

## Release notes Vesta MAIS 5.0

Het Vesta MAIS-model is constant in ontwikkeling, waarbij de ontwikkeling de afgelopen jaren is geïntensiveerd voor de uitvoering van de Startanalyse binnen de Leidraad Aardgasvrije wijken. In dit document wordt een overzicht gegeven van de aanpassingen die zijn gedaan tussen de vorige Vesta MAIS 4.0 modelversie (oktober 2019) en de nieuwe 5.0 modelversie (maart/mei 2021). Zowel Vesta MAIS 4.0 als 5.0 is in aangepaste vorm (genaamd de Leidraad-versie) gebruikt in de Startanalyse. De Leidraad-versie van Vesta MAIS 4.0 is gebruikt in de Startanalyse 2019 (oktober 2019) en de Leidraad-versie van Vesta MAIS 5.0 is gebruikt in de Startanalyse 2020 (september 2020). Een uitleg over het verschil tussen de normale 'default-versie' en de 'Leidraad-versie' van Vesta MAIS is te vinden op de Github Wiki van Vesta MAIS.

De meeste aanpassingen van Vesta MAIS 4.0 naar 5.0 zijn van invloed op zowel de default-versie als op de Leidraad-versie van het Vesta MAIS-model. Een voorbeeld hiervan is de update van input-bestanden. Tegelijkertijd zijn er ook aanpassingen die enkel en alleen van invloed zijn op de Leidraad-versie van het model. Dit zijn aanpassingen die specifiek van toepassing zijn voor het gebruik van het model in de Startanalyse. Wanneer dit het geval is dan staat dit aangegeven in de titel van de desbetreffende paragraaf of het desbetreffende subparagraaf met '(SA)'. Deze release notes zijn bedoeld om duiding te geven van de verschillen in de release van de Vesta MAIS 5.0 ten opzichte van Vesta MAIS 4.0.

De aanpassingen in het Vesta MAIS-model zijn op te delen in een aantal blokken. In de beschrijving worden de volgende blokken gehanteerd:

- Hoofdstuk 1: Aanpassingen/toevoegingen aan het model
- Hoofdstuk 2: Update van input-bestanden
- Hoofdstuk 3: Update van kentallen

## Inhoudsopgave

1.	Aanpassingen/toevoegingen aan het model .....	3
1.1	Conversietechnieken.....	3
1.2	Schilmaatregelen woningen.....	3
1.3	Waterstof .....	4
1.4	Lengte en kosten van het warmtenet.....	4
1.5	Kleinere aanpassingen .....	6
2.	Update input-bestanden.....	8
2.1	Energielabels.....	8
2.2	Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) .....	8
2.3	CBS-buurtgrenzen & kerncijfers (SA) .....	9
2.4	Gas-, elektriciteits- en warmteleidingen.....	10
2.5	Energiekosten (SA) .....	11
2.6	Warmtebronnen .....	11
3.	Aanpassing kentallen .....	13
3.1	Energiebesparing .....	13
3.2	Warmtetarieven.....	13
3.3	Netbeheerkosten gas en elektriciteit en belastingvermindering .....	14
3.4	Leercurve geothermie.....	14
3.5	COP van geothermie .....	15
3.6	Vermogensvraag en gelijktijdigheid.....	16
3.7	Warmtepompen woningen.....	16
3.8	Warmtepompen utiliteit.....	20
4.	Invoer aanpassingen Vesta MAIS 5.0 default- t.o.v. Leidraad-versie .....	24
4.1	Energiedata gebouwen .....	24
4.2	Kleinere aanpassingen .....	24
	Bijlagen.....	26
A)	Bijlages bij input-bestanden.....	26
1.	Aantal woningen binnen het Vesta MAIS- model o.b.v. de BAG .....	26
2.	Oppervlakte van utiliteitsgebouwen binnen het Vesta MAIS-model o.b.v. de BAG .....	26

## 1. Aanpassingen/toevoegingen aan het model

### 1.1 Conversietechnieken

De manier waarop het Vesta MAIS-model gebouwmaatregelen doorrekent is aangepast in de nieuwe versie van het model. Hieronder wordt kort toegelicht wat deze verandering inhoudt.

In Vesta MAIS 4.0 kan je in *ProjDir\Runs\DefaultSettings\Toekomst.dms* instellen welke gebouwmaatregelen het model in overweging neemt om de technische-economische potentie te bepalen. Deze gebouwmaatregelen betreffen investeringen in schillabelsprongen en gebouwgebonden installaties – zoals elektrische warmtepompen (eWP's). Hiervoor gebruikt het model o.a. *ProjDir\model\RuimtelijkeData\Bebouwing.dms* om de berekeningen op te halen voor schillabelsprongen en *ProjDir\model\Kengetallen\BCKengetallen.dms* voor de bijbehorende kentallen van schillabelsprongen en eWP's. In het Vesta MAIS-model 4.0 zijn kentallen opgenomen voor drie varianten van eWP's: de luchtwarmtepomp, de bodemwarmtepomp en de hybride warmtepomp. Het is mogelijk om met de variabelen *LuchtBodemSchuif* en *hWP* in *ProjDir\Runs\DefaultSettings\Toekomst.dms* in te stellen in welke mate de geïnstalleerde volledige eWP's lucht of bodemwarmtepompen zijn en in welke mate er hWP's aanwezig zijn in de gebouwde omgeving. Dit zijn harde input waarden. Voor de eWP's worden de investeringskosten van de luchtwarmtepomp en bodemwarmtepomp gemiddeld op basis van *LuchtBodemSchuif*. Voor de installatie van hWP's geldt dat het model niet de technisch-economische potentie van de hWP in overweging neemt om te bepalen of dit ook werkelijk de meest rendabele optie is.

In Vesta MAIS 5.0 worden gebouwmaatregelen op een andere manier doorgerekend. Vesta MAIS 5.0 rekent de combinatie van verschillende installaties (zoals groengasketels, waterstofketels en eWP's) en schillabel sprongen integraal door met behulp van 'arrangementen'. Nu kan je in *ProjDir\Runs\DefaultSettings\Rekenstap.dms* instellen welke arrangementen van gebouwmaatregelen het model in overweging neemt om de technische-economische potentie ervan te bepalen. De eigenschappen van de arrangementen kan je aanpassen in *ProjDir\installaties\GebouwOptie.csv*, *ProjDir\installaties\Installatie.csv* en *ProjDir\installaties\Performance.csv*. De arrangementen presenteren vele verschillende combinaties van schillabelsprongen en gebouwgebonden installaties, in tegenstelling tot een beperkter pakket in Vesta MAIS 4.0. Daardoor is het nu bijvoorbeeld mogelijk om in Vesta MAIS 5.0 een afweging te maken tussen de technisch-economische potentie van verschillende eWP's waar dat in Vesta MAIS 4.0 nog niet mogelijk was. Ook is het mogelijk om zelf installaties, schillabelsprongen en arrangementen toe te voegen zonder dat dit uitgebreide modelaanpassingen vergt.

### 1.2 Schilmaatregelen woningen

Het Vesta MAIS-model berekent de technisch-economische potentie van sprongen in schillabels. Hiermee kan het model berekenen hoeveel energie een woning bespaart wanneer het isoleert, en welke kosten daarbij gepaard gaan. De systematiek die het model gebruikt om schilmaatregelen door te rekenen is veranderd.

Vesta MAIS 4.0 definieerde vier verschillende labelsprongen, van huidig label naar: Label A+, Label A, Label B of Tussenlabel. Een Tussenlabel omvat een sprong met twee labels omhoog van label E, F of G naar label C, D respectievelijk E. In Vesta MAIS 5.0 worden er geen Tussenlabels meer gebruikt; elke tussenliggende labelsprong naar label A/B/C/D kan in het model doorgerekend worden.

Welke labelsprongen in overweging genomen worden werd gedefinieerd in *ProjDir\Runs\DefaultSettings\Toekomst.dms* in Vesta MAIS 4.0 middels doellabels. In Vesta MAIS 5.0 is dit ondergebracht in arrangementen in *ProjDir\installaties\GebouwOptie.csv*. In de kolom DoelLabel kan je instellen welke sprong van het startlabel naar het doellabel wordt meegenomen in een arrangement. Vervolgens worden de arrangementen met de onderliggende doellabels met het model doorgerekend.

Sommige woningen hebben geen afgemeld energielabel, en dus geen schillabel in het Vesta MAIS-model. Vesta MAIS 4.0 schatte op basis van de kenmerken van een woning (bouwjaar en woningtype) welk schillabel deze woning zou kunnen hebben. Met dit geschatte schillabel berekende het model vervolgens de kosten en baten van labelsprongen. In Vesta MAIS 5.0 worden er geen labels meer geschat. Uitgangspunt is het gemiddelde CBS energieverbruik van alle woningen zonder energielabel met deze woningcombinatie (bouwjaar en woningtype). Vervolgens worden de twee startlabels bepaald die een lager respectievelijk hoger energieverbruik hebben. De kosten van de energiebesparing van de woning zonder label worden nu gerelateerd aan de kosten van de labelsprongen van deze twee startlabels. De kosten van de sprong naar het doellabel worden bepaald door te interpoleren tussen de kosten van de labelsprongen van de startlabels waarbinnen het energieverbruik ligt. Zie Achtergronddocument.

De schilsprongen van utiliteit zijn onveranderd. Het startlabel van alle utiliteitsgebouwen zijn gebaseerd op bedrijfstype en bouwperiode. Er is geen rekening gehouden met afgemelde energielabels omdat nog te weinig utiliteitsgebouwen een gecertificeerd energielabel hebben.

### 1.3 Waterstof

Waterstof is een nieuwe gebiedsoptie in Vesta MAIS 5.0. Het kan gebruikt worden in een (hybride) waterstof warmtepomp en een waterstof HR-ketel. Deze nieuwe gebiedsopties kunnen net als andere gebiedsopties aan of uit worden gezet in *ProjDir\Runs\DefaultSettings\Rekenstap.dms* in Vesta MAIS 5.0 (voorheen in Vesta MAIS 4.0 wat dit nog *ProjDir\Runs\DefaultSettings\Toekomst.dms*). De infrastructurele kosten van waterstof (zoals bijv. de kosten om het gasnetwerk aan te passen) zijn vermeld in *ProjDir\model\Kengetallen\H2kentallen.dms*. Het model rekent met een maximale volume waterstof wat toebedeeld kan worden aan de gebouwde omgeving. Dit volume wordt gedefinieerd in *ProjDir\Runs\SharedInvoer.dms*.

Naast een gebiedsmaatregel component heeft een waterstof aansluiting ook een gebouwmaatregel component. De gebouwmaatregelen die horen bij een waterstof aansluiting zijn onder gebracht in arrangementen in *ProjDir\installaties\GebouwOptie.csv*. De eigenschappen van de arrangementen zijn ondergebracht in *ProjDir\installaties\Installatie.csv* (bijv. kosten van de waterstof installaties) en *ProjDir\installaties\Performance.csv* (bijv. de SPF van de installaties).

### 1.4 Lengte en kosten van het warmtenet

Een belangrijke component binnen Vesta is de modellering van warmtenetten. Sinds Vesta MAIS 4.0 wordt onderscheid gemaakt tussen twee typen warmtenetten, namelijk HT/MT-warmtenetten en LT-warmtenetten. Het grootste verschil tussen deze twee typen warmtenetten zit in de schaal waarop de warmtenetten worden uitgelegd. HT/MT-warmtenetten worden uitgelegd op grote schaal en waarvan de modellering gebeurt op CBS-buurniveau. LT-warmtenetten worden uitgelegd op kleinere schaal, vaak voor enkele (tientallen) gebouwen. De modellering op CBS-buurniveau

(zoals bij HT/MT) is hiervoor een te grote schaal en daarom wordt voor LT gebruik gemaakt van de clustermethode.

Binnen het Vesta MAIS-model worden op dit moment dus twee methodes naast elkaar gebruikt voor de verschillende typen warmtenetten. Dit maakt het noodzakelijk om de methodes op elkaar af te stemmen waar mogelijk. Hierbij zijn er twee zaken naar voren gekomen waarin verschillen zaten tussen beide methoden, die nu in Vesta MAIS 5.0 beter op elkaar zijn afgestemd. Het gaat hierbij om de inbandige kosten voor gebouwen en de bepaling van de lengte van de warmtenetten. Deze verschillen worden hieronder kort toegelicht.

### **Inbandige kosten**

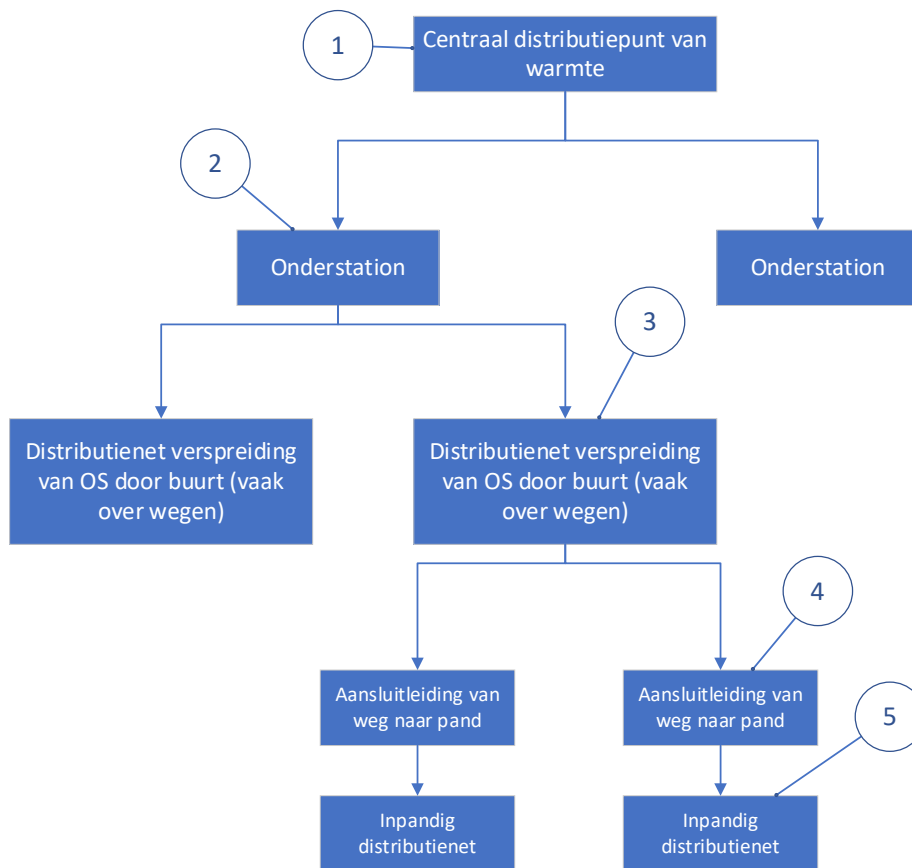
Een warmtenet bestaat uit een groot aantal componenten die nodig zijn om de warmte te transporteren van de opwekker naar de gebruiker. Eén van deze componenten is de inbandige distributie, de kosten die nodig zijn om het warmtenet binnen het pand te verbinden tussen het punt waar het warmtenet het pand binnen komt en de warmte-aansluiting van een woning. De investeringen in deze leidingen vallen binnen Vesta MAIS onder de term inbandige kosten. In Vesta MAIS 4.0 werden de inbandige kosten voor HT/MT-warmtenetten en voor LT-warmtenetten met verschillende methodes berekent. In Vesta MAIS 5.0 is dit gelijkgetrokken en dit heeft als effect dat de investeringskosten voor grondgebonden woningen en appartementen licht veranderen voor LT-warmtenetten. Voor utiliteit geldt dat in Vesta MAIS 5.0 de kosten voor een LT-warmtenet licht stijgen omdat er voorheen geen warmtemeters werden gerekend waar dat nu wel het geval is (conform dezelfde methode die geldt voor de HT/MT-warmtenetten).

### **Lengte van warmtenetten**

Naast de update van de inbandige kosten is ook een vergelijking gemaakt tussen het HT/MT-warmtenet en het LT-warmtenet voor de andere kostencomponenten. De verschillende methodes voor het vaststellen van de leidinglengte gaven verschillen tussen beide typen warmtenet. In Vesta MAIS 5.0 zijn deze methodes meer in lijn met elkaar gebracht. In Vesta MAIS 5.0 wordt daarom nu gebruik gemaakt van een omwegfactor om de leidinglengtes van LT-warmtenetten te bepalen. Ook wordt er gekeken naar het aantal onderstations bij de vaststelling van de leidinglengte. Vesta MAIS 4.0 hield geen rekening met deze componenten bij de bepaling van de leidinglengtes van LT-netten.

Vervolgens beschrijft de clustermethode ook niet het complete distributienet wat wel het geval was bij MT/HT warmtenetten. De clusteringsmethodiek in Vesta MAIS 4.0 hield alleen rekening met de investeringen die nodig zijn om de onderstations te verbinden met het centrale distributiepunt van warmte (Stap 1 en 2, in het figuur hieronder). Echter, vervolgens moet de warmte nog worden verdeeld binnen de wijk om de warmte te verdelen binnen de buurt (Stap 3). In Vesta MAIS 5.0 wordt deze post nu wel meegenomen bij de clusteringmethode wat invloed heeft bij de bepaling van de lengte van warmtenetten – impact is een vermeerdering van de leidinglengte voor geclusterde LT-netten van gemiddeld 6 meter per woning.

Figuur: Overzicht componenten van LT-warmtenet modellering



### 1.5 Kleinere aanpassingen

#### Leidingnet E+G

In de rekenregels bij de bepaling van de kosten van het elektriciteits- en gasnet zijn er twee aanpassingen gedaan:

- De vervanging van grondroeringsgevoelige leidingen nemen we niet meer mee in de kosten van gas- en elektriciteitsnetten. De reden hiervoor is dat dit kosten zijn die de netbeheerder al zou moeten maken, onafhankelijk van de vervangingen als gevolg van de warmtetransitie. De extra kosten voor het vervangen van deze grondroeringsgevoelige netten koppelen we daarom vanaf nu los van de warmtetransitie.
- Er wordt onderscheid gemaakt naar de investeringen aan het elektriciteitsnet die moeten worden gedaan bij verschillende typen warmtepompen. De verzwaring van het elektriciteitsnet als gevolg van hybride warmtepompen is nu bijvoorbeeld kleiner dan bij (volledige) elektrische warmtepompen.

De update van kentallen en data bijbehorend aan het gas- en elektriciteitsnet worden besproken in het onderdeel 'Update van input-bestanden'.

#### Aanpassing van referentieprijzen (SA)

De Leidraad-versie van Vesta MAIS, toegepast in de Startanalyse, gebruikt een referentieberekening om de 'nationale meerkosten' van een strategievariant door te rekenen. De nationale meerkosten betreffen het kostenverschil tussen de keuze voor een strategievariant en de referentiekosten wanneer men niet de buurt zou verduurzamen. Dit kostenverschil is in feite het verschil tussen de absolute kosten van een strategievariant en de absolute kosten van de referentie situatie waarbij

‘niets wordt ondernomen in de buurt’. In de Leidraad-versie van Vesta MAIS 4.0 (gebruikt in de Startanalyse 2019) werd een referentiejaar 2018 gehanteerd. Dit betekent dat in de Startanalyse 2019 is berekend hoeveel de kosten van een strategievariant in 2030 hoger was ten opzichte van de referentiesituatie in 2018. Echter, bij de berekening van de referentie 2018 werden de groothandelsprijzen voor aardgas en elektriciteit van 2010 gehanteerd. Dit was een fout in de Leidraad-versie van Vesta MAIS 4.0. Deze fout is hersteld in de Leidraad-versie van Vesta MAIS 5.0 (gebruik in de Startanalyse 2020). Dit betekent dat de juiste energieprijzen bij het corresponderende referentiejaar worden ingelezen. De Leidraad-versie van Vesta MAIS 5.0 hanteert daarnaast ook een ander referentiejaar, namelijk 2030, voor de bepaling van de ‘nationale meerkosten’. In de Startanalyse 2020 wordt dus een vergelijking gemaakt tussen de kosten van een strategievariant in 2030 ten opzichte van de referentie situatie 2030 waarbij ‘niets wordt ondernomen in de buurt’.

## 2. Update input-bestanden

### 2.1 Energielabels

Vesta MAIS maakt gebruik van de geregistreerde energielabels bij RVO om de huidige staat van de gebouwde omgeving vast te stellen. Vesta MAIS 4.0 gebruikt een energielabel input-bestand, met geregistreerde energielabels t/m 1 januari 2019. Vesta MAIS 5.0 maakt gebruik van een geüpdatet energielabel input-bestand, met geregistreerde energielabels t/m 1 januari 2020. In totaal is het aantal geregistreerde labels bij RVO met +/- 150.000 toegenomen tussen 1 januari 2019 en 1 januari 2020, zoals te zien in tabel 1. Hierbij gaat het om het totale aantal energielabels van zowel woningen als utiliteit. Op dit moment wordt de energielabeldata binnen het Vesta MAIS-model alleen meegenomen voor de woningbouw. Voor de woningen wordt een inschatting van het energieverbruik gemaakt o.b.v. woningtype, bouwperiode, energielabel en oppervlakte van de woning. Voor woningen zonder geregistreerd energielabel (afgemeld) in het RVO bestand wordt het energieverbruik geschat o.b.v. woningtype, bouwperiode en oppervlakte van de woning.

Voor utiliteit wordt nog geen rekening gehouden met de energielabels, hier wordt altijd uitgegaan van de inschatting op basis van utiliteitstype en bouwperiode. Gecombineerd voor woningen en utiliteit gaat het totaal aantal labels met ongeveer 150.000 omhoog. Daarbij is er nog een verschuiving te zien binnen de energielabels zelf. De labels tussen A++++ en B laten bijna allemaal een stijging zien en de labels tussen C en G bijna allemaal een daling. In het algemeen is er dus een beweging naar hogere labels binnen het energielabelbestand.

Tabel 1: Overzicht afgemelde energielabels bij RVO voor 1 januari 2019 en 1 januari 2020, inclusief verschil

	Energielabels 1-1-2019	Energielabels 1-1-2020	Absoluut verschil
A++++	80	137	57
A+++	201	270	69
A++	2.291	2.305	14
A+	6.408	5.956	-452
A	669.967	900.832	230.865
B	603.397	650.247	46.850
C	1.120.422	1.091.494	-28.928
D	651.518	584.755	-66.763
E	362.730	336.787	-25.943
F	213.163	200.282	-12.881
G	162.120	170.132	8.012
Totaal	3.792.297	3.943.197	150.900

Locatie van inputbestand: SourceData\vraag\wonen\20200101\_inputlabels\_rvo.csv

### 2.2 Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)

Om een beeld te krijgen van het totaal aantal gebouwen (incl. locatie) in Nederland wordt in het Vesta MAIS-model gebruik gemaakt van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG). De BAG is een dataset van het Kadaster met alle officiële, zodanig toegekende, adressen op Nederlands



grondgebied. Vesta MAIS 4.0 maakt gebruik van de BAG van 1 januari 2019, Vesta MAIS 5.0 van 1 januari 2020.

In bijlage A.1 worden drie overzichten gepresenteerd van het aantal woningen in Nederland, namelijk de registraties op 1 januari 2019 en 1 januari 2020 en het verschil tussen deze twee data. Hieruit komt naar voren dat het totaal aantal woningen in Nederland is gestegen met ongeveer 70 duizend woningen. Niet onverwacht zit deze stijging voornamelijk in de bouwperiode tussen 2006 en 2020, maar ook in eerdere bouwperiodes is er een lichte stijging. Dit zijn voornamelijk verbeterlagen in de data, waarbij de gemeentes (kleine) correcties doorvoeren. Verder is er een groei te zien in alle woningtypes waarbij de sterkste stijging zit in de tussen- woningen en appartementengebouwen met minder dan 4 verdiepingen.

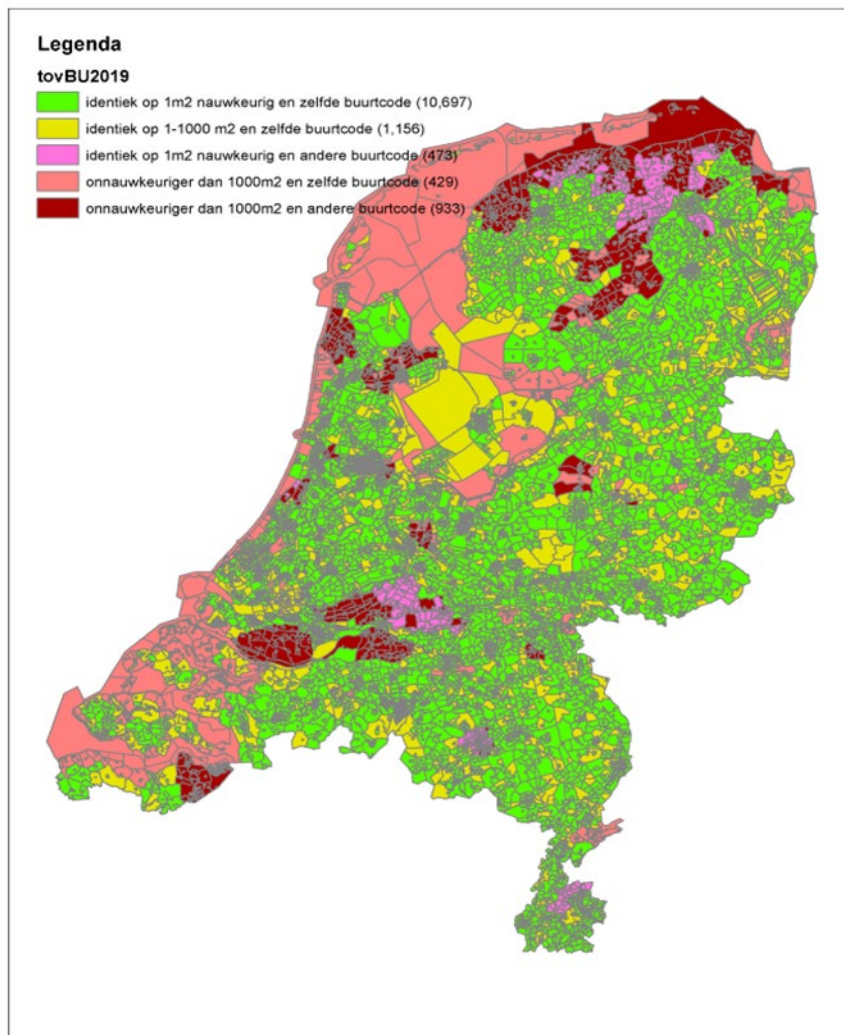
In bijlage A.2 worden dezelfde drie overzichten gepresenteerd alleen dan niet voor het aantal woningen maar de oppervlakte van utiliteitsgebouwen. Hieruit komt naar voren dat de totale oppervlakte van utiliteitsgebouwen is toegenomen met 3,4 miljoen m<sup>2</sup>, waarbij veruit de grootste groei zit in het gebruikstype industrie. Hierbij geldt wel: als er een combinatiefunctie is met industrie wordt de functie van de VBO toch industrie, tenzij het een combinatie is met typen cel of onderwijs (dan worden deze toegewezen). De energievraag van industrie wordt niet gemodelleerd binnen Vesta MAIS, maar wordt alleen weergegeven op de kaart. Wanneer gekeken wordt naar de verschillen zonder industrie dan stijgt het totale oppervlak met ongeveer 150 duizend m<sup>2</sup>. Deze stijging is het saldo van stijgingen en dalingen. Voornamelijk de oppervlakte van kantoren is sterk gedaald in de registraties, daarnaast is er ook een lichte daling in het winkeloppervlak. Voor de overige gebruikstypes is er een stijging in het oppervlakte te zien.

*Locatie van inputbestand: SourceData\BAG\20200101*

### 2.3 CBS-buurtgrenzen & kerncijfers (SA)

In Vesta MAIS 4.0 wordt gebruik gemaakt van de CBS-gemeenten- en buurtindeling 2018. Vesta MAIS 5.0 maakt gebruik van de laatste CBS-gemeenten- en buurtindeling 2019. De buurtindeling 2019 zorgt ervoor dat enkele buurtcodes zijn aangepast ten opzichte van de indeling in 2018. Een verandering in de codering van een buurt zorgt niet voor een verandering in de resultaten die het model berekent. Echter, de nieuwe CBS-indeling heeft ook invloed op de omvang van buurten. Zo zijn sommige buurten gesplitst naar twee kleine buurten, of zijn buurten samengevoegd naar één grote buurt. Indien je op buurniveau rekent met Vesta MAIS (de Leidraad-versie, zoals gebruik in de Startanalyse) zal je een verschil in resultaten zien tussen Vesta MAIS 4.0 en 5.0. De omvang van de buurt hangt samen met het aantal WEQ's in een buurt, wat impact heeft op de kosten van een strategievariant. Figuur 1 presenteert welke buurten in omvang zijn verandert. Deze buurten zullen dus een verschil in resultaten laten zien tussen Vesta MAIS 5.0 en 4.0. Samenhangend met de CBS-indeling is ook de CBS kerncijfers wijken en buurten geüpdatet. In deze update is de nieuwe CBS-indeling verwerkt alsmede de laatste stand van zaken binnen een buurt en wijk.

Figuur 1: Overzicht verschil tussen CSB-buurtindeling 2018 ten opzichte van 2019



Locatie van inputbestanden:

- SourceData\hulpbestanden\buurt\20190826\_CBS\_buurt\_2019.shp
- SourceData\CBS\20200129\_kwb-2019.csv

## 2.4 Gas-, elektriciteits- en warmteleidingen

Vervolgens is er ook een verschil in de omvang van de infrastructuur in Vesta MAIS 5.0 in vergelijking met 4.0. Het model leest de huidige staat (bijv. lengte van het net, capaciteiten) in van het elektriciteitsnet en het gasnet. Aan de hand van de huidige staat van de infrastructuur, en de benodigde staat van infrastructuur voor de zichtjaren (bijvoorbeeld voor het verzwaren van het elektriciteitsnet voor elektrische warmtepompen), berekent het model de kosten door van de benodigde aanpassingen. Vesta MAIS 5.0 maakt gebruik van de (nieuwe) CBS-buurtindeling 2019, wat invloed heeft op de infrastructuur die aanwezig is binnen de buurtgrenzen. Daarmee is de informatie uit Vesta 4.0 over elektriciteits- en gasinfrastructuur aangepast naar de nieuwe buurtgrenzen. Daarnaast leest het Vesta MAIS-model ook in wat de buislengtes moeten zijn per buurt voor een warmtenet. Deze informatie gebruikt het model om de kosten te berekenen van

technieken die gebruik maken van een warmtenet. Hierbij gaat de Vesta MAIS 5.0 ook uit van de CBS-buurtindeling 2019. De leidinglengtes voor een warmtenet zijn opnieuw bepaald op basis van de laatste inzichten van netbeheerders.

*Locatie van inputbestanden:*

- *SourceData\infra\2020123\_E\_G\_infra.csv*
- *SourceData\infra\20200220\_buislengte.csv*

## 2.5 Energiekosten (SA)

In Vesta MAIS 5.0 is ook een update doorgevoerd in de energiekosten. Vesta MAIS 4.0 maakt gebruik van de energieprijzen die voortkomen uit de Klimaat en Energieverkenning 2019 (KEV) om de kosten voor energie te berekenen. Vesta MAIS 5.0 maakt in de basis gebruik van dezelfde energieprijzen. Er zijn echter een aantal verschillen. Vesta MAIS 4.0 gebruikt groothandelsprijzen van energie uit de KEV om de energiekosten te bepalen. Deze prijzen waren niet volledig. In Vesta MAIS 5.0 worden de leveringskosten voor energie gebruikt om de kosten voor energie in kaart te brengen. Dat omvat groothandelsprijzen plus overheadkosten van energielevering. Daarnaast is er een correctie uitgevoerd op de energiekosten voor groengas op basis van nieuwe inzichten. De energiekosten voor groengas zijn in Vesta MAIS 5.0 iets lager dan in Vesta MAIS 4.0

Naast de besproken veranderingen in de energiekosten hierboven zijn er ook veranderingen doorgevoerd die specifiek gelden voor de Startanalyse. Dit komt omdat de twee Leidraad-versies van Vesta MAIS rekenen met verschillende energieprijzenbestanden. De Startanalyse 2019 maakte net als Vesta MAIS 4.0 gebruik van de energieprijzen die voortkomen uit de KEV om de kosten voor energie te berekenen. De Startanalyse 2020 neemt de veranderingen die zijn doorgevoerd in Vesta MAIS 5.0 over. Daarnaast wordt in de Startanalyse 2020 een additionele verandering doorgevoerd. In de SA-2020 maken warmtebronnen gebruik van klimaatneutrale energiedragers (elektriciteit, biomassa, waterstof). In de hulpketels van strategie S2 wordt groengas ingezet. De collectieve warmtepompen van strategie S3 gebruiken klimaatneutrale elektriciteit. In de SA-201 Startanalyse 2019 waren de meeste energiedragers die in de warmtenetten werden ingezet nog niet (helemaal) klimaatneutraal. Dat houdt in dat de kosten voor energie in de Startanalyse 2020 hoger zijn, omdat er wordt uitgegaan dat de opwek van energie klimaat neutraal wordt aangeboden (verhoging van het aandeel duurzame energie opwek).

*Locatie van inputbestanden:*

- *ProjDir\data\20200812\_energieprijzen\_KEV2019\_Aardgas*
- *ProjDir\data\20200812\_energieprijzen\_KEV2019\_Elek*
- *ProjDir\data\20200812\_energieprijzen\_KEV2019\_GroenGas*
- *ProjDir\data\20200812\_energieprijzen\_KEV2019\_GroenElek*

## 2.6 Warmtebronnen

De warmtebronnenbestanden zijn geüpdatet in Vesta MAIS 5.0. Deze update heeft betrekking tot HT/MT-puntbronnen, LT-puntbronnen en de TEO potentiekaart. Vesta MAIS 4.0 maakt gebruik van de data uit de Warmteatlas van RVO om warmtebronnen te modelleren. In de Warmteatlas is data opgenomen over de locatie en de (theoretische) thermische potentie van midden-temperatuurbronnen en lage-temperatuurbronnen. De data wordt vervolgens in het model gebruikt om de technische-economische potentie van deze bronnen door te rekenen.

Vesta MAIS 5.0 gebruikt als basis hetzelfde warmtebronnen bestand als Vesta MAIS 4.0. Echter, voorafgaand aan de uitgave van de Startanalyse 2020 heeft ECW een uitvraag gedaan bij gemeenten en provincies om de data van de midden-temperatuurbronnen en lage-temperatuurbronnen uit de Warmteatlas te verrijken. Vervolgens zijn de reacties op deze uitvraag verwerkt door ECW & PBL. Met deze informatie heeft ECW & PBL de bronnenlijst die gebruikt wordt in Vesta MAIS 5.0 kunnen verrijken (een verrijking bovenop de Vesta MAIS 4.0 bronnenlijst). Hierdoor is de data van warmtebronnen die gebruikt is in Vesta MAIS 5.0 anders dan de data van warmtebronnen in Vesta MAIS 4.0. De voornaamste verschillen zijn dat in de Vesta MAIS 5.0 nieuwe bronnen zijn toegevoegd, omdat deze nog niet eerder waren geïdentificeerd als potentiële bron, alsook specifieke locaties die zijn aangepast. Ook zijn vele thermische potenties van warmtebronnen in Vesta MAIS 5.0 nauwkeuriger ingevoerd, als gevolg van meer onderzoek naar de warmtelevering van bepaalde warmtebronnen.

*Locatie van inputbestanden:*

- *SourceData\aanbod\puntbronnen\20200311\_Puntbronnen\_MT*
- *SourceData\aanbod\puntbronnen\20200311\_Puntbronnen\_LT*
- *SourceData\aanbod\WKO\20200211\_TEO\_potentiecontour.shp*

### 3. Aanpassing kentallen

#### 3.1 Energiebesparing

De kentallen omtrent energiebesparing zijn geüpdatet in Vesta MAIS 5.0. Dit omvat de kosten van isolatiemaatregelen en de bijbehorende reductie van energieverbruik bij deze maatregelen. Vesta MAIS maakt gebruik van kentallen uit de Variatietool van TNO om te berekenen wat de kosten zijn voor gebouwen om een sprong te maken in schillabel middels isolatiemaatregelen. Deze Variatietool werd gevoed met input data van het WoON 2012 onderzoek van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) voor Vesta MAIS 5.0. Dit WoON onderzoek is hernieuwd in 2018. In Vesta MAIS 5.0 wordt deze tool gevoed met input data van het hernieuwde WoON 2018 onderzoek van BZK (zie hiervoor het Achtergrondrapport Startanalyse aardgasvrije buurten 2020).

Om de reductie van het energieverbruik door isolatiemaatregelen te modelleren maakt het model gebruik van CBS verbruiksdata. Deze CBS verbruiksdata wordt gekoppeld aan de schillabels van panden om te bepalen welk verbruik bij welk schillabel hoort. Op deze manier kan worden afgeleid hoe isolatiemaatregelen leiden tot een reductie in het energieverbruik.

Bij de bepaling van de kosten voor isolatiemaatregelen en reductie van het energieverbruik maakt het model onderscheid in:

- Bebouwingstypen; bijvoorbeeld een vrijstaande-woning of een appartement
- Bouwjaarklassen; bijvoorbeeld 1975 – 1991

Een ander verschil is dat Vesta MAIS 5.0 onderscheidt maakt in meer bouwjaarklassen van gebouwen om de kosten en de reductie van energieverbruik te bepalen; 11 ten opzichte van 6 bouwjaarklassen in de Vesta MAIS 4.0 (voor de rapportage in de gemeentetabellen is wel een beperkter aantal klassen weergegeven). Verschillende bouwjaarklassen worden gebruikt om kosten en de reductie in energieverbruik van isolatiemaatregelen te koppelen aan specifieke kenmerken van gebouwen

De verschillen tussen Vesta MAIS 5.0 en 4.0 uiten zich verschillend. Omdat het om vele verschillende kentallen gaat is er in de release notes geen overzicht opgenomen. Echter, de kentallen voor de kosten van energiebesparing en de bijbehorende reductie van het energieverbruik zijn te vinden in de bestanden hieronder.

*Locatie van kentallen:*

- ProjDir\data\20200827\_Woningen\_BAG.csv
- ProjDir\data\20200615\_Woningen\_Nieuwbouw\_BAG.csv
- ProjDir\data\20200615\_Utiliteiten\_BAG.csv
- ProjDir\data\20200615\_Utiliteiten\_Nieuwbouw\_BAG

#### 3.2 Warmtetarieven

In Vesta MAIS 5.0 zijn de kentallen met betrekking tot warmtetarieven aangepast. De kentallen in vergelijking tot Vesta MAIS 4.0 worden gepresenteerd in het overzicht hieronder. De update van deze kentallen zijn gebaseerd op de laatste inzichten van het ACM warmtebesluit 2020. Zowel in Vesta MAIS 5.0 als in 4.0 worden deze kentallen ingelezen in *Basis.dms*. Wat opvalt is dat Vesta MAIS 5.0 nu ook tarieven heeft voor de 'vastrecht warmtelevering LT', 'vastrecht koudelevering' en een

meettarief. Deze tarievenposten zijn echter optioneel te integreren door de gebruikers, ze worden nog niet gebruikt.

Tabel 2: Overzicht warmtetarieven

	Vesta 4.0 euro2018/ aansluiting/ jaar	Vesta 5.0 euro2018/ aansluiting/ jaar
Vastrecht warmtelevering MT	267,47	373,9
Vastrecht warmtelevering LT	-	208,0
Vastrecht koudelevering	-	188,7
Meettarief	-	21,2
Aansluitbijdrage	805,8	3594,9

Locatie van kentallen: ProjDir\Runs\DefaultSettings\Basis.dms

### 3.3 Netbeheerkosten gas en elektriciteit en belastingvermindering

In Vesta MAIS 5.0 zijn de kentallen van de netbeheerkosten gas en elektriciteit en de belastingvermindering aangepast. De kentallen voor de netbeheerskosten zijn in vergelijking tot Vesta MAIS 4.0 gepresenteerd in het overzicht hieronder. De update van deze kentallen zijn gebaseerd op de laatste inzichten van netbeheerders. Zowel in Vesta MAIS 5.0 als in 4.0 worden deze kentallen ingelezen in *Infra.dms*. Tot slot is ook de heffingskorting geüpdatet in Vesta MAIS 5.0 naar aanleiding van een verandering in de regeling. In Vesta MAIS 5.0 omvat dit 420,14 euro per aansluiting, in Vesta MAIS 4.0 was dit 284 euro per aansluiting. De heffingskorting wordt ingesteld in *Basis.dms*.

Tabel 3: Overzicht netbeheerkosten gas en elektriciteit en belastingvermindering

	Vesta 4.0 mln. euro2018/ jaar	Vesta 5.0 mln. euro2018/ jaar
Transmissienet beheerkosten gas	650	168,87
Distributienet beheerskosten gas	400	281,45
Transmissienet beheerkosten elektriciteit	1150	378,98
Distributienet beheerskosten elektriciteit	2850	947,45

Locaties van kentallen:

- ProjDir\Runs\DefaultSettings\Basis.dms
- ProjDir\model\Kengetallen\Infra.dms

### 3.4 Leercurve geothermie

In Vesta MAIS 4.0 werd gerekend met een generieke leercurve voor alle gebiedsmaatregelen binnen het model. In de optimistische inschatting van deze leercurve werd uitgegaan van een daling van de

investeringskosten in 2030 met 21%, daarentegen werd in de pessimistische inschatting ervan uitgegaan dat de investeringskosten op hetzelfde niveau zouden blijven als nu. Gemiddeld geeft dit een daling van 10,5%. In Vesta MAIS 5.0 is het mogelijk om onderscheid te maken in de leercurves voor verschillende gebiedsmaatregelen.

Voor de meeste gebiedsmaatregelen wordt nog gebruik gemaakt van bovenstaande leercurve omdat geen nieuw inzicht is verkregen voor de individuele gebiedsmaatregelen. Voor geothermie is er wel een specifieke leercurve opgenomen. Deze is vastgesteld in samenwerking met Energiebeheer Nederland (EBN) en geldt alleen voor de investeringskosten van de geothermieboring, put en installatie. Binnen het model is deze leercurve te vinden binnen de *leercurves.dms* onder de naam "Geothermie". Het overzicht hieronder presenteert het verschil tussen de algemene leercurve (zoals die gehanteerd werd in Vesta MAIS 4.0) en de specifieke geothermie leercurve (gehanteerd in Vesta MAIS 5.0).

*Tabel 4: Leercurves algemeen en geothermie inclusief relatief verschil. De waarden van de leercurves geven per zichtjaar de resterende investeringskosten aan ten opzichte van de oorspronkelijke kosten in 2018/2020.*

	Algemene leercurve	Leercurve geothermie	Relatief verschil (t.o.v. algemene leercurve )
2018	100	100	0%
2020	100	100	0%
2030	79	74	-6%
2040	69	65	-6%
2050	59	55	-6%

De inschatting voor 2030 wordt gehanteerd voor de Startanalyse. Maar voor het Vesta MAIS-model moet in het algemeen ook een inschatting worden gemaakt van de leercurve in 2040 en 2050. De inschatting voor deze twee zichtjaren wordt nu nog gebaseerd door dezelfde relatieve ontwikkeling aan te nemen ten opzichte van de algemene leercurve binnen het Vesta MAIS-model.

*Locatie van kentallen:*

- *ProjDir\model\Kengetallen\Leercurves.dms*
- *ProjDir\model\Kengetallen.dms*

### 3.5 COP van geothermie

Door een update van de data binnen de SDE++, wordt ook de COP van geothermie geüpdatet binnen het Vesta MAIS-model 5.0. De COP stond in de Vesta MAIS 4.0 op 20, gebaseerd op de eindadvies basisbedragen voor de SDE+ 2019. Deze COP wordt in Vesta MAIS 5.0 aangepast naar 23.04 (zie overzicht hieronder voor berekening), waarbij de nieuwe COP is gebaseerd op de eindadvies basisbedragen 2020 van de SDE++. De berekening wordt weergegeven in tabel 5.

Tabel 5: Berekening COP geothermie o.b.v. informatie SDE++ 2020 voor categorie 'diepe geothermie (basislast), < 20 MW'

Regelnr.	Omschrijving	Eenheid	Berekening (regelnummers)	Eindadvies SDE++ 2020
1	Thermisch outputvermogen	MW		12
2	Vollasturen warmteafzet	uur/jaar		6000
3	Elektriciteitsverbruik	MWh/jaar		3125
4	Investeringskosten	euro/KW output		1360
5	Vaste operationele kosten	euro/kW output/jaar		91
6	Variabele operationele kosten	euro/kWh output/jaar		0.0019
7	Thermische output	MWhth	1×2	72000
8	ratio MWhth/MWHe	COP	7÷3	23.04

Locatie van kentallen: ProjDir\model\Warmtebronnen.dms

### 3.6 Vermogensvraag en gelijktijdigheid

De kentallen voor de vermogensvraag en de bijbehorende gelijktijdigheidsfactor voor ruimteverwarming en tapwater is geüpdatet in Vesta MAIS 5.0. Vesta MAIS 4.0 hield tevens nog geen rekening met vermogensverliezen bij warmtenetten. Vesta MAIS 5.0 houdt hier wel rekening mee en compenseert de functionele vermogensvraag van gebouwen aan een warmtenet met de bijbehorende vermogensverliezen. Daarnaast is in Vesta MAIS 5.0 een fout gecorrigeerd in de gehanteerde gelijktijdigheidsfactoren, die incorrect werden ingelezen in Vesta MAIS 4.0.

De vermogensvraag en gelijktijdigheid voor ruimteverwarming en tapwater wordt in het model gespecificeerd aan de hand van verschillen attributen. Gaat het om een;

1. Woning of utiliteit
2. Indien een woningen, dan wordt verder gespecificeerd in: laagbouw of hoogbouw
3. Midden-temperatuur of lage-temperatuur warmtetechnieken

Dit uit zich in een verschil in (vele) kentallen van de vermogensvraag tussen Vesta MAIS 5.0 en 4.0. Deze kentallen zijn daarom niet opgenomen in een overzicht in de Release notes. Ze zijn natuurlijk wel terug te vinden in het model zelf, zie hiervoor de bestanden.

Locatie van kentallen: ProjDir\model\Kengetallen\Vermogens.dms

### 3.7 Warmtepompen woningen

Door nieuwe inzichten zijn er een aantal aanpassingen doorgevoerd in Vesta MAIS 5.0 in de kentallen die worden gehanteerd voor de berekening van warmtepompen. De aanpassingen verschillen voor woningen en utiliteit en voor de verschillende typen warmtepompen die een rol spelen binnen het Vesta MAIS-model. Dit onderdeel behandelt de warmtepompen voor woningen.

#### Lucht-water warmtepomp

##### SPF Ruimteverwarming

Voor de lucht-water warmtepompen is er relatief weinig veranderd. Er zijn alleen een aantal (kleine) aanpassingen in de Seasonal Performance Factors (SPF's) voor ruimteverwarming van deze warmtepompen bij verschillende labelniveaus in Vesta MAIS 5.0. Net als in Vesta MAIS 4.0 wordt het



minimum rendement ingeschat op basis van praktijkwaarden van metingen in Duitsland. Voor de maximumwaarden wordt uitgegaan van de waarden die zijn aangeleverd naar aanleiding van de validatiesessies van het Vesta MAIS-model in april 2019. Binnen een doorrekening van het Vesta MAIS-model wordt in principe uitgegaan van het gemiddelde rendement, maar het is mogelijk om in een doorrekening alleen uit te gaan van de minimum of maximumwaarden.

Voor schillabel C is er een verhoging van zowel het minimum als het maximum rendement, dit omdat de waarden in de vorige versie foutief waren overgenomen uit de documentatie. Daarnaast is de SPF voor andere labels nu ook opgenomen in het model, mocht de gebruiker een warmtepomp willen doorrekenen met andere schillabels. Als laatste is er een lichte aanpassing in de minimumwaarde voor schillabel A. Deze aanpassing komt doordat eerder is uitgegaan van de 'Lucht/water warmtepomp, vloerverwarming en wandverwarming' binnen de praktijkdata. Dit is nu aangepast naar een gemiddelde van 'Lucht/water warmtepomp, vloerverwarming', 'Lucht/water warmtepomp, vloerverwarming en radiatoren' en 'Lucht/water warmtepomp, vloerverwarming en wandverwarming' (zitten dicht bij elkaar qua SPF en allemaal omstreeks de temperatuur bij label A van 35 graden). Hieronder wordt een overzicht gepresenteerd met de verschillen tussen de SPF's voor lucht-water warmtepompen tussen Vesta MAIS 5.0 en 4.0.

Tabel 6: Overzicht SPF's voor ruimteverwarming van lucht-water warmtepompen bij woningen

			Vesta 4.0	Vesta 5.0
Schillabel A	Minimum	Rendement	3.28	3.39
	Maximum	Rendement	5.93	5.93
	Gemiddeld	Rendement	4.6	4.7
Schillabel B	Minimum	Rendement	3.12	3.12
	Maximum	Rendement	4.49	4.49
	Gemiddeld	Rendement	3.8	3.8
Schillabel C	Minimum	Rendement	2.2	3.12
	Maximum	Rendement	2.2	4.49
	Gemiddeld	Rendement	2.2	3.8
Overige labels	Minimum	Rendement	n.v.t.	3.12
	Maximum	Rendement	n.v.t.	4.49
	Gemiddeld	Rendement	n.v.t.	3.8

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Performance.csv

#### Bodem-water warmtepomp

##### Investeringsbedragen

De bron van informatie voor de investeringsbedragen van bodem-water warmtepompen is ongewijzigd. Er is alleen één wijziging doorgevoerd in de investeringsbedragen voor bodem-water warmtepompen binnen het Vesta MAIS 5.0 model. Dit betreft een correctie van het minimumbedrag voor de investeringen per KW. Deze was niet correct overgenomen vanuit de documentatie. Een bedrag van 573 euro/KW werd als minimum aangenomen, terwijl in de documentatie stond dat dit 753 euro/KW moest zijn. Dit is nu gecorrigeerd zodat het overeenkomt met de documentatie.

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Installatie.csv

### SPF Ruimteverwarming

Voor de bodem-water warmtepomp worden ook de SPF's voor ruimteverwarming in Vesta MAIS 5.0 aangepast op basis van dezelfde onderbouwing als voor de lucht-water warmtepomp. Hierbij is ook de correctie voor schillabel C toegepast, zodat de waarden voor de SPF's overeenkomen met de documentatie. Daarnaast is er ook hier een lichte aanpassing in de minimumwaarde voor schillabel A. Eerder is uitgegaan van de 'Water/water warmtepomp, vloerverwarming en wandverwarming' binnen de praktijkdata. Dit is nu aangepast naar een gemiddelde van 'Water/water warmtepomp, vloerverwarming', 'Water/water warmtepomp, vloerverwarming en radiatoren' en 'Water/water warmtepomp, vloerverwarming en wandverwarming' (zitten dicht bij elkaar qua SPF en allemaal omstreeks de temperatuur bij label A van 35 graden). Dit geeft een lichte stijging in het gemiddelde SPF voor label A. Hieronder wordt een overzicht gepresenteerd met de verschillen tussen de SPF's voor lucht-water warmtepompen tussen Vesta MAIS 5.0 en 4.0.

Tabel 7: Overzicht SPF's voor ruimteverwarming van bodem-water warmtepompen bij woningen

			Vesta 4.0	Vesta 5.0
Schillabel A	Minimum	Rendement	4.53	5.63
	Maximum	Rendement	6.35	5.63
	Gemiddeld	Rendement	5.4	5.63
Schillabel B	Minimum	Rendement	3.45	4.07
	Maximum	Rendement	4.68	4.07
	Gemiddeld	Rendement	4.1	4.07
Schillabel C	Minimum	Rendement	2.2	3.61
	Maximum	Rendement	2.2	3.61
	Gemiddeld	Rendement	2.2	3.61

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Performance.csv

### SPF Warm water

Naast de SPF voor ruimteverwarming, is ook de SPF voor warm water in Vesta MAIS 5.0 aangepast bij de bodem-water warmtepomp. De reden hiervoor is dat er binnen het model eerder nog geen onderscheid werd gemaakt in de SPF voor warm water tussen de twee typen warmtepomp binnen het Vesta MAIS-model. In deze modelversie is dat aangepast en nu is het mogelijk om twee aparte SPF's op te geven voor de warm watervoorziening van warmtepompen. De SPF voor een bodem-water warmtepomp is nu 2,5 en is hiermee hoger dan de SPF (2,2) van een lucht-water warmtepomp.

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Performance.csv

### Boosterwarmtepomp

In Vesta MAIS 5.0 zijn er voor woningen geen aanpassingen in de investeringen van de complete water-water warmtepomp, maar er zijn wel aanpassingen voor de booster warmtepomp. In de vorige modelversie werd ervan uitgegaan dat een WP-boiler aanvullend nodig was voor de warm water voorziening, maar dit is door voortschrijdend inzicht aangepast naar de booster warmtepomp. Dit heeft als gevolg dat de investeringskosten voor de warmtepomp voor alleen warm watervoorziening wordt aangepast van gemiddeld 3910 euro (bandbreedte: 2892 – 4928) naar 2393 euro (bandbreedte: 2226 – 2561). Daarnaast wordt de SPF aangepast van 2.75 naar 4.4.

Locatie van kentallen: ProjDir\model\Kengetallen.dms

### Hybride warmtepomp

#### Investeringsbedragen

Ten eerste zijn de investeringsbedragen van de hybride warmtepomp aangepast voor woningen. Vesta MAIS 4.0 had enkel een vaste component in de investeringskosten, namelijk 3819,44 euro per pand (min = 2808,41 en max = 4830,47). Het Vesta MAIS 5.0 heeft zowel een vaste component als een variabele component voor de investeringskosten. De vaste kosten omvatten 2315 euro en de variabele zo'n 250 euro/kW.

Locatie van kentallen: ProjDir\model\Kengetallen.dms

#### Aandeel elektriciteit en SPF

Voor de hybride warmtepomp zijn er ook aanpassingen gemaakt in het aandeel elektriciteit en de SPF van de warmtepomp. Het aandeel elektriciteit geeft hierbij het aandeel van de ruimteverwarmingvraag die geleverd kan worden door de warmtepomp binnen de hybride installatie. In Vesta MAIS 4.0 werd uitgegaan van een relatief kleine spreiding in de aandelen elektriciteit en relatief hoge spreiding in de SPF's. Nieuw inzicht heeft opgeleverd dat het zowel het aandeel elektriciteit als de SPF ongeveer gelijk blijft: Vesta 5.0 rekent daarom met dezelfde SPF voor ieder label. Zoals weergegeven in het overzicht hieronder wordt de SPF naar beneden bijgesteld van gemiddeld 4.4 naar gemiddeld 3.2 (voor alle schillabels). Daarentegen gaat het aandeel elektriciteit omhoog van gemiddeld 50% naar 78% (voor alle schillabels).

Tabel 8: Overzicht SPF's en aandelen elektriciteit voor de hybride warmtepomp

			SPF		% elektriciteit	
			Vesta 4.0	Vesta 5.0	Vesta 4.0	Vesta 5.0
Schillabel A	Minimum	Rendement	3.6	3.2	52%	78%
	Maximum	Rendement	5.2	3.2	58%	78%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.2	55%	78%
Schillabel B	Minimum	Rendement	3.6	3.2	49%	78%
	Maximum	Rendement	5.2	3.2	56%	78%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.2	53%	78%
Schillabel C	Minimum	Rendement	3.6	3.2	47%	78%
	Maximum	Rendement	5.2	3.2	49%	78%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.2	48%	78%
Schillabel D	Minimum	Rendement	3.6	3.2	47%	78%
	Maximum	Rendement	5.2	3.2	49%	78%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.2	48%	78%
Schillabel E	Minimum	Rendement	3.6	3.2	47%	78%
	Maximum	Rendement	5.2	3.2	49%	78%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.2	48%	78%
Schillabel F	Minimum	Rendement	3.6	3.2	47%	78%
	Maximum	Rendement	5.2	3.2	49%	78%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.2	48%	78%
Schillabel F	Minimum	Rendement	3.6	3.2	47%	78%
	Maximum	Rendement	5.2	3.2	49%	78%

Gemiddeld	Rendement	4.4	3.2	48%	78%
-----------	-----------	-----	-----	-----	-----

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Performance.csv

### 3.8 Warmtepompen utiliteit

Door nieuwe inzichten zijn er een aantal aanpassingen doorgevoerd in Vesta MAIS 5.0 in de kentallen die worden gehanteerd voor de berekening van warmtepompen. De aanpassingen verschillen voor woningen en utiliteit en voor de verschillende typen warmtepompen die een rol spelen binnen het Vesta MAIS-model. Dit onderdeel behandelt de warmtepompen voor utiliteit.

#### Lucht-water warmtepomp

##### Investeringsbedragen

Op basis van onderzoek van het ECW zijn er nieuwe inschattingen van de investeringskosten voor warmtepompen binnen de utiliteit gemaakt. Uit de nieuwe inzichten komt naar voren dat de investeringskosten voor lucht-water warmtepompen veranderen van 4300 euro + 1100 euro/KW naar 5025 euro + 740 KW euro/KW. Waarbij de spreiding van de nieuwe curve loopt van 3769 – 6281 euro voor het vaste component (5025) en van 555 – 925 euro/KW voor het variabele component (740). De hele kleine aansluitingen zullen iets duurder zijn met de nieuwe inschatting, maar vanaf ongeveer 3 KW worden de investeringskosten lager met de nieuwe curve.

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Installatie.csv

##### SPF Ruimteverwarming

Net als voor de lucht-water warmtepomp bij woningen is er ook een aanpassing in de SPF's van de lucht-water warmtepomp binnen de utiliteit. De reden voor de aanpassing is dat eerder is uitgegaan van de 'Lucht/water warmtepomp, energielabel C'. Dit is nu aangepast naar 'Lucht/water warmtepomp, radiatoren', zodat dit overeenkomt met het gemiddelde van schillabel B bij woningen. De aanname dat de SPF bij utiliteit overeenkomt met schillabel B bij woningen is in lijn met de aannames die worden gedaan in het Functioneel Ontwerp voor conversietechnieken. De verschillen in de SPF's worden weergegeven in het overzicht hieronder.

Tabel 9: SPF's van lucht-water warmtepompen voor utiliteit

			Vesta 4.0	Vesta 5.0
Schillabel A	Minimum	Rendement	3.17	3.39
	Maximum	Rendement	3.66	3.39
	Gemiddeld	Rendement	3.42	3.39
Schillabel B	Minimum	Rendement	3.17	3.39
	Maximum	Rendement	3.66	3.66
	Gemiddeld	Rendement	3.42	3.39
Overige labels	Minimum	Rendement	3.17	3.39
	Maximum	Rendement	3.66	3.39
	Gemiddeld	Rendement	3.42	3.39

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Performance.csv

### Investeringsbedragen

De update van de investeringskosten voor utiliteit heeft ook effect op de investeringsbedragen voor de bodem-water warmtepompen. In de notitie wordt het onderscheid gemaakt in de investeringskosten voor kleine ( $\leq 100$  KW) en grote ( $> 100$  KW) utiliteit en dit is ook opgenomen in de modellering van het Vesta MAIS-model. Met deze opdeling is het mogelijk om een beeld te geven van de investeringskosten die dichter bij de realiteit komt. Des te groter de warmtepomp, des te kleiner het effect van een additionele KW op de totale investeringskosten. Dit komt nu een stuk duidelijker terug in de investeringskosten voor de bodem-water warmtepompen.

Naast de bovenstaande update van de investeringskosten is er ook gekeken naar een additionele kostenpost bij bodem-water warmtepompen, namelijk het risico dat de boorlocatie toch complexer blijkt dan gedacht. Dit is voornamelijk het geval in binnenstedelijk gebied, waarbij de kosten kunnen oplopen tot 15000 euro. In de inschatting van de investeringskosten worden deze risico's meegenomen in de bandbreedte van de investeringskosten, zodat deze investeringen wel terugkomen in de analyses.

De resulterende totale investeringskosten voor bodem-water warmtepompen variëren van gemiddeld 7009 euro (bandbreedte: 5257 – 8761) + 1560 euro/KW (min = 1170, max = 1950) voor kleine utiliteit en gemiddeld 205142 euro (min = 153857, max = 256428) + 390 euro/KW (min = 293, max = 488) voor grote utiliteit. Gemiddeld gezien een verhoging in de kosten ten opzichte van de eerdere inschatting van 8500 euro + 420 euro/KW, voornamelijk voor de kleinere utiliteit.

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Installatie.csv

### SPF Ruimteverwarming

Net als voor de bodem-water warmtepomp bij woningen is er ook een lichte aanpassing in de SPF's van de bodem-water warmtepomp binnen de utiliteit. De reden voor de aanpassing is dat eerder is uitgegaan van de 'Water/water warmtepomp, energielabel C'. Dit is nu aangepast naar 'Water/water warmtepomp, radiatoren', zodat dit overeenkomt met het gemiddelde van schillabel B bij woningen. Dit is in lijn met de aannames die worden gedaan voor de lucht-warmtepomp bij de utiliteit.

Tabel 10: Vergelijking SPF's voor bodem-warmtepompen bij de utiliteit

			Vesta 4.0	Vesta 5.0
Schillabel A	Minimum	Rendement	3.24	3.61
	Maximum	Rendement	3.76	3.61
	Gemiddeld	Rendement	3.5	3.61
Schillabel B	Minimum	Rendement	3.24	3.61
	Maximum	Rendement	3.76	3.61
	Gemiddeld	Rendement	3.5	3.61
Overige labels	Minimum	Rendement	3.24	3.61
	Maximum	Rendement	3.76	3.61
	Gemiddeld	Rendement	3.50	3.61

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Performance.csv

## **SPF Warm water**

Net als bij de woningen is de SPF voor warm water aangepast van 2,2 naar 2,5. Ook hier is het nu mogelijk om onderscheid te maken tussen de SPF van lucht-water warmtepompen en de SPF van bodem-water warmtepompen.

*Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Performance.csv*

*Water-water warmtepomp voor een LT-net met 30 graden aanvoertemperatuur*

### **Investeringsbedragen**

In de vorige versie van het model was er een aparte inschatting van de investeringskosten voor de complete water-water warmtepomp binnen de utiliteit, van 700 euro/KW. Met de update van de investeringskosten voor warmtepompen binnen de utiliteit is het ook mogelijk een nieuwe inschatting te maken van deze investeringskosten. De basis hiervoor zijn de investeringskosten voor een bodem-water warmtepomp, waarbij de investeringen van de boring buiten beschouwing worden gelaten. Er wordt dus alleen gekeken naar de investeringskosten voor de water-water warmtepomp, waarbij de dimensionering van de warmtepomp 50% van het vermogen is van het benodigde vermogen voor de invulling van ruimteverwarming. Deze 50% is vastgesteld in eerdere documentatie over de LT-netten.

*Locatie van kentallen:*

- ProjDir\model\stam\CalculationSchemes\AanbodOpties\WKOUtilData.dms
- ProjDir\model\stam\CalculationSchemes\AanbodOpties\Ltdata.dms

### **Boosterwarmtepomp**

Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen een boosterwarmtepomp voor woningen en utiliteit, daarom werken de aanpassingen van investeringen die zijn vermeld bij de boosterwarmtepomp voor woningen ook door voor de utiliteit. Het effect is hiermee dat ook de investeringskosten voor boosterwarmtepompen binnen utiliteitsgebouwen omlaag gaan.

*Hybride warmtepomp*

### **Investeringsbedragen**

Ten eerste zijn de investeringsbedragen van de hybride warmtepomp aangepast. Vesta MAIS 4.0 had enkel een variabele component in de investeringskosten, namelijk 848,76 euro per kW (min = 624,09 en max = 1073,44). Vesta MAIS 5.0 heeft zowel een vaste component als een variabele component voor de investeringskosten. De vaste kosten omvatten 5025,16 euro (min = 3768,75 en max = 6281,58) en de variabele zo'n 740 euro/kW (min = 555 en max = 925).

*Locatie van kentallen: ProjDir\model\Kengetallen.dms*

### **Aandeel elektriciteit en SPF Ruimteverwarming**

Het aandeel elektriciteit geeft hierbij het aandeel van de ruimteverwarmingsvraag die geleverd kan worden door de warmtepomp binnen de hybride installatie. In Vesta MAIS 4.0 werd uitgegaan van een relatief kleine spreiding in de aandelen elektriciteit en relatief hoge spreiding in de SPF's. Nieuw inzicht heeft opgeleverd dat het zowel het aandeel elektriciteit als de SPF ongeveer gelijk blijft. Zoals weergegeven in het overzicht hieronder wordt de SPF naar beneden bijgesteld van gemiddeld 4.4 (voor alle schillabels) naar gemiddeld 3.42 (voor alle schillabels). Daarentegen gaat het aandeel elektriciteit voornamelijk omhoog van gemiddeld 52% naar 60% (voor alle schillabels).

Tabel 11: Overzicht SPF's en aandelen elektriciteit voor de hybride warmtepomp

			SPF		% elektriciteit	
			Vesta 4.0	Vesta 5.0	Vesta 4.0	Vesta 5.0
Schillabel A	Minimum	Rendement	3.6	3.42	52%	60%
	Maximum	Rendement	5.2	3.42	58%	60%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.42	55%	60%
Schillabel B	Minimum	Rendement	3.6	3.42	49%	60%
	Maximum	Rendement	5.2	3.42	56%	60%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.42	53%	60%
Schillabel C	Minimum	Rendement	3.6	3.42	47%	60%
	Maximum	Rendement	5.2	3.42	49%	60%
	Gemiddeld	Rendement	4.4	3.42	48%	60%

Locatie van kentallen: ProjDir\installaties\Performance.csv

#### 4. Invoer aanpassingen Vesta MAIS 5.0 default- t.o.v. Leidraad-versie

De Leidraad-versie is eerder released dan de default-versie van Vesta MAIS 5.0. In de default-versie van Vesta MAIS 5.0 zijn nog enkele kleinere correcties en wijzigingen meegenomen ten opzichte van de Leidraad-versie van Vesta MAIS 5.0 (zoals gebruikt in de Startanalyse 2020). Dit hoofdstuk gaan in op de verschillen in tussen de default-versie ten opzichte van de Leidraad-versie.

##### 4.1 Energiedata gebouwen

Voor woningen is een correctie ingevoerd voor de investeringskosten voor isolatie naar schillabel A bij 2-onder-1-kap woningen met een bouwjaarklasse na 2006. Daarnaast zijn de kentallen omtrent de warm tapwatervraag gecorrigeerd. Door een kopieerfout werd warm tapwater incorrect toebedeeld als gevolg van de uitbreiding van het aantal bouwjaarklassen. Deze correcties zijn opgenomen in het energiebebouwingsdatabestand van de default-versie van Vesta MAIS 5.0, maar waren nog niet meegenomen in de Leidraad-versie van Vesta MAIS 5.0

Tot slot is er een correctie doorgevoerd in de kentallen voor de utiliteit. Voor utiliteit zijn de kentallen omtrent de functionele warmtevraag aangepast in de Leidraad-versie van Vesta MAIS 5.0. Deze aanpassing is teruggezet naar de originele waarden (conform Vesta MAIS 4.0) in de default-versie van Vesta MAIS 5.0. Het herstellen van de originele waarden leidt ertoe dat oudere gebouwen een hogere functionele warmtevraag hebben in de default-versie van Vesta MAIS 5.0 ten opzichte van de Leidraad-versie van Vesta MAIS 5.0.

##### 4.2 Kleinere aanpassingen

Vervolgens zijn er nog enkele kleinere aanpassingen doorgevoerd in de default-versie van Vesta MAIS 5.0. Deze kleinere aanpassingen worden hieronder kort behandeld en beschrijven de verandering in de default-versie ten opzichte van de Leidraad-versie van Vesta MAIS 5.0. Zo zijn er de volgende kleine aanpassingen doorgevoerd met betrekking tot kengetallen, invoerdata en rekenmethodiek van het model:

- **Graaddagenkaarten** worden nu gecorrigeerd voor opwarming die al heeft plaatsgevonden tussen 2010-2018.
- Het bestand met **netbeheerdata** over gas en elektriciteit infrastructuur is completer geworden. Zo is er data toegevoegd over het verzorgingsgebied van Rendo.
- **Flowtabellen** zijn herzien en geüpdatet. Er is een **bug opgelost** in de **flowtabellen**. De bug veroorzaakte dat de eenheden op rij twee van de flowtabellen is sommige gevallen incorrect waren. De flowtabellen zijn nu weer volledig uitvoerbaar. Er is documentatie over de flowtabellen opgenomen in het Functioneel Ontwerp 5.0.
- Er is een **bug opgelost** waarbij de eenheid van de **capfactor** en **volfactor** van MT- en LT-warmtebronnen in de modelcode niet overeenkwam met de eenheid in de invoerdata. Dit resulteerde dat verkeerde data werd ingelezen voor twee LT-warmtebronnen. Dit is opgelost door de methode voor MT- en LT warmtebronnen gelijk te trekken, waarbij de invoer is aangepast naar een ratio als eenheid in plaats van een percentage als eenheid.
- De **standaard tijdsresolutie** (tijdstappen in de rekenstappen) is aangepast naar 5 jaar.
- **Luchtemissiefactoren** zijn nu onderdeel van het energieprijzenbestand. De luchtemissiefactoren zijn als trendlijn per jaar op te geven in het bestand.
- **Nieuwbouw** wordt nu standaard opgeleverd met luchtwarmtepomp.
- Algemene '**cleanup-acties**' uitgevoerd op de code van het model. Ook zijn er beschrijvingen als comments bij de code toegevoegd ter verduidelijking van de werking.

Vervolgens zijn er ook nieuwe functionaliteiten toegevoegd. Deze functionaliteiten zijn operationeel en kunnen door de modelleur al gebruikt worden. Ze zijn echter nog niet gevalideerd.



- Er kan ingesteld worden om **specifieke typen bebouwingen** (woningen, utiliteitbouw en glastuinbouw, met onderscheidt naar bestaande- en nieuwbouw) wel of niet mee te nemen in de berekeningen van het model (zie de variabelen 'BS\_isActive' en 'BC\_doNieuwbouw' in 'Basis.dms').
- Het model kan met **individuele jaren** rekenen (zie de containers 'rekenstap' en 'RekenStappen' in de runfile.dms). Standaard is de tijdsresolutie 5 jaar. Met deze functie kan de gebruiker een snapshot doorrekenen voor een zelfgekozen jaar en is het niet gebonden aan bepaalde tijdsstappen (van bijv. 5 jaar, zoals 2020, 2025, 2030 ect.).
- Het is nu mogelijk om alleen **ongewogen uitvoer** te genereren, dus zonder uitsplitsing naar eigendom en inkomen (zie de variabele 'GewogenResultaten' in 'Basis.dms'). Indien gekozen wordt om ongewogen uitvoer te generen kan de rekentijd worden verlagen.

## Bijlagen

### A) Bijlages bij input-bestanden

#### 1. Aantal woningen binnen het Vesta MAIS- model o.b.v. de BAG

Tabel 12: Aantal woningen in Nederland, januari 2019 (aantal woningen)

woningtype (in Vesta MAIS)	voor 1946	1946 - 1965	1965 - 1975	1965- 1992	1992 - 2006	2006 - 2020	Totaal:
geen_woonpand	0	0	0	0	0	0	0
vrijstaand	287943	143102	126676	183823	186413	89394	1017351
twee_onder_1_kap	176586	139704	98475	120635	99220	55433	690053
hoekwoning	128333	159911	209050	308324	124654	81311	1011583
tussenwoning	343432	311267	439430	703918	354913	197231	2350191
meergezinspand_laag_midden	293039	201085	117618	370579	211237	215369	1408927
meergezinspand_hoog	237925	189928	296465	207148	204274	183384	1319124
Totaal	1467258	1144997	1287714	1894427	1180711	822122	<b>7797229</b>

Tabel 13: Aantal woningen in Nederland, januari 2020 (aantal woningen)

woningtype (in Vesta MAIS)	voor 1946	1946 - 1965	1965 - 1975	1965- 1992	1992 - 2006	2006 - 2020	Totaal:
geen_woonpand	0	0	0	0	0	0	0
vrijstaand	287220	142714	126384	183266	185449	98656	1023689
twee_onder_1_kap	176443	139574	98528	120723	99122	61720	696110
hoekwoning	128109	159385	208826	307986	124643	89172	1018121
tussenwoning	343380	310422	439055	703756	354965	214040	2365618
meergezinspand_laag_midden	297018	201119	118198	371261	212252	241348	1441196
meergezinspand_hoog	238520	188838	296485	209807	205401	184942	1323993
Totaal	1470690	1142052	1287476	1896799	1181832	889878	<b>7868727</b>

Tabel 14: Verschil in aantal woningen tussen januari 2020 en januari 2019 (aantal woningen)

woningtype (in Vesta MAIS)	voor 1946	1946 - 1965	1965 - 1975	1965- 1992	1992 - 2006	2006 - 2020	Totaal:
geen_woonpand	0	0	0	0	0	0	0
vrijstaand	-723	-388	-292	-557	-964	9262	6338
twee_onder_1_kap	-143	-130	53	88	-98	6287	6057
hoekwoning	-224	-526	-224	-338	-11	7861	6538
tussenwoning	-52	-845	-375	-162	52	16809	15427
meergezinspand_laag_midden	3979	34	580	682	1015	25979	32269
meergezinspand_hoog	595	-1090	20	2659	1127	1558	4869
Totaal	3432	-2945	-238	2372	1121	67756	<b>71498</b>

#### 2. Oppervlakte van utiliteitsgebouwen binnen het Vesta MAIS-model o.b.v. de BAG

Tabel 15: Totale oppervlakte van utiliteitsgebouwen in Nederland op 1 januari 2019 (m2 oppervlakte)

Bestemming (binnen Vesta MAIS)	voor 1920	1920 - 1975	1975 - 1990	1990 - 1995	na 1995	onbekend [m^2]	Totaal:
--------------------------------	-----------	-------------	-------------	-------------	---------	----------------	---------

Kantoor	5572462	14189769	12306438	7055798	27567773	411	66692651
Winkel	5113748	14716974	8122699	3814189	16094847	0	47862457
Gezondheidszorg	800307	5873891	4059902	1570725	7430903	0	19735728
Logies	1045830	3311696	2511427	1249859	5605071	0	13723883
Onderwijs	1479546	12526215	7839088	1929272	12421007	0	36195128
Industrie	1045228	9500214	9274314	3556017	24673947	0	48049720
Bijeenkomst	6840218	11324450	4853374	2406213	7696817	2902	33123974
Sport	296197	3234194	3803220	1254118	4675207	420	265383541
overige_gebruiks	1199869	9898742	4559551	2075151	15028640	67	464074431
Cel	148004	175940	163423	128677	517700	0	880286405
Totaal	23541409	84752085	57493436	25040019	121711912	3800	<b>1875127918</b>

Tabel 16: Totale oppervlakte van utiliteitsgebouwen in Nederland op 1 januari 2020 (m2 oppervlakte)

Bestemming (binnen Vesta MAIS)	voor 1920	1920 - 1975	1975 - 1990	1990 - 1995	na 1995	onbekend [m^2]	Totaal:
Kantoor	5379405	13904871	12007219	6981410	27816237	2028	66091170
Winkel	5026407	14550455	8089847	3806925	16222360	0	47695994
Gezondheidszorg	808590	5748194	4054377	1609947	7574593	0	19795701
Logies	1042580	3316204	2527809	1287519	5939248	53	14113413
Onderwijs	1465971	12256480	7786613	1939469	12757620	0	36206153
Industrie	1069452	9587264	9485447	3686992	27493719	0	51322874
Bijeenkomst	6883552	11272472	4893423	2435330	7853123	125	33338025
Sport	306233	3170691	3815768	1272582	4828609	0	268563330
overige_gebruiks	1159214	9806935	4451372	2029512	15400249	139	471035490
Cel	165750	175940	169860	143332	505630	0	894374986
Totaal	23307154	83789506	57281735	25193018	126391388	2345	<b>1902537136</b>

Tabel 17: Verschil in totale oppervlakte van utiliteitsgebouwen tussen januari 2020 en januari 2019 (m2 oppervlakte)

Bestemming (binnen Vesta MAIS)	voor 1920	1920 - 1975	1975 - 1990	1990 - 1995	na 1995	onbekend [m^2]	Totaal:
Kantoor	-193057	-284898	-299219	-74388	248464	1617	-601481
Winkel	-87341	-166519	-32852	-7264	127513	0	-166463
Gezondheidszorg	8283	-125697	-5525	39222	143690	0	59973
Logies	-3250	4508	16382	37660	334177	53	389530
Onderwijs	-13575	-269735	-52475	10197	336613	0	11025
Industrie	24224	87050	211133	130975	2819772	0	3273154
Bijeenkomst	43334	-51978	40049	29117	156306	-2777	214051
Sport	10036	-63503	12548	18464	153402	-420	3179789
overige_gebruiks	-40655	-91807	-108179	-45639	371609	72	6961059
Cel	17746	0	6437	14655	-12070	0	14088581
Totaal	-234255	-962579	-211701	152999	4679476	-1455	<b>27409218</b>