Investerings (excl. BTW; annuïtair 8% over 15 jaar), effect op metervraag gas is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | | |
| Elektrische warmtepomp (eWP) | Investerings (en bijkomende gebouwverbeteringskosten i.g.v. toepassing in bestaande bouw) (excl. BTW; annuïtair 4% over 15 jaar voor eWP en over 30 jaar voor de gebouwverbetering), effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. NB: woning heeft géén gasaansluiting! | Investerings (en bijkomende gebouwverbeteringskosten i.g.v. toepassing in bestaande bouw) (incl. BTW; annuïtair 5,5% over 15 jaar bij eWP en over 30 jaar bij gebouwverbetering), effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. NB: woning heeft géén gasaansluiting! | Investerings (en bijkomende gebouwverbeteringskosten i.g.v. toepassing in bestaande bouw) (excl. BTW; annuïtair 8% over 15 jaar bij eWP en over 30 jaar bij gebouwverbetering), effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | N.v.t. | |
| Hybride warmtepomp (hWP) | Investerings (excl. BTW; annuïtair 4% over 15 jaar), effect op metervraag gas en elektra is al bij gebouwen bepaald. | Investerings (incl. BTW; annuïtair 5,5% over 15 jaar), effect op metervraag gas en elektra is al bij gebouwen bepaald. Incl. subsidies. | N.v.t. | | |
| Centrale warmtebronnen | | | | | |
| Restwarmte, geothermie | Alle investeringen in bron, of uitkoppeling daarvan, en net met toebehoren (excl. BTW; annuïtair 4% over 30(*) jaar). Jaarlijkse onderhoudskosten op de investeringen (excl. BTW). | N.v.t. | N.v.t. | 1. Alle investeringen in bron, of uitkoppeling daarvan, en net met toebehoren (excl. BTW; annuïtair 6% over 30(*) jaar); minus ontvangen eenmalige aansluitbijdragen en subsidies. 2. Jaarlijkse onderhouds- | |



| Onderdeel | Maatschappelijk | Eindegebruikerskosten | | Opwekking/Transport/ Distributie/levering | Opmerking |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Woningen (VET = gebouweigenaar) | Utiliteit en GTB (VET = gebouweigenaar) | | |
| | Jaarlijkse exploitatiekosten (warmte-inkoop) excl. BTW en belastingen. | | | kosten op de investeringen (excl. BTW). 3. Jaarlijkse exploitatiekosten (warmte-inkoop) excl. BTW en belastingen. 4. Minus inkomsten uit vastrecht warmte en uit warmteverkoop en subsidies. | |
| Wijk-WKK | <p>Alle investeringen in bron en net met toebehoren (excl. BTW; annuïtair 4% over 30(*) jaar).</p> <p>Jaarlijkse onderhoudskosten op de investeringen (excl. BTW).</p> <p>Jaarlijkse exploitatiekosten (warmtekostprijs) excl. BTW en belastingen.</p> | N.v.t. | N.v.t. | <p>1. Alle investeringen in bron en net met toebehoren (excl. BTW; annuïtair 6% over 30(*) jaar); minus ontvangen eenmalige aansluitbijdragen en subsidies.</p> <p>2. Jaarlijkse onderhoudskosten op de investeringen (excl. BTW).</p> <p>3. Jaarlijkse exploitatiekosten (warmtekostprijs) excl. BTW en belastingen.</p> <p>4. Minus inkomsten uit vastrecht warmte en uit warmteverkoop en subsidies.</p> | NB: In de warmtekostprijs in de modelinput zit de opbrengst van de elektriciteitsverkoop door de WKK al verdisconteerd. |
| WKO | <p>Alle investeringen in bron en net met toebehoren (excl. BTW; annuïtair 4% over 30(*) jaar).</p> <p>Extra investeringen in gebouwverbetering bij toepassing in bestaande bouw (excl. BTW; annuïtair 4% over 30 jr).</p> <p>Jaarlijkse onderhoudskosten op de investeringen (excl.</p> | Extra investeringen in gebouwverbetering bij toepassing in bestaande bouw (incl. BTW; annuïtair 5,5% over 30 jr). | Extra investeringen in gebouwverbetering bij toepassing in bestaande bouw (excl. BTW; annuïtair 8% over 30 jr). | <p>1. Alle investeringen in bron en net met toebehoren (excl. BTW; annuïtair 6% over 30(*) jaar); minus ontvangen eenmalige aansluitbijdragen en subsidies.</p> <p>2. Jaarlijkse onderhoudskosten op de investeringen (excl. BTW).</p> <p>3. Jaarlijkse exploitatiekosten (elektriciteit warmtepomp) excl. BTW en</p> | |



| Onderdeel | Maatschappelijk | Eindgebruikerskosten | | Opwekking/Transport/ Distributie/levering | Opmerking |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| | | Woningen (VET = gebouweigenaar) | Utiliteit en GTB (VET = gebouweigenaar) | | |
| | BTW). Jaarlijkse exploitatiekosten (elektriciteit warmtepomp) excl. BTW en belastingen. | | | incl. belastingen. 4. Minus inkomsten uit vast- recht warmte en koude en uit warmteverkoop en sub- sidies. | |
| Pieklast | | | | | |
| Gasgestookte pieklasketel | Alle investeringen in piekketel (excl. BTW; annuïtair 4% over 30(*) jaar). Jaarlijkse onderhoudskosten op de investeringen (excl. BTW). Jaarlijkse exploitatiekosten (gasinkoop) excl. BTW en belastingen. | N.v.t. | N.v.t. | Alle investeringen in piekketel (excl. BTW; annuïtair 6% over 30(*) jaar). Incl. subsidies. Jaarlijkse onderhoudskosten op de investeringen (excl. BTW). Jaarlijkse exploitatiekosten (gasinkoop) excl. BTW en incl. belastingen en subsidies. | |

(*) Opmerking: omdat er in het model een tijdvertraging van 2 jaar zit tussen netinvestering en eerste warmtelevering aan bestaande bouw wordt de annuïteit hiervoor gecorrigeerd. Hierbij wordt dezelfde methode gebruikt als bij het contant maken: NCW van de kosten delen door de factor die gebruikt is om de 28 jaar opbrengsten te verdisconteren. Deze factor is de inverse van de $NcwDuration$: $(p^S - p^E)/r$ met $p = (1+r)^{-1}$; met S = aantal jaren voor start en E = aantal jaar voor einde. Aangezien r in $[jaar^{-1}]$ is, is de eenheid van $NcwDuration$ $[jaar]$.



Bijlage F Allocatie van kosten- en batenposten

In de onderstaande tabel wordt de allocatie van de diverse kosten- en batenposten over de actoren weergegeven. Hierbij wordt tevens aangegeven welke standaard discontovoet en (wel/niet) BTW zij hebben. In de tabel is met GROEN aangegeven of de posten geannualiseerd moeten worden. Daarnaast gaan alle batenposten standaard naar de Leverancier en 'verdeeld' deze het vervolgens over de kosten van de andere actoren (zie Rentabiliteitsmethodiek). Daar waar echter een directe verrekening plaatsvindt tussen de actoren, is dat aangegeven met ONDERSTREPING.

Tabel 14 Allocatie van kosten- en batenposten

| | Actoren | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|------------------|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------|--------------|-----------|----------------|-------------|------------------------------------------|-----------|--------------|-----------|----------------|-------------|
| | Maatschappelijk | Opwekking | Transport | Distributie | | Levering | Gebouweigenaar | | | | | | Gebouwgebruiker | | | | | |
| | | | | Wijk-distributie | Inpandige distributie | | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw |
| Default discontovoet | 4,0% | 6,0% | 6,0% | 6,0% | 6,0% | 6,0% | 5,5% | 5,5% | 8,0% | 8,0% | 8,0% | 8,0% | 5,5% | 5,5% | 8,0% | 8,0% | 8,0% | 8,0% |
| Default BTW | Exclusief | Exclusief | Exclusief | Exclusief | Exclusief | Exclusief | Inclusief | Inclusief | Exclusief | Exclusief | Exclusief | Exclusief | Inclusief | Inclusief | Exclusief | Exclusief | Exclusief | Exclusief |
| Gebouwen | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elektriciteitsvraag | Meterverbruik | | | | | | | | | | | | Meterverbruik | | | | | |
| Gasvraag | Meterverbruik | | | | | | | | | | | | Meterverbruik | | | | | |
| Warmtevraag | Meterverbruik | | | | | | | | | | | | Meterverbruik | | | | | |
| Koudevraag | Meterverbruik | | | | | | | | | | | | Meterverbruik | | | | | |
| Elektriciteitsopbrengsten | Meterverbruik*tarief (excl. belastingen) | | | | | | | | | | | | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen) | | | | | |
| Gasopbrengsten (alleen indien aangesloten op gas) | Meterverbruik*tarief (excl. belastingen) | | | | | | | | | | | | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen) | | | | | |
| | Vastrecht warmte | | | | | | | | | | | | Vastrecht warmte | | | | | |
| | Aansluitbijdrage warmte | | | | | | Aansluitbijdrage warmte | | | | | | | | | | | |



| | Actoren | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|
| | Maatschappelijk | Opwekking | Transport | Distributie | | Levering | Gebouweigenaar | | | | | | Gebouwgebruiker | | | | | |
| | | | | Wijk- distributie | Inpandige distributie | | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw |
| Warmteopbrengsten (alleen indien aange- sloten op warmte of WKO) | N.v.t. (maatsch. kosten worden hoger in de keten bepaald). | | | | | | | | | | | | Meterverbruik*tarief (incl. belastingen) | | | | | |
| Koudeopbrengsten (alleen indien aange- sloten op WKO) | N.v.t. (maatsch. kosten worden hoger in de keten bepaald). | | | | | | | | | | | | Meterverbruik*tarief | | | | | |
| Energiebesparing | Investeringen | | | | | | Investeringen | | | | | | | | | | | |
| Afgiftesystemen | Investeringskosten vloerverwarming | | | | | | Investeringskosten vloer- verwarming | | | | | | | | | | | |
| | Investeringskosten LT-radiatoren | | | | | | Investeringskosten LT- radiatoren | | | | | | | | | | | |
| | Investeringskosten weerstandsverwar- ming | | | | | | Investeringskosten weer- standsverwarming | | | | | | | | | | | |
| Lokale energiepro- ductie | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HR-ketel | Investeringen , effect op metervraag gas is al bij gebou- wen bepaald. | | | | | | Investeringen, effect op metervraag gas is al bij gebouwen bepaald. | | | | | | | | | | | |
| Micro-WKK | Investeringen , effect op metervraag gas en elektra is al bij gebouwen be- paald. | | | | | | Investeringen, effect op metervraag gas en elektra is al bij gebouwen be- paald. | | | | | | | | | | | |



| | Actoren | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------------------|--------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|
| | Maatschappelijk | Opwekking | Transport | Distributie | | Levering | Gebouweigenaar | | | | | | Gebouwgebruiker | | | | | |
| | | | | Wijk- distributie | Inpandige distributie | | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw |
| Zon-PV | Investerings , effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. | | | | | | Investerings , effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. | | | | | | | | | | | |
| Zonneboiler | Investerings , effect op metervraag gas is al bij gebou- wen bepaald. | | | | | | Investerings , effect op metervraag gas is al bij gebouwen bepaald. | | | | | | | | | | | |
| Elektrische warmte- pomp (eWP) | Investerings (en bijkomende gebouw- verbeteringskosten i.g.v. toepassing in bestaande bouw) , effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. NB: woning heeft geén gasaansluiting! | | | | | | Investerings (en bijkomende gebouwverbeteringskosten i.g.v. toepassing in be- staande bouw) , effect op metervraag elektra is al bij gebouwen bepaald. NB: woning heeft géén gasaansluiting! | | | | | | | | | | | |
| Hybride warmtepomp (hWP) | Investerings , effect op metervraag gas en elektra is al bij gebouwen be- paald. | | | | | | Investerings , effect op metervraag gas en elektra is al bij gebouwen be- paald. | | | | | | | | | | | |
| Centrale warmte- bronnen | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| | Actoren | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|
| | Maatschappelijk | Opwekking | Transport | Distributie | | Levering | Gebouweigenaar | | | | | | Gebouwgebruiker | | | | | |
| | | | | Wijk- distributie | Inpandige distributie | | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw |
| Restwarmte, geothermie Wijk-WKK (bij WKK zit in de warmtekostprijs in de modelinput de opbrengst van de elektriciteitsverkoop door WKK al verdisconteerd; bij wijk-WKK geen sprake van primair net) | Volume warmte-inkoop | Volume warmte-inkoop | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Onderhoudskosten uitkoppeling bron | Onderhoudskosten uitkoppeling bron | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Onderhoudskosten nieuwe bron | Onderhoudskosten nieuwe bron | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kosten warmte-inkoop | Kosten warmte-inkoop | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering uitkoppeling warmte | Investering uitkoppeling warmte | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Onderhoudskosten primair net | | Onderhoudskosten primair net | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering warmte-tracé primair transport | | Investering warmtetracé primair transport | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Onderhoudskosten secundair net | | | Onderhoudskosten secundair net | | | | | | | | | | | | | | |
| | Onderhoudskosten OS | | | Onderhoudskosten OS | | | | | | | | | | | | | | |



| Actoren | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|
| | Maatschappelijk | Opwekking | Transport | Distributie | | Levering | Gebouweigenaar | | | | | | Gebouwgebruiker | | | | | |
| | | | | Wijk- distributie | Inpandige distributie | | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw |
| | Onderhoudskosten distributienet | | | Onderhoudskosten distributienet | | | | | | | | | | | | | | |
| | Eenmalige aansluitkosten meergezinswoning | | | <u>Eenmalige aansluitkosten meergezinswoning</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| | Eenmalige aansluitkosten eengezinswoning | | | <u>Eenmalige aansluitkosten eengezinswoning</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investerings OS | | | Investerings OS | | | | | | | | | | | | | | |
| | Eenmalige aansluitbijdrage collectief verwarmde woningen | | | <u>Eenmalige aansluitbijdrage collectief verwarmde woningen</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vergoeding overname collectieve ketels | | | | Vergoeding overname collectieve ketels | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering warmtetracé secundair net | | | Investering warmtetracé secundair net | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering warmtetracé hoofdleiding | | | Investering warmtetracé hoofdlei- | | | | | | | | | | | | | | |



| Actoren | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|
| | Maatschappelijk | Opwekking | Transport | Distributie | | Levering | Gebouweigenaar | | | | | | Gebouwgebruiker | | | | | |
| | | | | Wijk- distributie | Inpandige distributie | | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw |
| | | | | ding | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering warmte- tracé zijleiding sec.net | | | Investering warmtetra- cé zijleiding sec.net | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering warmte- meter | | | | Investering warmteme- ter | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering mengin- stallaties | | | | Investering menginstal- laties | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering distribu- tiekosten kleine utiliteit | | | Investering distributie- kosten kleine utiliteit | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering kosten OS grote utiliteit | | | Investering kosten OS grote utili- teit | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering warmte- meter GTB | | | | Investering warmteme- ter GTB | | | | | | | | | | | | | |
| | Kosten OS GTB | | | Kosten OS GTB | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kosten warmtetracé hoofdleiding GTB | | | Kosten warmtetra- cé hoofdlei- ding GTB | | | | | | | | | | | | | | |



| Actoren | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|----------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------------------------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------------|-------------|
| | Maatschappelijk | Opwekking | Transport | Distributie | | Levering | Gebouweigenaar | | | | | | Gebouwgebruiker | | | | | |
| | | | | Wijk- distributie | Inpandige distributie | | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw |
| | Kosten warmtetracé GTB dienstleidingen | | | Kosten warmtetra- cé GTB dienstlei- dingen | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kosten warmtetracé GTB zijleidingen bestaand | | | Kosten warmtetra- cé GTB zijleidingen bestaand | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kosten warmtetracé GTB zijleidingen nieuwbouw | | | Kosten warmtetra- cé GTB zijleidingen nieuwbouw | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kosten warmtetracé GTB hoofdleiding | | | Kosten warmtetra- cé GTB hoofdleiding | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investerings kosten CO2-installatie | | | | | | | | | | Investerings kosten CO2- installatie | | | | | | | |
| | Jaartijkse CO2-vraag | | | | | | | | | | | | | | | | Jaartijkse CO2-vraag | |
| | Jaartijkse CO2- kosten | | | | | | | | | | | | | | | | Jaartijkse CO2-kosten | |
| wko | Operationele kosten collectieve warmte- pomp wko | Operatione- le kosten collectieve warmte- pomp wko | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Onderhoudskosten wko | Onder- houdskosten | | | | | | | | | | | | | | | | |



| Actoren | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------|--------------------------|----------|----------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|---------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------|
| | Maatschappelijk | Opwekking | Transport | Distributie | | Levering | Gebouweigenaar | | | | | | Gebouwgebruiker | | | | | |
| | | | | Wijk- distributie | Inpandige distributie | | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw | W - bestaand | W - nieuw | U - bestaand | U - nieuw | GTB - bestaand | GTB - nieuw |
| | | wko | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering wko-bron | Investering wko-bron | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering wko-opwekking | Investering wko-opwekking | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering wko-distributie | | | Investering wko-distributie | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering wko-afgifte | | | Investering wko-afgifte | | | | | | | | | | | | | | |
| | Eenmalige aansluitbijdrage | | | Eenmalige aansluitbijdrage | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aansluitbijdrage wko | | | | | | Aansluitbijdrage wko | | | | | | | | | | | |
| | Opbrengst vastrecht | | | | | | | | | | | | Opbrengst vastrecht | | | | | |
| Pieklast | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gasgestookte pieklast-ketel | Onderhoudskosten WOS+HWK | | | Onderhoudskosten WOS+HWK | | | | | | | | | | | | | | |
| | Investering WOS+HWK | | | Investering WOS+HWK | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kosten aardgas bijstook | | | Kosten aardgas bijstook | | | | | | | | | | | | | | |





Bijlage G Overzichtstabellen

G.1 Algemeen

Het Vesta-model is sterk geografisch van aard. Naast de geografische outputs zijn er ook tabelmatige outputs gedefinieerd. Voorbeelden daarvan zijn opgenomen aan het eind van deze bijlage. Het betreft zowel zgn. 'flow'tabellen als outputtabellen.

Gaandeweg de implementatie is er in toenemende mate naar gestreefd om een uniforme wijze van prefixing van item-namen te gebruiken, als volgt:

1^e (hoofd)letter betreft het soort grootheid:

- O = Opbrengsten;
- K = Kosten;
- P = Vermogen;
- V = Verbruik.

2^e (kleine)letter betreft de tijds- en/of categorieaanduiding voor zover dat verrekening in de tijd bepaalt:

- i = eenmalige investering;
- j = jaarlijkse kosten;
- m = o.b.v. de maatschappelijke rentevoet geannulariseerde investeringen;
- w = o.b.v. de rentevoet voor woningen geannulariseerde investeringen;
- u = o.b.v. de rentevoet voor utiliteiten geannulariseerde investeringen;
- g = o.b.v. de rentevoet voor glastuinbouw geannulariseerde investeringen.

Suffixen:

- m: per meter;
- 30: geannualiseerd obv een afschijvingstermijn van 30 jaar;
- 15: geannualiseerd obv een afschijvingstermijn van 15 jaar;
- 28: geannualiseerd obv een afschijvingstermijn van (EindJaar-StartJaar) jaren na oprenting van de investering van 0 tot StartJaar;
- Ep: EnergieProducent (van een warmteoptie).

G.2 Kosten en baten

Dit is vooralsnog in Vesta bekend als CashFlow.

De CashFlow tabel geeft een overzicht van geannualiseerde kosten gerubriceerd naar kostensoorten (rijen) en kostenplaatsen (kolommen). Warmte opties zijn zowel kostensoort (voor eindgebruikers) als kostenplaats (de warmte-optie producenten moeten zelf ook inkopen). Het verschil tussen de totale ontvangsten (= kolomtotaal) en kosten (= rijtotaal) is de winst voor het betreffende soort producent.

Eenheid mega (= miljoen) € per jaar

Kolommen: Sectoren of in boekhoudtermen Kostenplaatsen

- Oj_Totaal: Totale opbrengsten. De totale opbrengsten zijn gelijk aan de som over de opbrengsten van de sectoren, warmteopties en subsidie, dus wat er in totaal betaald wordt aan de betreffende kostensoort. Voor de rijen zijn de totale opbrengsten bepaald door de betalingen per kostenplaats te sommeren.
- Kj_Totaal: Kosten, totaal. Alleen gedefinieerd voor de warmteopties aangezien de andere kostensoorten niet als kostenplaats zijn opgenomen en gelijk gesteld aan de cellen (Totaal, warmte-optie);



dit betreft dus de uitgaven die t.b.v. de realisatie van de betreffende warmteopties zijn gedaan.

Oj_Netto: Netto opbrengsten, totaal. De netto opbrengsten zijn gelijk aan het verschil tussen de totale opbrengsten en de totale kosten.

Sectoren

Woning: Deel van sector woningen, bestaat uit bestaande bebouwing waarbij een deel is gesloopt (zonder vervanging) of vervangen. Tevens is inbreiding opgenomen.

UitlegWoning: Deel van sector woningen, alleen uitleg.

Utiliteit: Deel van sector utiliteit, bestaat uit bestaand (sloop, vervanging en inbreiding vindt niet plaats).

UitlegUtiliteit: Deel van sector utiliteit, bestaat uit uitleg.

Glastuinbouw: Deel van sector glastuinbouw, bestaand verminderd met afname van areaal.

UitlegGlastuinbouw: Deel van sector glastuinbouw: uitleg d.w.z. areaal in nieuw gebied.

Warmteopties

RestWarmte: Warmteoptie restwarmte.

GeoThermie: Warmteoptie geothermie.

Wijk-WKK: Warmteoptie wijk-WKK.

WKO: Warmteoptie WKO.

Subsidie: Subsidie is momenteel niet geïmplementeerd maar is opgenomen voor toekomstig gebruik.

Rijen = kostensoorten

Energiebesparing

Kapitaalslasten op basis van maatschappelijke rentelast en kosten van bediening en onderhoud van energiebesparing door efficiencyverbetering van gebouw en installatie voor de sectoren. Niet gedefinieerd voor de warmteopties.

Lokale opwekking

Kapitaalslasten op basis van maatschappelijke rentelast:

1. Zonneboiler, zon-PV, elektrische warmtepomp en micro-WKK voor de sectoren.
2. puntbron alsmede de investeringen van warmtedistributie voor de warmteopties. De kosten van warmtewinning zijn gelijk aan de door de puntbron geleverde hoeveelheid warmte vermenigvuldigd met de productieprijs van warmte uit de puntbron voor de warmteopties. Bevat tevens de geannualiseerde investeringskosten van de bron, het primaire en secundaire warmtenet.

Gas

1. Maatschappelijke kosten van ingekocht aardgas (= verbruik * commodity prijs van aardgas), vastrecht en kapitaalslasten op basis van maatschappelijk rentetarief van aansluitbijdrage voor de sectoren.
2. Maatschappelijke kosten van ingekocht aardgas (= omvang * commodity prijs van aardgas) voor de bijstook van warmtelevering voor de warmteopties behalve WKO. WKO heeft namelijk geen bijstook met aardgas.
3. Evenzo voor inkoop hoofdstook ten behoeve van wijk-WKK.



Elektriciteit

1. Maatschappelijke kosten van ingekocht elektriciteit (= omvang * commodity prijs van elektriciteit) voor de sectoren.
2. Maatschappelijke kosten van ingekocht elektriciteit (= omvang * commodity prijs van elektriciteit) voor de elektrische warmtepomp van WKO.

Warmteopties (Restwarmte, Geothermie, WKO en wijk-WKK)

Zie kolommen Oj_Totaal, Kj_Totaal en Oj_Netto voor deze kolommen en de sectoren. De cellen zijn 0 voor de kolommen met warmteopties aangezien er geen onderlinge leveringen tussen verschillende warmteopties verondersteld worden.

Onderhoud en verbruik

Jaarlijkse kosten van onderhoud en bediening van warmtetransport en - distributie (warmtenetten, warmteleidingen, warmte overdrachtstation, hulp warmteketel en onderstation) voor de warmteopties alsmede onderhoud elektrische warmtepomp voor WKO. Maatschappelijke baat van de levering van koude door WKO voor woningen. In de situatie zonder WKO is verondersteld dat er geen koudebehoefte is in woningen. Bij het toepassen van WKO wordt wel koude geleverd. Deze wordt beschouwd als baat en daarom als negatieve kosten geteld. Bij utiliteit wordt door WKO voldaan aan de koudebehoefte zoals deze ook zonder WKO bestaat. Bij utiliteit is daarom geen sprake van een (extra) baat. Bij glastuinbouw is WKO niet toepasbaar.

CO₂-heffing

Betaalde CO₂-heffing over de inkoop van aardgas (indien dat een CO₂-component zou hebben) en elektriciteit.

Energieheffing

Betaalde energieheffing over de inkoop van aardgas en elektriciteit.

BTW

Gedragen BTW over de inkoop van kapitaal (tegen maatschappelijk tarief), diensten en energie.

Risicopremie

Opslag op de kapitaalslasten berekend met de 'gangbare' rentevoet van de sector. Bij de warmteopties wordt de rentevoet gehanteerd van de energieleverancier en zijn de kapitaallasten na aftrek van geannualiseerde ontvangen aansluitbijdrage.

Totaal

Gemaakte kosten van de sector of energieleverancier volgens de eindgebruikersbenadering. Gelijk aan de som over bovenstaande rijen.

Toelichtingen

De Cashflow tabel is gebaseerd op het concept van de Leontief's transaction tableau (zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Input-output_model). Hierbij zijn tevens de financiële effecten voor de overheid (in termen van belasting-opbrengsten) inzichtelijk gemaakt⁴⁴.

In de Leontief's transaction tableau worden transactiebedragen [MEGA EUR per jaar] opgenomen:

⁴⁴ Een referentie voor de indirecte public finance effecten van pijpen bouwen, zie Lectures on public economics, Stiglitz of: http://en.wikipedia.org/wiki/Public_economics.



Kolommen zijn: directe consumenten/financiers: WUG (=Wonen, Util, Gltb) x (Bestaand, Uitleg), WarmteOpties (RW, WKO, WKK, GT = GeoThermie), subsidies (if any) en totale ontvangsten, de getransponeerde totale kosten en de netto baten per sector.

Rijen zijn leveranciers en kostensoorten, te weten:

Kostensoorten: Energie Besparing en (Lokale)Opwekking: kapitaallasten tegen de maatschappelijke 4% over 30 respectievelijk 15 jaar. Bij de kolommen voor de WarmteOpties staan hier de kosten van de investeringen tegen de maatschappelijke 4% over de gebruiksperiode.

Gas: Directe levering aan WUG (incl. t.b.v. micro-WKK), bijstook voor warmteopties en primaire input voor wijk-WKK, tarief voor commodity prijs incl. resource usage value + transport excl. EnergieHeffing en CO₂-opslag.

Elektriciteit: Directe levering aan WUG (incl. t.b.v. eWP), t.b.v. WKO en negatief de teruglevering in de kolom wijk-WKK: commodity prijs incl. resource usage value + transport, excl. energieheffing en CO₂-opslag.

Warmteopties: De leveringen aan WUG.
Overige Maatschappelijke Kosten: onderhoud %, zowel privaat als bij deWarmteoptie kolommen: kosten per verbruikseenheid bij Restwarmte en WKO.

CO₂-heffing: Wordt beschouwd als internationaal verhandelbaar goed en gerekend tot maatschappelijke kosten. Zolang gasverbruik niet onder een trading regime valt worden aan de gerelateerde CO₂-emissie geen maatschappelijke kosten toegekend.

Energieheffing: (EnergieBelasting, SDE-heffing).

BTW: (alleen voor (uitleg) wonen, BTW-investeringen worden o.b.v. maatschappelijke rentevoet geannualiseerd).

RisicoPremie: Het verschil tussen o.b.v. x%/jr privaat gerekende kapitaallasten en de o.b.v. 4%/jr berekende kapitaallasten in de kolommen voor de Eindgebruikers (op energiebesparing/ 30 jr en LokaleOpwekking/15 jr) en Warmteoptie investeringen de vanaf startjaar tot stopjaar belasten; Risicopremie op eventuele BTW-opslag op investering wordt hier ook meegenomen.

De eindgebruikerskosten zijn de kolomtotalen voor WUG.

De netto opbrengsten voor de producent van een warmteoptie zijn in dit tableau te vinden doordat het betreffende rijtotaal (= opbrengsten) is vermindert met het betreffende kolomtotaal (= kosten); dit is hier alleen voor de Warmteopties relevant aangezien dit de enige sectoren zijn die hier zowel vrager als aanbieder zijn.

De directe effecten op de publieke schatkist(en) is het rijtotalen voor Energieheffing, en eventueel BTW en eventueel CO₂-heffing minus het eventuele totaal van de kolom subsidies.

Uit de transactiematrix is af te leiden dat:

Maatschappelijke kosten (incl. commodity) + baten energieproducenten + netto overheidsbaten + RisicoPremie = eindgebruikerskosten.

G.3 Energiebalans



Dit is vooralsnog in Vesta bekend als EnergyFlow.

Eenheid: PJ per jaar

Kolommen = soorten afnemers (eindgebruikers en warmteoptie producenten)

Totaal: Energielevering door leverancier, totaal. Voor alle rijen is totale energielevering gelijk aan de som over de sectoren en warmteopties.

Input: Energiegebruik door leverancier. Alleen gedefinieerd voor de warmteopties en gelijk gesteld aan de cel (TOTAAL, warmte-optie).

Netto: Netto energielevering, totaal. De netto energielevering is gelijk aan het verschil tussen de totale energielevering en het totale energiegebruik. Deze is (meestal) negatief voor de warmteopties vanwege energieverlies van energieconversie en transport.

Overige kolommen: zie KostenBaten (CashFlow).

Rijen = soorten leveranciers

Energiebesparing

Niet gedefinieerd. Energiebesparing uit zich in verminderd aardgas, warmte en elektriciteitsverbruik.

Lokaleopwekking

1. Warmteproductie van zonneboiler en elektriciteitsproductie van zon-PV voor sectoren. Niet meegenomen zijn elektrischewarmtepomp en micro-WKK.
2. Warmtelevering van de puntbron voor restwarmte en geothermie.

Gas

Aardgasgebruik van sectoren, bijstook van restwarmte en geothermie en stoken van wijk-WKK.

Elektriciteit

Elektriciteitsverbruik van sectoren en van elektrische warmtepomp van WKO.

Warmteopties (Restwarmte, Geothermie, WKO en wijk-WKK)

Warmtelevering aan de sectoren. De cellen hebben geen betekenis voor de kolommen met warmteopties.

Overige kolommen: geen betekenis

Totaal

Totaal energiegebruik van de sector of warmte-optie. Gelijk aan de som over bovenstaande rijen. Let op: PJelektrisch en PJaardgas en PJwarmte worden bij elkaar opgeteld.



G.4 CO₂-balans

Dit is vooralsnog in Vesta bekend als CO₂Flow.

Eenheid: kton CO₂-emissie per jaar

Kolommen

- Totaal: CO₂-emissie, totaal. Voor alle rijen is totale energielevering gelijk aan de som over de sectoren en warmteopties.
- *Overige kolommen: zie KostenBaten (CashFlow).*

Rijen

Energiebesparing

Niet gedefinieerd. Energiebesparing uit zich in verminderd aardgas, warmte en elektriciteitsverbruik.

Lokaleopwekking

- Niet gedefinieerd voor sectoren.
- CO₂-emissie van puntbronnen voor restwarmte en geothermie.

Gas

CO₂-emissie van aardgasgebruik van sectoren, bijstook van restwarmte en geothermie en stoken van wijk-WKK.

Elektra

CO₂-emissie van elektriciteitsverbruik van sectoren en van elektrische warmtepomp van WKO.

Overige kolommen: geen betekenis

Totaal

Totaal CO₂-emissie van de sector of warmteoptie. Gelijk aan de som over bovenstaande rijen.

G.5 Outputtabellen

In Vesta 2.0 zijn nieuwe uitvoermogelijkheden gemodelleerd, inclusief mogelijkheden voor resultaat-partitionering. Deze partitionering kan een regio-indeling zijn, het woningtype, koop versus huurwoningen of combinaties hiervan. De partitionering wordt uitgevoerd op basis van een GeoDMS expressie die per modelrun kan worden opgegeven.

De volgende gegevens zijn in tabelvorm op te vragen (alleen aantallen) en in de GUI (aantallen en percentages).

Voor de gebouwmaatregelen bij woningen kan per regio en groep worden opgevraagd:

- Totaal aantal woningen;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met gebouwefficiency;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met installatie-efficiency;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met zonneboiler;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met elektrische warmtepomp;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met micro-WKK;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met zon-PV;



De groepen die hierbij kunnen worden gekozen zijn:

- Woningtype in combinatie met bouwjaar;
- Eigendom (koop/huur);
- Inkomen.

Voor de gebouwmaatregelen bij bedrijven kan per regio en groep worden opgevraagd:

- Totaal vloeroppervlak bedrijven;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met gebouweffici-ency;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met installatie-efficiency;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met zonneboiler;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met elektrische warmtepomp;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met micro-WKK;
- Indicator van de deelname aan zon-PV.

De groepen die hierbij kunnen worden gekozen zijn de deelsectoren van de utiliteit.

Voor de gebiedsmaatregelen bij woningen kan per regio en groep worden opgevraagd:

- Totaal aantal woningen;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met restwarmte;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met geothermie;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met WKO;
- Aantal (en percentage) woningen dat meedoet met wijk-WKK.

De groepen die hierbij kunnen worden gekozen zijn:

- Woningtype in combinatie met bouwjaar;
- Eigendom (koop/huur);
- Inkomen.

Voor de gebiedsmaatregelen bij bedrijven kan per regio en groep worden opgevraagd:

- Totaal vloeroppervlak bedrijven;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met restwarmte;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met geothermie;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met WKO;
- Vloeroppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met wijk-WKK.

De groepen die hierbij kunnen worden gekozen zijn de deelsectoren van de utiliteit.

Voor de gebiedsmaatregelen bij glastuinbouw kan per regio en groep worden opgevraagd:

- Totaal oppervlak bedrijven;
- Oppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met restwarmte;
- Oppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met geothermie;
- Oppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met WKO;
- Oppervlak (en percentage) bedrijven dat meedoet met wijk-WKK.

De groepen die hierbij kunnen worden gekozen zijn de deelsectoren van de glastuinbouw:

- Bloemen, belicht; Bloemen onbelicht; Bloemen, verwarmd; Bloemen, onv.;
- Groente, belicht; Groente, onbelicht; Groente, verwarmd; Groente, onv.;
- Overig, verwarmd; Overig, onverwarmd.

PS: Overig bestaat uit bomen en planten. Deze zijn altijd onbelicht.
Daarom zijn categorieën 'Overig, belicht' en 'Overig, onbelicht' vervallen.

G.6 Voorbeelden van uitvoertabellen

Onderstaand zijn een drietal voorbeelden van uitvoertabellen opgenomen:

1. Kosten en Baten (Cashflow).
2. Energiebalans (Energyflow).
3. CO₂-balans (CO₂-flow).

De uitvoer in de voorbeelden betreffen Nederland als geheel. In Vesta 2.0 is mogelijk gemaakt om deze uitvoer per rapportageregio te doen.

Figuur 13 Schermafdruck van Cashflowtabel uit Vesta

Revision: 1419

Run: /Runs/TrendPrijzen/Run4Combi/R2050/indicatoren/InputOutput/CashFlow

Date: 18-4-2011

Unit: M_Eur/Jr

| id | CostsFlow Label | Oj_Totaal | Kj_Totaal | Oj_Netto | Woning | UitlegWoning | Utiliteit | UitlegUtil | Glastuinbouw | UitlegGltb | RestWarmte | GeoThermie | WijkWKK | WKO | Subsidie |
|----------------------|------------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------------|-----------|------------|--------------|------------|------------|------------|---------|-----|----------|
| 0 | 'EnergieBesparing' | 6.944 | - | 6.944 | 3.941 | - | 3.003 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 'LokaleOpwerking' | 26.483 | - | 26.483 | 7.841 | 1.576 | 14.378 | 2.253 | - | - | 340 | 1 | - | 95 | - |
| 2 | 'Gas' | 8.273 | - | 8.273 | 4.193 | 397 | 2.860 | 302 | 372 | 134 | 16 | 0 | - | - | - |
| 3 | 'Elektra' | 2.364 | - | 2.364 | 1.467 | 257 | 154 | 60 | 517 | 182 | - | - | - | 35 | - |
| 4 | 'RestWarmte' | 715 | 601 | 114 | 434 | 16 | 237 | 27 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 'GeoThermie' | 1 | 1 | 0 | 0 | - | 0 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 'WKO' | 228 | 211 | 16 | 173 | 51 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 'WijkWKK' | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 'Onderhoud & Verbruik' | 113 | - | 113 | 48 | 14 | - | 0 | - | - | 172 | 0 | - | 4 | - |
| 9 | 'CO2 Heffing' | 518 | - | 518 | 345 | 60 | 36 | 14 | 93 | 33 | - | - | - | 8 | - |
| 10 | 'Energie heffing' | 5.416 | - | 5.416 | 4.274 | 608 | 107 | 91 | 202 | 71 | 10 | 0 | - | 52 | - |
| 11 | 'BTW' | 4.859 | - | 4.859 | 4.298 | 561 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 'RisicoPremie' | 9.193 | - | 9.193 | 2.083 | 226 | 6.111 | 693 | - | - | 63 | 0 | - | 18 | - |
| TOTAAL | | 65.107 | 813 | 64.293 | 29.002 | 3.737 | 26.507 | 3.445 | 1.183 | 420 | 601 | 1 | - | 211 | - |
| MaatschKstn | | 44.696 | | | | | | | | | | | | | |
| 'RestWarmte' | | 114 | | | | | | | | | | | | | |
| 'GeoThermie' | | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| 'WKO' | | 16 | | | | | | | | | | | | | |
| 'WijkWKK' | | - | | | | | | | | | | | | | |
| 'Energie heffing' | | 5.416 | | | | | | | | | | | | | |
| 'BTW' | | 4.859 | | | | | | | | | | | | | |
| 'RisicoPremie' | | 9.193 | | | | | | | | | | | | | |
| SUM (Rows - EP cols) | | 64.293 | | | | | | | | | | | | | |
| SUM Bebouwing | | 64.293 | | | | | | | | | | | | | |
| Verschil | | 0.057 | | | | | | | | | | | | | |



Figuur 14 Schermafdruck van Energyflowtabel uit Vesta

Revision: 1419
 Run: /Runs/TrendPrijzen/Run4Combi/R2050/indicatoren/InputOutput/EnergyFlow
 Date: 18-4-2011 KanBesparen=1
 Unit: PJ / Jr Aandeelwarmte=1

| id | EnergyFlow Label | Totaal | Input | Netto | Woning | UitlegWoning | Utiliteit | UitlegUtil | Glasiuinbouw | UitlegGITb | RestWarmte | GeoThermie | WijkWKK | WKO | Subsidie |
|--------|------------------------|--------|-------|-------|--------|--------------|-----------|------------|--------------|------------|------------|------------|---------|-----|----------|
| 0 | 'EnergieBesparing' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 'LokaleOpwerking' | 196 | - | 196 | 44 | 6 | 112 | 15 | - | - | 19 | 0 | - | - | - |
| 2 | 'Gas' | 311 | - | 311 | 160 | - | 78 | - | 52 | 19 | 2 | 0 | - | - | - |
| 3 | 'Elektra' | 111 | - | 111 | 74 | 13 | -8 | 3 | 20 | 7 | - | - | - | 2 | - |
| 4 | 'RestWarmte' | 19 | 22 | -2 | 12 | 0 | 6 | 1 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 'GeoThermie' | 0 | 0 | -0 | 0 | - | 0 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 'WKO' | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 | - | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 'WijkWKK' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 'Onderhoud & Verbruik' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 'CO2 Heffing' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 'Energie heffing' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | 'BTW' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 'RisicoPremie' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAAL | | 641 | 23 | 618 | 292 | 20 | 189 | 19 | 72 | 26 | 22 | 0 | - | 2 | - |

Figuur 15 Schermafdruck van CO2flowtabel uit Vesta

Revision: 1419
 Run: /Runs/TrendPrijzen/Run4Combi/R2050/indicatoren/InputOutput/CO2Flow
 Date: 18-4-2011 KanBesparen=1
 Unit: kton/jr Aandeelwarmte=1

| id | CO2Flow Label | Totaal | Woning | UitlegWoning | Utiliteit | UitlegUtil | Glasiuinbouw | UitlegGITb | RestWarmte | GeoThermie | WijkWKK | WKO | Subsidie |
|--------|------------------------|--------|--------|--------------|-----------|------------|--------------|------------|------------|------------|---------|-----|----------|
| 0 | 'EnergieBesparing' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | 'LokaleOpwerking' | 280 | - | - | - | - | - | - | 280 | - | - | - | - |
| 2 | 'Gas' | 17.473 | 8.991 | - | 4.368 | - | 2.932 | 1.054 | 127 | 0 | - | - | - |
| 3 | 'Elektra' | 17.251 | 11.512 | 2.014 | -1.209 | 474 | 3.096 | 1.092 | - | - | - | 272 | - |
| 4 | 'RestWarmte' | 407 | 244 | - | 133 | 22 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 'GeoThermie' | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 'WKO' | 272 | 206 | 56 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 'WijkWKK' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 'Onderhoud & Verbruik' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 'CO2 Heffing' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 'Energie heffing' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | 'BTW' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 'RisicoPremie' | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| TOTAAL | | 35.683 | 20.953 | 2.070 | 3.292 | 506 | 6.028 | 2.146 | 407 | 0 | - | 272 | - |



Bijlage H Energieprijzen



Tabel 15 Invoerbestand met defaultwaarden voor componenten van elektriciteitsprijzen van klein-, midden- en grootgebruik en glastuinbouw voor de periode 2010 t/m 2050

| | CO ₂ /kWh | Elektriciteit (euro/kWh) | | | | | | Elektriciteit (euro/kWh) | | | | | |
|------|----------------------|-----------------------------------|--------|-------------|-------------------------|-------------|------------------|---------------------------------|---------|-------------|-------------------------|-------------|------------------|
| | kg/kWh | Kleingebruik (<10.000 kWh/jr; LS) | | | | | | (Klein) Middelgrote verbruikers | | | | | |
| Jaar | | Commodity excl. CO ₂ | | Distributie | Transport en capaciteit | SDE-heffing | Energiebelasting | Commodity excl. CO ₂ | | Distributie | Transport en capaciteit | SDE-heffing | Energiebelasting |
| Jaar | RAT CO2 KWH | KG COM_EXCL_CO2 | KG CO2 | KG DIS | KG TRANS | KG SDE | KG BEL_EL | KMG COM_EXCL_CO2 | KMG CO2 | KMG DIS | KMG TRANS | KMG SDE | KMG BEL_EL |
| 2010 | 0,561 | 0,091 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,111 | 0,058 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,041 |
| 2020 | 0,561 | 0,096 | 0,016 | 0,000 | 0,000 | 0,028 | 0,111 | 0,075 | 0,016 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,041 |
| 2030 | 0,561 | 0,101 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,028 | 0,111 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,041 |
| 2040 | 0,561 | 0,101 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,028 | 0,111 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,041 |
| 2050 | 0,561 | 0,101 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,028 | 0,111 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,041 |

| | CO ₂ /kWh | Elektriciteit (euro/kWh) | | | | | | Elektriciteit (euro/kWh) | | | | | |
|----------|----------------------|---------------------------------|--------|-------------|-------------------------|-------------|------------------|---------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|-------------|------------------|
| | kg/kWh | Grootverbruik | | | | | | Glastuinders | | | | | |
| Jaar-tal | | Commodity excl. CO ₂ | | Distributie | Transport en capaciteit | SDE-heffing | Energiebelasting | Commodity excl. CO ₂ | | Distributie | Transport en capaciteit | SDE-heffing | Energiebelasting |
| Jaar | RAT_CO2_KWH | GG COM_EXCL_CO2 | GG CO2 | GG DIS | GG TRANS | GG SDE | GG BEL_EL | GLAST COM_EXCL_CO2 | GLAST CO2 | GLAST DIS | GLAST TRANS | GLAST SDE | GLAST BEL_EL |
| 2010 | 0,561 | 0,058 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,011 | 0,058 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,041 |
| 2020 | 0,561 | 0,075 | 0,016 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,011 | 0,075 | 0,016 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,041 |
| 2030 | 0,561 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,011 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,041 |
| 2040 | 0,561 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,011 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,041 |
| 2050 | 0,561 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,011 | 0,093 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,041 |

Tabel 16 Invoerbestand met defaultwaarden voor componenten van gasprijzen van klein-, midden- en grootgebruik en glastuinbouw voor de periode 2010 t/m 2050

| | CO ₂ /m ³ | Gas (euro/m ³) | | | | | | Gas (euro/m ³) | | | | | |
|----------|---------------------------------|----------------------------------------------|--------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------|---------------------------------|---------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------|
| | kg/m ³ | Kleingebruik (<5.000 m ³ /jr; LD) | | | | | | (Klein) Middelgrote verbruikers | | | | | |
| Jaar-tal | | Commodity excl. CO ₂ | | Distributie | Transport en capaciteit | SDE-heffing | Energie-belasting | Commodity excl. CO ₂ | | Distributie | Transport en capaciteit | SDE-heffing | Energie-belasting |
| Jaar | RAT_CO2_KWH | KG COM_EXCL_CO2 | KG CO2 | KG DIS | KG TRANS | KG SDE | KG BEL_EL | KMG COM_EXCL_CO2 | KMG CO2 | KMG DIS | KMG TRANS | KMG SDE | KMG BEL_EL |
| 2010 | 1,78 | 0,375 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,163 | 0,184 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,141 |
| 2020 | 1,78 | 0,425 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,053 | 0,163 | 0,280 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,141 |
| 2030 | 1,78 | 0,456 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,053 | 0,163 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,141 |
| 2040 | 1,78 | 0,456 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,053 | 0,163 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,141 |
| 2050 | 1,78 | 0,456 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,053 | 0,163 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,141 |

| | CO ₂ /m ³ | Gas (euro/m ³) | | | | | | Gas (euro/m ³) | | | | | |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|--------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------|---------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------|
| | kg/m ³ | Grootverbruik | | | | | | Glastuinders | | | | | |
| Jaar-tal | | Commodity excl. CO ₂ | | Distributie | Transport en capaciteit | SDE-heffing | Energie-belasting | Commodity excl. CO ₂ | | Distributie | Transport en capaciteit | SDE-heffing | Energie-belasting |
| Jaar | RAT_CO2_KWH | GG COM_EXCL_CO2 | GG CO2 | GG DIS | GG TRANS | GG SDE | GG BEL_EL | GLAST COM_EXCL_CO2 | GLAST CO2 | GLAST DIS | GLAST TRANS | GLAST SDE | GLAST BEL_EL |
| 2010 | 1,78 | 0,184 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,012 | 0,184 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,024 |
| 2020 | 1,78 | 0,280 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,012 | 0,280 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,024 |
| 2030 | 1,78 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,012 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,024 |
| 2040 | 1,78 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,012 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,024 |
| 2050 | 1,78 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,012 | 0,351 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,024 |

Tabel 17 Invoerbestand met defaultwaarden voor biomassaprijs en componenten voor de periode 2010 t/m 2050

| | Biomassa | Kolen | CO ₂ -heffing kolen |
|---------|--------------|----------------|--------------------------------|
| Jaartal | (euro/GJ) | (euro/GJ) | (euro/GJ) |
| Jaar | KGJ_BIOMASSA | KGJ_KOLEN_EXCL | KGJ_KOLEN_CO2 |
| 2010 | 7,65 | 2,20 | 1,46 |
| 2020 | 7,65 | 2,20 | 2,92 |
| 2030 | 7,65 | 2,20 | 4,37 |
| 2040 | 7,65 | 2,20 | 4,37 |
| 2050 | 7,65 | 2,20 | 4,37 |

Formules berekening warmtekostprijzen (i.e. variabele kostprijs per GJ)

In Vesta 1.0 werden de warmtekostprijzen per productietechniek ingelezen vanuit een invoerbestand. In Vesta 2.0 worden de warmtekostprijzen in het model zelf berekend op basis van de prijzen van gas, elektriciteit, biomassa, kolen en CO₂ zoals in deze Bijlage gegeven. De gebruikte formules en redentiewijzen staan in Tabel 18.

Tabel 18 Warmtekostprijsformules en bijbehorende redentatie per type warmtebron ('engros' is grootverbruik, energieprijzen zijn incl. CO₂-emissiekosten)

| Typebenaming | Warmtekostprijsformule en redentatietype |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| STEG | = (engrosgasprijs*0,2)/0,3 (aftapwarmte bij elektriciteitscentrale met bijstook) |
| Kolen | = (kolenprijs*0,2)/0,3 (aftapwarmte bij elektriciteitscentrale met bijstook) |
| Gasmotor | = (engrosgasprijs/0,8)/0,5 - engroselektraprijs (WKK met elektriciteit als bijproduct) |
| Gasturbine | = (engrosgasprijs*0,2)/0,3 (aftapwarmte bij elektriciteitscentrale met bijstook) |
| Conventioneel | = (engrosgasprijs*0,2)/0,3 (aftapwarmte bij elektriciteitscentrale met bijstook) |
| Industrie | Pure restwarmte, geen aftap. Alleen kosten voor de elektrische pompenergie. = 2,5 * (elektraprijs kleinmiddelgrote verbruikers) 2,5 kWh per verpompte GJ warmte |
| Raffinaderij | Pure restwarmte, geen aftap. Alleen kosten voor de elektrische pompenergie. = 2,5 * (elektraprijs kleinmiddelgrote verbruikers) 2,5 kWh per verpompte GJ warmte |
| KVSTEG (kolen-vergasser-STEG) | = (kolenprijs*0,2)/0,3 (aftapwarmte bij elektriciteitscentrale met bijstook) NB: KV-STEG met warmte-aftap geo komt in de praktijk in Nederland niet voor |
| AVI | = 0,18*engroselektraprijs (aftapwarmte met dervingsfactor elektriciteitsproductie) |
| BMC | = biomassaprijs/0,9 |
| Kern (kerncentrale) | N.v.t. NB: er zijn geen praktijkgegevens bekend voor restwarmtebenutting |
| Wijk-WKK | = (engrosgasprijs/0,8)/0,5 - engroselektraprijs (WKK met elektriciteit als bijproduct) |
| Bio-WKK | = (engrosgroengasprijs/0,8)/0,5 - engroselektraprijs |



| Typebenaming | Warmtekostprijsformule en redenatietype |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | (WKK met elektriciteit als bijproduct) |
| Geothermie | = 2,5 * (elektraprijs kleinmiddelgrote verbruikers) Alleen kosten voor de elektrische pompenergie, 2,5 kWh per verpompte GJ warmte |

Uitgeschreven redenatieschema's:

Indien elektriciteit een bijproduct is van een warmtevraaggestuurde WKK:

De grondslag is dat het apparaat gelijktijdig warmte en elektriciteit maakt, waarbij elektriciteit feitelijk het bijproduct is (het apparaat is ingeregeld op warmteproductie).

Het redenatieschema luidt als volgt:

1. Het overall conversierendement van de WKK is 80%. De prijs van energie-output per GJ is dus de prijs van de brandstof gedeeld door 80%. Dat levert de eerste term van de formule. Het is immers een prijsformule, met uitkomst in euro/GJ.
2. Vervolgens is gesteld dat (kosten van) de WKK-energieproductie voor 50/50 over warmte en elektriciteit worden verdeeld. Dat levert de factor 0,5 op.
3. En dan is tot slot gesteld dat de baten van de elektriciteitsverkoop afgetrokken worden van de kostprijs van de overall energieproductie, zodat de kostprijs van warmte overblijft. Het is mogelijk dat die negatief is, als de opbrengst van de elektriciteitsproductie hoog is.

Indien warmte wordt afgetapt van een elektriciteitscentrale met bijstookfactor:

De grondslag daarbij is dat er sprake is van een bijstookfactor. De aftap van warmte op hoge temperatuur zorgt er voor dat het totale energetisch rendement van de centrale omhooggaat, maar de elektriciteitsproductie zakt iets in. Omdat het apparaat primair elektriciteit produceert, wordt die elektriciteitsproductie weer op peil gebracht door wat meer brandstof te verstoken (bijstookfactor). Die extra brandstofkosten worden in rekening gebracht bij de geproduceerde warmte. Om het tot een hanteerbare formule te maken wordt gewerkt met vaste percentages voor bijstookfactor en voor extra productie warmte (in plaats van percentages die gerelateerd zijn aan het afgenomen warmtevermogen).

Het redenatieschema luidt als volgt:

1. De genoemde bijstookfactor is 20%.
2. Er wordt 30% extra energie aan de centrale onttrokken, in de vorm van warmte.

Oftewel (bij aftap van een gasgestookte centrale):

- Situatie 1 (zonder warmteproductie): 100 GJ gas in levert x GJ elektra.
- Situatie 2 (met warmteproductie): 100+y GJ gas in, levert x GJ elektra plus z GJ warmte

De kostprijs per GJ warmte is dan: $(y \cdot \text{gasprijs})/z$, in eenheid [euro/GJwarmte]

Met: $y=0,2$ (bijstookfactor van 20%, de extra energie-input in de vorm van gas om weer op gelijk elektriciteitsproductieniveau te komen). z is de hoeveelheid warmte die afgetapt wordt, en die is 30%.

Indien warmte wordt afgetapt van een AVI

De grondslag daarbij is dat de AVI op vol vermogen afval verbrandt, zodat er geen sprake kan zijn van een bijstookfactor. De aftap van warmte op hoge temperatuur zorgt er voor dat het totale energetisch rendement van de AVI omhooggaat, maar de elektriciteitsproductie zakt iets in. Die derving van inkomsten uit elektriciteitsproductie wordt in rekening gebracht voor de geproduceerde warmte. De dervingsfactor is default gesteld op 0,18. Dit betekent dat per geproduceerde GJ warmte er 0,18 GJ elektriciteit minder wordt geproduceerd dan zonder de aftap van warmte.

