

Energieverbruik en energiebesparing in de bestaande woningbouw en utiliteitsbouw

Achtergrondrapport ten behoeve van Monitor Verduurzaming Gebouwde
Omgeving 2024



TNO Publiek | TNO 2025 R10551
28 februari 2025

TNO 2025 R10551 – 28 februari 2025

Energieverbruik en energiebesparing in de bestaande woningbouw en utiliteitsbouw

Achtergrondrapport ten behoeve van Monitor Verduurzaming
Gebouwde Omgeving 2024

Auteurs	Robin Niessink, Yasmin Obbink, Manouk van Leeuwen
Rubricering rapport	TNO Publiek
Opdrachtgever	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Programma	Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving
Projectnummer	060.62357
Versie	V2 februari 2025

Met bijdragen van/dank aan:	Casper Tigchelaar, Vera Rovers, Joris van Diemen, Manuela Loos
Met eerdere bijdragen van:	Hanna Jonker, Floris Uleman

Brondata van de in het rapport opgenomen grafieken zijn op aanvraag beschikbaar via
robin.niessink@tno.nl

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2025 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Doel van dit rapport	4
1.3 Leeswijzer	5
2 Energieverbruik en CO ₂ -uitstoot	6
2.1 Totaal energieverbruik en CO ₂ -uitstoot	6
2.2 Energieverbruik naar energiedrager	7
2.3 Hernieuwbare energieverbruik	11
3 Onderverdeling energieverbruik naar energiefuncties	15
3.1 Resultaat onderverdeling naar energiefuncties huishoudens	15
3.2 Resultaat onderverdeling naar energiefuncties diensten	16
3.3 Scope en bepalingsmethode	16
3.4 Bronbewerking	18
4 Energiebesparing en CO ₂ -reductie	32
4.1 Verkoopcijfers bestaande bouw	32
4.2 Resultaat installaties en isolatie per marktsegment	35
4.3 Resultaat energiebesparing per marktsegment	37
4.4 Resultaat CO ₂ -reductie	39
4.5 Beschrijving methode energiebesparing	40
5 Decompositie analyse	77
5.1 Wat is een decompositie analyse?	77
5.2 Resultaat huishoudens	77
5.3 Resultaat diensten	78
5.4 Beschrijving bronnen	79
5.5 Scope	80
5.6 Bronbewerking	80
Bronnenlijst	84
Bijlagen	
Bijlage A: Historische weerscorrectie aardgasverbruik	86
Bijlage B: Temperatuurcorrectie in Hestia	87
Bijlage C: Warmtepompen in de bestaande bouw	88
Bijlage D: Zonneboilers in de bestaande bouw	90

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) brengt ieder jaar in opdracht van het ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (VRO) de laatste ontwikkelingen rondom de verduurzaming van de gebouwde omgeving in kaart. Dat resulteert in de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving*. Deze monitor bestaat inmiddels meer dan tien jaar. Voorheen heette het de *Monitor Energiebesparing Gebouwde Omgeving*. Het laatste monitoringsrapport is te vinden via: [Energiecijfers gebouwen | RVO.nl](https://energiecijfersgebouwen.rvo.nl). Er is ook een online database en dashboard beschikbaar via www.energiecijfers.databank.nl.

In de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving* komen diverse onderwerpen aan bod. Te denken valt aan voorraadgegevens, energielabels, energieverbruik, broeikasgasemissies, hernieuwbare energie, energiebesparing, energierekening en circulair bouwen. De monitor geeft een overzicht van energiebesparende maatregelen die jaarlijks in de gebouwde omgeving zijn getroffen. Daarnaast geeft het inzicht in de jaarlijks gerealiseerde energiebesparing door gebouwgebonden energiebesparende maatregelen. In het rapport wordt informatie uit diverse bronnen en van diverse partijen bij elkaar gebracht. Zo komen de resultaten van de door RVO uitgevoerde marktonderzoeken aan bod maar wordt daarnaast ook gebruik gemaakt van cijfers en rapporten van onder meer CBS, PBL en TNO. De onderverdelingen van het finaal energieverbruik voor huishoudens en diensten, de berekeningen van de gebouwgebonden energiebesparing en de decompositie analyse van het energieverbruik worden daarbij uitgevoerd door TNO.

Begin 2024 is de eerste versie van voorliggend achtergrondrapport gepubliceerd. Daarin is een beschrijving opgenomen van de door TNO gehanteerde methoden om te komen tot de resultaten voor de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2023* (eind 2023 gepubliceerd). Voor de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2024* (eind 2024 gepubliceerd) zijn er enkele belangrijke wijzigingen in de methode doorgevoerd. RVO heeft TNO daarom gevraagd om een update (tweede versie) van dit rapport. Naar dit rapport wordt verwezen in de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2024* voor een uitgebreidere toelichting.

1.2 Doel van dit rapport

Dit rapport licht toe hoe de TNO-resultaten voor de *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2024* tot stand zijn gekomen. Het rapport richt zich daarbij tot lezers en/of gebruikers van de TNO-resultaten uit het RVO rapport en geïnteresseerden in de monitoring van het energieverbruik in de gebouwde omgeving. Het doel van dit rapport is om inzicht te geven in de gebruikte gegevensbronnen, de verwerking van deze gegevens, de rekenmethodes/modellen en achterliggende aannames. Op die manier wordt duidelijk gemaakt hoe de resultaten geïnterpreteerd moeten worden en wat daarin wel/niet is meegenomen.

TNO analyseert voor de monitor de statistieken over finaal energieverbruik, de CO₂-uitstoot en het verbruik van hernieuwbare energie in de gebouwde omgeving. De methoden die daarbij worden gebruikt om onderverdelingen te maken van het aardgasverbruik en elektriciteitsverbruik naar relevante energiefuncties (verwarming, warm water, verlichting,

koeling etc.) worden in dit rapport nader toegelicht. Wat wel en niet is meegenomen in de energiestatistieken wordt ook besproken.

TNO berekent voor de monitor de jaarlijks gerealiseerde energiebesparing voor relevante gebouwgebonden energiebesparende maatregelen (isolatiemaatregelen en ruimteverwarmingsinstallaties) voor woningen, diensten en utiliteitsbouw⁷. De rekenmethoden en het modellen die daarvoor gebruikt zijn worden toegelicht in dit rapport.

TNO voert voor de monitor een decompositie analyse uit die een aantal relevante factoren in de ontwikkeling van het energieverbruik laat zien over de afgelopen tien jaar. Deze decompositie wordt gemaakt door het combineren van cijfers over de gebouwvoorraad, het energieverbruik per energiefunctie, de berekende energiebesparing en het klimaatteffect. De decompositie analyse is apart gemaakt voor woningen en de dienstensector. De methode wordt in dit rapport toegelicht.

Tot slot worden in dit rapport (meestal in een apart tekstkader) suggesties en aanbevelingen gedaan in de vorm van een ontwikkelagenda voor TNO voor komende jaren. Dit kan gaan om het updaten van de gebruikte (bron)data, het verbeteren van de datakwaliteit, en het verbeteren of verder verdiepen van de methode. Een aantal van de verbeteringen kunnen al direct in een volgende monitor door TNO meegenomen worden, bijvoorbeeld omdat de data die daarvoor nodig is al beschikbaar zijn. Voor andere verbeteringen geldt dat de mogelijkheden eerst nader verkend moeten worden door TNO in samenwerking met RVO en/of andere partijen.

1.3 Leeswijzer

In ieder hoofdstuk wordt aan het begin van het hoofdstuk eerst het eindresultaat gepresenteerd met daarbij een korte toelichting. Vervolgens worden in de daaropvolgende paragrafen eerst de gebruikte gegevensbronnen, vervolgens de scope, en tot slot de methode/het rekenmodel toegelicht.

In Hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de ontwikkeling van het finale energieverbruik voor huishoudens en de dienstensector. In Hoofdstuk 2.2 komt vervolgens het finaal energieverbruik onderverdeeld naar energiedragers aan bod. In Hoofdstuk 2.3 komt het hernieuwbare warmteverbruik aan bod.

In Hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de onderverdeling van het energieverbruik naar energiefuncties voor huishoudens en diensten.

Hoofdstuk 4 worden eerst de resultaten weergegeven voor de verkoopcijfers, aantallen maatregelen, energiebesparing en CO₂-reductie bij huishoudens en diensten. Hoofdstuk 4.5 geeft vervolgens een toelichting op de meegenomen energiebesparende maatregelen en de berekeningsmethode voor de energiebesparing en CO₂-reductie.

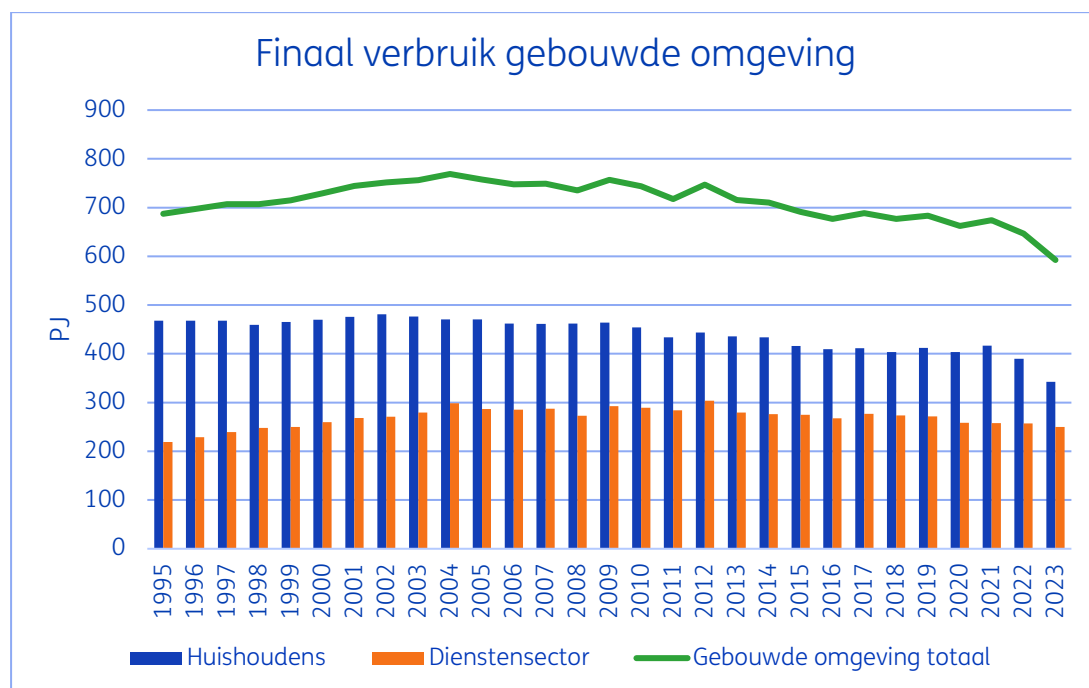
In Hoofdstuk 5 worden eerst de resultaten weergegeven van de decompositie analyse voor huishoudens en diensten en wordt vervolgens de gebruikte methode toegelicht.

⁷ Het verschil tussen dienstensector en utiliteitsbouw is een gevolg van in de afbakening van de gebouwvoorraad op basis van de economische activiteiten. We kijken in dit onderzoek naar het energieverbruik van gebouwen in de dienstensector; het gaat daarbij om de hoofdgroepen G t/m S + U uit de Standaard Bedrijfsindeling (SBI) van het CBS. De utiliteitsbouw betreft alle gebouwen in Nederland die geen woonbestemming hebben (alle sectoren uit de SBI). Voor de energiebesparing in dit rapport is onderscheid gemaakt naar de dienstensector en overige utiliteitsgebouwen.

2 Energieverbruik en CO₂-uitstoot

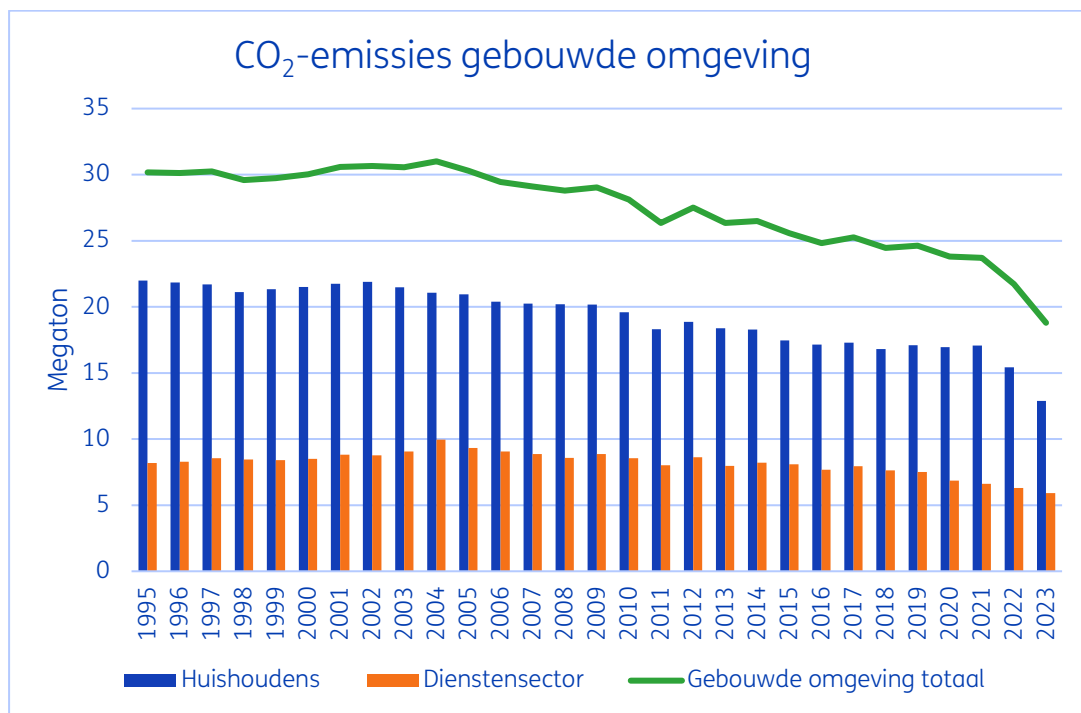
2.1 Totaal energieverbruik en CO₂-uitstoot

In Figuur 2.1 is het totaal energieverbruik in de gebouwde omgeving weergegeven vanaf 1995 met daarbij onderscheid naar huishoudens en dienstensector. Dit betreft het verbruik van alle energiedragers door eindverbruikers. Enkele voorbeelden zijn: aardgas, elektriciteit, geleverde warmte, biomassa, omgevingswarmte en zonnewarmte. Er is een weerscorrectie toegepast op het aardgasverbruik voor huishoudens en diensten en op de geleverde warmte aan huishoudens. Zie Bijlage A voor het verschil tussen het aardgasverbruik met en zonder de weerscorrectie.



Figuur 2.1: Finaal energieverbruik gebouwde omgeving PJ (met weerscorrectie) (bron: zie Hoofdstuk 2.2.1 en 2.2.2)

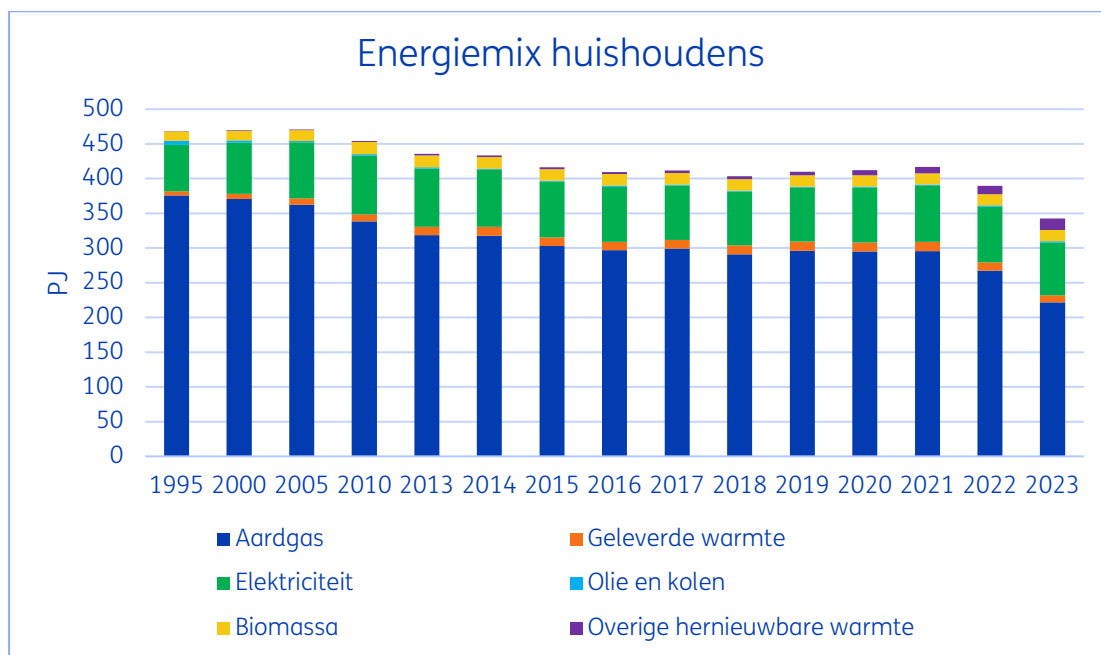
In Figuur 2.2 is de CO₂-emissie in de gebouwde omgeving weergegeven vanaf 1995 met daarbij onderscheid naar huishoudens en dienstensector. Belangrijk om op te merken is dat alleen directe emissies door verbruik van brandstoffen zoals aardgas, olie en kolen meegenomen worden in de emissies van de sector gebouwde omgeving. De emissies die gepaard gaan met centrale elektriciteitsproductie worden (in de Klimaat- en Energieverkenning) namelijk toegekend aan de energiesector. Dit zijn namelijk indirecte emissies van de sector gebouwde omgeving. De emissie van centrale warmtebronnen voor warmtenetten (zoals een warmtekrachtcentrale of een afvalenergiecentrale) is ook een voorbeeld van indirecte emissies die niet meegenomen worden in de emissies van de gebouwde omgeving.



Figuur 2.2: CO₂-uitstoot gebouwde omgeving in megaton (met weerscorrectie) (bron: PBL, 2024)

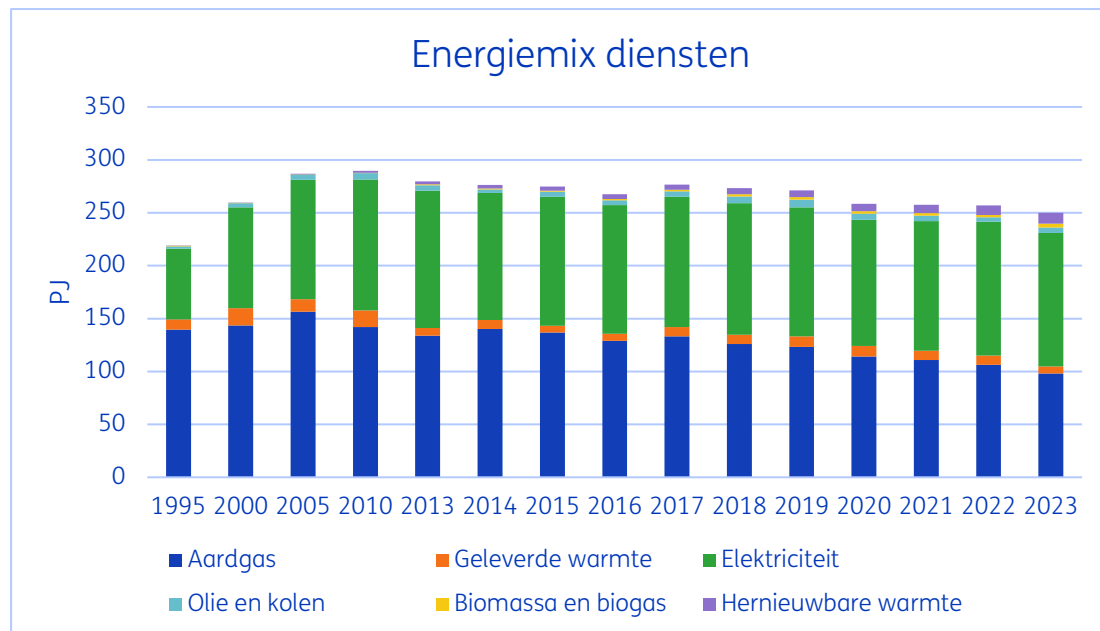
2.2 Energieverbruik naar energiedrager

Het energieverbruik onderverdeeld naar energiedragers voor huishoudens is weergegeven in Figuur 2.3. Er is met name in 2023 maar ook al in eerdere jaren sprake van een zichtbare daling van het energieverbruik, die met name veroorzaakt wordt door een daling van het aardgasverbruik.



Figuur 2.3: Energemix huishoudens PJ (met weerscorrectie) (bron: zie Hoofdstuk 2.2.1 en 2.2.2)

Het energieverbruik onderverdeeld naar energiedragers voor de dienstensector is weergegeven in Figuur 2.4. Er is in 2023 sprake van een daling van energieverbruik, die hoofdzakelijk wordt veroorzaakt door een daling van het aardgasverbruik.



Figuur 2.4: Energimix diensten PJ (met weerscorrectie) (bron: zie Hoofdstuk 2.2.1 en 2.2.2)

2.2.1 Beschrijving bronnen

Voor de statistiek over het finaal energieverbruik (het verbruik door eindverbruikers) wordt aangesloten op de cijfers uit de meest recente Klimaat- en verkenning (KEV) (PBL, 2024). De energiestatistiek in de KEV zijn afkomstig uit de CBS energiebalans (CBS, 2024) waarbij onderscheid is gemaakt naar energiedrager. Om trends beter zichtbaar te maken wordt in de KEV een weerscorrectie uitgevoerd op de statistiek die hieronder verder wordt toegelicht. De weersgecorrigeerde reeksen worden gehanteerd in de monitor.

Weerscorrectie historische statistiek in de KEV

Het jaarlijkse energieverbruik van de gebouwde omgeving hangt af van het weer. Het energieverbruik voor verwarming en koeling hangt samen met of het een 'warm' of juist 'koud' jaar geweest is en schommelt daardoor op en neer over de jaren. Om trends in het verbruik en de besparing beter zichtbaar te maken wordt een weerscorrectie toegepast. Het verbruik wordt in de KEV zodanig gecorrigeerd dat dit past bij de ontwikkeling in het klimaat. Deze ontwikkeling is gebaseerd op de meest recente KNMI klimaatscenario's voor Nederland. De weerscorrectiemethodiek in de KEV houdt rekening met de invloed van meerdere weersfactoren, niet alleen buitentemperatuur (graaddagen), maar ook de invloed van wind en zon op het energieverbruik. De weerscorrectie is alleen van toepassing op het weersgevoelige deel van het energieverbruik, dat wil zeggen op ruimteverwarming (en ruimtekoeling). In de KEV wordt momenteel een weerscorrectie toegepast op het aardgasverbruik voor ruimteverwarming per sector. Het verbruik van geleverde warmte met warmtenetten wordt ook gecorrigeerd voor huishoudens (voor de diensten overigens niet). Er zijn ook bepaalde energiedragers die (nog) niet gecorrigeerd worden in de KEV. Het elektriciteitsverbruik voor ruimteverwarming (met warmtepompen of andere soorten elektrische verwarming) en de onttrokken omgevingswarmte door warmtepompen worden in de KEV momenteel (nog) niet gecorrigeerd. Het elektriciteitsverbruik voor ruimtekoeling

met airco's en warmtepompen wordt ook (nog) niet gecorrigeerd. Momenteel heeft het niet corrigeren voor het weerseffect nog een gering effect op het totaal energieverbruik in de gebouwde omgeving aangezien aardgas de voornaamste energiedrager voor verwarming is. Echter, in de toekomst wordt het – o.a. vanwege de toename van het aantal warmtepompen – wel steeds belangrijker om de verbruiken voor warmtepompen voor verwarming en koeling ook te gaan corrigeren. De methode voor de weerscorrectie voor ruimteverwarming is in 2022 herzien. Een uitgebreide toelichting op de correctiemethode is terug te vinden in het betreffende PBL rapport (Volkers et al., 2022). Belangrijk om erbij te vermelden is dat de correctiemethode momenteel opnieuw wordt herzien. Dit leidt dus tot aanpassingen in de volgende KEV. Hierover wordt nog een nieuw rapport opgesteld.

Hoe wordt omgegaan met updates van statistieken?

De monitor sluit aan op de meest recente KEV statistieken. De KEV verschijnt ieder jaar eind oktober – begin november. Dat wordt aangesloten bij de statistieken uit de KEV houdt in dat wanneer een gehele of deel van een reeks in de KEV wordt herzien, bijvoorbeeld omdat de CBS statistiek gewijzigd is (omdat er bijvoorbeeld een wijziging in de bepalingsmethode is die het CBS gebruikt), dat dan de reeks in de monitor (in het daaropvolgende jaar) ook wordt vervangen.

2.2.2 Scope finaal energieverbruik

In Tabel 2.1 is de afbakening voor het totale finale energieverbruik voor huishoudens en diensten weergegeven.

Het totale finaal energieverbruik bij huishoudens bevat alle energiedragers die geconsumeerd worden bij huishoudens. Het betreft hier energiedragers die via het energienetwerk geleverd worden (zoals aardgas, elektriciteit en netto² geleverde warmte met warmtenetten), maar ook het verbruik van door de sector zelf opgewekte hernieuwbare energie en het verbruik van overige fossiele brandstoffen (olie en kolen). Ook de omgevingswarmte die warmtepompen onttrekken wordt meegenomen in het finaal verbruik. Het elektriciteitsverbruik bij huishoudens bestaat uit de elektriciteitslevering vanuit het elektriciteitsnet inclusief het eigen verbruik van opgewekte zonnestroom (zie: [KEV-tabellenbijlage](#)).

Het finaal energieverbruik bij diensten bevat alle energiedragers die geconsumeerd worden door de dienstensector. Het betreft de energiedragers die via het energienetwerk aangeleverd worden (aardgas, elektriciteit, netto geleverde warmte), het verbruik van door de sector zelf opgewekte hernieuwbare energie en het verbruik van overige fossiele brandstoffen (olie en kolen). Ook de omgevingswarmte die warmtepompen onttrekken wordt meegenomen in het finaal verbruik. Het olieconsumptie maar alleen voor verwarming is meegenomen. Het olieconsumptie voor mobiele werktuigen in de dienstensector valt buiten beschouwing, dit wordt namelijk toegerekend aan de transportsector. Het elektriciteitsverbruik is inclusief het elektriciteitsverbruik uit eigen opwekking (het eigen verbruik uit warmtekrachtinstallaties en zonnestroom) (zie: [KEV-tabellenbijlage](#)). Voor de dienstensector wordt ook het aardgas dat wordt ingezet als input in warmtekrachtkoppeling-installaties (WKK) en het saldo aardgas voor overige omzettingen meegenomen, omdat dit binnen de dienstensector valt.

In de KEV-tabellenbijlage zijn overigens de omzettingsverliezen bij de oliehandel en het verbruik van aardgas voor het op druk brengen van de velden voor gasopslag (kussengas) ook meegenomen bij het verbruik van diensten. In de monitor is dit echter niet

² Netto houdt in minus warmteverliezen in het warmtenet.

meegenomen in het totaal. In de KEV-tabellenbijlage is daarnaast ook de biomassa-input voor het bijmengen van biobrandstoffen in benzine en diesel meegenomen onder ‘verbruik biomassa’ in de dienstensector, in de monitor is dit echter niet meegenomen in het totaal.

Tabel 2.1: Scope finaal energieverbruik gebouwde omgeving

Energiedrager	Meegenomen in totaal finaal verbruik huishoudens?	Meegenomen in totaal finaal verbruik diensten?
Aardgas	Ja	Ja
Olie (voor verwarming)	Ja	Ja
Kolen	Ja	Ja
Biomassa	Ja	Ja
Biogas	N.v.t.	Ja
Zonneboilers	Ja	Ja
Energie-input WKK	N.v.t.	Ja, maar alleen aardgas
Energie input (saldo) overige omzettingen	N.v.t.	Ja, maar alleen aardgas
Geleverde warmte	Ja	Ja
Elektriciteit	Ja	Ja
Omgevingswarmte	Ja	Ja

2.2.3 Bronbewerking

Finaal aardgasverbruik diensten

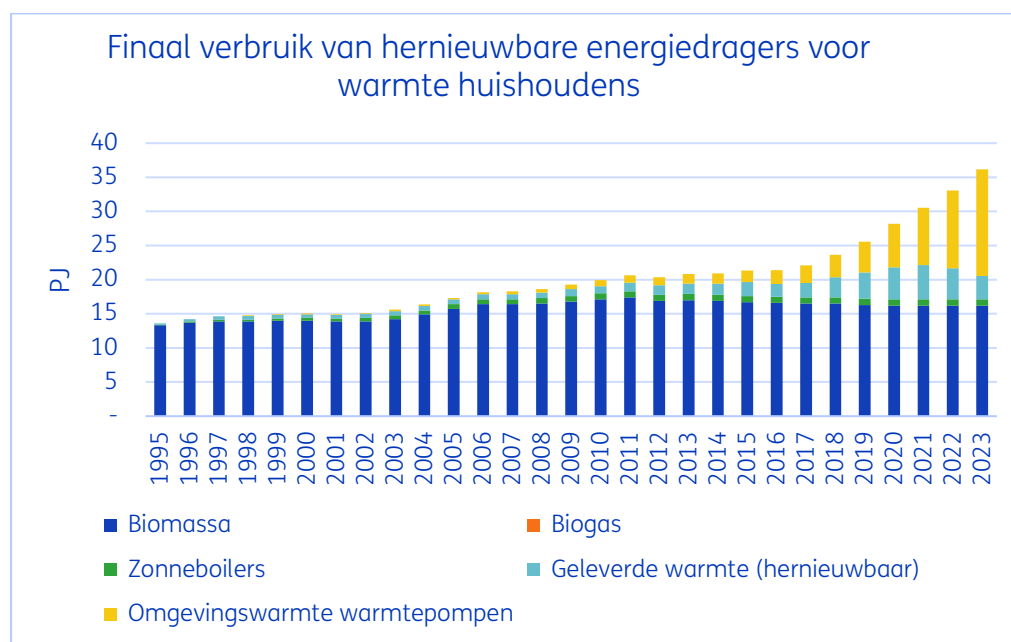
Het finaal aardgasverbruik bij diensten is berekend als de som van het finaal energetisch aardgasverbruik, de input in warmtekoppeling-installaties (WKK), en het saldo aardgas voor overige omzettingen. Het saldo overige omzettingen is de inzet minus de productie bij de omzetting van energiedragers in warmte. Overige omzetting is in de diensten het geval bij bedrijven die warmte leveren aan een ander bedrijf. Als het saldo negatief is dan wordt er meer energie geproduceerd dan ingezet. Deze optelling sluit aan bij hoe het aardgasverbruik van de dienstensector in de [KEV-tabellenbijlage](#) is weergegeven.

Tabel 2.2: Opbouw finaal aardgasverbruik diensten (bron: Klimaat- en Energieverkenning 2024)

	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Energetisch verbruik	135,0	132,4	149,7	134,5	129,9	136,2	133,0	125,6	129,5	122,5	119,6	111,5	108,0	103,6	95,6
Input WKK	4,5	10,8	6,1	7,1	3,9	4,0	3,9	3,7	3,8	3,8	3,8	3,0	2,6	2,5	2,6
Saldo overige omzettingen	0,0	0,2	0,7	0,4	-0,1	0,0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	0,2	0,3	0,0
Totaal finaal aardgas	139,5	143,4	156,5	142,0	133,7	140,2	136,7	129,1	133,1	126,1	123,3	114,3	110,8	106,4	98,2

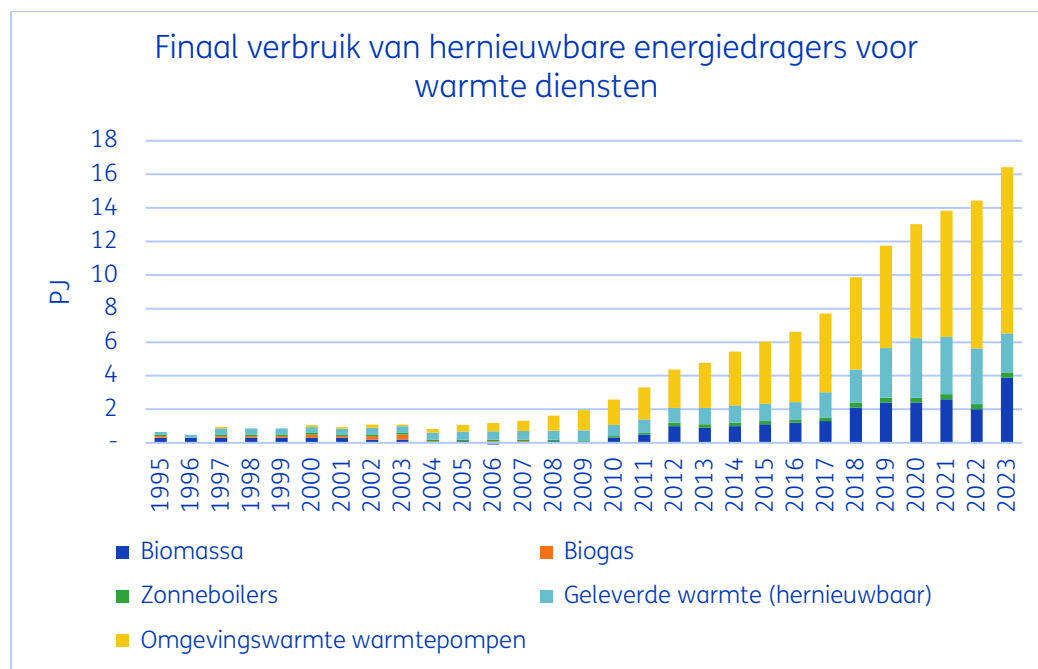
2.3 Hernieuwbare energieverbruik

Het finale energieverbruik voor hernieuwbare warmte per energiedrager voor huishoudens is weergegeven in Figuur 2.5. Het finaal verbruik van hernieuwbare energie voor warmte stijgt over de afgelopen jaren. Deze stijging wordt veroorzaakt door een toename in de onttrekking van omgevingswarmte door warmtepompen en een afname bij geleverde warmte en biomassa.



Figuur 2.5: Finaal verbruik van hernieuwbare energiedragers voor warmte huishoudens in PJ (bron: zie Hoofdstuk 2.3.1 en 2.3.2). Meer weerscorrectie voor geleverde warmte (hernieuwbaar).

Het finale energieverbruik voor hernieuwbare warmte per energiedrager voor de sector diensten is weergegeven in Figuur 2.6. Het finaal verbruik van hernieuwbare energie voor warmte stijgt over de jaren. Deze stijging wordt veroorzaakt door een toename in de onttrekking van omgevingswarmte door warmtepompen en een afname bij geleverde warmte.



Figuur 2.6: Finaal verbruik van hernieuwbare energiedragers voor warmte diensten in PJ (bron: zie Hoofdstuk 2.3.1 en 2.3.2)

2.3.1 Beschrijving bronnen

Het verbruik voor hernieuwbare warmte naar energiedrager is afkomstig uit de KEV (PBL, 2024), waarvoor de cijfers weer afkomstig zijn uit de CBS energiebalans (CBS, 2024). De enige uitzondering hierop is de bepaling van de geleverde hernieuwbare warmte met collectieve warmtenetten naar sector, daarvoor wordt een eigen berekening gemaakt. Deze berekening wordt gemaakt door gebruik te maken van het aandeel hernieuwbare warmtelevering in combinatie met de warmtelevering per sector en wordt hieronder toegelicht.

Hernieuwbare warmtelevering

De statistiek over warmtelevering met warmtenetten aan woningen en diensten komt uit de KEV. Het gaat hierbij uitsluitend om collectieve warmtenetten die leveren aan eindgebruikers (geen blokverwarming).

Voor bepaling van het aandeel hernieuwbare warmtelevering is gebruikt gemaakt van de volgende bronnen die informatie geven over de warmteproductiemix voor de warmtenetten:

- Vanaf 2020: Duurzaamheidsrapportages warmtebedrijven (RVO, 2024; ECW, 2022). Het aandeel hernieuwbare warmte geleverd met 'grote warmtenetten' wordt gehanteerd. Grote netten zijn in de definitie van de Warmtemonitor netten die jaarlijks meer dan 150 TJ warmte leveren aan consumenten (CBS en TNO, 2020).
- Van 2015 t/m 2019: De CBS/TNO Warmtemonitor (CBS en TNO, 2019; CBS en TNO, 2020). Het aandeel hernieuwbare warmte geleverd met 'grote warmtenetten' wordt gehanteerd. Grote netten zijn in de definitie van de Warmtemonitor netten die jaarlijks meer dan 150 TJ warmte leveren aan consumenten (CBS en TNO, 2020).
- Eerder dan 2015: Klimaat- en Energieverkenning/KEV (destijds Nationale Energieverkenning/NEV).

2.3.2 Scope

In het finaal verbruik voor hernieuwbare warmte worden de volgende energiedragers meegerekend:

- Biomassa
- Biogas (in de dienstensector)
- Omgevingswarmte
- Zonnewarmte
- Geleverde hernieuwbare warmte met (collectieve) warmtenetten

Biomassa wordt verbruikt in houtkachels bij huishoudens en in biomassa-installaties in de dienstensector.

Biogas is gas uit biomassa die geen aardgaskwaliteit heeft. Dit is dus wat anders dan groen gas dat wordt bijgemengd in het aardgasnet. Het biogasverbruik is nul bij huishoudens en bij de dienstensector sinds 2008 niet meer aanwezig. Het biogas bij diensten werd destijds ingezet voor directe verbranding in stoomketels.

Omgevingswarmte betreft de warmte die wordt onttrokken aan de omgeving (lucht, water, bodem) door warmtepompen. Het betreft hier alle soorten warmtepompen (ook lucht-lucht warmtepompen) en alle soorten opstellingen (hybride, all-electric).

Zonnewarmte betreft het warmteverbruik uit zonneboilers (zonnecollectoren).

De hernieuwbare warmte geleverd met (collectieve) warmtenetten komt uit verschillende warmtebronnen. Warmte geproduceerd uit biomassacentrales, meestook van biomassa in centrales, de biogene fractie uit afval en zonnewarmte tellen mee als hernieuwbare warmte. In recente jaren komt ook een deel van de warmtelevering uit aquathermie en geothermiebronnen en dit wordt ook meegenomen als hernieuwbaar.

Opmerking over groen gas

Biogas (dat geen aardgaskwaliteit heeft) wordt eerst opgewaardeerd naar groen gas voordat het geïnjecteerd wordt in het aardgasnet. Na opwaardering is het qua moleculaire samenstelling niet meer te onderscheiden van aardgas. Het biogas dat uiteindelijk het aardgasnet ingaat als groen gas is onderdeel van het aardgasverbruik van de diverse sectoren in de statistiek. Het bijgemengde groen gas kan over de sectoren worden verdeeld. Dit kan naar rato van het aardgasverbruik per sector. Wanneer de groen gas bijmenging in een jaar bekend is, kan daarmee dus ingeschat worden hoeveel groen gas verbruikt wordt in een bepaalde sector. Deze methode is in de KEV2024 gebruikt om het aandeel hernieuwbare energie in de gebouwde omgeving en industrie mee te berekenen (Volkers, 2023).

Ontwikkelagenda: In de onderverdeling van het energieverbruik naar energiedragers is groen gas niet opgenomen als een aparte energiedrager, maar maakt onderdeel uit van het aardgasverbruik. Naar rato van het aardgasverbruik per sector en de bijmenging van groen gas in het aardgasnet kan het groen gas verbruik per sector worden berekend. Vervolgens kan groen gas worden meegenomen in het hernieuwbare warmteverbruik.

Invloed bijmenging groen gas op emissiefactor aardgas

In de bepaling van de directe CO₂-emissies door verbranding van aardgas in de gebouwde omgeving moet rekening gehouden worden met groen gas bijmenging in het aardgasnet. De emissiefactor van aardgas in de KEV is daarbij gecorrigeerd voor het aandeel groen gas

bijmenging. Deze aangepaste emissiefactor van aardgas is gebruikt om de CO₂-emissiereductie mee te berekenen in dit rapport (zie paragraaf 4.5.3 stap 9).

2.3.3 Bronbewerking

Hernieuwbare warmtelevering

De hernieuwbare warmtelevering met warmtenetten is berekend per zichtjaar.

Voor zichtjaren eerder dan 2015 zijn de cijfers uit de Klimaat- en Energieverkenning gebruikt over hernieuwbare warmteproductie voor warmtenetten met afvalverbrandingsinstallaties en biomassa meestook in centrales. Dit waren destijds de enige hernieuwbare warmtebronnen. Daarmee is het hernieuwbare aandeel in de warmteproductie berekend. Dit aandeel is vervolgens vermenigvuldigd met de warmtelevering aan huishoudens en diensten.

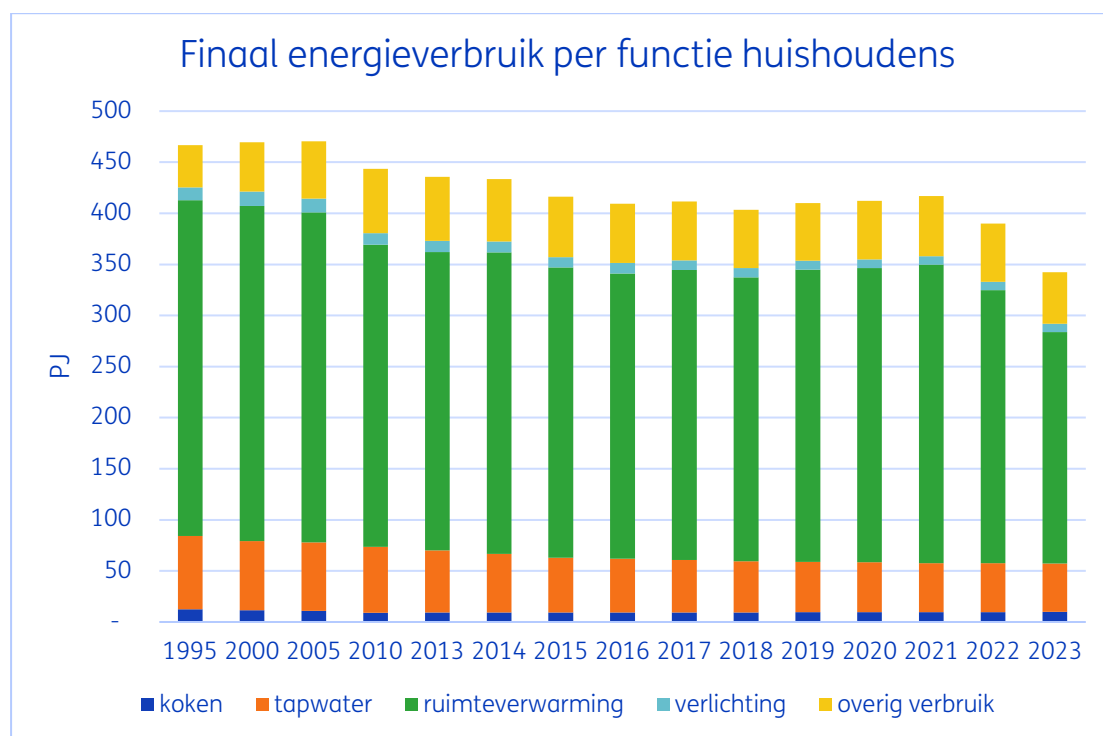
Voor 2015 en latere zichtjaren is het aandeel hernieuwbare warmtelevering met “de grote warmtenetten” gehanteerd. Het aandeel hernieuwbaar is vervolgens vermenigvuldigd met de warmtelevering aan huishoudens en diensten.

***Ontwikkelagenda:** RVO monitort naast de warmtelevering van de ‘grote netten’ ook de warmtelevering van de middelgrote en kleine netten en de warmteproductie van deze netten. Deze informatie is beschikbaar voor de laatste jaren. Een aanscherping van de methode is om ook deze informatie te betrekken in de bepaling van het aandeel hernieuwbare warmtelevering van alle netten per jaar.*

3 Onderverdeling energieverbruik naar energiefuncties

3.1 Resultaat onderverdeling naar energiefuncties huishoudens

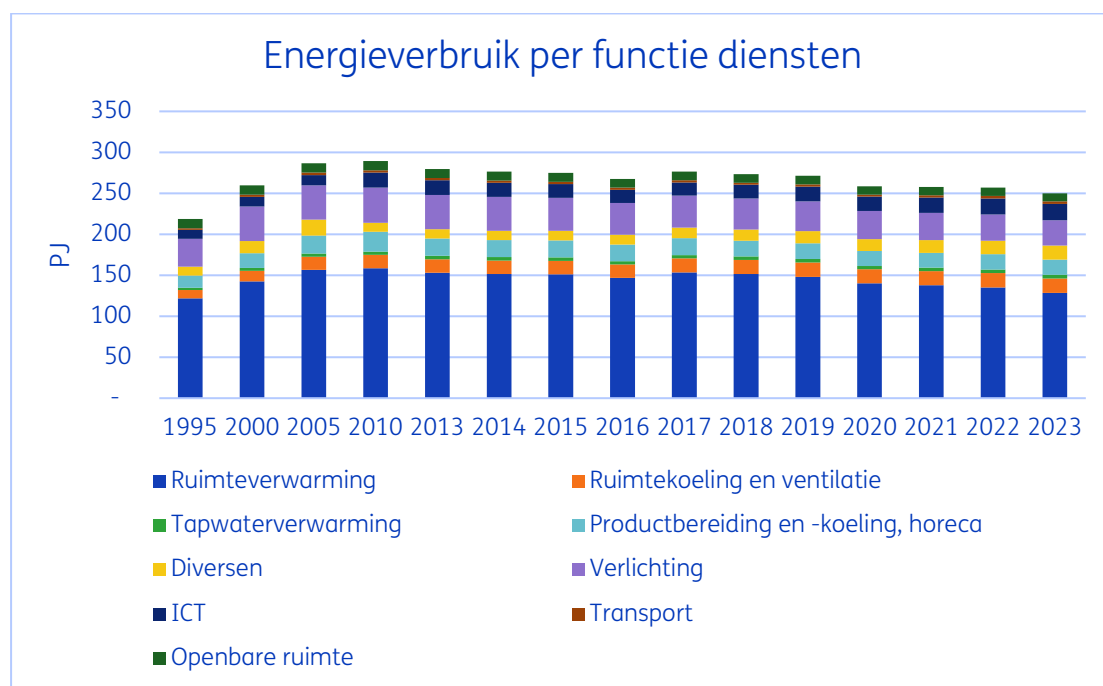
Het energieverbruik per energiefunctie voor huishoudens is weergegeven in Figuur 3.1. Het grootste gedeelte van het energieverbruik gaat naar ruimteverwarming. Het energieverbruik voor ruimteverwarming, warm tapwater, koken en verlichting zijn gedaald sinds 1995. Het overig verbruik betreft het elektriciteitsverbruik van huishoudelijke apparaten.



Figuur 3.1: Energieverbruik per functie huishoudens PJ (met weerscorrectie voor aardgas en geleverde warmte ruimteverwarming) (bron: berekening TNO).

3.2 Resultaat onderverdeling naar energiefuncties diensten

Het energieverbruik per energiefunctie voor diensten is weergegeven in Figuur 3.2. Het grootste gedeelte van het energieverbruik gaat naar ruimteverwarming. Het energieverbruik van de dienstensector nam sinds 1995 eerst een decennium lang toe door groei van de dienstensector. Rond 2005 neemt het verbruik van de dienstensector weer af, voornamelijk door een afname voor ruimteverwarming en verlichting. Het verbruik voor ICT is deze periode wel toegenomen.



Figuur 3.2: Energieverbruik per functie diensten PJ (met weerscorrectie) (bron: berekening TNO)

3.3 Scope en bepalingmethode

3.3.1 Huishoudens

Het finaal verbruik is onderverdeeld naar energiefuncties. Om het aardgas- en elektriciteitsverbruik te bepalen per energiefunctie is gebruikt gemaakt van formules die zijn ontwikkeld door ECN³ en worden beschreven in een ECN rapport uit 2013 (Tigchelaar, 2013). Dit rapport was oorspronkelijk een vertrouwelijk rapport, maar is inmiddels openbaar. Sindsdien zijn vele actualisaties van gegevensbronnen en berekeningen voor de recentere jaren meegenomen. Tabel 3.1 geeft aan welke energiefuncties worden onderscheiden en met welke energiedragers deze functie wordt ingevuld. De energiedragers zijn toegerekend aan een bepaalde energiefunctie, bijvoorbeeld zonnewarmte aan tapwater. In Hoofdstuk 2 zijn de diverse energiedragers toegelicht. Overig elektriciteit bestaat uit het verbruik van huishoudelijke apparaten.

³ De formules voor het gasverbruik voor koken en warm tapwater zijn oorspronkelijk ontwikkeld op de gegevens verzameld in het HOME panelonderzoek uit 2009. Dit aan de hand van gemeten energieverbruiksdata. Dit wordt verder beschreven in een vertrouwelijk rapport: Menkveld et al (2009): Gasverbruik voor koken en warm tapwater, analyses t.b.v. de formules in. HOME, ECN-X-09-107, 2009.

Tabel 3.1: Onderverdeling energiefuncties huishoudens

Energiefunctie huishoudens	Energiedrager(s)	Methode bepaling verbruik energiefunctie
Koken	Aardgas Elektriciteit	Aardgas koken: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013 Elektriciteit koken: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013
Warm water	Aardgas Elektriciteit Zonnewarmte	Aardgas voor warm water: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013 Elektriciteit voor warm water: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013 Zonnewarmte: volledig toegekend aan warm tapwater
Ruimteverwarming	Aardgas Elektriciteit Olie Kolen Biomassa Geleverde warmte Omgevingswarmte	Aardgas voor ruimteverwarming = Totaal aardgas – aardgas koken – aardgas warm water Elektriciteit voor ruimteverwarming: Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013 Overige energiedragers: volledig toegekend aan ruimteverwarming
Hulpverbruik verwarming	Elektriciteit	Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013
Koeling	Elektriciteit	Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013
Verlichting	Elektriciteit	Berekend a.d.h.v. methode ECN, 2013
Overig	Elektriciteit	Overig elektriciteit = Totaal elektriciteit – berekende energiefuncties elektriciteit

3.3.2 Diensten

Het finaal verbruik in de dienstensector is onderverdeeld naar energiefuncties. Om dit te bepalen is per gebouwtype bepaald hoe het energieverbruik verdeeld is over de functies. De oorspronkelijke bron hiervoor is het rapport van Meijer E&M (Meijer en Verweij, 2009). De gegevens uit het rapport zijn verwerkt zijn in het SAVE-S model dat gebruikt wordt voor de KEV-raming. Voor ieder historisch zichtjaar (1995 t/m 2023) is de procentuele onderverdeling naar energiefuncties uit SAVE-S toegepast op het finaal energieverbruik van de dienstensector. De energiefuncties die hierbij worden onderscheiden zijn toegelicht in paragraaf 3.4.2.

Achtergrond

In 2009 heeft Meijer Energie- & Milieumanagement het energieverbruik per functie voor diverse utiliteitsgebouwen geïnventariseerd (Meijer en Verweij, 2009):

- Kantoren
- Sport en recreatie, onderverdeeld in:
 - Zwembaden
 - Sporthallen
 - Kleedruimtes/kantines (buitensport accommodaties)
- Verpleeghuizen
- Ziekenhuizen
- Scholen, onderverdeeld in:
 - Lager onderwijs
 - Middelbaar onderwijs
 - HBO en Universiteiten

- Autobedrijven
- Groothandels
- Supermarkten
- Winkels zonder koeling
- Horeca

Het rapport van (Meijer en Verweij, 2009) beschrijft dat ‘het energieverbruik is gebaseerd op de meest recente gegevens van Meijer E&M of andere bronnen; de balansen zijn gebaseerd op de ervaring die Meijer E&M heeft opgedaan bij energieonderzoeken en –scans in de betreffende branches.’ Er is rekening gehouden met drie bouwjaarklassen (<1975; 1972-1995; >1995), welke zijn geaggregeerd tot een gemiddeld verbruik per bouwtype.

Deze ‘Meijer kentallen’ hebben sindsdien een grote rol gespeeld binnen ECN en later binnen TNO onderzoek (zie bijvoorbeeld: [ECN, 2014](#), [TNO, 2019](#)). Deze kentallen zijn gebruikt in het KEV-rekenmodel voor de dienstensector: [SAVE-Services](#). In dit model wordt het aardgas en elektriciteitsverbruik van 21 bouwtypen/gebruiksfuncties gemodelleerd van 1995 t/m 2050. Het model is voor de historische jaren gekalibreerd op het totale aardgas- en elektriciteitsverbruik uit de CBS statistiek voor de dienstensector. Om het verbruik en de besparing te kunnen simuleren over de jaren wordt per bouwtype een verdeling naar energiefuncties toegepast. Het verbruik per functie verandert over de jaren door bijvoorbeeld veranderingen in de bouwvoorraad en energiebesparende maatregelen.

Opmerking: Het verbruik per energiefunctie is in de loop van het afgelopen decennium echter drastisch veranderd. Denk bijvoorbeeld aan ICT apparatuur, welke binnen de Meijer kentallen nog gebaseerd is op de ICT situatie in 2007 waarin ‘CRT-monitoren’ nog een belangrijke rol speelden. Ook het energieverbruik voor de functie verlichting is drastisch afgenomen door gebruik van energiezuinige verlichting.

Ontwikkelagenda: Om deze redenen is het belangrijk om de energie kentallen per bouwtype ‘regelmatig’ te updaten. Dit updaten is deels gebeurd in de vorm van een TNO rapport voor winkels en een tweede rapport voor kantoren. Voor het updaten van kentallen van de bouwtypen zou het wenselijk zijn om indien mogelijk ook slimme meterdata te betrekken.

3.4 Bronbewerking

3.4.1 Onderverdeling naar energiefuncties bij huishoudens

Voor iedere energiefunctie is een (bottom-up) berekening gemaakt van het aardgas- of elektriciteitsgebruik. Deze berekening is gemaakt uitgaande van het gemiddelde verbruik per type installatie voor een gemiddeld huishouden in Nederland en het aantal huishoudens met dit type installatie. Voor elektriciteit zijn de gegevens en berekeningen voor de verbruiken per type installatie uitgewerkt in het ECN onderzoek uit 2013 (Tigchelaar, 2013). Voor aardgas worden regressieformules gebruikt om het gemiddelde gasverbruik per type installatie voor warm tapwater en koken te berekenen voor een gemiddeld huishouden. Deze formules zijn opgesteld met de gegevens uit het HOME 2009 onderzoekspanel in combinatie met gemeten energieverbruiksdata. Hiermee zijn formules ontwikkeld op basis van de parameters (beïnvloedende factoren voor het energieverbruik). In het ECN onderzoek

uit 2013 zijn deze formules aangepast (Tigchelaar, 2013). Deze aangepaste formules worden gebruikt en hieronder verder besproken. De formule is steeds ingevuld voor een gemiddeld huishouden in Nederland voor elk zichtjaar. De aannames voor de parameters (voor zowel aardgas als elektriciteit) zijn gebaseerd op brongegevens voor meerdere zichtjaren (uit de panelonderzoeken) en worden geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd voor de ontbrekende zichtjaren. Het aantal huishoudens met een bepaald type installatie (voor zowel aardgas als elektriciteit) zijn afkomstig uit brongegevens (CBS statistiek of extrapolatie van panelonderzoeksgegevens naar de woningvoorraad).

Per energiefunctie is het energieverbruik berekend door optelling van het berekende verbruik per type installatie. Het totale aardgas- en elektriciteitsverbruik is afkomstig uit de CBS statistiek. Nadat de verbruiken per functie zijn opgeteld blijft er een restpost over. Met deze restpost wordt de balans sluitend gemaakt. Bij aardgas is 'ruimteverwarming' die restpost. Bij elektriciteit blijft er een restpost over welke vooral huishoudelijke apparaten ('overig') betreft.

Aardgas – Koken

Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Gasverbruik koken per jaar} = \text{Gemiddeld gasverbruik koken per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens dat kookt op aardgas}$$

Waarbij het gemiddeld gasverbruik per huishouden ($\hat{y}$) (in m³/jaar) wordt berekend met de volgende formule:

$$\hat{y} = (9,57 x_1 + 2,90 x_2 + 3,55 x_3 + 0,375 x_4) x_5$$

De variabelen in deze formule worden toegelicht in Tabel 3.2.

Het gasverbruik voor koken wordt bepaald door het aantal personen in een huishouden, het aantal maaltijden dat zij gebruiken, het ovengebruik, het gasgebruik per maaltijd en de afname van het gasgebruik door elektrificering.

De gemiddelde gezinsgrootte is bepaald door het totaal aantal inwoners van Nederland te delen door het aantal bewoonde woningen. Beide gegevens zijn beschikbaar bij het CBS.

Voor het ovengebruik per week in elk zichtjaar is de waarde hierover uit het HOME onderzoek vermenigvuldigd met het aandeel huishoudens met een gasfornuis dat ook een gasoven bezit. Gegevens hierover zijn afkomstig uit de BEK en HOME onderzoeken (Tigchelaar, 2013) en de WoON energiemodule 2018.

Er is gevonden dat het gasverbruik per jaar voor koken in de periode 1987-2009 gemiddeld met 0,375 m³ per jaar afneemt. Het ECN rapport (Tigchelaar, 2013) haalt hierbij het tijdsbestedingsonderzoek van het Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP) aan dat laat zien dat de tijd die besteed wordt aan koken per maaltijd is afgenomen, door bijvoorbeeld een toename van het aantal kant-en-klaar maaltijden. Door de afgenomen tijdsbesteding is ook het energiegebruik voor koken afgenomen. Er was geen bron gevonden om dit effect te bepalen voor elk zichtjaar, maar er is een inschatting gemaakt op basis van de twee ijkmomenten 1987 en 2009. Als op basis van de (eerdere) regressieformule bepaald wordt wat het gasverbruik voor koken zou moeten zijn in 1987 dan is er een verschil van 8,25 m³ per jaar, zelfs als rekening gehouden is met toenemende elektrificatie. Dit verschil wordt toegeschreven aan het afnemende gemiddelde gasverbruik per maaltijd. Bij een

gelijkmatige afname van deze vraag over de periode betekent dit dat hierdoor het gasverbruik $0,375 \text{ m}^3$ per jaar lager is geworden. In de aangepaste regressieformule wordt $0,375 \text{ m}^3$ per jaar opgeteld voor ieder jaar eerder dan 2009, en wordt $0,375$ afgetrokken voor ieder jaar na 2009.

Ontwikkelagenda: Door TNO moet aan de hand van recentere gegevens over koken onderzocht worden in hoeverre deze eerder veronderstelde afname met $0,375 \text{ m}^3/\text{jaar}$ voor koken nog stand houdt in recentere jaren.

De factor elektrificering geeft aan wat de verhouding is van de warmtevraag voor koken die wordt ingevuld met gas ten opzichte van elektriciteit. Dit voor woningen met een gasfornuis. Vanuit het elektriciteitsverbruik per type apparaat en de warmtevraag voor koken per zichtjaar is deze verhouding afgeleid.

Voorbeeldberekening factor elektrificering (Tigchelaar, 2013): In 2009 werd gemiddeld 165 kWh aan elektriciteit en $37,8 \text{ m}^3$ aardgas gebruikt voor koken. Met een verondersteld rendement van 45% voor elektrisch koken en 40% voor koken op gas is dan in totaal 0,75 GJ aan warmte geproduceerd. In 1987 was dit in totaal 1,03 GJ. In 2009 was aardgas goed voor 64% van de warmte en in 1987 was dit 84%. In 1987 was het aandeel aardgas daarmee $84/64 = 1,33$ keer groter dan in 2009. De ‘elektrificeringsfactor’ ten opzichte van 2009 is toegevoegd aan de formule.

Tabel 3.2: Formule parameters aardgas voor koken

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde gasverbruik koken per huishouden (m^3/jaar)	31,93	berekend
x_1	Gezinsgrootte	2,18	CBS
x_2	Maaltijden per week	7,44	1995-2012: HOME, BAK-formule 2013-2017: interpolatie 2018: WoON2018 vanaf 2018: extrapolatie o.b.v. trend van afgelopen 4 jaar
x_3	Ovengebruik per week	0,04	1995-2012: HOME 2013-2017: interpolatie 2018: WoON2018 vanaf 2018: extrapolatie
x_4	aantal jaren voor 2009	-14	-
x_5	factor elektrificering	0,85	1995-2012: HOME 2012, VHK 2008, BEK Vanaf 2012 extrapolatie
-	aantal huishoudens dat kookt op aardgas	5.415.261	1995-2012: HOME 2013-2017: interpolatie 2018: WoON2018 vanaf 2018: extrapolatie

Aardgas – warmwater

Het gasverbruik voor warm water wordt berekend voor de volgende toestellen: keukengeiser, badgeiser, gasboiler en combi-ketel. Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Gasverbruik per type toestel per jaar} = \text{Gemiddeld gasverbruik warm water per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens met type toestel}$$

Waarbij het gemiddeld gasverbruik per huishouden ($\hat{y}$) (in m³/jaar) wordt berekend met formules die verschillen per type toestel.

Specifiek geldt voor de keukengeiser:

$$\hat{y} = 93 + 40,9 x_1 - 10,2 x_2 + 12,01 x_3 + 5,62 x_4 + 11,25 x_5$$

Voor de badgeiser:

$$\hat{y} = 93 + 40,9 x_1 - 10,2 x_2 + 17,89 x_3 + 6,86 x_4 + 13,73 x_5$$

Voor de gasboiler:

$$\hat{y} = 250 + 48,56 x_1 - 10,2 x_2 + 27,35 x_3 + 9,31 x_4 + 18,62 x_5$$

En voor de combi-ketel:

$$\hat{y} = (61,2 + 68,21 (x_1 + 0,13) - 4,66 ((x_1 + 0,13) x_2) + 5,04 x_4 x_{11} / 8,03 / (x_9 / 0,49) + 7 x_5 - 0,45 x_6 + 12,14 x_7 + x_{12} * -24,91) / x_{10} + 2,62 x_8$$

De variabelen in deze formules worden toegelicht in Tabel 3.4.

In deze formules wordt onder meer rekening gehouden met waterbesparende maatregelen, het toenemend rendement van warmwatertoestellen, veranderende douchetijden en de toename van het aantal close-in boilers. Er wordt ook rekening gehouden met toename van het rendement van de combi-ketel over de jaren.

De gemiddelde gezinsgrootte is bepaald door het totaal aantal inwoners van Nederland te delen door het aantal bewoonde woningen (zie aardgas voor koken). De hier genoemde gezinsfactor (x_1) is een gewogen gemiddelde gezinsfactor, gewogen naar het aantal huishoudens met een bepaald aantal personen per gezin. De gewogen gemiddelde gezinsfactor in 2023 is 2,18. Deze wordt afgeleid van de gezinsgrootte, oftewel het aantal personen in het huishouden volgens Tabel 3.3 en het aantal huishoudens per gezinsgrootte. De gezinsgrootte van woningen met een combi-ketel is vaak iets groter. Daarom is de gezinsfactor voor combi-ketels met 0,13 opgehoogd.

Tabel 3.3: Bepaling van de gezinsfactor op basis van de gezinsgrootte (Tigchelaar, 2013)

Gezinsgrootte	1	2	3	4	5 of meer
Gezinsfactor	1,29	2,38	3,12	3,17	3,55

Tabel 3.4: Formule parameters aardgas voor warmwater

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per type toestel (m ³ /jaar)	Keukengeiser: 265 Badgeiser: 292 Gasboiler: 513 Combi-ketel: 202	berekend
x_1	de gezinsfactor	2,18	CBS
x_2	aanwezigheid vaatwasser	75%	HOME, WoOn2018
x_3	het aantal personen in het gezin	2,10	CBS
x_4	het gecorrigeerd aantal douches per huishouden per week	10,86	HOME, WoON 2018, resultaten enquêtes VEWIN
x_5	het gecorrigeerd aantal baden per huishouden per week	0,34	Resultaten enquêtes VEWIN
x_6	het aantal dagen waarop men afwezig was (opgehoogd naar geheel jaar)	20	HOME, WoON 2018
x_7	het percentage combivat	27,5%	BAK en HOME data, WoON 2018
x_8	Aantal jaren voor 2009	-13	-
x_9	waterbesparing	0,63	VEWIN
x_{10}	rendement combi-ketels	1,03	KWR en WoON en EPA. HOME 2015
x_{11}	Douche-minuten	8	VEWIN
x_{12}	Aandeel close-in-boiler	14%	Energimodule WoON en interpolatie
-	aantal woningen met keukengeiser	53.640	SAWEC o.b.v. HOME en WoOn
-	aantal woningen met badgeiser	35.062	SAWEC o.b.v. HOME en WoOn
-	aantal woningen met gasboiler	27.284	SAWEC o.b.v. HOME en WoOn
-	aantal woningen met combi-ketel	6.672.321	SAWEC o.b.v. HOME en WoOn

Aardgas - ruimteverwarming

Het gasverbruik voor ruimteverwarming wordt berekend als het verschil tussen het totale aardgasgebruik minus koken en warm tapwater.

Elektriciteit – koken

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor de volgende apparaten: standaard elektrisch fornuis, elektrische oven, losse oven en combimagnetron.

Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Totaal elektriciteitsverbruik per type toestel} = \text{Gemiddeld elektriciteitsverbruik toestel per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens met type toestel}$$

Waarbij het gemiddeld verbruik per type toestel per huishouden ($\hat{y}$) (in kWh/jaar) bepaald is per type toestel.

Het gemiddelde verbruik van een standaard elektrisch fornuis is berekend o.b.v. de aanname dat dezelfde warmtevraag wordt ingevuld als met koken op aardgas. Er wordt hierbij rekening gehouden met dezelfde afname van de warmtevraag voor koken over de jaren als bij aardgas.

Het gemiddelde verbruik van een elektrische oven of losse oven is berekend vanuit het verbruik zoals bepaald door van Holsteijn en Kemna en gecorrigeerd voor het ovengebruik per zichtjaar. Het gemiddelde ovengebruik per week (parameter x3, zie koken op aardgas) is gebruikt om het verbruik voor de verschillende zichtjaren mee te corrigeren. Voor een combimagnetron in een vast gemiddelde verbruik gehanteerd. Het stand-by gebruik van de elektrische oven en magnetron is meegerekend.

Het aantal woningen met een standaard elektrisch fornuis is berekend door het aantal woningen dat op gas kookt af te trekken van het totaal aantal particuliere huishoudens van CBS. Voor de andere drie toestellen zijn marktpenetratiegraden gehanteerd op basis van onderzoeken HOME en WoON en wordt interpolatie en extrapolatie toegepast voor de ontbrekende jaren.

Tabel 3.5: Formule parameters koken elektrisch

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per toestel per huishouden (kWh/jaar)	standaard elektrisch fornuis: 321 elektrische oven: 14 losse oven: 3 combimagnetron: 96	Berekend
-	aantal woningen met standaard elektrisch fornuis	2.854.983	SAWEC o.b.v. HOME en WoOn
-	aantal woningen met elektrische oven	3.598.093	SAWEC o.b.v. HOME en WoOn
-	aantal woningen met losse oven	744.322	SAWEC o.b.v. HOME en WoOn
-	aantal woningen met combimagnetron	2.682.903	SAWEC o.b.v. HOME en WoOn

Elektriciteit – warmwater

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor een elektrische boiler, close-in-boiler en voor warmtepompen. Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Totaal elektriciteitsverbruik per type toestel} = \text{Gemiddeld elektriciteitsverbruik toestel per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens met type toestel}$$

Waarbij het gemiddeld verbruik per type toestel per huishouden ($\hat{y}$) (in kWh/jaar) bepaald wordt per type toestel. Deze gegevens zijn voor de elektrische boiler en close-in boiler afkomstig uit een schatting van Van Holsteijn en Kemna uit 2008 (Tigchelaar, 2013). Voor de elektrische boiler en close-in-boiler is één vaste aanname gedaan over het gemiddeld jaarverbruik. Het gemiddelde verbruik van een warmtepomp voor warm water per zichtjaar is afgeleid vanuit het aardgasgebruik voor warm water door een combi-ketel op gas en deze om te rekenen naar warmtevraag via een efficiency van 80% en vervolgens via een COP van 2,5 voor warm water om te rekenen naar elektriciteitsverbruik.

Tabel 3.6: Formule parameters warmwater elektrisch

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per toestel per huishouden (kWh/jaar)	Warmtepompen: 570 elektrische boiler: 1403 close-in boiler: 219	Tigchelaar, 2013
-	aantal woningen met warmtepompen met warmwatervoorziening	560.848	CBS aantallen, exclusief lucht-lucht
-	aantal woningen met elektrische boiler	246.126	Energiemodule WoON en interpolatie en extrapolaties; CBS aantal particuliere huishoudens
-	aantal woningen met close-in boiler	1.065.651	Energiemodule WoON en interpolatie en extrapolaties; CBS aantal particuliere huishoudens

Voor de elektrische boiler en close-in-boiler zijn marktpenetratiegraden gehanteerd op basis van onderzoek WoON en wordt interpolatie en extrapolatie toegepast voor ontbrekende jaren. De marktpenetratiegraden zijn vermenigvuldigd met het aantal particuliere huishoudens in het zichtjaar van CBS.

Voor warmtepompen worden de CBS aantallen in de CBS statistiek gehanteerd exclusief lucht-lucht warmtepompen.

Elektriciteit – ruimteverwarming

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor elektrische vloerverwarming, bijverwarming en warmtepompen. Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Totaal elektriciteitsverbruik per type installatie} = \text{Gemiddeld elektriciteitsverbruik installatie per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens met type installatie}$$

Het gemiddelde verbruik van een warmtepomp voor ruimteverwarming is afgeleid vanuit de CBS statistiek. Het totale elektriciteitsverbruik is gedeeld door het aantal warmtepompen om tot een gemiddeld elektriciteitsverbruik per warmtepomp te komen. Vervolgens is het gemiddelde verbruik voor warm water hiervan afgetrokken. Voor vloer- en bijverwarming is een vast getal gebruikt (eigen aannames).

Tabel 3.7: Formule parameters ruimteverwarming elektrisch

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per toestel per huishouden (kWh/jaar)	Warmtepompen: 2.822 elektrische vloerverwarming: 158 elektrische bijverwarming: 210	Warmtepompen o.b.v. CBS Vloer- en bijverwarming een vast getal (eigen aannames)
-	aantal woningen met warmtepompen	560.848	CBS aantallen, exclusief lucht-lucht

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
-	aantal woningen met elektrische vloerverwarming	997.702	WoON met inter en-extrapolatie
-	aantal woningen met elektrische bijverwarming	253.440	WoON met inter en-extrapolatie

Voor de elektrische vloerverwarming en bijverwarming zijn marktpenetratiegraden gehanteerd op basis van onderzoek WoON en wordt interpolatie en extrapolatie toegepast voor ontbrekende jaren. De marktpenetratiegraden zijn vermenigvuldigd met het aantal particuliere huishoudens in het zichtjaar van CBS. Voor het elektriciteitsverbruik is voor ieder één vaste aanname gedaan van het gemiddeld jaarverbruik.

Voor warmtepompen worden de aantallen in de CBS statistiek gehanteerd exclusief lucht-lucht warmtepompen.

Elektriciteit – hulpverbruik verwarming

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor de hulpenergie die nodig is voor verwarming met blokverwarming, stadsverwarming en CV-ketels met verschillende rendementen namelijk CR, VR en HR. Daarbij wordt per installatie de volgende formule gebruikt:

$$\text{Totaal verbruik per type installatie} = \text{Gemiddeld elektriciteitsverbruik installatie per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens per type installatie}$$

Tabel 3.8: Formule parameters hulpenergie elektrisch

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per installatie per huishouden (kWh/jaar)	Blokverwarming: 102 Stadsverwarming: 102 CR: 305 VR: 305 HR: 136	Blokverwarming: één vaste aanname Stadsverwarming één vaste aanname CR: één vaste aanname VR: één vaste aanname HR: één vaste aanname
-	aantal woningen per type installatie	Blokverwarming: 389.915 Stadsverwarming: 548.735 CR: 0 VR: 0 HR: 6.954.972	CBS aantallen

Voor het aantal huishoudens per soort verwarmingsinstallatie (CV-ketel, stadsverwarming en blokverwarming) is gebruik gemaakt van de CBS statistiek [Woningen; hoofdverwarmingsinstallaties, regio \(cbs.nl\)](#). Vervolgens is voor CV-ketels een nadere onderverdeling gemaakt van het soort CV-ketel met behulp van marktpenetratie percentages uit HOME en WoON met interpolatie en extrapolatie voor ontbrekende jaren.

Elektriciteit – ruimtekoeling

Het elektriciteitsverbruik voor airconditioning wordt berekend voor vaste en losse airco's. Daarbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Totaal verbruik per type airco (kWh/jaar)} = \text{Gemiddeld elektriciteitsverbruik type airco per huishouden per jaar} * \text{aantal huishoudens per type airco.}$$

Tabel 3.9: Formule parameters airco's

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik per airco (kWh/jaar)	vaste airco: 172,6 losse airco: 297,1	Vanaf 2020: gebruik geschat o.b.v. gebruiksgegevens over 2021 en 2022 en aantal zomerse dagen Eerder dan 2020: Inschatting van Van Holsteijn en Kemna
-	aantal woningen met vaste airco	1.325.657	CBS aantallen, aantal lucht-lucht warmtepompen
-	aantal woningen met losse airco	623.839	Eerder dan 2019: HOME en WoOn onderzoek Vanaf 2019: gebaseerd op verhouding vast: los uit diverse enquête-onderzoeken (Memo2, TNO 2021/ Motivaction 2021, TNO 2022, Motivaction 2023, CBS Beleving)

Voor vaste airco's zijn de aantallen gehanteerd voor lucht-lucht warmtepompen uit de CBS statistiek (CBS, 2024a) Het uitgangspunt is dat dit vaste airco's zijn.

Via aannames gebaseerd op vragenlijsten - zie hiervoor de [TNO studie naar de koelvraag bij huishoudens](#) - is afgeleid hoe de verdeling vaste versus losse airco's er uitziet in de jaren 2019 t/m 2023. Ter illustratie: voor 2022 is de verdeling vaste: losse airco's 50:50. Via deze verdeling en het aantal vaste airco's is berekend om hoeveel losse airco's het gaat. Voor zichtjaar 2023 is het CBS onderzoek 'Beleving' gebruikt, waaruit een verdeling vast: los van 68% : 32% kwam. Voor jaren eerder dan 2019 zijn aantallen losse airco's uit het HOME onderzoek gebruikt (1995 t/m 2012) en voor zichtjaar 2018 uit het WoOn onderzoek. Tussentijdse jaren zijn geïnterpoleerd.

Voor het elektriciteitsverbruik van airco's is tot en met zichtjaar 2019 een vaste aanname gedaan over het gemiddeld jaarverbruik per airco. Voor vaste airco's is uitgegaan van 292,8 kWh/jaar en voor losse units van 85,6 kWh/jaar. Beide verbruiken zijn geschat door Van Holsteijn en Kemna, op basis van het gegeven dat het gebruik van losse units beperkt blijft tot de op zeer warme dagen en vaste airco's vaker gebruikt worden (Tigchelaar, 2013).

Opmerking: Onduidelijk is wat de achterliggende aannames zijn voor het koelvermogen (W) en gebruiksuren op basis van de schatting Van Holsteijn en Kemna. Wel vallen de gehanteerde waarden binnen de [literatuurrange van TNO onderzoek naar energie voor ruimtekoeeling](#).

Voor zichtjaren vanaf 2020 heeft TNO nieuwe inschattingen gemaakt en het jaarverbruik van airco's geschat o.b.v. gebruiksgegevens over 2021 en 2022. Er is voor de verschillende jaren rekening gehouden met het aantal zomerse dagen; 32, 20, 35 en 38 in respectievelijk 2020 t/m 2023. Het verbruik van een vaste airco in 2023 komt uit op 173 kWh/jaar en voor een losse 297 kWh/jaar. *Opmerking:* Deze inschatting verschilt dus aanmerkelijk met de inschatting voor de eerdere zichtjaren. Zie ontwikkelagenda.

Ontwikkelagenda: Er is onzekerheid omtrent het gemiddelde energieverbruik van airco's. Het energieverbruik van airco's neemt mogelijk toe in de toekomst, omdat het gebruik mogelijk toeneemt, vanwege langere en warmere zomers en een toenemende behoefte aan comfortkoeling. Aan de andere kant kunnen de apparaten zuiniger worden bijvoorbeeld door Europese Ecodesign normen. Het is daarom aan te bevelen om het gebruik van airconditioners in de toekomst beter te monitoren. Een van de mogelijke manieren is marktonderzoek naar het bezit en gebruik van airco's. De berekeningsmethode voor het energieverbruik van airco's in recente jaren is gebaseerd op de [berekeningsmethode](#) die is ontwikkeld door TNO in 2024 rekening houdend met aantal zomerse dagen in een jaar. Voor het verleden is het aan te raden om het energieverbruik te heroverwegen en het aantal zomerse dagen te betrekken in de inschatting.

Elektriciteit – verlichting

Hierbij wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Totaal verbruik verlichting} = \text{Gemiddeld elektriciteitsverbruik verlichting per huishouden per jaar} \times \text{aantal huishoudens}$$

Tabel 3.10: Formule parameters verlichting

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
$\hat{y}$	gemiddelde verbruik verlichting per huishouden (kWh/jaar)	Zone 1: 137 Zone 2: 90 Zone 3: 31 Zone 4: 15 Totaal: 272	berekend
	aantal lampen in een huishouden per soort lamp per verlichtingszone	Zone 1 Gloeilamp: 1,1 Halogeen: 1,2 Spaar: 2,9 TL: 0,5 LED: 4,9 Zone 2 Gloeilamp: 3,4 Halogeen: 2,8 Spaar: 2,3 TL: 0,2 LED: 0,5 Zone 3 Gloeilamp: 2,2 Halogeen: 1,9 Spaar: 2,5 TL: 1,8 LED: 0,8 Zone 4 Gloeilamp: 0,6 Halogeen: 0,4 Spaar: 1,1 TL: 0,1 LED: 0,4	HOME, WoON 2018, EVA

parameter	toelichting parameter	Waarde in 2023	bronnen
	vermogen per type lamp (W)	Gloeilamp: 43 Halogeen: 23 Spaar: 12 TL: 36 LED: 5	EVA (constant over de jaren)
	branduren van elk soort lamp per verlichtingszone (uur/jaar).	Zone 1 : 890 Zone 2: 360 Zone 3: 130 Zone 4: 280	EVA (constant over de jaren)
-	aantal huishoudens	8.270.244	CBS aantal particuliere huishoudens

Het elektriciteitsverbruik wordt berekend voor een gemiddeld huishouden. Het gemiddelde elektriciteitsverbruik per huishouden ($\bar{y}$) wordt berekend voor vier verlichtingszones in de woning:

- zone 1 Woonkamer en keuken
- zone 2 Hoofdslaapkamer, badkamer en overloop/hal
- zone 3 Overige binnenruimten
- zone 4 Tuin en buitenruimte.

Er is een aanname gedaan voor het aantal lampen in een huishouden per soort lamp per verlichtingszone. Verder is een aanname gedaan over het vermogen per type lamp (W). Daarnaast is er een aanname over de branduren van elk soort lamp per verlichtingszone (uur/jaar). Deze aannames zijn afkomstig uit het [EVA model](#) (Elektriciteitsverbruik Van Apparaten) van PBL.

EVA is eind jaren '00 ontwikkeld door ECN en gekoppeld aan het SAWEC model. In EVA is de volgende informatie gebruikt:

- Omvang van de bestaande woningvoorraad en de ontwikkeling van de voorraad in de toekomst (aantal). Bron: CBS
- Penetratiegraad per apparaat Bron: VHK (2008), HOME (2015), VLEHAN (2018)
- Gemiddelde gebruiksduur per apparaat (uren) en gebruiksfactoren (bijv. beladingsgraad). Bron: VHK (2008)
- Gemiddeld vermogen per apparaat voor historische jaren (Watt). Bron: VHK (2008)
- Inschattingen van het effect van Ecodesign beleid op de penetratiegraad en vermogen van apparaten. Bron: eceee (2018), Europese Commissie (2018).

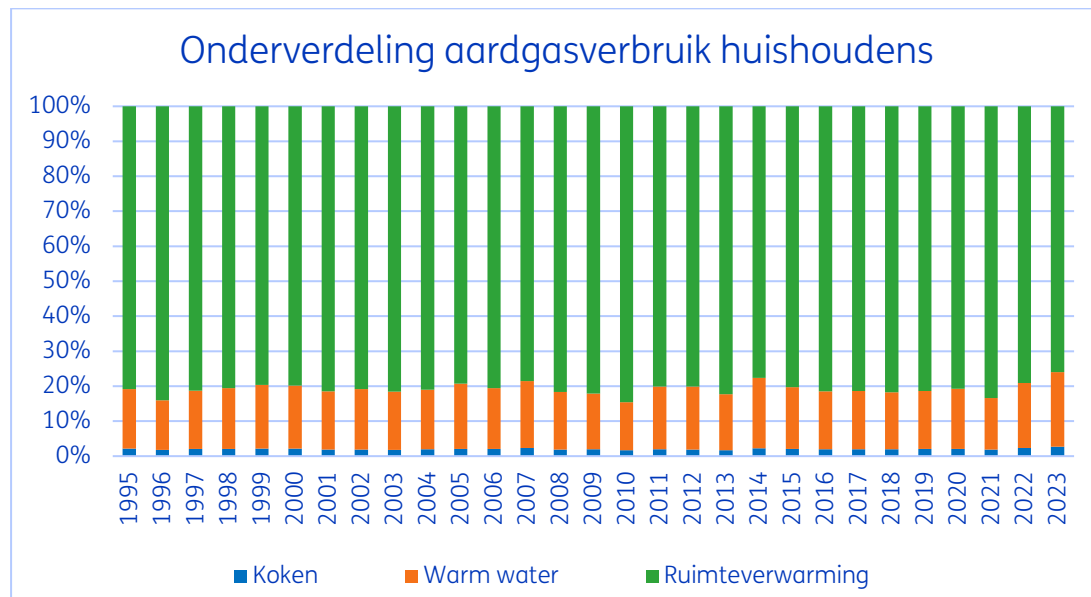
Bij verlichting onderscheidt het model vijf lamptypen (gloe-, tl-, halogeen-, spaar- en ledlamp) alsof het aparte apparaten zijn. Hierdoor kan de ingroei van energiezuinige lampen worden gemodelleerd. Voor zone 1 woonkamer en keuken is uitgegaan dat het totaal aantal lampen gelijk blijft aan het aantal in 2018 in het laatste peiljaar. De afname in onzuinige lampen wordt opgevangen door een toename in aantal led lampen.

Elektriciteit - overige apparaten

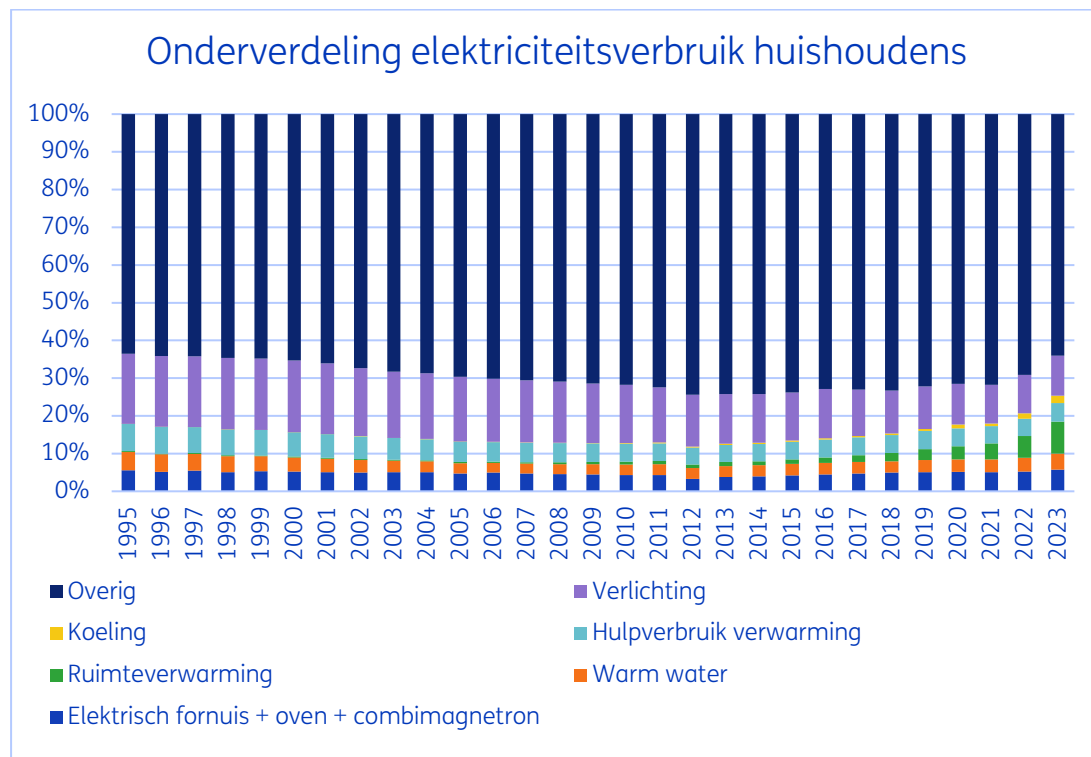
Dit elektriciteitsverbruik is een restpost die overblijft na aftrek van de berekende functies op het totaal elektriciteitsverbruik.

Resultaat: onderverdeling aardgas en elektriciteitsverbruik huishoudens

De procentuele onderverdeling naar energiefunctie voor het aardgas- en elektriciteitsverbruik is weergegeven in Figuren 3.3. en 3.4.



Figuur 3.3: Procentuele onderverdeling finaal aardgasverbruik per functie huishoudens (bron: berekening TNO). Zonder weerscorrectie ruimteverwarming.



Figuur 3.4: Procentuele onderverdeling finaal elektriciteitsverbruik per functie huishoudens (bron: berekening TNO)

3.4.2 Onderverdeling naar energiefuncties bij diensten

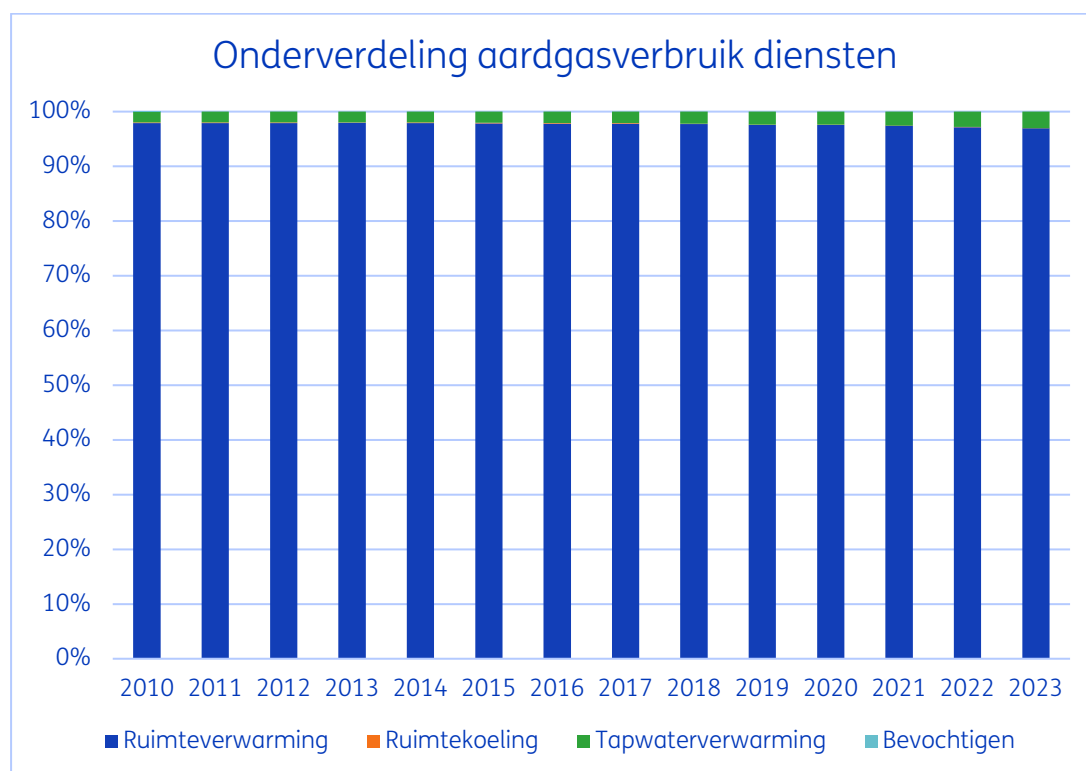
De procentuele onderverdeling naar energiefuncties uit het SAVE-Services model wordt toegepast op het finaal verbruik in de dienstensector. Figuren 3.5. en 3.6 laten deze onderverdeling zien.

Omdat het SAVE-S model onderscheid maakt in diverse zeer specifieke energiefuncties zijn sommige van deze energiefuncties samengenomen om te komen tot de indeling in functies zoals weergegeven in de *RVO Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving*. Onderstaande tabel geef aan welke categorieën samengevoegd zijn.

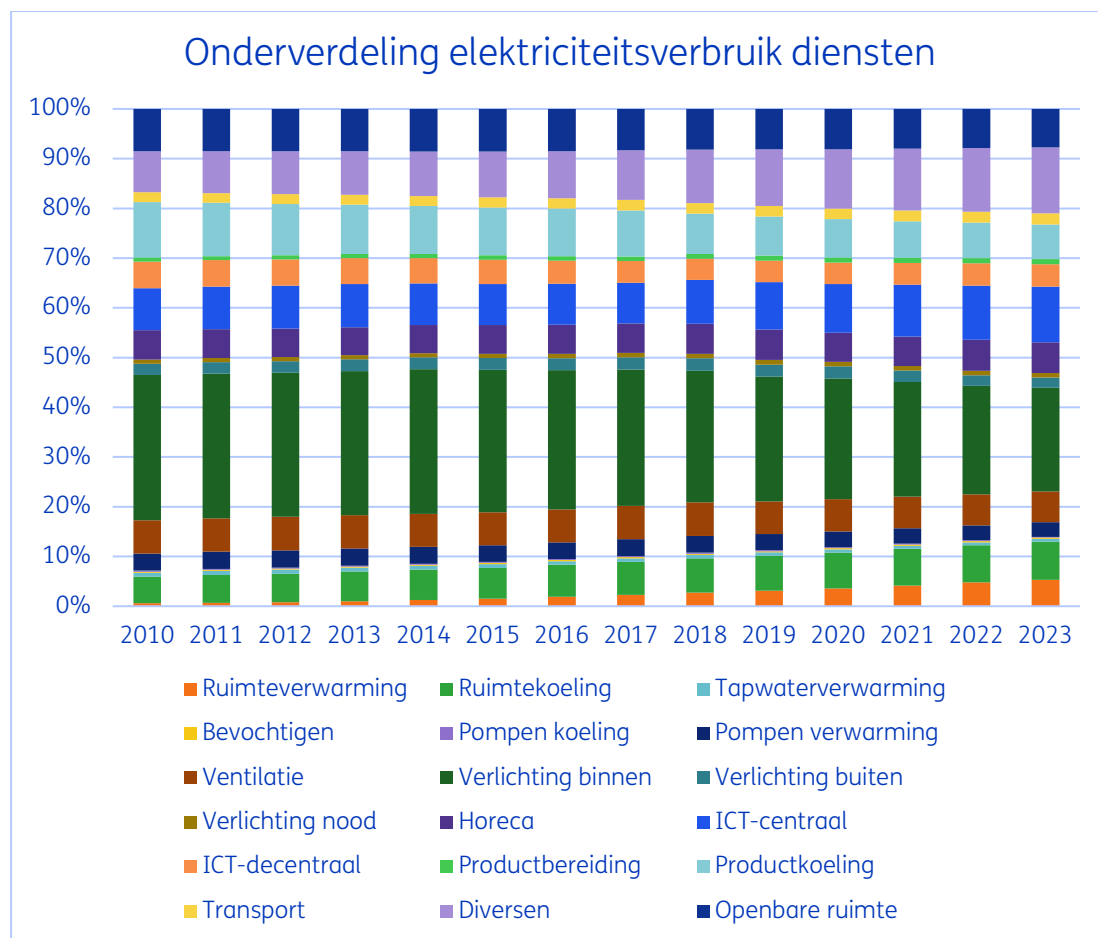
Tabel 3.11: Onderscheiden energiefuncties diensten

Energiefunctie diensten	Methode bepaling energieverbruik per zichtjaar
Ruimteverwarming	SAVE-S
Ruimtekoeling en ventilatie	SAVE-S
Tapwaterverwarming	SAVE-S
Productbereiding en -koeling, horeca	SAVE-S
Diversen*	SAVE-S
Verlichting	SAVE-S
ICT centraal en decentraal	SAVE-S
Transport	SAVE-S
Openbare ruimte	SAVE-S

*inclusief bevochtiging en pompen voor verwarming en koeling



Figuur 3.5: Procentuele onderverdeling finaal aardgasverbruik per functie diensten (bron: berekening TNO)



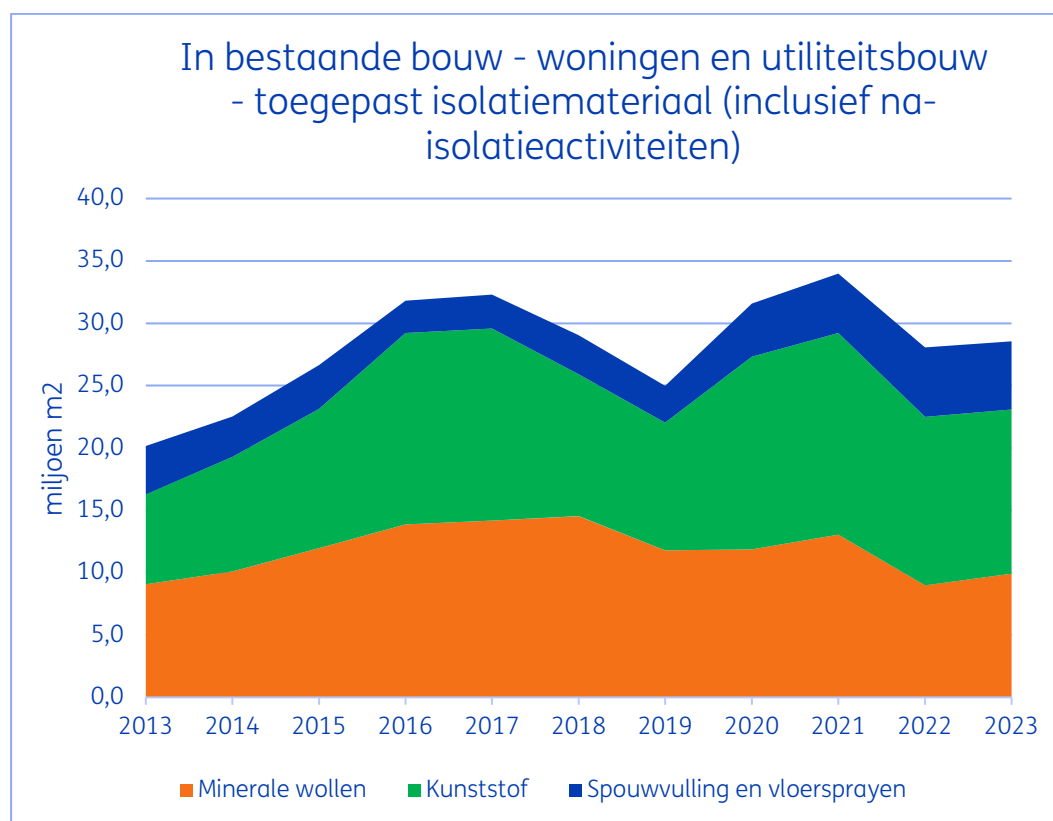
Figuur 3.6: Procentuele onderverdeling finaal elektriciteitsverbruik per functie diensten (bron: berekening TNO)

4 Energiebesparing en CO₂-reductie

Eerst worden de totale verkoopcijfers over vierkante meters isolatie en aantallen verwarmingsinstallaties in de bestaande bouw weergegeven, zie 4.1. Voor warmtepompen en zonneboilers heeft TNO een inschatting gemaakt van het aantal dat in de bestaande bouw geplaatst wordt. Vervolgens zijn in 4.2 de vierkante meters isolatie en de aantallen installaties nader uitgesplitst naar type maatregel en marktsegmenten woning en utiliteitsbouw (zoals door TNO berekend). In 4.3 wordt de door TNO berekende energiebesparing weergegeven en in 4.4 de berekende CO₂-reductie. Vervolgens wordt vanaf 4.5 de brondata en methode voor de gegevensverwerking en berekening van de energiebesparing verder toegelicht.

4.1 Verkoopcijfers bestaande bouw

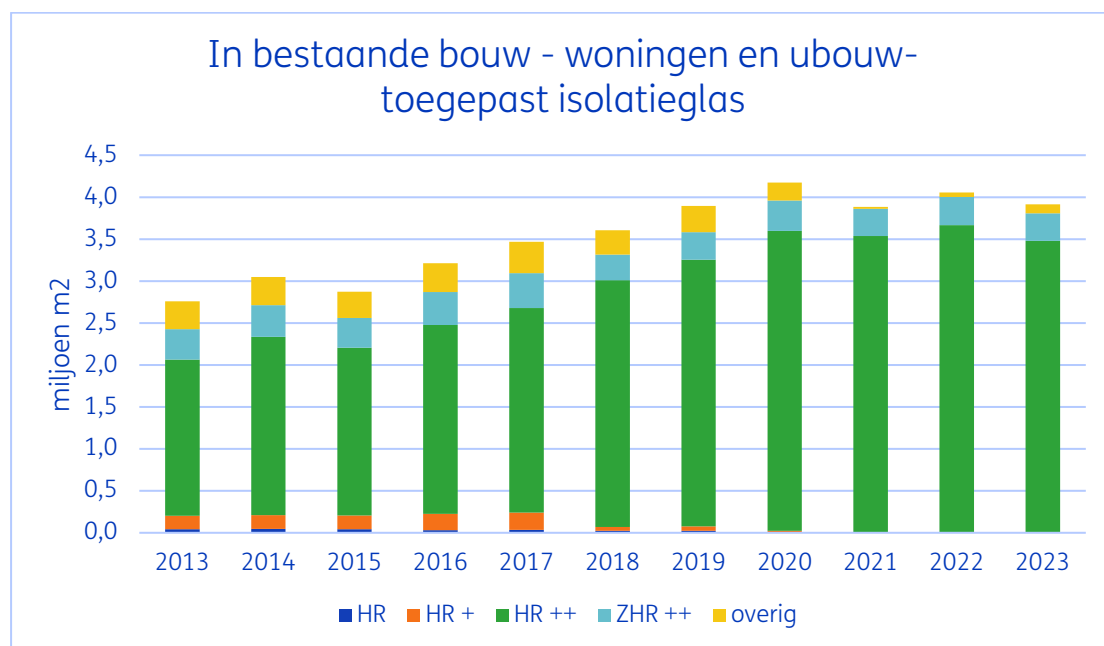
Figuur 4.1 toont de afzet in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van isolatiemateriaal (inclusief na-isolatieactiviteiten). Deze figuur is exclusief isolatieglas.



Figuur 4.1: In bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw- toegepast isolatiemateriaal in mln. m² (inclusief na-isolatieactiviteiten) (bron: Buildsight⁴)

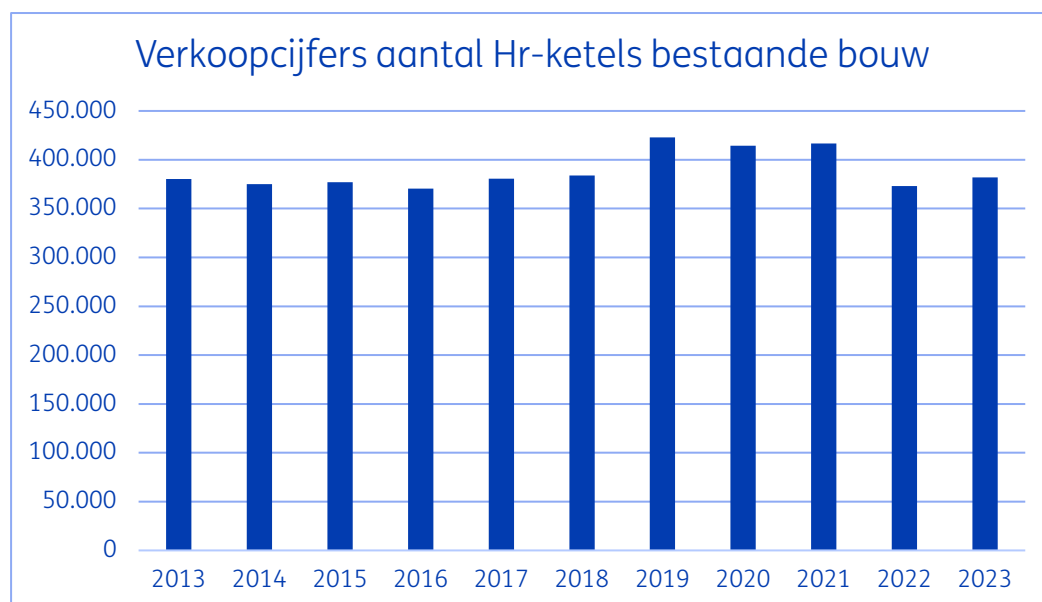
⁴ Inclusief update in verkoopcijfers bestaande bouw n.a.v. herziening door Buildsight in 2024.

Figuur 4.2 toont de afzet in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van toegepast isolatieglas in mln. m².



Figuur 4.2: In bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw- toegepast isolatieglas x mln. m². (bron: Buildsight). ZHR++ betreft tripleglas. De categorie 'overig' betreft vacuümglas.

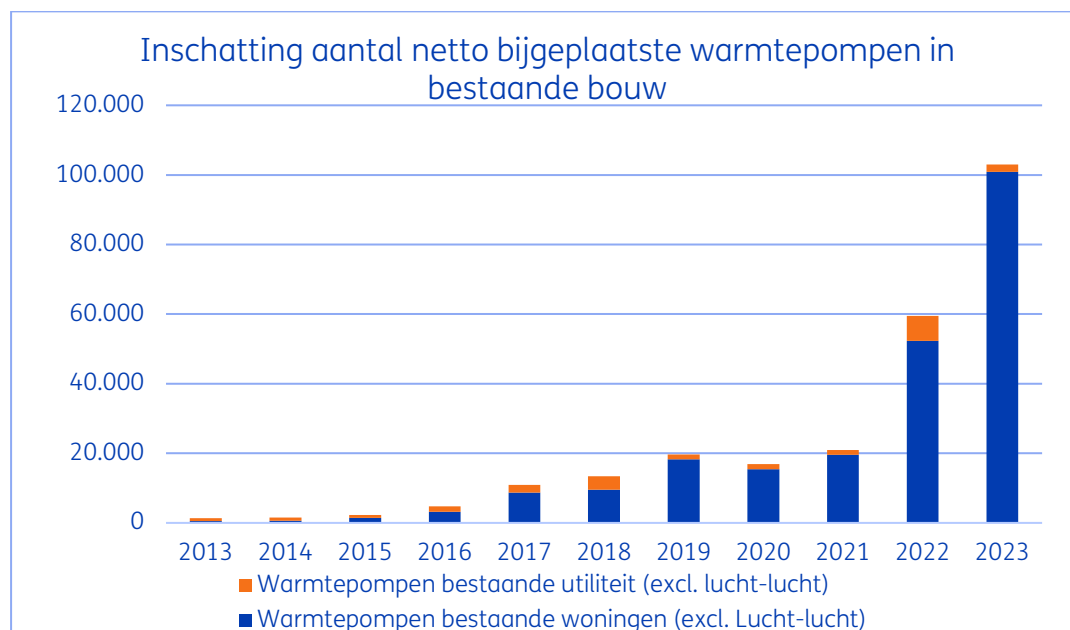
Figuur 4.3 toont de afzet in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van Hr-ketels.



Figuur 4.3: In bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw- verkochte Hr-ketels (bron: Buildsight⁵)

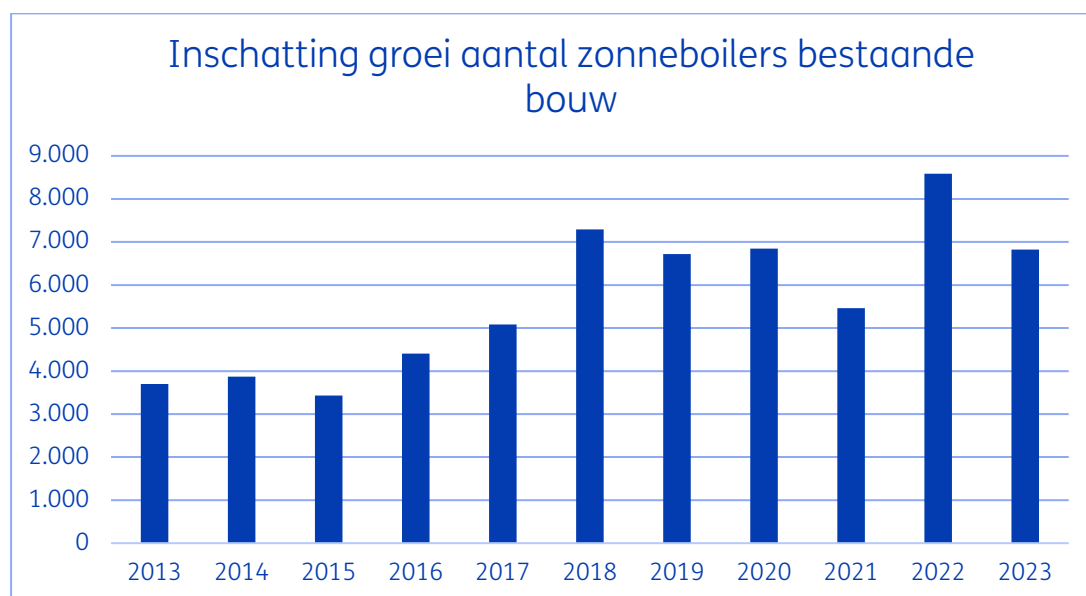
⁵ Inclusief update in verkoopcijfers bestaande bouw n.a.v. herziening door Buildsight in 2024.

Figuur 4.4 toont de ingeschatte netto groei in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van warmtepompen. Dit is netto aangezien rekening is gehouden met uit gebruik name. De (netto) toename van warmtepompen in bestaande woningen is in 2022 en met name in 2023 flink gestegen.



Figuur 4.4: Inschatting in bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw- netto bijgeplaatste warmtepompen (bron: berekening TNO)

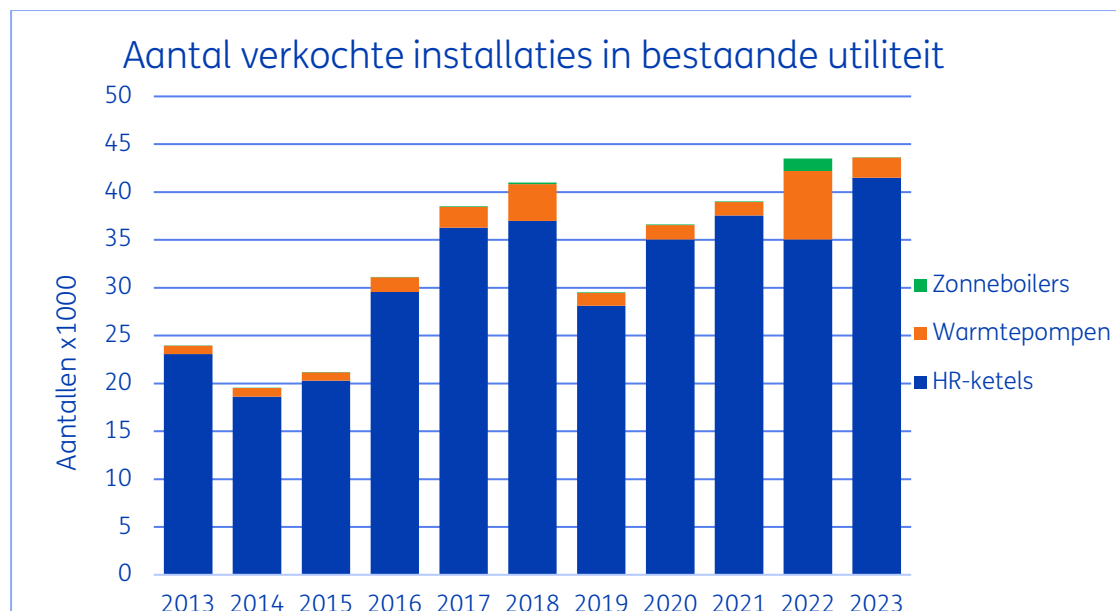
Figuur 4.5 toont de ingeschatte groei in de bestaande bouw (woningen en utiliteitsbouw) van het aantal afgedekte zonnecollectoren (zonneboilers) met een collectoroppervlak van <6 m².



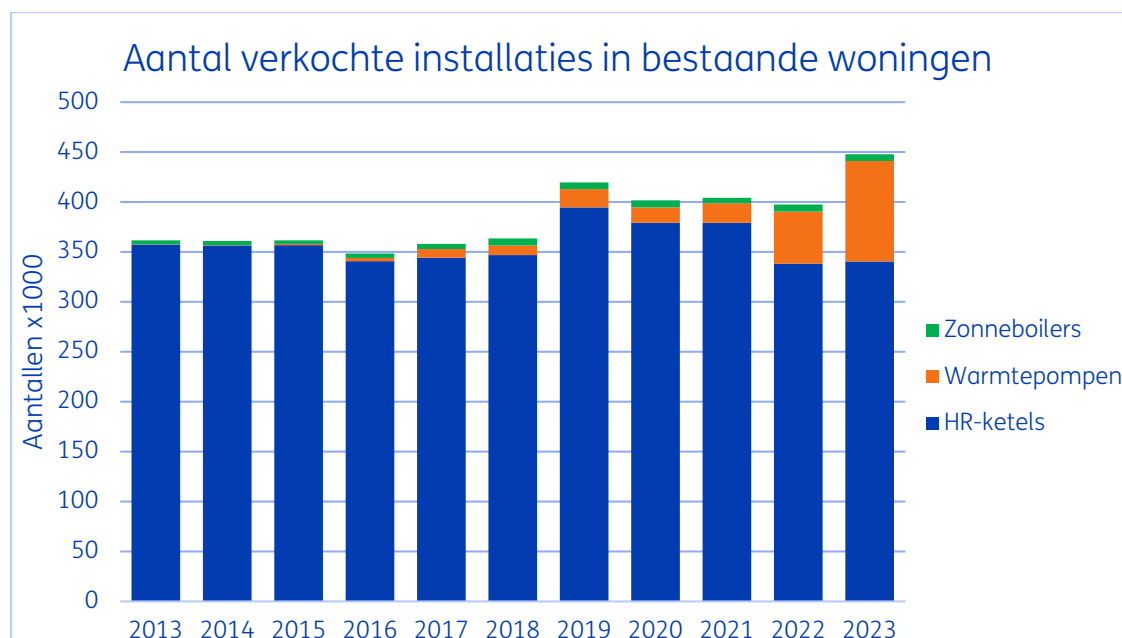
Figuur 4.5: Inschatting aantal in bestaande bouw - woningen en utiliteitsbouw - bijgeplaatste afgedekte zonnecollectoren met een collectoroppervlak van <6 m² (bron: berekening TNO)

4.2 Resultaat installaties en isolatie per marksegment

Het aantal verkochte (bijgeplaatste) installatiemaatregelen naar installatietype in de utiliteitsbouw is weergegeven in Figuur 4.6 en voor woningbouw in Figuur 4.7.

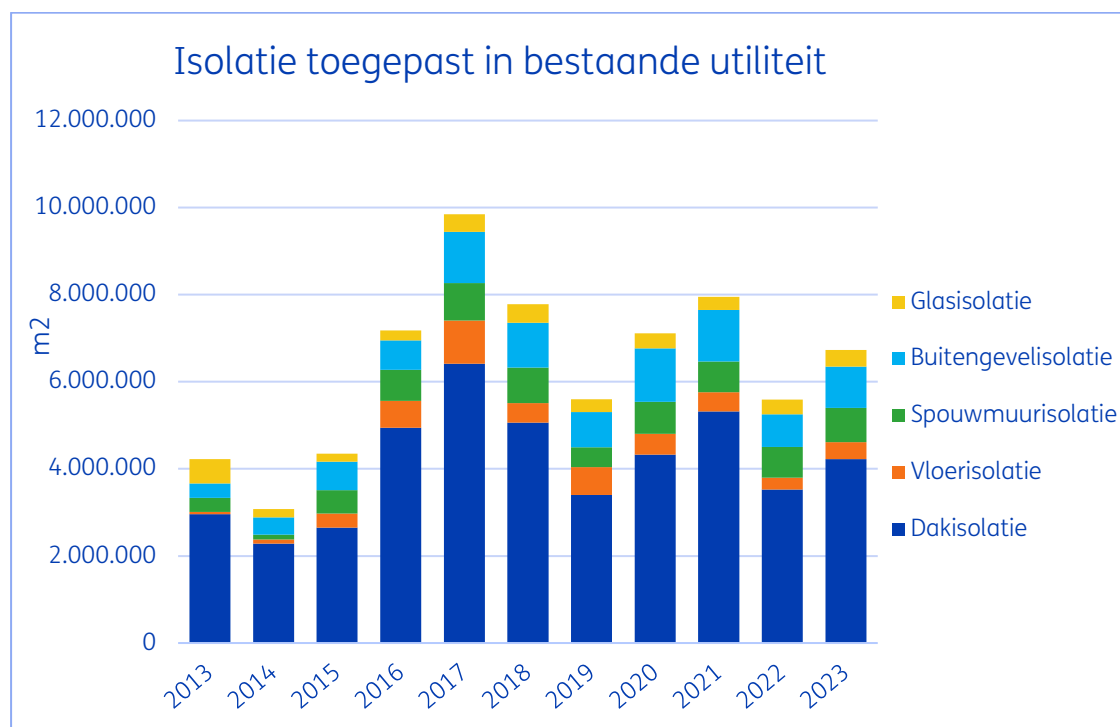


Figuur 4.6: Aantal verkochte/bijgeplaatste installaties in bestaande utiliteitsbouw. Warmtepompen exclusief lucht-lucht warmtepompen (bron: berekening TNO)



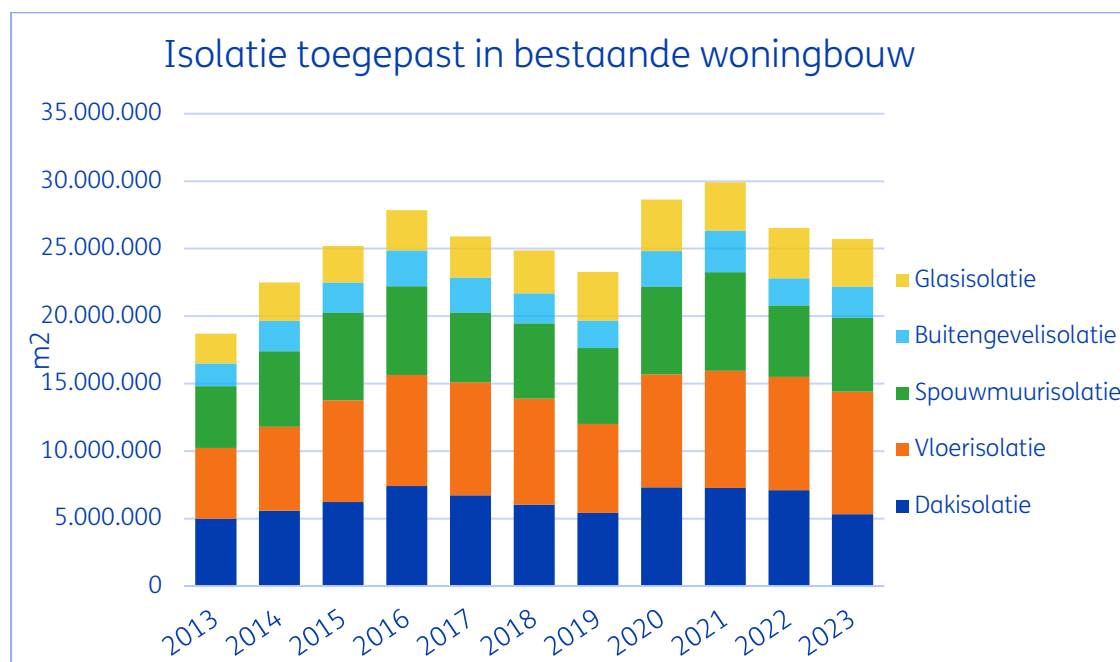
Figuur 4.7: Aantal verkochte/bijgeplaatste installaties in bestaande woningbouw. Warmtepompen exclusief lucht-lucht warmtepompen (bron: berekening TNO)

Het aantal vierkante meters naar isolatiemaatregel voor utiliteit is weergegeven in Figuur 4.8.



Figuur 4.8: Vierkante meters isolatiemaatregelen naar maatregel in de utiliteitsbouw (bron: berekening TNO)

Het aantal vierkante meters isolatiemaatregelen voor de woningbouw is weergegeven in Figuur 4.9.

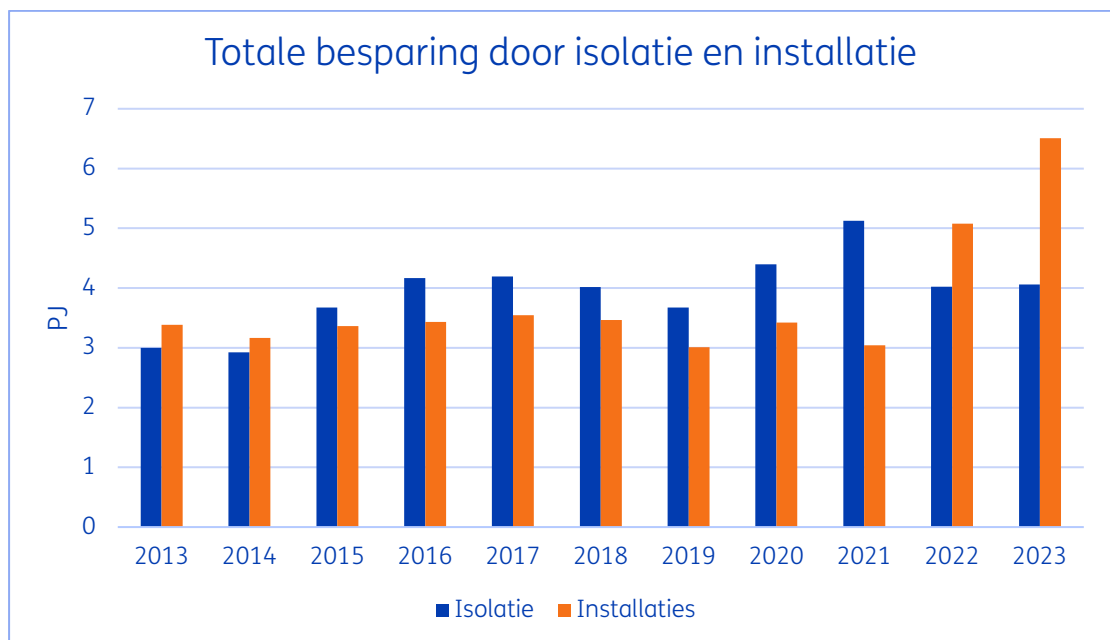


Figuur 4.9: Vierkante meter isolatiemaatregelen naar maatregel in de woningbouw (bron: berekening TNO)

4.3 Resultaat energiebesparing per marktsegment

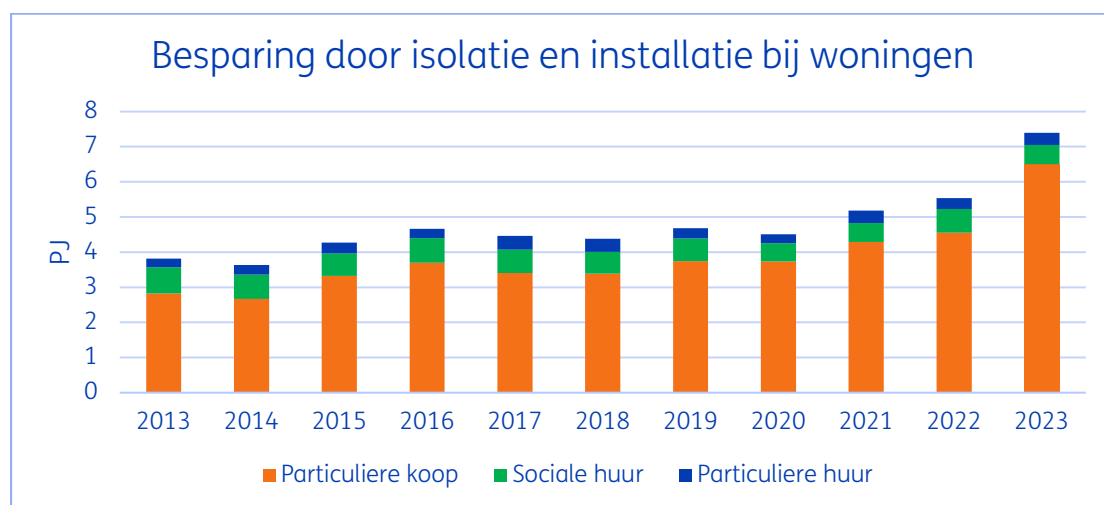
De besparing in onderstaande figuren is berekend voor ieder afzonderlijk zichtjaar ten opzichte van het referentie energieverbruik in dat jaar en alleen voor de maatregelen die in dat jaar getroffen zijn. In andere woorden: het gaat om de besparing van de nieuwe isolatiemaatregelen en de nieuw geïnstalleerde installaties in dat jaar. Het is dus niet cumulatief weergegeven. Door de besparing op te tellen over verschillende jaren kan de cumulatieve besparing in een zichtjaar worden bepaald. De cumulatieve besparing houdt rekening met dat de besparing in de daaropvolgende jaren ook weer gerealiseerd wordt.

De jaarlijkse energiebesparing is uitgesplitst naar isolatie en installatie, zie Figuur 4.10. Het gaat hier om directe gasbesparing door isolatiemaatregelen en installaties Hr-ketels, warmtepompen en zonneboilers (waarbij voor warmtepomp de netto besparing is gerekend, waarbij rekening gehouden is met extra benodigde elektriciteitsopwekking voor de warmtepomp).

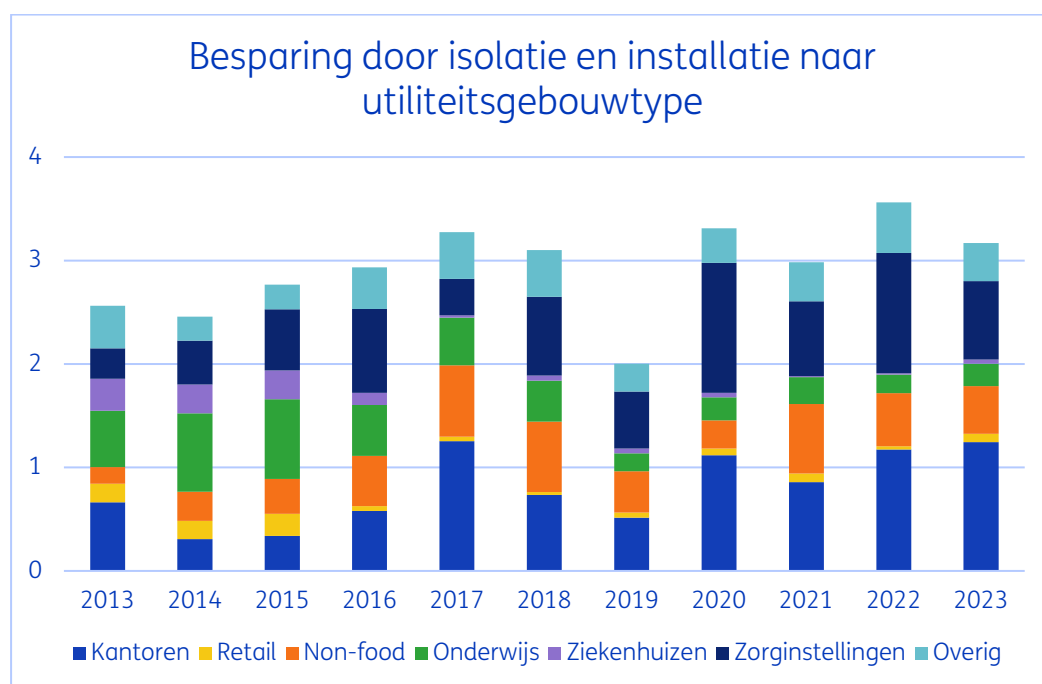


Figuur 4.10: Besparing door isolatie en installaties in de bestaande woningbouw en utiliteitsbouw (exclusief besparing bedrijfshallen) (bron: berekening TNO)

De besparing is uitgesplitst naar woning eigendomstype in Figuur 4.11 en utiliteitsgebouwtype in Figuur 4.12.

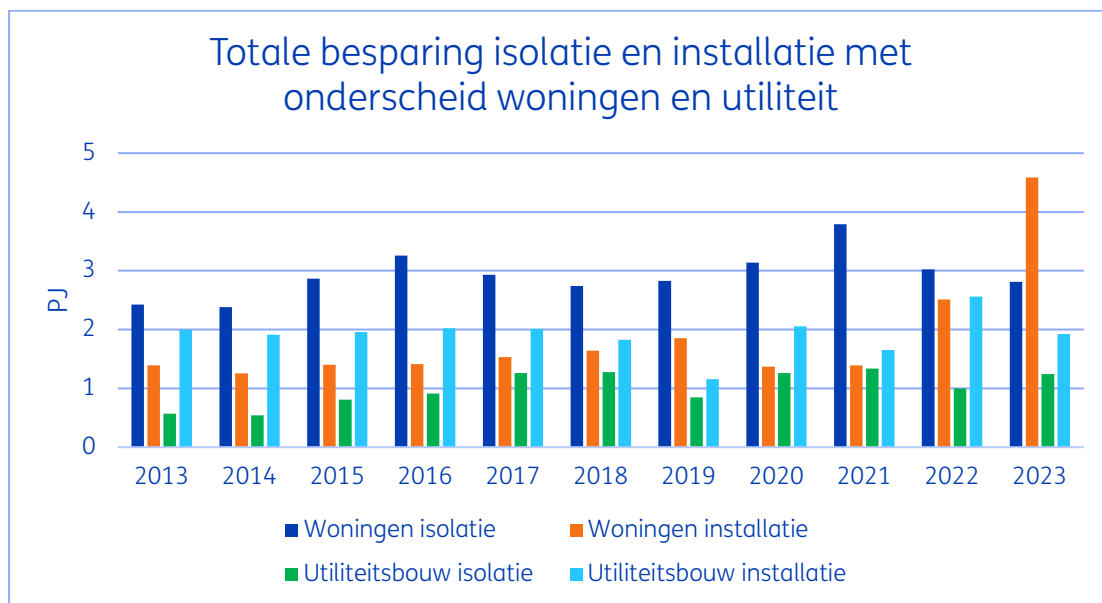


Figuur 4.11: Besparing door isolatie en installaties in de bestaande woningbouw (bron: berekening TNO)



Figuur 4.12: Besparing door isolatie en installaties in de bestaande utiliteitsbouw per gebouwtype (exclusief besparing bedrijfshallen) (bron: berekening TNO)

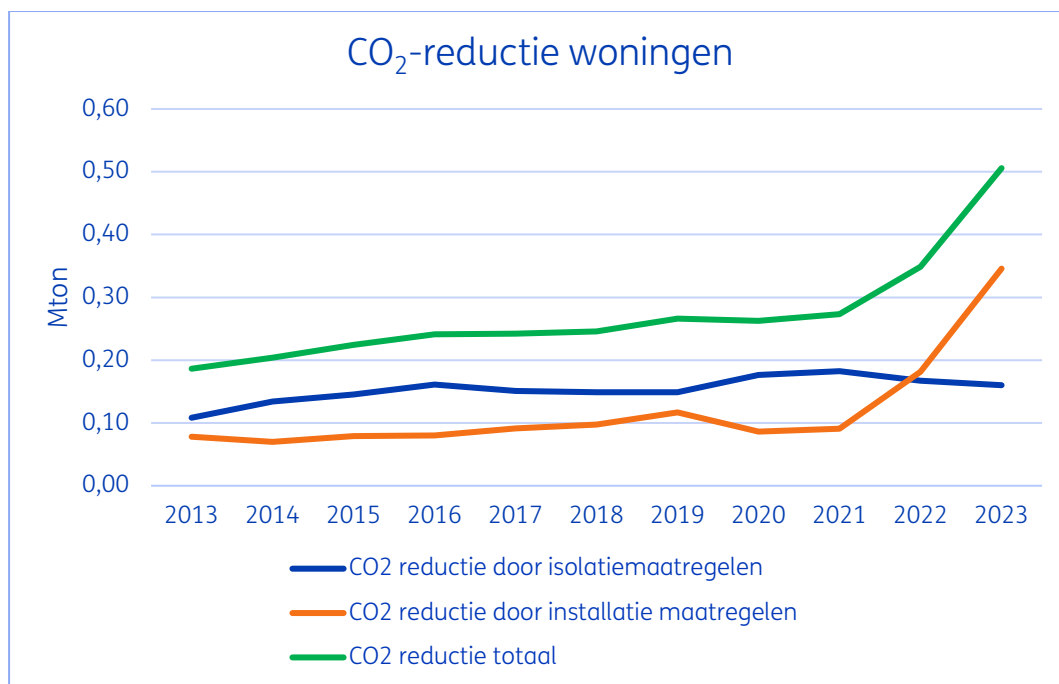
De energiebesparing is als laatste gepresenteerd als de besparing naar type maatregel en gebouwtype voor utiliteitsbouw en woningbouw, zie Figuur 4.13.



Figuur 4.13: Besparing door isolatie en installaties in de bestaande woning- en utiliteitsbouw (exclusief besparing bedrijfshallen) (bron: berekening TNO)

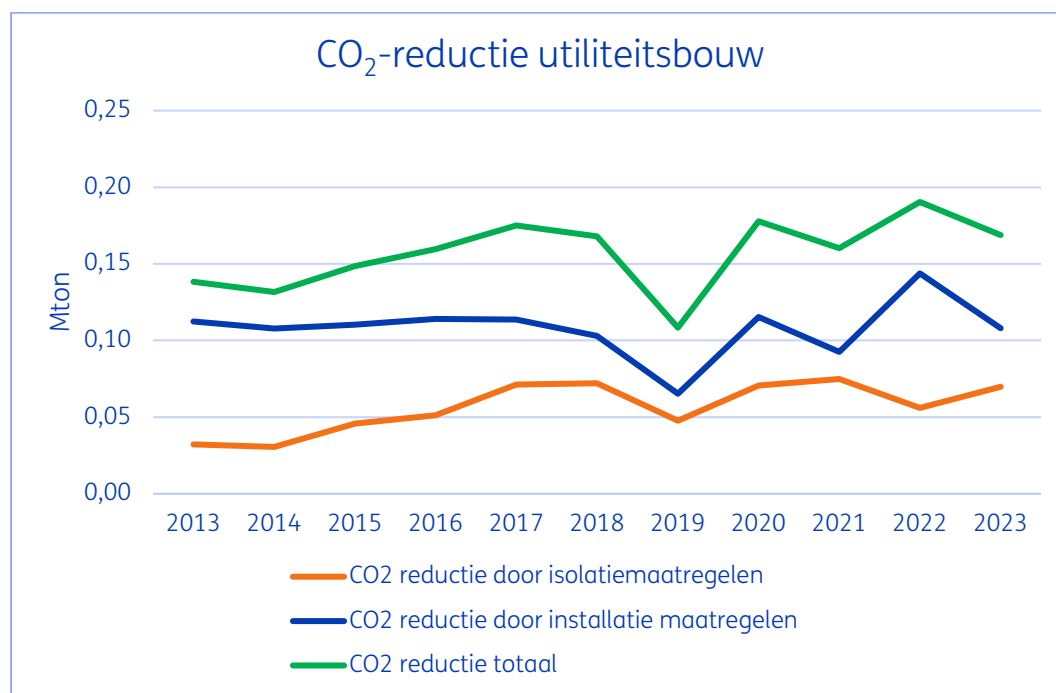
4.4 Resultaat CO₂-reductie

In Figuur 4.14 is de jaarlijkse CO₂-reductie bij woningen door besparende maatregelen uitgesplitst naar isolatie en installatie. Het gaat hier om directe emissiereductie door gasbesparing door isolatiemaatregelen en installaties Hr-ketels, warmtepompen en zonneboilers (waarbij voor warmtepomp de netto CO₂-reductie is gerekend, waarbij rekening gehouden is met CO₂-uitstoot voor de elektriciteitsopwekking).



Figuur 4.14: CO₂-reductie bij woningen uitgesplitst naar isolatie en installatie (bron: berekening TNO)

In Figuur 4.15 is de jaarlijkse CO₂-reductie bij utiliteitsbouw door besparende maatregelen uitgesplitst naar isolatie en installatie.



Figuur 4.15: CO₂-reductie in de utiliteitsbouw (exclusief bedrijfshallen) uitgesplitst naar isolatie en installatie (bron: berekening TNO)

4.5 Beschrijving methode energiebesparing

De energiebesparing en CO₂-reductie door de jaarlijks getroffen maatregelen worden berekend door TNO. Deze berekeningen zijn gebaseerd op de in dit hoofdstuk beschreven methode. Deze methode is oorspronkelijk ontwikkeld in 2010 door ECN en Buildsight en wordt beschreven in een rapport (ECN en Buildsight, 2010).

Verdeling verkoopcijfers naar marktsegment

De bepaling van energiebesparing in de gebouwde omgeving start met de verzameling van de verkoopcijfers voor isolatiematerialen en HR-ketels in de gebouwde omgeving in Nederland⁶ en bepaling van de toepassing daarvan in de bestaande bouw door Buildsight. Buildsight maakt een inschatting van de toepassing van producten in de bestaande bouw door de verzamelde verkoopinformatie te combineren met de gegevens over het verbruik ten behoeve van de nieuwbouw in Nederland (Buildsight, 2024). Voor de maatregelen warmtepompen en zonneboilers worden de bijgeplaatste aantallen installaties in de bestaande bouw door TNO afgeleid vanuit de data van het CBS; de wijze waarop dit gedaan is wordt nader toegelicht in paragraaf 4.5.3 (stap 3). Vervolgens worden de verkoopcijfers voor de bestaande gebouwde omgeving verder onderverdeeld over de woning- en utiliteitsbouwsegmenten. Deze onderverdeling wordt gebaseerd op de resultaten van de marktonderzoeken⁷ onder woningen en utiliteitsbouw in combinatie met gegevens over de

⁶ Het gaat om de binnenlandse toepassing van materialen en producten. Het gaat ook om alleen om materialen die voor renovaties (energiebesparing) worden toegepast. Het is dus exclusief materiaalgebruik voor geluidsisolatie e.d.

⁷ Belangrijk om hierbij te vermelden is dat maar een klein deel van de gebouwvoorraad jaarlijks maatregelen neemt. Om die reden zijn de marktonderzoeken die bevragen naar jaarlijks uitgevoerde maatregelen belangrijk als bron en leidend om de verkoopcijfers onder te verdelen over de marktsegmenten.

gemiddelde volumes⁸ per maatregel afkomstig uit het verwerkersonderzoek. Daarbij wordt het aantal getroffen maatregelen in het marktsegment in combinatie met het gemiddeld volume per maatregel in het betreffende marktsegment gebruikt als een verdeelsleutel om de verkoopcijfers onder te verdelen over de marktsegmenten (zie schematische impressie in Figuur 4.16).

Berekening energiebesparing aan de hand van het soort vervanging

De verkoopcijfers per marktsegment worden vervolgens gecombineerd met aannames over de verdeling van het soort vervanging dat heeft opgetreden per maatregel en per gebouwtype welke afkomstig zijn uit de resultaten van de marktonderzoeken (zie Figuur 4.17). Dit houdt in dat een aanname wordt gemaakt over de verdeling van uitgangssituaties per soort maatregel. In hoeveel procent van de gevallen ging het om een ongeïsoleerd of geïsoleerd dak of gevel in de uitgangssituatie? Voor welk aandeel betreft het enkel of dubbelglas dat is vervangen door HR-glas? Met behulp van vervangingspercentages is per getroffen maatregel berekend welk volume (m², aantal) bij welke uitgangssituatie hoort in dat zichtjaar. Vervolgens wordt de energiebesparing per maatregel berekend middels besparingskentallen die afhankelijk zijn van de uitgangssituatie, de doelsituatie en het gebouwtype.

Berekening energiebesparing woningen

De besparing voor woningen is berekend met de methode van het Hestia model (zie **Theorie: Het Hestia model** in 4.5.1, zie paragraaf 4.5.3 stap 7b voor toelichting op het functioneel energieverbruik en 8b voor de bepaling van de besparingskentallen). De besparing wordt berekend uitgaande van de functionele warmtevraag van een woning in het zichtjaar. De verkochte maatregelen worden toegekend aan de woningen en gecombineerd met besparingskentallen en de functionele warmtevraag van de (gerenoveerde) woningen met daarin onderscheid naar type eigendom. Met de besparing op de functionele warmtevraag en de rendementen van de installaties is de besparing op het finaal energieverbruik berekend. Voor isolatiemaatregelen is voor ieder jaar de besparing op aardgas berekend. Voor HR-ketels is de besparing op aardgas berekend voor de situatie dat een VR-ketel aanwezig was in de uitgangssituatie. Voor (hybride) warmtepompen is de aardgasbesparing berekend uitgaande van een HR-ketel of een VR-ketel. Met de functionele vraag ruimteverwarming en het rendement van de warmtepomp is het elektriciteitsverbruik van (hybride) warmtepompen berekend. Voor warmtepompen is vervolgens de netto besparing (gasbesparing – elektriciteitsverbruik warmtepomp) berekend. Voor zonneboilers is (buiten Hestia om) een aparte berekening gemaakt van de besparing op basis van statistieken over de gemiddelde warmteproductie per zonneboilerinstallatie en hoeveel aardgas er anders nodig geweest was om dezelfde hoeveelheid warmte te produceren.

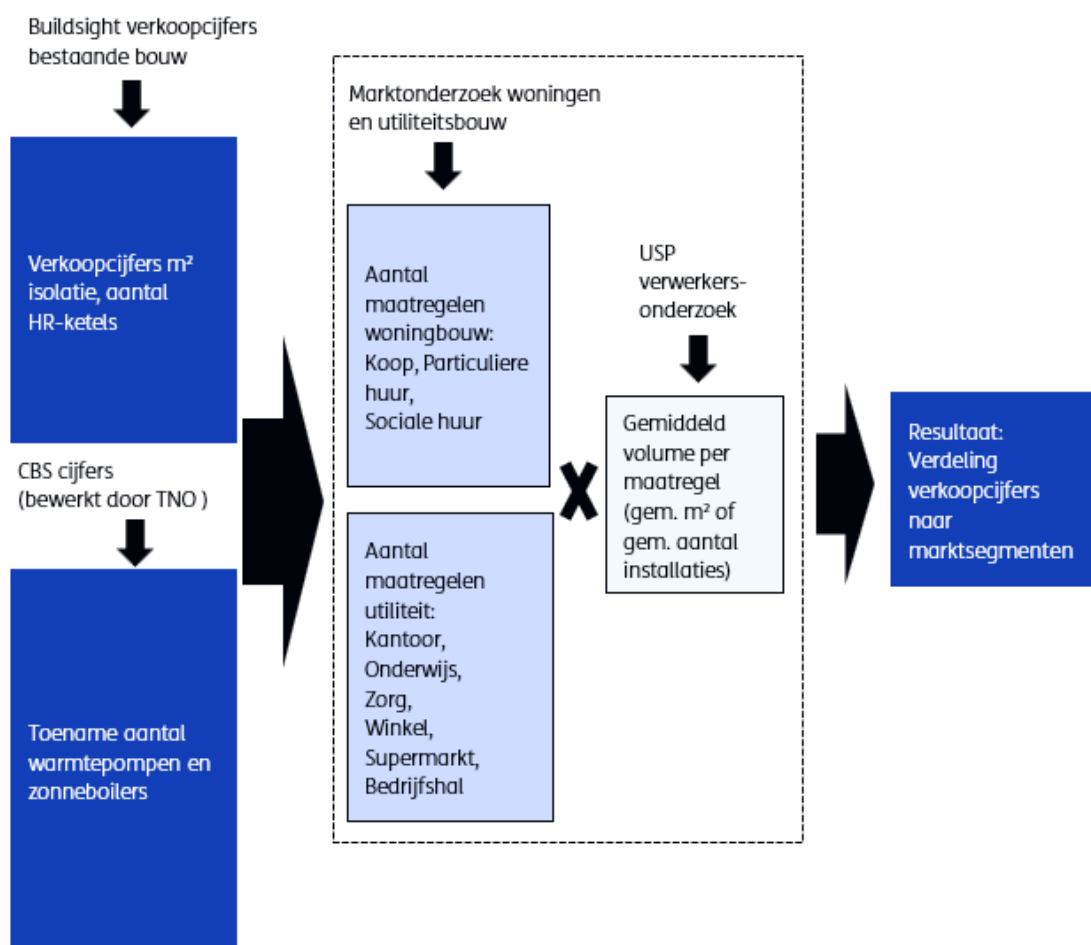
De functionele warmtevraag verschilt per jaar door het weer, is er rekening gehouden met een afnemende functionele warmtevraag over de jaren in periode 2012 t/m 2023 doordat het gemiddeld warmer wordt. De invloed van ('spaarzaam') gedrag op de functionele warmtevraag (en daarmee het effect op de besparing) meenemen in de berekening is een onderdeel van de ontwikkelagenda.

Berekening energiebesparing utiliteit

De besparing voor utiliteit is berekend met een apart rekenmodel. De besparing wordt berekend uitgaande van de aardgasvraag van het gebouwtype. Er zijn besparingskentallen

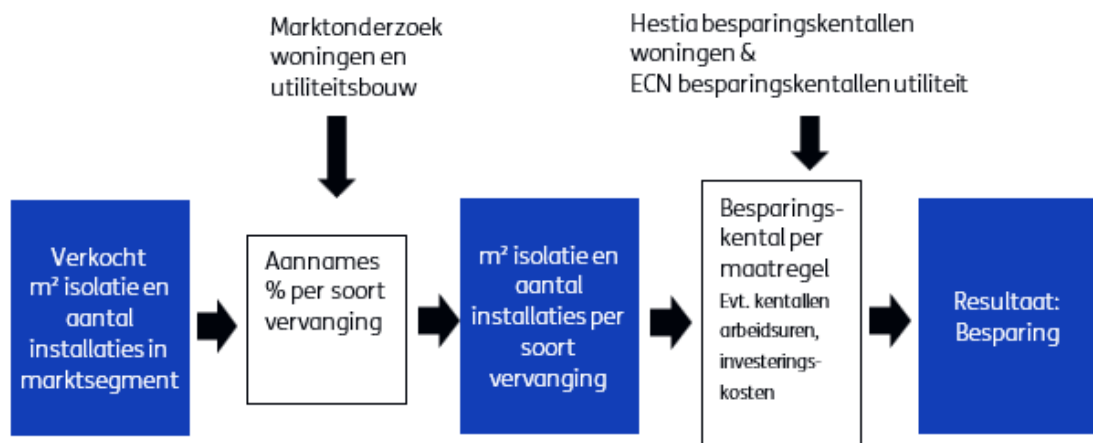
⁸ De maatregelen verdelen over de sectoren op basis van alleen de aantallen maatregelen is niet voldoende precies, omdat niet alle marktsegmenten evenveel materiaal en installaties toepassen per maatregel (dit hangt af van het type gebouw). Daarom wordt rekening gehouden met de gemiddelde hoeveelheid per maatregel uit het verwerkersonderzoek.

per gebouwtype per maatregel en per uitgangssituatie gebruikt die verder worden toegelicht in paragraaf 4.5.3 (zie stap 7a voor het energieverbruik en 8a voor de achtergrond van het besparingskental). De verkochte maatregelen per gebouwtype worden gecombineerd met de besparingskentallen en het energieverbruik in de uitgangssituatie (e.g. ‘vanaf ongeïsoleerd’ of ‘vanaf geïsoleerd’). Voor de berekening van de besparing is steeds uitgegaan van een referentiesituatie waarin het gebouw wordt verwarmd op aardgas. De besparing wordt daarbij berekend als de aardgasbesparing in m^3 en is vervolgens geconverteerd naar GJ^9 . Er is aangenomen dat de besparing in GJ aardgas gelijk is aan de besparing op het finaal energieverbruik in GJ (rendement op aardgas 100%). De energievraag van utiliteitsgebouwen is momenteel constant verondersteld over de zichtjaren. Het ontwikkelen en betrekken van nieuwe energie kentallen van utiliteitsgebouwen, voor met name de recentere zichtjaren, in de besparingsberekening is onderdeel van de ontwikkelagenda van deze monitor (zie ontwikkelagenda in stap 7a).



Figuur 4.16: Methode verdeling maatregelen over de marktsegmenten

⁹ Omrekening met behulp van de verbrandingswaarde van aardgas van $31,65 \text{ MJ/m}^3$ (calorische onderwaarde)



Figuur 4.17: Algemene methode besparingsberekening (en werkgelegenheid en investeringskosten)

In 4.5.1 worden allereerst worden de bronnen beschreven. Daarna in 4.5.2. de scope van de besparing en als laatste in 4.5.3 de berekeningsstappen.

4.5.1 Beschrijving bronnen

Verschillende bronnen worden gebruikt voor het berekenen van de energiebesparing in de gebouwde omgeving. Allereerst wordt door Buildsight sinds 2011 verkoopinformatie bij marktpartijen opgevraagd over isolatie en Hr-ketels. Sinds 2013 (monitoring over 2012) wordt jaarlijks in opdracht van RVO het marktonderzoek onder consumenten (woningen) en het marktonderzoek over renovaties in de utiliteitsbouw uitgevoerd. Momenteel wordt het consumentenonderzoek uitgevoerd door I&O research, daarvoor door IPSOS (en nog eerder door GfK research). Het marktonderzoek utiliteitsbouw werd in dit en eerdere jaren uitgevoerd door Panteia. Deze onderzoeken zijn allen gericht op gebouwgebonden energiebesparende maatregelen in de gebouwde omgeving. Daarnaast is in 2020 een eenmalig onderzoek uitgevoerd door USP onder verwerkers. Verder worden CBS-gegevens gebruikt. De bronnen worden hieronder één voor één besproken.

Ten eerste is er verkoopinformatie beschikbaar over isolatie (materialen) en installaties (producten). Het jaarlijkse onderzoek van **Buildsight** (Buildsight, 2024) betreft een marktuitlevraag naar de verkoop van isolatiematerialen en HR-ketels. Deze uitvraag wordt gedaan onder leveranciers van isolatiematerialen in Nederland, bouwcertificeringsbureau 's, Stichting Vakglas Recycling Nederland en de Nederlandse verduurzamingsindustrie. Er wordt geïnventariseerd per verkochte isolatiemateriaalsoort hoeveel m² daarvan verkocht is. De informatie maakt onderscheid in verschillende soorten isolatiematerialen (kunststoffen en isolatiefolies, minerale wollen en organisch materiaal), materialen voor spouwvulling en vloerisolatiematerialen. Welke categorieën dit precies zijn is te vinden in het rapport van Buildsight. De gegevens geven inzicht in de totale m² isolatiematerialen die afgezet wordt in zowel woningen als utiliteitsgebouwen, ofwel de gehele gebouwde omgeving. Het onderzoek inventariseert ook de verkoop van HR-ketels in de gebouwde omgeving. In de besparingsberekening worden de verkoopcijfers voor alleen de bestaande bouw gebruikt. De verkoopcijfers voor de nieuwbouw worden niet meegenomen in de analyses met als reden dit geen energiebesparing oplevert. Buildsight maakt een inschatting van de toepassing van producten in de bestaande bouw door de verzamelde verkoopinformatie te combineren met de gegevens over het verbruik ten behoeve van de nieuwbouw in Nederland. De veronderstelling daarbij is dat de hoeveelheid energiebesparende producten die niet in de nieuwbouw is toegepast (of als afval is verdwenen), is gebruikt in bestaande gebouwen. Er is

dit van uitgegaan dat de voorraden bij (tussen-)handelaren in deze energiebesparende producten per saldo niet zijn veranderd (Buildsight, 2024).

Ten tweede het consumentenonderzoek naar maatregelen in de woningbouw, dit jaar uitgevoerd door **I&O Research** (I&O research, 2024). Het onderzoek onder consumenten stelt jaarlijks een overzicht op van de getroffen gebouwgebonden maatregelen in woningen. Het aantal maatregelen in het onderzoek uit 2024 is gebaseerd op een representatieve steekproef van n=1.407 bewoners. Daarvan waren er 524 kopers, 389 particuliere huurders en 494 sociale huurders. Ook komen vragen over welke vervanging heeft plaatsgevonden (bijvoorbeeld om wat voor soort dakisolatie ging het of welke installatie verving de nieuwe HR-ketel) aan bod. Daarnaast komen nog meer vragen aan bod.

Ten derde het marktonderzoek naar renovaties in de utiliteitsbouw. Het **Panteia** onderzoek (Panteia, 2024) bevroegt een panel van utiliteitsgebouwen (die in huur of eigendom zijn) jaarlijks over welke maatregelen voorgaand jaar genomen zijn, de status quo van de implementatie van maatregelen en het soort vervanging dat heeft plaatsgevonden. Daarnaast komen nog meer vragen aan bod. De steekproef van dit onderzoek bestaat uit ruim 2000 gebouwen. In Tabel 4.1 is de opsplitsing van het onderzoekspanel naar gebruiksfuncties weergegeven.

Tabel 4.1: Opsplitsing steekproef Panteia in 2024 (monitoring over 2023) naar aantal gebouwen per gebruiksfunctie

Gebruiksfunctie	Steekproef (N)
Zorginstellingen	393
Kantoren	389
Onderwijsinstellingen	397
Winkels	388
Bedrijfshallen	503
Totaal	2.070

Ten vierde heeft **USP** in 2020 een marktonderzoek onder verwerkers uitgevoerd. Verwerkers zijn aannemers, glaszetters, dakdekkers, isolatiebedrijven die na-isolatie uitvoeren en CV-ketels en warmtepompen installeren. Doel was het uitvragen van de omvang van de energetische verduurzamingsprojecten die in 2019 zijn uitgevoerd door verschillende typen verwerkers en bij verschillende typen gebouwen in Nederland (zie Tabel 4.2). De reden om hiervoor een apart onderzoek te doen is dat dit beter kan worden uitgevraagd aan de uitvoerende partijen zelf dan aan consumenten en gebouweigenaren (of huurders) die de omvang van de maatregelen vaak niet weten. Dit onderzoek staat ook wel bekend als het “Verwerkersonderzoek energiebesparende materialen”. Het betreft een update van het oude verwerkersonderzoek dat RVO in 2011 heeft laten uitvoeren. Voor het onderzoek in 2020 zijn 2.624 interviews afgenomen (voor het zgn. censusonderzoek) en 1.953 interviews afgenomen waarbij ten minste één project is doorgemeten. In totaal zijn er 3.838 projectmetingen verricht. De projectmetingen zijn onderverdeeld naar segment en type project zoals weergegeven in Tabel 4.3.

Tabel 4.2: Dataverzameling onderzoek USP

Census onderzoek en projectmetingen (telefonisch) met:	In de productgroepen:	In de Segmenten:
1. Aannemers B&U 2. Glaszetters 3. Dakdekkers 4. Isolatie bedrijven 5. CV-installateurs 6. Aircospecialisten (i.h.k.v. warmtepompen)	1. Isolatie 2. Glas 3. Verwarmingssystemen	1. Huurwoningen (sociaal en privaat) 2. Koopwoningen 3. Kantoren 4. Ziekenhuizen 5. Zorggebouwen 6. Onderwijsgebouwen 7. Retail / winkelvastgoed 8. Bedrijfshallen 9. Overig (musea, sport, etc.)

Tabel 4.3: Verdeling projecttypen naar segment in het USP onderzoek

	Totaal	Isolatie	Glas	Verwarming
Sociale huurwoningen	245	76	70	99
Commerciële huurwoningen	305	92	89	124
Koopwoningen	1.517	452	530	535
Kantoren	419	106	112	201
Ziekenhuizen	134	43	54	37
Zorginstellingen	306	77	94	135
Onderwijsinstellingen	330	83	100	147
Retailpanden	357	94	104	159
Bedrijfshallen	225	121	59	45
Totaal projectmetingen	3.838	1.144	1.212	1.482

Daarnaast is gebruik gemaakt van CBS gegevens over de woningvoorraad (zoals geïntegreerd in het Hestia model), de utiliteitsgebouwvoorraad uit het SAVE-S model die afkomstig is uit de CBS gebouwenmatrix (CBS, 2020, CBS, 2023) en CBS data over warmtepompen (CBS, 2024a) en zonnecollectoren (CBS, 2016; CBS, 2019; CBS 2024b).

Tabel 4.4 geeft overzicht van de gebruikte bronnen voor berekening van de verdeling naar marktsegmenten en het aantal maatregelen dat gebruikt wordt voor de berekening van de energiebesparing in de gebouwde omgeving.

Tabel 4.4: Overzicht bronnen voor berekening van verdeling naar marktsegment en aantal maatregelen voor berekening totale energiebesparing in de gebouwde omgeving

	CBS statistiek Gebouw-voorraad	CBS statistiek Installaties	Panteia	Consumenten onderzoek	Buildsight	EIB	USP
Gebouwvoorraad Woningbouw							
Gebouwvoorraad Utiliteitsbouw	bewerking PBL voor SAVE-S					Jaren eerder dan 2016	
Aantal warmtepompen		Totaal bijgeplaatst bestaande bouw afgeleid van CBS	verdeling naar gebruiksfunctie	verdeling naar eigendomstype			
Aantal zonnecollectoren		Totaal bijgeplaatst bestaande bouw afgeleid van CBS	verdeling naar gebruiksfunctie	verdeling naar eigendomstype			
Aantal HR ketels			verdeling naar gebruiksfunctie	verdeling naar eigendomstype	Totaal verkocht		
Aantal m ² isolatie en HR-glas			verdeling naar gebruiksfunctie	verdeling naar eigendomstype	Totaal verkocht		

Uitvoering en verwerking gegevens onderzoeken

Het marktonderzoek onder de utiliteitsbouw wordt uitgevoerd door een marktonderzoeksbureau (afgelopen jaren Panteia) en de verwerking van de ruwe data en ophoging naar de populatie wordt gedaan door TNO om zodoende te komen tot het totaal aantal maatregelen in de bestaande utiliteitsbouw in Nederland. Voor woningen wordt het consumentenonderzoek uitgevoerd door een marktonderzoeksbureau en wordt de extrapolatie naar de gehele woningpopulatie door dit het bureau zelf uitgevoerd om zodoende te komen tot het aantal maatregelen in Nederland. Ten derde worden gegevens uit het verwerkersonderzoek gebruikt, de ruwe data uit dit onderzoek zijn door TNO verwerkt om zodoende te komen tot de gemiddelde volumes per maatregel-marktsegment combinatie.

Theorie: Het Hestia model

Hestia is een ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving ontwikkeld door PBL en TNO (PBL en TNO, 2023). Het model is geschikt voor analyses, simulaties en om scenario's te maken over de energietransitie in de gebouwde omgeving. In Hestia zijn alle woningen in Nederland opgenomen als onderdeel van de totale gebouwde omgeving. Onder andere bevat dit model voor iedere woning de werkelijke geometrie uit de (3D)-BAG, een inschatting van het huidige isolatieniveau van de woning (per bouwdeel), de manier van verwarmen, en de verschillende energievragen van bewoners. Onder energievragen valt onder andere ruimteverwarming en warm tapwater, en de daaraan verbonden metervragen naar onder andere gas en elektriciteit. Hestia berekent ook de ingroei van gebouwgebonden

energiebesparende maatregelen zoals isolatiemaatregelen (per bouwdeel) en installaties. Dit model bevat daardoor veel inputdata voor het berekenen van de energiebesparing van de gebouwde omgeving. Hestia rekent vanaf het startjaar 2020 en wordt voornamelijk gebruikt voor voorspellingen vanaf 2020 tot en met 2050. Meer informatie over Hestia is te vinden in het functioneel ontwerp (PBL en TNO, 2023).

Hestia is echter een model, en niet de werkelijkheid. Daarom wordt voor het berekenen van de energiebesparing waar mogelijk empirische data gebruikt. Dit omdat empirische data minder gevoelig zijn voor aannames en verkeerde inschattingen die door die aannames kunnen ontstaan.

Er zijn aspecten gerelateerd aan de energiebesparing voor woningen waar geen empirische data voor is. Hierbij wordt Hestia gebruikt om de empirische data aan te vullen.

Ontwikkelagenda: *Hestia is nu alleen gebruikt voor de kentallen van 2021 tot en met 2023. Hier is voor gekozen omdat Hestia ontworpen is om vanaf 2020 data te generen. Daardoor is voor een aantal output parameters in het model de methode van het modelleren anders voor jaren eerder dan 2020 dan na 2020 wat kan zorgen voor onlogische waarden voor 2020. Daarnaast kost data van voor 2020 uit Hestia halen meer tijd. Daarom is voor nu data gegenereerd met Hestia van 2021 tot en met 2023 en is op basis van die data een voorspelling gedaan voor eerdere jaren. Ook de besparing voor de eerdere jaren is dus herzien.*

Momenteel is het onduidelijk voor welke data van voor 2020 Hestia goed te gebruiken is. Een aanbeveling is om voor volgende jaren te analyseren in hoeverre Hestia ook gebruikt kan worden voor de het bepalen van de input data van 2012 tot en met 2020 en voor de parameters waarvoor Hestia goed gebruikt lijkt te kunnen worden en de waarden van 2012 tot en met 2020 ook met Hestia te bepalen.

Ontwikkelagenda: *Bij de besparingsberekening is geen rekening gehouden met het effect van gedrag op de functionele vraag. Voorbeelden van het effect van gedrag op de functionele vraag zijn stijgende gasprijzen waardoor functionele vraag lager ligt of de coronacrisis waardoor er een hogere functionele vraag is. Het is met Hestia mogelijk om handmatig het effect van gedrag aan het model toe te voegen doormiddel van gedragsfactoren. Dit kan per zichtjaar worden opgegeven in het model. Voor een volgende versie van de monitor is het aan te bevelen deze gedragsfactoren vast te stellen en te implementeren in de besparingsberekening.*

4.5.2 Scope

De scope van de besparingsberekening is de besparing op het finaal gebouwgebonden energieverbruik. Het betreft de besparing op het verbruik van energiedragers voor ruimteverwarming én warm tapwater. Voor de isolatiemaatregelen is de besparing op het finaal energieverbruik voor ruimteverwarming berekend. Voor HR-ketels én warmtepompen is de besparing op het finaal energieverbruik voor ruimteverwarming én warm tapwater berekend. Voor zonneboilers is de besparing op het finaal energieverbruik voor warm tapwater berekend.

Scope besparing warmtepompen

Bij warmtepompen worden lucht-water en bodemwarmtepompen meegenomen. Lucht-lucht warmtepompen (i.e. omgekeerde airco's voor verwarming) zijn niet meegenomen.

Voor woningen wordt ook rekening gehouden met hybride systemen. In de utiliteit echter niet omdat het aandeel hybride onbekend is.

Bij warmtepompen is in de besparing rekening gehouden met het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp, met andere woorden de ontsparing op het elektriciteitsverbruik. De besparing voor warmtepompen is berekend als de besparing op het finaal energieverbruik voor ruimteverwarming (aardgas) minus het finaal elektriciteitsverbruik van de warmtepomp.

Ontwikkelagenda: Voor woningen wordt in de besparingsberekening wel rekening gehouden met hybride systemen. Voor hybride warmtepompen gelden lagere besparingskentallen op aardgas dan voor all-electric. Voor utiliteitsgebouwen is dit onderscheid echter nog niet gemaakt en is de suggestie om aannames te maken over het aandeel van hybride en besparingskentallen voor hybride warmtepompen.

Meegenomen maatregelen voor besparing

De meegenomen maatregelen zijn gebaseerd op de beschikbare informatie uit de onderzoeken. In de maatregelen worden isolatiemaatregelen voor vijf bouwdelen onderscheiden, het toepassen van HR glas, het plaatsen van een HR ketel of warmtepomp (exclusief lucht-lucht) en een zonneboiler. Merk hierbij op dat er dus (gebouw gebonden) maatregelen zijn die niet meegenomen zijn. Tot en met 2020 bevroeg het consumentenonderzoek de respondenten alleen de eerder genoemde maatregelen voor woningen. In 2021 kwam daar de hybride warmtepomp, het aansluiten op blokverwarming en het aansluiten op stadsverwarming bij. In 2022 werd de enquête nog eens uitgebreid met de maatregelen pelletkachel, airco, IR panelen en elektrische boiler. Omdat er dus alleen gegevens zijn voor twee zichtjaren worden deze maatregelen nog niet meegenomen, behalve de hybride warmtepomp, welke is meegenomen in de categorie warmtepompen. Voor warmtepompen wordt de aardgasbesparing (HR-ketel) en de ontsparing door het elektriciteitsverbruik (warmtepomp) meegenomen. Tot slot is het aantal geïnstalleerde PV-installaties wel becijferd, maar het eigen verbruik van zonnepanelen is niet meegerekend als energiebesparing in de besparingsresultaten (omdat de scope daarvan ligt op verwarming).

Tabel 4.5: Energiebesparende maatregelen

Type maatregel	Maatregelen woningbouw en utiliteitsbouw
Isolatie	HR glas (HR++ en beter)
Isolatie	Spouwmuurisolatie
Isolatie	Buitengevelisolatie
Isolatie	Dakisolatie (hellend en plat dak)
Isolatie	Vloerisolatie (ook kruipruimte)
Isolatie	Bodemisolatie
Installatie	HR ketel
Installatie	Elektrische warmtepomp inclusief hybride (excl. lucht-lucht)
Installatie	Zonneboiler

Gebouw typologieën

De woningbouw en utiliteitsbouw zijn onderverdeeld naar subcategorieën, voor woningen op basis van eigendomstype en voor utiliteit op basis van sub-sector/gebouwtype. Dit onderscheid is gekozen aan de hand van de indelingen in de gebruikte bronnen.

In de cijfers over de maatregelen wordt voor woningbouw onderscheid gemaakt in type eigendom, namelijk, koop, sociale huur of particuliere huur. Dit is op basis van de indeling in de gegevens binnen het marktonderzoek.

Tabel 4.6: Eigendomstype woningbouw

Eigendomstype woningbouw
Koop
Sociale huur
Particuliere huur

In de cijfers over de maatregelen wordt voor utiliteitsgebouwen in het marktonderzoek onderscheid gemaakt in de bouwtypen in Tabel 4.7. Onder overig valt bijvoorbeeld horeca, sport, autobedrijf, laboratorium en bijeenkomst. Voor bedrijfshallen (met én zonder productkoeling) wordt een aparte categorie aangehouden. Deze categorisering binnen het marktonderzoek wordt aangehouden voor de cijfers over de aantallen maatregelen.

De bedrijfshallen vallen als bouwtype momenteel echter buiten de scope van besparingsberekening. Er worden wel m²'s isolatie en installatiemaatregelen aan toegerekend vanuit de onderverdeling van verkoopcijfers over de marktsegmenten (zie stap 4 in paragraaf 4.5.3.), maar er is momenteel geen besparing voor bedrijfshallen berekend.

Tabel 4.7: Gebouwtype utiliteit

Gebouwtypen utiliteit
Kantoren
Ziekenhuizen
Zorginstellingen
Onderwijs
Retail
Non-food
Overig

Ontwikkelagenda: Een deel van de verkochte m²'s isolatie en installaties komt terecht bij bedrijfshallen. De besparing die hiermee gepaard gaat is momenteel echter niet berekend. De reden daarvoor is dat er in eerdere jaren nog geen goed onderbouwde verbruiks- en energiebesparingskentallen voor bedrijfshallen beschikbaar waren; de industriefunctie is namelijk geen gebruiksfunctie binnen de labelmethodiek waarmee de verbruikskentallen voor ongeïsoleerd en geïsoleerd bepaald zijn (zie stap 7a in paragraaf 4.5.3). Het verdient aanbeveling om de energiebesparing in bedrijfshallen in de dienstensector te gaan berekenen en mee te nemen in de resultaten. Om dit te kunnen doen zijn eerst representatieve energieverbruikskentallen, met onderscheid naar isolatieniveau nodig. Het [CBS dashboard logistiek](#) kan worden gebruikt voor logistieke bedrijfshallen. In een TNO studie uit 2022 (TNO, 2022) is nader gekeken naar het energiebesparingskentallen voor verschillende typen bedrijfshallen binnen de dienstensector. Het is aan te bevelen de besparing bij bedrijfshallen in de dienstensector te berekenen uitgaande van de beschikbare informatie en voorts ook mee te nemen in de decompositie analyse voor de dienstensector. TNO zal de mogelijkheden hiervoor verder verkennen.

4.5.3 Bronbewerking

De methodologische stappen in de besparingsberekeningen zijn hieronder in 9 paragrafen uitgewerkt. De methode wijkt in sommige stappen af voor woningen en de utiliteitsbouw. In dat geval zijn ze afzonderlijk beschreven, waarbij stap *a* is gehanteerd voor utiliteitsbouw en *b* voor woningbouw.

De stappen zijn als volgt:

1. Stel de gebouwvoorraad vast
2. Bepaal met de gebouwvoorraad (uit stap 1) het aantal maatregelen in de bestaande bouw in Nederland door middel van extrapolatie van het marktonderzoek
3. Stel de verkoopcijfers voor de bestaande bouw in Nederland vast.
4. Combineer de aantallen maatregelen (uit stap 2) met de gemiddelde volumes per maatregel per marktsegment uit het verwerkersonderzoek. Vermenigvuldig deze met elkaar en maak per maatregel een verdeelsleutel voor de verkoopcijfers over de marktsegmenten.
5. Verdeel de verkoopcijfers (uit stap 3) over de marktsegmenten en de maatregelen met behulp van de verdeelsleutel (uit stap 4).
6. Bepaal de verdeling van uitgangssituaties per maatregel
7. Bepaal een functionele warmtevraag (of equivalent aardgasverbruik) in de uitgangssituatie waarop bespaard wordt
8. Bereken de besparing per marktsegment per maatregel én per uitgangssituatie met behulp van aannames over de geometrie en besparingskentallen voor de referentiegebouwen.
9. Bereken de totale energiebesparing (in aardgasequivalenten) en reken deze vervolgens om naar CO₂-reductie met behulp van de emissiefactor van aardgas

De volgende paragrafen lichten de stappen één voor één toe.

Stap 1a. Gebouwvoorraad utiliteitsbouw

Bron

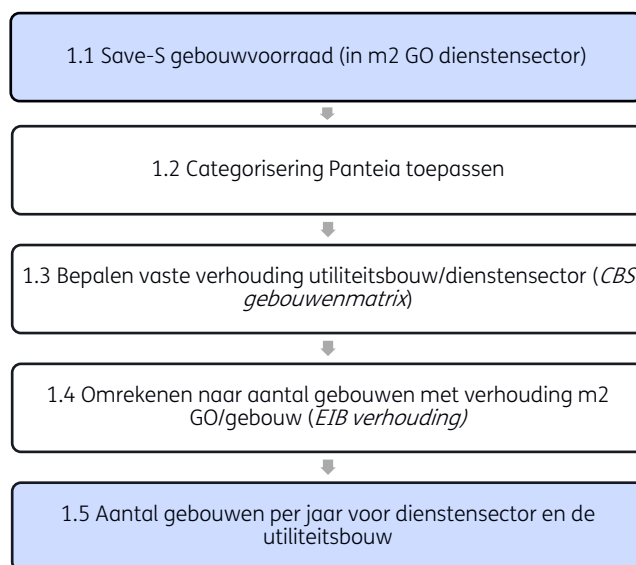
De gebouwvoorraad per zichtjaar is afkomstig uit de voorraadcijfers in het SAVE-S model. Er heeft hiervoor een bewerking plaatsgevonden van de CBS gebouwenmatrix cijfers door PBL. SAVE-S berekent voor elk zichtjaar de gebouwvoorraad in de dienstensector, rekening

houdend met sloop, transformatie en nieuwbouw, waarbij interpolatie plaatsvindt tussen 2014-2018, en met schaling naar de meest recente versies van de gebouwenmatrix voor 2020 en 2021. Voor de besparingsberekening worden de voorraadcijfers exclusief leegstand gebruikt. In SAVE-S wordt ook een prognose gemaakt voor de gebouwen voorraad in toekomstige jaren. Dit is van belang, omdat het CBS de gebouwen voorraad niet voor elk jaar publiceert en nieuwe zichtjaren vertraagd beschikbaar komen. Zo is eind 2023, de gebouwenmatrix voor 2022 nog niet beschikbaar.

Opmerking eerdere update: De gebouwen voorraadcijfers voor de jaren vanaf 2016 zijn in 2023 (monitor over 2022) met terugwerkende kracht aangepast. Deze update werkt door in de resultaten van de maatregelen populatie-aantallen in de marktonderzoeken utiliteitsbouw vanaf 2016. Voor jaren eerder dan 2016 is ook gewerkt met gegevens van het marktonderzoek utiliteit. Voor deze jaren zijn EIB cijfers gebruikt voor de gebouwen voorraad.

Bewerkingen

Om de gebouwen voorraad op te stellen in termen van aantallen gebouwen zijn bewerkingen gedaan om te komen tot het aantal gebouwen in zowel de utiliteitsbouw als de dienstensector. Voor deze bewerkingen is de gebouwtypen indeling van Panteia leidend. In Figuur 4.18 worden de stappen schematisch weergegeven en daarna één voor één uitgewerkt.



Figuur 4.18: Data bewerking voor opstellen gebouwvoorraad utiliteitsbouw

Stap 1.1. Verzamelen van de Save-S gebouwvoorraad, in 1000 m² gebruiksoppervlak (GO) in de dienstensector.

Stap 1.2 Verschillende bronnen hanteren verschillende onderverdelingen in gebruiksfuncties. Om de verschillende omrekeningen te kunnen doen is de categorisering zoals in Tabel 4.8 weergegeven gebruikt. Save-S maakt hierin onderscheid in de meeste categorieën.

Tabel 4.8: Categorisering voor omrekening van aantallen

Save-S	CBS	Panteia
Autobedrijf	Overig	Overig
Bedrijfshal met koeling	Bedrijfshal	Bedrijfshallen
Bedrijfshal zonder koeling	Bedrijfshal	Bedrijfshallen
Bijeenkomst	Bijeenkomst	Overig
Binnensport	Sport	Overig
Buitensport	Sport	Overig
Café, restaurant	Horeca	Overig
Dagopvang	Gezondheidszorg	Verzorging
Datacenter	Overig	Overig
Hotel	Logies	Overig
Kantoor	Kantoor	Kantoren
Laboratorium	Overig	Overig
Logies overig	Logies	Overig
Penitentiare inrichting	Gezondheidszorg	Verzorging
Praktijk	Gezondheidszorg	Verzorging
School	Onderwijs	Onderwijs
Supermarkt	Winkel	Winkels food
Verpleeghuis	Gezondheidszorg	Verzorging
Winkel zonder koeling	Winkel	Winkels non-food
Ziekenhuis	Gezondheidszorg	Ziekenhuizen
Zwembad/Sauna	Overig	Overig

Stap 1.3. Het gebruiksoppervlak voor de utiliteitsbouw is berekend op basis van het oppervlak van de dienstensector. De dienstensector omvat sector ‘G t/m S en U’. Het aandeel dienstensector binnen de utiliteitsbouw varieert per gebruiksfunctie. De gebouwenmatrix van het CBS is gebruikt om dit aandeel te berekenen. Deze gegevens zijn echter niet jaarlijks beschikbaar, de jaren tussen 2014 en 2018 missen. Daarom is er gebruik gemaakt van een vast percentage, vastgesteld op het gebruiksoppervlak uit 2021, zie de Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Percentage dienstensector in utiliteitsbouw o.b.v. gebruiksoppervlak in 2021 (CBS, 2023) bewerking TNO

Gebouwtype	Percentage dienstensector in utiliteitsbouw
Totaal Diensten	71%
Bedrijfshal	58%
Bijeenkomst	96%
Sport	98%
Gezondheidszorg	99%
Horeca	100%
Logies	99%

Gebouwtype	Percentage dienstensector in utiliteitsbouw
Kantoor	90%
Onderwijs	99%
Winkel	98%
Overig	78%
Landbouw	9%
Woning	58%

Stap 1.3 resulteert in de gebouwvoorraad voor de dienstensector en utiliteitsbouw uitgedrukt in m² gebruiksoppervlak.

Voor 2023 resulteert dit in Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Gebruiksoppervlakte utiliteitsbouw en diensten in 2023

Gebruiksfunctie Save-S	Gebruiksfunctie Panteia	Utiliteitsbouw Gebruiksoppervlak x 1000 m ² excl. leegstand	Dienstensector Gebruiksoppervlak x 1000 m ² excl. leegstand
Autobedrijf	Overig	20.053	15.633
Bedrijfshal met koeling	Bedrijfshallen	64.014	36.981
Bedrijfshal zonder koeling	Bedrijfshallen	179.230	103.541
Bijeenkomst	Overig	20.872	19.971
Binnensport	Overig	10.380	10.172
Buitensport	Overig	5.554	5.443
Café, restaurant	Overig	7.330	7.303
Dagopvang	Verzorging	2.115	2.104
Datacenter	Overig	1.481	1.155
Hotel	Overig	8.155	8.094
Kantoor	Kantoren	73.887	66.819
Laboratorium	Overig	616	480
Logies overig	Overig	10.988	10.907
Penitentiaire inrichting	Verzorging	893	888
Praktijk	Verzorging	12.412	12.345
School	Onderwijs	33.678	33.483
Supermarkt	Winkels food	4.584	4.504
Verpleeghuis	Verzorging	12.849	12.780
Winkel zonder koeling	Winkels non-food	48.846	47.995
Ziekenhuis	Ziekenhuizen	5.953	5.921
Zwembad/Sauna	Overig	3.369	2.626
Totaal		527.260	409.145

Stap 1.4. Voor de opschaling van maatregelen vanuit het marktonderzoek naar Nederland hebben we de gebouwvoorraad uitgedrukt in aantal gebouwen (panden) nodig. In de gebouwenmatrix is informatie beschikbaar over de verhouding verblijfsobjecten (vbo's¹⁰) naar gebruiksoppervlak. Echter, het aantal panden en vbo's komt niet één op één overeen. Dit komt vooral voor wanneer meerder gebruiksfuncties één gebouw delen. Hierover is meer informatie te vinden in Hoofdstuk 4 van de Rapportage Verrijkte BAG (Sipma, 2023).

Omdat we in voor dit onderzoek de jaarlijkse gebouwvoorraad uitgedrukt in aantal gebouwen (panden) nodig hebben, wordt het gebruiksoppervlak met een vast percentage omgerekend naar het aantal gebouwen. De gemiddelde gebouw grootte is bepaald voor 32 verschillende gebouwtypen op basis van data van EIB in 2016. Deze zijn gebaseerd op Geon, WmB project, Panteia, RGD, inschatting met CBS data, Mobius, ECN inschatting en Locatus. In tabel 4.11 is deze verhouding weergegeven.

Tabel 4.11: Gemiddeld oppervlak per type utiliteitsbouw (m² GO/gebouw) (EIB, 2016) bewerking TNO

Gemiddeld oppervlak (m ² GO/gebouw)	Totaal utiliteit	Kantoren	Ziekenhuizen	Verzorging	Onderwijs	Winkels food	Winkels non-food	Bedrijfs-hallen	Overig
Utiliteit	1.005	975	9.862	516	2.321	501	309	5.751	629
Diensten	927	975	9.862	518	2.322	501	309	6.287	602

Stap 1.5. De voorgaande stappen resulteren in de gebouwvoorraad uitgedrukt in aantal gebouwen, zoals weergegeven in Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Gebouwvoorraad in aantal gebouwen (panden) en bijhorend gebruiksoppervlak in 2023

		Totaal utiliteit	Kantoren	Verpleging, verzorging en ziekenhuizen		Onderwijs	Winkels		Bedrijfshallen	Overig
				Ziekenhuizen	Verzorging		Winkels food	Winkels non-food		
Aantal gebouwen	Utiliteit	496.523	75.793	604	54.819	14.512	9.145	158.166	42.296	141.190
	Diensten	460.513	68.543	600	54.247	14.421	8.986	155.411	22.351	135.954
Oppervlak (m ² GO)	Utiliteit	527.259.786	73.886.764	5.953.373	28.268.590	33.678.201	4.584.200	48.845.784	243.244.195	88.798.678
	Diensten	409.145.249	66.819.160	5.921.227	28.115.950	33.483.404	4.504.357	47.995.034	140.522.207	81.783.909

Stap 1b. Gebouwvoorraad woningbouw

Bron

Voor de woningvoorraad is dezelfde voorraad gebruikt als in Hestia. Hierbij zijn alle woningen gebouwd tot 2020 meegenomen in de analyse. De Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) is de primaire bron van de woningvoorraad in Hestia. In totaal zijn er 7,9 miljoen woningen meegenomen in de analyse.

¹⁰ De definitie van een verblijfsobject is: "Kleinste binnen één of meer panden gelegen en voor woon-, bedrijfsmatige, of recreatieve doeleinden geschikte eenheid van gebruik die ontsloten wordt via een eigen afsluitbare toegang vanaf de openbare weg, een erf of een gedeelde verkeersruimte, onderwerp kan zijn van goederenrechtelijke rechtshandelingen en in functioneel opzicht zelfstandig is" (Praktijkhandleiding BAG).

Stap 2a. Aantal maatregelen utiliteitsbouw

Uit de analyse van het utiliteitsbouw marktonderzoek komen gegevens over het aantal genomen maatregelen in de utiliteitsbouw per gebruiksfunctie. De steekproef wordt geschaald naar de landelijke gebouwvoorradcijfers. Vanaf 2016 worden de CBS gebouwenmatrix en Save-S gebouwvoorraad daarbij als input gebruikt, zoals beschreven in de eerste stap. Hierbij is een correctie gevoerd met een weegfactor voor gebouwgrootte. Daarmee wordt gecorrigeerd voor het gemiddeld oppervlak uit de steekproef ten opzichte van het landelijke gemiddeld oppervlak. Uit deze analyse komt het totaal aantal maatregelen per gebruiksfunctie per jaar.

Stap 2b. Aantal maatregelen woningbouw

Voor het aantal maatregelen in de woningbouw is gebruikt gemaakt van gegevens verzameld door I&O research (I&O, 2024). Het aantal maatregelen is door I&O research geëxtrapoleerd naar de gehele woningvoorraad. Het aantal huishoudens in Nederland is hierbij gehanteerd door I&O Research en gebaseerd op de CBS cijfers over het aantal particuliere huishoudens in Nederland.

Stap 3. Verzamelen verkoopcijfers bestaande bouw

In deze stap zijn de verkoopcijfers uit de verschillende bronnen verzameld en eventueel bewerkt. Per maatregel worden de bronnen toegelicht.

Isolatiemateriaal en HR-ketels

De jaarlijkse verkoopcijfers van Buildsight voor isolatiemateriaal, glastype en HR-ketels voor de bestaande gebouwvoorraad worden in deze stap geïnterpreteerd. Buildsight maakt hierbij onderscheid tussen toepassing in de nieuwbouw en bestaande bouw.

Warmtepompen

De statistieken over warmtepompen in woningen en utiliteit worden bijgehouden door het CBS. Voor de besparingsberekening is het aantal bijgeplaatste warmtepompen in woningen en utiliteitsgebouwen gehanteerd (CBS, 2024a). Vervolgens wordt door TNO een inschatting gemaakt van het aandeel van het aantal warmtepompen bijgeplaatst in de bestaande bouw (dus exclusief nieuwbouw). Tot slot wordt de uit gebruik name nog in mindering gebracht op in gebruik name om de netto toename per jaar te bepalen (welke voor extra energiebesparing zorgt ten opzichte van een jaar eerder).

Voor woningen is berekend hoeveel warmtepompen jaarlijks in nieuwbouw terecht komt. Dit aantal is vervolgens in mindering gebracht op het totaal aantal bijgeplaatste warmtepompen (van het CBS) om zodoende het aantal bijgeplaatste warmtepompen in de bestaande bouw te berekenen. De bepalingmethode voor het aantal warmtepompen in de nieuwbouw werkt als volgt. Met behulp van de energielabeldatabase van RVO is het aandeel woningen voor ieder bouwjaar (in periode 2012 t/m 2023) dat wordt verwarmd met een warmtepomp bepaald. Dit aandeel is vervolgens vermenigvuldigd met het totaal aantal nieuwbouwwoningen van het CBS (CBS, 2024d).

Dit resulteert voor woningen in de data zoals weergegeven in Bijlage C. Deze data met het aantal warmtepompen in de nieuwbouw en bestaande bouw komt uit op circa 100 duizend (netto) bijgeplaatste warmtepompen in bestaande bouw in 2023 en 50 duizend in de nieuwbouw. Deze inschatting komt ongeveer overeen met de cijfers in het Nationale Warmtepomp Trendrapport (zie DNE Research, 2024).

Voor de utiliteitsbouw is momenteel aangenomen dat alle warmtepompen geplaatst worden in de bestaande bouw.

Ontwikkelagenda: Ook in de nieuwbouw utiliteit worden warmtepompen geplaatst. De aanname voor aantal warmtepompen in de bestaande utiliteitsbouw kan mogelijk verbeterd worden aan de hand van andere bronnen (labeldatabase utiliteitsbouw) door te analyseren hoeveel warmtepompen er jaarlijks in de nieuwbouw bijkomen en dit aantal af te trekken van het CBS aantal bijgeplaatste warmtepompen.

Lucht-lucht warmtepompen worden momenteel niet meegenomen in de aantallen warmtepompen voor de berekening van de energiebesparing op ruimteverwarming. De cijfers over het aantal lucht-lucht warmtepompen zijn wel gebruikt in de berekening van elektriciteitsverbruik voor ruimtekoeling (airco's). Sinds 2023 worden ook cijfers over aantallen hybride warmtepompen verzameld door het CBS. Dit aantal is sindsdien wel meegenomen in het aantal warmtepompen.

Ontwikkelagenda: Als lucht-lucht warmtepompen voor verwarming worden gebruikt levert dit een besparing op energie voor ruimteverwarming op. Dit zou bij voorkeur meegenomen worden in de besparing. Om dit in te kunnen schatten is wel literatuur- of marktonderzoek nodig in welke mate deze systemen naast koeling ook voor verwarming worden gebruikt. De mogelijkheden hiervoor moeten eerst nog nader worden verkend.

Zonnecollectoren

De statistieken over zonnewarmte in woningen en utiliteit worden bijgehouden door het CBS (CBS, 2024b). In de monitor wordt alleen de besparing voor de kleinere systemen met < 6 m² collectoroppervlak meegenomen. Grotere afgedekte systemen en onafgedekte systemen zijn dus niet meegenomen. De reden daarvoor is dat de historische aantallen daarvan niet beschikbaar zijn in de statistiek. De aantallen worden gebruikt om de verdeling te maken van aantal installaties naar sector. De totale besparing van deze systemen zou wel meegenomen kunnen worden, maar niet onderverdeeld naar bouwtype.

Het jaarlijks bijgeplaatste aantal systemen met < 6 m² collectoroppervlak worden gehanteerd. Voor de jaren vanaf 2017 ontbreekt de CBS data over zonnecollector aantallen en is alleen de m²'s collectoroppervlak bekend vanuit de statistiek. Voor deze jaren wordt een inschatting gemaakt van de aantallen als volgt:

$$\text{Aantal collectorensystemen}(< 6\text{m}^2) = \frac{\text{m}^2 \text{ collectorensystemen}(< 6\text{m}^2)}{3\text{m}^2/\text{collector}}$$

Er wordt gebruik gemaakt van de berekende verdeling naar bouwtype om het aantal zonneboilers in woningen en de utiliteitsbouw te bepalen. Vervolgens wordt voor woningen een inschatting gemaakt voor het aandeel in de bestaande bouw. De jaarlijkse verhouding voor plaatsing van zonneboilers in bestaande woningen en nieuwbouwwoningen is afkomstig uit het rapport CBS Hernieuwbare Energie in Nederland (CBS, 2024b; CBS, 2019). Deze data zijn weergegeven in Bijlage D.

Zon-PV

Er zijn geen jaarlijkse verkoopcijfers beschikbaar over aantallen zonnepanelen. Daarom zijn de aantallen zon-PV installaties uit het marktonderzoek gebruikt en geëxtrapoleerd naar de gehele utiliteitsbouw. Voor woningen zijn de cijfers afkomstig uit het consumenten

onderzoek. Deze cijfers zijn alleen opgegeven ter kennisgeving. Het opgestelde vermogen voor zon-PV en het elektriciteitsaanbod bij huishoudens en diensten wordt bijgehouden door het CBS. Deze cijfers zijn wel overgenomen. Echter, omdat de scope van de besparing alleen de besparing op verwarming betreft is het eigen verbruik van zonnestroom niet meegenomen in de besparingsresultaten.

Stap 4. Gemiddelde volumes maatregelen naar marktsegmenten en bepaling verdeelsleutel

Om de cijfers over het aantal maatregelen te kunnen vergelijken met de verkoopcijfers moet een omrekeningsstap plaatsvinden. Per isolatiemaatregel is een inschatting van het aantal vierkante meters isolatie nodig per maatregel met onderscheid naar gebouwtype. Net zo moet per type installatiemaatregel een inschatting van het aantal geplaatste installaties worden gemaakt. Hiervoor is in de huidige methode een vaste verhouding aangenomen per maatregel-marktsegment combinatie, die is bepaald op basis van de resultaten van het verwerkersonderzoek van USP. TNO heeft hiervoor de gemiddelde hoeveelheid m² isolatie materialen, m² glas en aantallen verwarmingssystemen per project en per gebouwtype berekend. Deze gemiddelde volumes worden vermenigvuldigd met het aantal maatregelen. In Tabel 4.13 zijn als voorbeeld de gegevens voor de volumes bij glasvervanging aangegeven.

Tabel 4.13: Gemiddelde hoeveelheid toegepast per project voor de maatregel glas vervanging [m² per project] (UPS marktonderzoek 2020) bewerking TNO

Categorie	Hoeveelheid glas [m ² raamoppervlak per project]
Koopwoningen	33
Particuliere huurwoningen	8
Sociale huurwoningen	30
Bedrijfshallen	146
Kantoren	211
Non-food	220
Onderwijs	206
Overig	32
Retail	220
Ziekenhuizen	186
Zorginstellingen	125

Vervolgens zijn de aantallen maatregelen en de gemiddelde volumes per maatregel uit het verwerkersonderzoek met elkaar vermenigvuldigd. Daarmee wordt per maatregel een verdeelsleutel gemaakt voor de verkoopcijfers over de marktsegmenten.

Voorbeeld voor glasisolatie in 2023

In Tabel 4.14 is een voorbeeld gegeven voor glasisolatie in zichtjaar 2023.

Tabel 4.14: Voorbeeld verdeling glasisolatie in de bestaande bouw naar marktsegmenten

Categorie	Gemiddeld volume per maatregel	Aantal maatregelen in Nederland 2023 (extrapolatie naar NL)	Verdeelsleutel 2023 o.b.v. aantal maatregelen en gemiddelde volume	Verdeling Verkoopcijfers bestaande bouw in 2023
Koopwoningen	33	331.518	66,1%	2.586.147
Particuliere huurwoningen	8	48.663	2,3%	88.915
Sociale huurwoningen	30	119.199	21,9%	855.507
Bedrijfshallen	146	667	0,6%	23.173
Kantoren	211	3.510	4,5%	176.252
Non-food	220	2.341	3,1%	122.467
Onderwijs	206	171	0,2%	8.364
Overig	32	1.156	0,2%	8.747
Retail	220	157	0,2%	8.190
Ziekenhuizen	186	7	0,0%	322
Zorginstellingen	125	1.243	0,9%	36.915

Voorbeeld voor warmtepompen in 2023

Het aantal (netto) bijgeplaatste warmtepompen per marktsegment is bepaald op basis van de marktonderzoeken. Deze verdeling wordt hierbij apart gemaakt voor woningen en utiliteitsbouw, aangezien de totale bijgeplaatste warmtepompen voor woningen en utiliteit apart bekend zijn in de statistiek. In de marktonderzoeken wordt geen onderscheid naar type warmtepomp gemaakt (hybride wordt wel meegenomen bij woningen, bij utiliteit is dit onbekend). Hiermee wordt de verdeling naar marktsegment in Tabel 4.15 verkregen.

Tabel 4.15: Voorbeeld verdeling warmtepompen in de bestaande bouw naar marktsegmenten in 2023

Categorie	Gemiddeld volume per maatregel 2023	Aantal maatregelen in Nederland 2023 (extrapolatie)	Verdeelsleutel o.b.v. aantal maatregelen en gemiddelde volume 2023	Verdeling Verkoopcijfers bestaande bouw in 2023
Koopwoningen	1	196.634	83,7%	84.478
Particuliere huurwoningen	1	6.869	2,9%	2.951
Sociale huurwoningen	1	31.317	13,3%	13.454
Bedrijfshallen	1	133	9,2%	194
Kantoren	1	351	24,3%	510
Non-food	1	426	29,5%	618
Onderwijs	1	21	1,5%	31
Overig	1	180	12,5%	262
Retail	1	52	3,6%	76
Ziekenhuizen	1	2	0,2%	4
Zorginstellingen	1	276	19,1%	401

Stap 5. Verdeling verkoopcijfers over marktsegmenten

Met behulp van de marktonderzoeken (stap 4) en de daarmee bepaalde verdeelsleutels per marktsegment worden de verkoopcijfers verdeeld over de marktsegmenten.

Tussenresultaat isolatiemaatregelen en installatiemaatregelen naar marktsegment

In de tabellen hieronder staat het tussenresultaat voor de verkochte m² isolatiemaatregelen, m² glasisolatie en installaties naar marktsegmenten woningbouw en utiliteitsbouw voor 2023.

Tabel 4.16: Verkoopcijfers isolatiemaatregelen per bouwdeel verdeeld naar marktsegment in 2023

	Plat dak [m ² dak]	Hellend dak [m ² dak]	Vloerisolatie [m ² vloer]	Spouwmuur [m ² gevel]	Gevelisolatie [m ² gevel]
Koopwoningen	4.534.493	0	7.874.481	4.939.209	2.132.832
Particuliere huurwoningen	232.349	0	548.021	355.681	73.490
Sociale huurwoningen	567.505	0	648.298	181.713	102.266
Bedrijfshallen	1.931.907	116.561	254.178	36.499	115.171
Kantoren	668.765	58.531	14.453	375.246	258.625
Non-food	650.031	145.445	53.035	0	254.874
Onderwijs	89.096	46.620	4.214	7.534	25.549
Overig	67.409	31.139	14.361	4.480	7.336
Retail	106.267	10.190	0	11.204	25.000
Ziekenhuizen	2.996	0	0	0	0
Zorginstellingen	194.816	106.298	45.534	356.897	259.401

Tabel 4.17: Verkoopcijfers glasisolatie verdeeld naar marktsegment in 2023

	Glas [m ² glas]
Koopwoningen	2.586.147
Particuliere huurwoningen	88.915
Sociale huurwoningen	855.507
Bedrijfshallen	23.173
Kantoren	176.252
Non-food	122.467
Onderwijs	8.364
Overig	8.747
Retail	8.190
Ziekenhuizen	322
Zorginstellingen	36.915

Tabel 4.18: Verkoopcijfers aantal installaties verdeeld naar marktsegment in 2023

	HR ketel	Warmtepomp	Zonneboiler
Koopwoningen	220.431	84.478	4.854
Particuliere huurwoningen	61.197	2.951	0
Sociale huurwoningen	58.660	13.454	1.934
bedrijfshallen	8.553	194	0
Kantoren	10.931	510	0
Non-food	7.278	618	0
Onderwijs	2.298	31	0
Overig	5.209	262	0
Retail	1.004	76	0
Ziekenhuizen	42	4	0
Zorginstellingen	6.193	401	38

Opmerkingen over representativiteit marktonderzoeken

De aantallen maatregelen in Nederland (geëxtrapoleerd naar Nederland op basis van de marktonderzoeken) vermenigvuldigd met de volumes uit het verwerkersonderzoek hoeven niet voor iedere maatregel (noodzakelijkerwijs) een correct beeld op te leveren over de totale afzet van producten in de bestaande bouw *in dat specifieke jaar*. Dat kan bijvoorbeeld komen als de werkelijke afzet *in dat jaar* zich voordoet in een specifiek deel van de bouwvoorraad. Een representativiteit marktonderzoek geeft dan een verkeerd beeld. In het consumentenonderzoek van I&O zijn representatieve groepen van bewoners van koopwoningen, sociale huurwoningen en particuliere huurwoningen geselecteerd. Voor de berekening van de aantallen genomen maatregelen voor de woningpopulatie en eigendomstypen, zijn deze representatieve groepen (n=1.407 in totaal in 2024) gewogen naar geslacht, leeftijd, opleiding, en regio (I&O, 2024). Voor het marktonderzoek onder utiliteitsbouw is getracht een representatieve steekproef te verkrijgen (Panteia, 2024). Voor dit onderzoek zijn de respondenten geselecteerd uit het eerdere onderzoek (panelleden) en zijn nieuwe leden geselecteerd uit het REACH-bestand. Dit is een databestand met gegevens over alle vestigingen in Nederland waar betaald werk wordt verricht. Een vestiging komt min of meer overeen met een gebouw. Ieder jaar wordt een andere steekproef bevestigd.

Een tweede reden is dat de gemiddelde toegepaste volumes per soort maatregel gebaseerd zijn op het verwerkersonderzoek voor één specifiek zichtjaar. Het kan voorkomen dat er specifieke afwijkende bouwgeometrieën en/of volumes van maatregelen voorkomen in de gerenoveerde bouwvoorraad voor een ander zichtjaar. De oorzaak is wederom dat de maatregelen worden toegepast in een specifiek deel van de bouwvoorraad. Voor marktsurvey-onderzoeken en statistisch onderzoek geldt dat er vele onzekerheden zijn. Belangrijk om te benadrukken is dat de marktonderzoeken alleen gebruikt worden om de verdeling van de verkoopcijfers naar marktsegmenten te maken.

Stap 6a Bepaal de verdeling van uitgangssituaties per maatregel utiliteitsbouw

Per maatregel worden de verschillende uitgangssituatie meegenomen. Hieronder is per maatregel aangegeven welke combinaties daarbij worden onderscheiden.

Vloer (en kruipruimte), gevel, spouwmuur, hellend dak, plat dak, buitengevel:

- isolatie als toevoeging op bestaande isolatie
- isolatie ter vervanging van bestaande isolatie
- isolatie van een uitbreiding van het gebouw
- isolatie waar eerst geen isolatie was

Deze isolatieniveaus zijn daarna gecategoriseerd naar uitgangssituatie geïsoleerd of ongeïsoleerd, zie tabel 4.19.

Tabel 4.19: Uitgangssituatie gasverbruik per type isolatie

Type isolatie	Uitgangssituatie gasverbruik
Isolatie als toevoeging op bestaande isolatie	Geïsoleerd
Isolatie ter vervanging van bestaande isolatie	Geïsoleerd
Isolatie van een uitbreiding van het gebouw	Ongeïsoleerd
Isolatie waar eerst geen isolatie was	Ongeïsoleerd

Glas vervanging:

- Enkel glas vervangen door HR+
- Enkel glas vervangen door HR++
- Enkel glas vervangen door HR+++
- Dubbel glas vervangen door HR+
- Dubbel glas vervangen door HR++
- Dubbel glas vervangen door HR+++
- HR+ vervangen door HR++
- HR+ vervangen door HR+++

Hierbij is vervanging van gebroken glas niet meegenomen

Ketel vervanging:

- CR ketel wordt vervangen door een HR ketel
- VR ketel wordt vervangen door een HR ketel
- HR ketel wordt vervangen door een HR ketel

Warmtepomp:

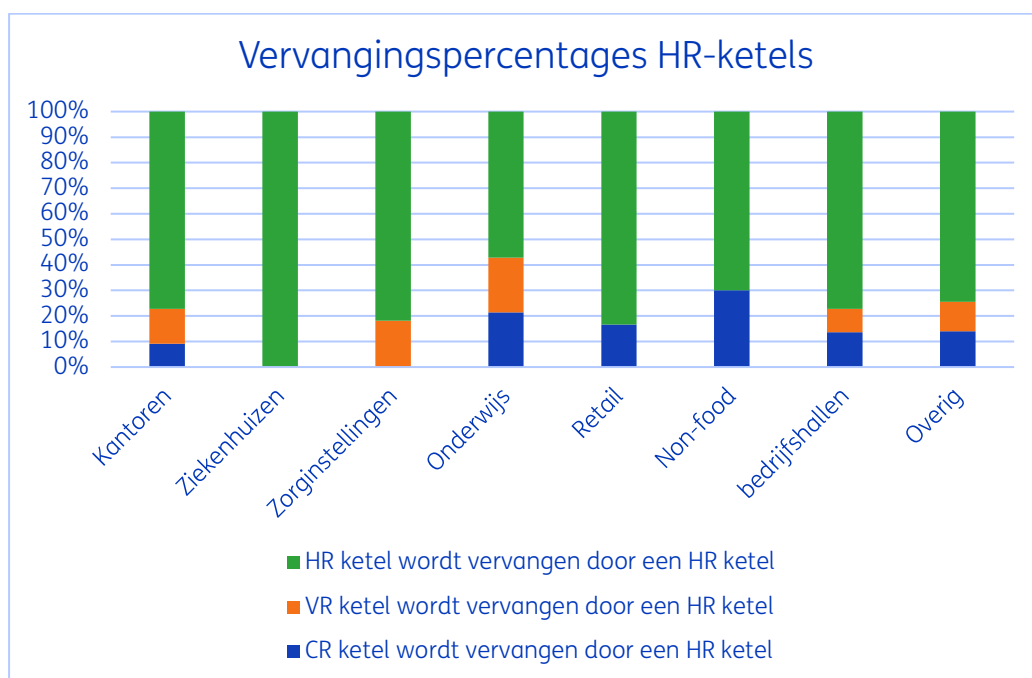
- Warmtepomp vervangt een HR ketel

Zonneboiler:

- Zonneboiler
- Zonneboiler combi

Voorbeeld vervanging

Per maatregel is steeds uitgewerkt wat vervangen wordt. Hiervoor is per gebruiksfunctie een onderverdeling gemaakt op basis van analyse van de marktonderzoekgegevens. Bijvoorbeeld voor de HR ketel is de figuur 4.19 opgesteld.



Figuur 4.19: Wat vervangt de HR ketel in 2023 per gebruiksfunctie (bron: Panteia, 2024, bewerking TNO)

Stap 6b Bepaal de verdeling van uitgangssituaties per maatregel woningbouw

Om de besparing van woningen door installatiemaatregelen te berekenen is met Hestia data verzameld over de uitgangssituatie voor besparingsmaatregelen (HR-ketel of VR-ketel). De mogelijke uitgangssituatie-maatregel combinaties zijn:

Ketel vervanging:

- VR ketel wordt vervangen door een HR ketel
- HR ketel wordt vervangen door een HR ketel

Warmtepomp vervanging

- Hybride of all electric warmtepomp vervangt een VR ketel
- Hybride of all electric warmtepomp vervangt een HR ketel

Om deze uitgangssituatie voor HR-ketels per eigendomstype te bepalen is gebruikt gemaakt van het consumentenonderzoek uitgevoerd door I&O research. De uitgangssituatie van warmtepompen is echter niet onderzocht met dit consumentenonderzoek. Hiervoor is met behulp van Hestia een inschatting gemaakt voor de uitgangssituatie van warmtepompen. In tabel 4.20 is voor de installatiemaatregelen voor het zichtjaar 2023 te zien welk aandeel van de nieuwe warmtepompen/HR-ketels een oude HR-ketel vervangt en voor welk aandeel een oude VR-ketel vervangen wordt per eigendomsklasse.

Tabel 4.20: Uitgangssituatie verdeling van de installatiemaatregelen HR-ketel en warmtepomp

Eigendom	Maatregel	Uitgangssituatie HR-ketel	Uitgangssituatie VR-ketel
SocialeHuur	HR-ketels	0,62	0,38
Parthuur	HR-ketels	0,34	0,66

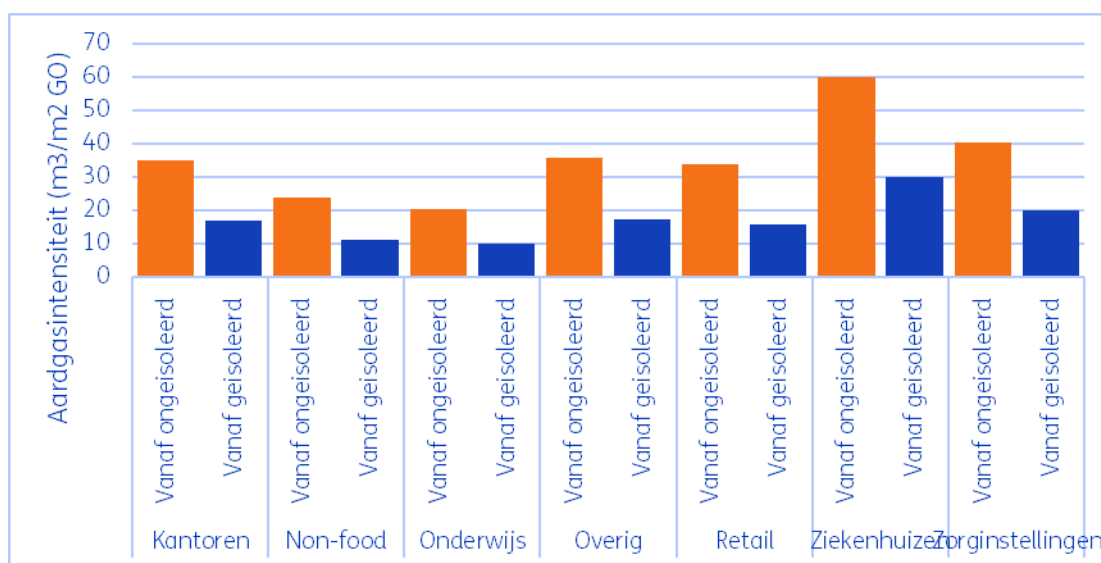
Eigendom	Maatregel	Uitgangssituatie HR-ketel	Uitgangssituatie VR-ketel
Koop	HR-ketels	0,66	0,34
Koop	Warmtepomp	0,77	0,23
PartHuur	Warmtepomp	0,8	0,2
SocialeHuur	Warmtepomp	0,78	0,22

Om de energiebesparing door installatiemaatregelen te berekenen met Hestia is een selectie van woningen gemaakt waarbij woningen met een HR-ketel, VR-ketel, warmtepomp (exclusief lucht-lucht warmtepomp) en hybride warmtepomp zijn geselecteerd uit de hele woningvoorraad gebouwd tot 2020 (ruim 7,1 miljoen woningen van de in totaal 7,9 miljoen woningen).

Voor isolatie maatregelen kan de uitgangssituatie van woningen ook verschillend zijn. Net als bij utiliteit zijn er woningen die komen vanaf de uitgangssituatie geïsoleerd en vanaf ongeïsoleerd. Dit onderscheid in uitgangssituatie wordt niet apart gemaakt omdat hier al rekening mee is gehouden omdat de besparing berekend wordt als een percentage van de functionele vraag. Deze functionele vraag ligt hoger wanneer de uitgangssituatie van bouwdelen ongeïsoleerd is, wat zorgt voor een hogere besparing. Op deze manier is het niet meer nodig om voor isolatie onderscheid te maken tussen de uitgangssituaties.

Stap 7a. Functionele warmtevraag utiliteitsbouw

Om de besparing te berekenen wordt gewerkt met kentallen voor het aardgasverbruik per gebruiksfunctie. Deze kentallen zijn berekend met EPA software door ECN in 2012 voor referentiegebouwen. Het betreft de aardgasintensiteit, uitgedrukt in m^3 per m^2 gebruiksoppervlak per gebruiksfunctie en per uitgangssituatie. Er zijn daarbij twee uitgangssituaties, namelijk voor een ongeïsoleerd gebouw ($R_c=0,4$) en voor een geïsoleerd gebouw ($R_c=1,3$), zie Figuur 4.20.



Figuur 4.20: Aardgasintensiteit per gebruiksfunctie en uitgangssituatie (bron: ECN, 2012)

De energievraag van utiliteitsgebouwen kan verschillen over de jaren, bijvoorbeeld door activiteitsniveaus, spaarzaam gedrag en het weer. Echter, om dit effect goed mee te nemen zijn eerst updates nodig van de energie kentallen per bouwtype voor verschillende zichtjaren. Er zijn momenteel geen gegevens beschikbaar over de recentere zichtjaren (vanaf 2020). Ook eerdere energie kentallen (tot en met 2019) zijn nog niet meegenomen in de besparingsberekening. Dit verbeteren is daarom onderdeel van de ontwikkelagenda.

Ontwikkelagenda: In Figuur 4.20 betreft het berekende gas-kentallen voor een ongeïsoleerde en geïsoleerde variant van een referentiegebouw. Het betreft kentallen voor het referentieverbruik, zonder verdere differentiatie naar zichtjaren. Deze kentallen zijn inmiddels verouderd. Aanbeveling is om de kentallen voor deze referentiesituaties te baseren op het gemeten verbruik en om onderscheid naar zichtjaar te maken. De afgelopen jaren zijn diverse studies uitgevoerd die aardgas-kentallen voor de utiliteitsbouw hebben ontwikkeld op basis van gemeten verbruiken gekoppeld aan het energielabel. Zie: [Energiekengetallen utiliteitsgebouwen – Energy.nl](#). De hier veronderstelde gas-kentallen zijn (veel) hoger dan de gas-kentallen voor recentere jaren, zoals uit recent TNO onderzoek blijkt (Sipma, 2023). De aanbeveling is daarom bovenstaande kentallen te gaan actualiseren met behulp van de kentallen uit (Sipma, 2023) voor recente jaren, de eerdere kentallenstudies te gebruiken voor eerdere jaren, en te gaan interpoleren voor tussenliggende jaren.

Stap 7b. Functionele warmtevraag woningbouw

Om de besparing door isolatiemaatregelen te berekenen is met behulp van Hestia steeds de gemiddelde functionele vraag voor ruimteverwarming berekend van de woningen die een isolatiemaatregel nemen.

Hestia modelleert voor elke woning per bouwdeel of er wel of geen isolatiemaatregelen genomen worden en wat de ruimteverwarmingsvraag van de woning is. Voor de isolatiemaatregelen is met Hestia een selectie van woningen gemaakt die deze maatregel dat jaar hebben genomen. Van deze selectie is vervolgens per maatregel per eigendomsklasse de gemiddelde functionele vraag voor ruimteverwarming bepaald voor de jaren 2021, 2022 en 2023. Uit de modelresultaten was geen duidelijke toename of afname van deze vraag tussen de jaren 2021 en 2023. Dat heeft te maken met modelkeuzes. Daarom is voor elk bouwdeel-eigendom combinatie een gemiddelde functionele vraag bepaald van deze zichtjaren en is dit kentel toegepast voor alle jaren.

Vervolgens is er een weerscorrectie toegepast om de uiteindelijke functionele vraag in het betreffende jaar te berekenen, waarbij er rekening mee wordt gehouden dat in eerdere jaren de functionele vraag voor ruimteverwarming hoger is door koudere temperaturen. Meer informatie hierover is te vinden in bijlage A. De gebruikte kentallen voor de gemiddelde functionele vraag per bouwdeel zijn te zien in tabel 4.21. Er is momenteel echter nog geen rekening gehouden met de invloed van stookgedrag op de functionele vraag (zie de ontwikkelagenda).

Tabel 4.21 Gemiddelde functionele vraag voor ruimteverwarming per eigendomstype voor woningen die een isolatiemaatregel nemen

Eigendom	Functionele vraag ruimteverwarming (GJ/jaar)				
	Glasisolatie	Vloerisolatie	Buitengevelisolatie	Spouwmuurisolatie	Dakisolatie totaal
Koopwoning	39,41	36,02	35,58	36,34	36,07
Particuliere huur	26,85	24,67	24,4	24,48	24,41
Sociale huur	23,33	21,4	21,78	21,57	21,98

Stap 8a Energiebesparing utiliteitsbouw

Voor utiliteitsbouw wordt de jaarlijkse energiebesparing berekend op basis van besparingskentallen per maatregel, uitgangssituatie en gebruiksfunctie. De berekeningsmethode is uitgewerkt in stap 8a1 voor isolatie en glasvervanging, 8a2 voor verwarmingsinstallaties en 8a3 voor zonne-energie.

8a1. Isolatie en glasvervanging:

De besparing door isolatie is gebaseerd op het soort maatregel en bouwdeel, de geometrie van het referentiegebouw en de uitgangs- en doelsituatie.

Eerst is bepaald hoeveel m² gebruiksoppervlak hoort bij de verkochte maatregelen voor de verschillende gebruiksfuncties. Dit is bepaald aan de hand van de vormfactoren (geometrische verhoudingen) voor referentiegebouwen. De referentiegebouwen zijn ontwikkeld door ECN. Deze verhouding per gebruiksfunctie is ter illustratie voor een plat dak weergegeven Tabel 4.22. Daarna wordt bepaald voor iedere maatregel welk aandeel vanaf uitgangssituatie ongeïsoleerd en geïsoleerd komt. Het besparingspercentage, zoals weergegeven ter illustratie in tabel 4.24 voor een plat dak, is bepaald voor de doelisolatiewaarde zoals weergegeven in Tabel 4.23 en is ten opzichte van de uitgangssituatie ongeïsoleerd of geïsoleerd. Deze besparingspercentages per maatregel zijn berekend door ECN met EPA-U software. De aardgasbesparing wordt per gebruiksfunctie, maatregel en uitgangssituatie berekend. Dit is ook schematisch weergegeven in Figuur 4.21. De besparing van een enkele isolatiemaatregel is als voorbeeld hieronder uitgewerkt.

In formulevorm wordt de besparing door isolatiemaatregelen berekend als:

$$\text{Aardgasbesparing isolatiemaatregel [m}^3\text{]} = \text{verkocht_oppervlak_uitgangssituatie[m}^2\text{ bouwdeel]} * \text{vormfactor[m}^2\text{GO/m}^2\text{ bouwdeel]} * \text{besp_maatregel_per_m}^2\text{GO_uitgangssituatie[\%]} * \text{gaskental_uitgangssituatie_gebouw [m}^3\text{/m}^2\text{GO]}$$

Voor glasvervanging wordt een vergelijkbare berekening gemaakt. Het verschil is dat het type glas in de uitgangssituatie (enkel, dubbel, of HR) bepalend is voor het besparingskental. De aardgasbesparing wordt per gebruiksfunctie, bouwdeel en uitgangssituatie berekend. Dit is ook schematisch weergegeven in Figuur 4.22.

In formulevorm:

$$\text{Aardgasbesparing glasvervanging [m}^3\text{]} = \text{verkocht_oppervlak_uitgangssituatie [m}^2\text{ glas]} * \text{vormfactor[m}^2\text{GO/m}^2\text{ glas]} * \text{besp_maatregel_glas_uitgangssituatie[\%]} * \text{gaskental_uitgangssituatie_gebouw [m}^3\text{/m}^2\text{ GO]}$$

Tabel 4.22: Verhouding gebruiksoppervlak ten opzichte van bouwdeel per gebruiksfunctie voor een plat dak (bron: ECN)

Categorie	Maatregel	eenheid	Uitgangssituatie	factor
Kantoren	Plat dak	m ² GO/m ² dak	Vanaf ongeïsoleerd	1,52
Onderwijs	Plat dak	m ² GO/m ² dak	Vanaf ongeïsoleerd	3,08
Retail	Plat dak	m ² GO/m ² dak	Vanaf ongeïsoleerd	1,00
Zorginstellingen	Plat dak	m ² GO/m ² dak	Vanaf ongeïsoleerd	2,00
Ziekenhuizen	Plat dak	m ² GO/m ² dak	Vanaf ongeïsoleerd	6,85
Non-food	Plat dak	m ² GO/m ² dak	Vanaf ongeïsoleerd	1,00
Overig	Plat dak	m ² GO/m ² dak	Vanaf ongeïsoleerd	2,57

Tabel 4.23: Isolatiewaarden per bouwdeel in de doelsituatie (bron: ECN)

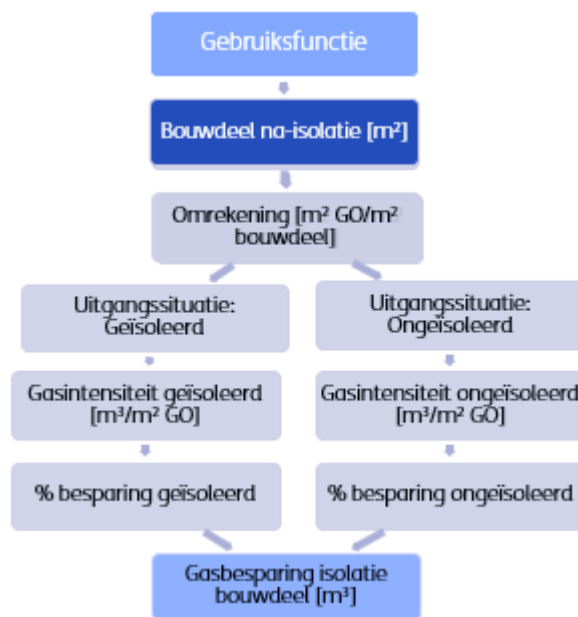
	Rc-waarde doelsituatie
Dak	3,5
Spouwmuur	1,39
Vloer	1,8
Gevel	3,5

Tabel 4.24: Besparingspercentage plat dak per uitgangssituatie en gebruiksfunctie (bron: EPA berekeningen ECN)

Categorie	Maatregel	Doelsituatie	Besparingspercentage vanaf Ongeïsoleerd (Rc=0,4)	Besparingspercentage vanaf Geïsoleerd (Rc=1,3)
Kantoren	Plat dak	naar RC 3,5	23%	21%
Onderwijs	Plat dak	naar RC 3,5	10%	10%
Retail	Plat dak	naar RC 3,5	30%	25%
Zorginstellingen	Plat dak	naar RC 3,5	12%	10%
Ziekenhuizen	Plat dak	naar RC 3,5	5%	4%
Non-food	Plat dak	naar RC 3,5	29%	25%
Overig	Plat dak	naar RC 3,5	18%	16%

Opmerking: Het valt bijvoorbeeld op dat de procentuele besparing bij onderwijs gelijk is voor beide uitgangssituaties. De doelsituatie is Rc 3,5 voor beide verbeteringen. Het aardgasgebruik in de uitgangssituatie ligt echter veel lager vanaf geïsoleerd (Rc 1,3). Bij eenzelfde besparingspercentage is de besparing in m³/m² dan veel lager.

Schematische weergave berekeningsstappen isolatie en glasvervanging



Figuur 4.21: Gasbesparing isolatie utiliteitsbouw per gebruiksfunctie

Wanneer glas wordt vervangen wordt er gekeken in hoeveel procent van de gevallen er enkel, dubbel of HR-glas aanwezig was. Voor vanaf enkelglas en vanaf dubbelglas is er uitgegaan van het gaskental voor de uitgangssituatie ongeïsoleerd. Als HR-glas wordt vervangen door HR-glas is geen besparing gerekend.



Figuur 4.22: Gasbesparing glasvervanging utiliteitsbouw per gebruiksfunctie

Voorbeeld

Een voorbeeld voor na-isolatie van non-food, voor een ongeïsoleerd plat dak is uitgewerkt. De formule van hierboven is toegepast. De resultaten en tussenberekeningen zijn weergegeven in de tabel hieronder. Dit leidt tot een besparing van 9.753 m³ voor de maatregel platdakisolatie voor een non-food gebouw met een gebruiksoppervlak van 1356 m².

Tabel 4.25:: Voorbeeld jaarlijkse besparing platdakisolatie non-food utiliteit

	Gebruiksfunctie	Bouwdeel	Uitgangssituatie	Waarde	Eenheid
Gebruiksoppervlak	Non-food			1356	m ² GO
Oppervlak	Non-food	Plat dak		1412	m ² dak
Aardgasintensiteit uitgangssituatie	Non-food		Vanaf ongeïsoleerd	24,81	m ³ aardgas /m ² GO
Verhouding gebruiksoppervlak t.o.v. bouwdeel	Non-food			0,96	m ² GO/m ² dak
Besparing	Non-food	Plat dak	Vanaf ongeïsoleerd	29%	%
Jaarlijkse besparing per gebouw	Non-food	Plat dak		9.753	m ³

8a2. Verwarmingsinstallatie

HR-ketels

Voor de HR ketel wordt de aardgasbesparing berekend. Voor een HR-ketel in de utiliteit wordt rekening gehouden met de gebruiksfunctie. Voor de HR-ketel wordt bepaald wat de uitgangssituatie was (een CR, VR of HR ketel), de geometrie (vormfactor van het gebouw) en welke aardgasbesparingspercentage daarbij hoort. Daarmee wordt de aardgasbesparing berekend.

In formulevorm:

$$\text{aardgasbesparing [m}^3\text{]} = \text{verkocht_ketels_uitgangssituatie[aantal]} * \text{vormfactor[m}^2\text{GO/ketel]} * \text{besp_maatregel_ketel[\%]} * \text{gaskental_uitgangssituatie_gebouw [m}^3\text{/m}^2\text{ GO]}$$

Warmtepompen

Voor warmtepompen in de utiliteit is de gemiddelde aardgasbesparing per warmtepomp afgeleid vanuit de aardgas verbruiken voor geïsoleerde gebouwen. Voor een warmtepomp in de utiliteit wordt rekening gehouden met de gebruiksfunctie en met de gebruiksoppervlakte van het gebouw om de gemiddelde besparing per gebouw te berekenen. Voor de warmtepomp was onbekend wat de uitgangssituatie was (een CR, VR of HR ketel), daarom is een HR ketels als uitgangspunt gehanteerd.

Het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp is berekend uitgaande van de aardgasbesparing. De aardgasbesparing is daarbij omgerekend naar functionele warmtevraag via het referentierendement voor warmteopwekking met een HR-ketel van 0,94 (PME, 2022). Vervolgens is een gewogen gemiddelde SPF (stookseizoensgemiddelde COP) berekend voor lucht-water en bodemwarmtepompen met de SPF¹¹ waarden uit het

¹¹ De SPF voor een lucht-water warmtepomp uit het protocol is 2,6. Die voor een bodemwarmtepomp is 4.

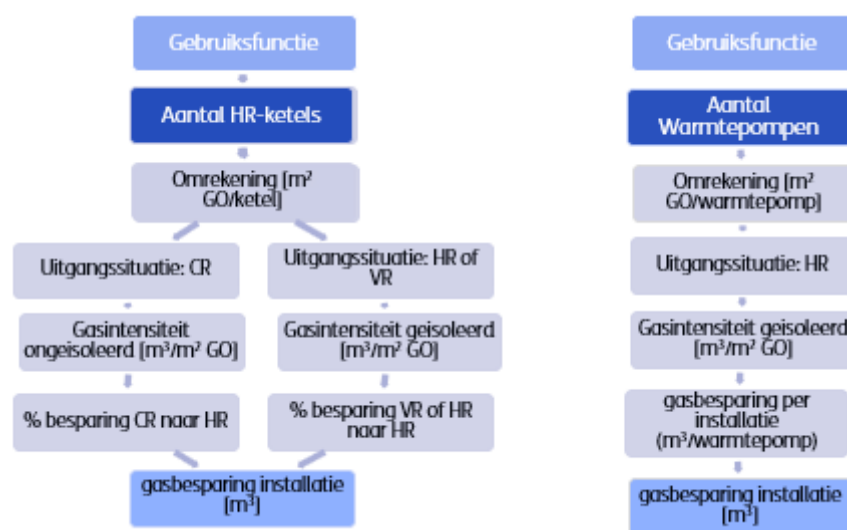
Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie 2022 (PME, 2022) en de verhouding in de bijgeplaatste lucht-water en bodemwarmtepompen per zichtjaar. Door de functionele warmtevraag te delen door de SPF wordt het elektriciteitsverbruik berekend.

De besparing van de warmtepompen is uitgedrukt als het verschil tussen het uitgespaarde aardgasverbruik (aardgasketel) minus het extra verbruik van elektriciteit (warmtepomp). Per gebruiksfunctie is de gemiddelde netto besparing per warmtepomp per zichtjaar berekend (in GJ/warmtepomp) en vermenigvuldigd met de netto aantallen bijgeplaatste warmtepompen per zichtjaar. Netto bijgeplaatst wordt berekend als bijgeplaatst minus uit gebruik genomen in dat jaar. Ervan uitgaande dat een uit gebruik genomen warmtepomp vervangen wordt door een nieuwe warmtepomp kan gerekend worden met de netto-toename om de jaarlijkse toename in besparing te bepalen. De energiebesparing wordt berekend met de formule hieronder.

In formule:

$$\text{Netto besparing [GJ]} = \text{aantal warmtepompen[aantal]} * \text{netto besparing per warmtepompinstallatie [GJ]}$$

De berekening van de besparing door het plaatsen van een nieuwe verwarmingsinstallatie is schematisch weergegeven in de figuur hieronder.



Figuur 4.23: Gasbesparing verwarmingsinstallatie utiliteitsbouw per gebruiksfunctie

8a3. Zonne-energie

Zonnepanelen

Er is geen besparing bepaald voor zonnepanelen. Er is alleen in beeld gebracht hoeveel zon-PV installaties en opgesteld vermogen en elektriciteitsproductie er jaarlijks is en bijkomt.

Zonneboilers

De gemiddelde gasbesparing door een zonneboiler met een collectoroppervlak van < 6m² is berekend in elk zichtjaar. Deze besparing is berekend ten opzichte van de referentiesituatie dat tapwater verwarmd wordt met een CV-ketel op aardgas. Het referentierendement (de substitutiefactor) voor een zonneboiler voor warm tapwater is 0,68 (bron: PME, 2022, pagina 38).

De gemiddelde besparing per zonneboiler (in GJ/zonneboiler) berekend voor het zichtjaar wordt vermenigvuldigd met de aantallen bijgeplaatste zonneboilers in dat zichtjaar.

Voorbeeld: Uit de CBS data (CBS, 2024b) over 2017 (het laatste zichtjaar waarover aantallen gerapporteerd werden) kan worden afgeleid dat de 152.938 afgedekte zonnecollectoren (systemen met < 6m² collectoroppervlak per systeem) een totale warmteproductie hadden van 820 TJ. Dit komt neer op 5,4 GJ warmteproductie per installatie, wat neerkomt op een besparing van 7,9 GJ per installatie (zo'n 250 m³ aardgasbesparing per installatie). Voor 2023 is het besparingskental 8,3 GJ per installatie en voor de andere jaren is dit afgerond 8 GJ/installatie.

Stap 8b. Energiebesparing woningbouw

Isolatie

Isolatiemaatregelen zorgen voor energiebesparing, omdat het warmteverlies door de bouwdelen van een woning verminderd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in warmteverlies door vloeren, spouwmuren, gevels, daken, en het raam van een woning. Om de besparing door isolatiemaatregelen te berekenen zijn kentallen opgesteld over het percentage van de functionele vraag voor ruimteverwarming die wordt bespaard door isolatiemaatregelen per bouwdeel. Hestia berekent het warmteverlies van elk bouwdeel van de woning doormiddel van een warmteverliesberekening¹². Met de warmteverliesberekening is bepaald wat de gemiddelde besparing per vierkante meter isolatiemateriaal is voor een gemiddelde woning met een gemiddeld isolatieoppervlak, ten opzichte van de functionele vraag van die woning.

Deze kentallen zijn opgesteld voor een standaard pakket en een ZEP (Zeer Energiezuinig Pakket). Verdere informatie over het tot stand komen van de kentallen en het ZEP isolatiepakket is te vinden in het TNO rapport voor de monitor ISDE¹³ waarbij met behulp van Hestia de energiebesparing is berekend.

Met Hestia is vervolgens per bouwdeel een inschatting gemaakt van hoe vaak een normaal pakket wordt toegepast en hoe vaak ZEP wordt toegepast. Dit is gedaan door te kijken per bouwdeel hoe vaak tussen 2021 en 2023 een bouwdeel is verbeterd tot een isolatiewaarde die hoort bij een normaal pakket en hoe vaak een bouwdeel is verbeterd tot een isolatiewaarde die hoort bij het ZEP. Dit is gedaan door met Hestia voor elke woning die een isolatiemaatregel neemt te bepalen wat de isolatiewaarde is van het vernieuwde maatregel en of deze isolatiewaarde hoort bij een normaal pakket of een ZEP. Bijvoorbeeld bij daken had 80% van de woningen die de maatregel dakisolatie hebben genomen een RC waarde van minder dan 3,5 wat hoort bij een normaal isolatiepakket. 20% van de vervangen daken hebben een RC-waarde van meer dan 3,5 dus daar is ZEP toegepast. Het percentage van de functionele vraag dat per vierkante meter isolatie wordt bespaard en de onderverdeling tussen een normaal pakket en een ZEP, is weergegeven in tabel 4.26.

¹² [Functioneel ontwerp Hestia 1.0 | Planbureau voor de Leefomgeving](#) in hoofdstuk 2.1.1 staat meer informatie over hoe Hestia de functionele vraag van ruimteverwarming modelleert. In hoofdstuk 2.1.4. staat meer informatie over tapwater.

¹³ [Achtergrondrapport bij de Monitor van de ISDE, SEEH en het Nationaal Warmtefonds | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)

Tabel 4.26: Besparing ruimteverwarming en onderverdeling tussen een normaal pakket en een ZEP per bouwdeel

Maatregel	Besparing functionele vraag ruimteverwarming (%/m ² bouwdeel)	Aandeel maatregelen
Vloerisolatie	0,18%	1
Dakisolatie	0,20%	0,8
Dakisolatie ZEP (RC > 3,5)	0,22%	0,2
Spouwmuurisolatie	0,26%	1
Gevelisolatie	0,35%	0,5
Gevelisolatie ZEP (RC > 3,5)	0,37%	0,5
Glasisolatie	0,89%	0,65
Glasisolatie ZEP (tripel glas, U < 0,8)	1,00%	0,35

Vervolgens is voor elk bouwdeel en eigendomstype de besparing door isolatiemaatregelen berekend door:

$$Besparing_{b,e} = \eta_{maatregel} * BK_b * Func_{b,e} * Opp_{b,e} * K_j$$

$$Besparing_{b,e} = \eta_{maatregel} * BK_b * Func_{b,e} * Opp_{b,e} * K_j$$

De variabelen in deze formule worden toegelicht in tabel 4.27.

Tabel 4.27: variabelen nodig om de besparing van woningen door het nemen van isolatiemaatregelen te berekenen

Parameter	Toelichting parameter	Waarde in 2023	Bronnen
$Besparing_{b,e}$ (GJ/jaar)	Totale energiebesparing per bouwdeel en eigendomstype		Berekend
$\eta_{maatregel}$	Aandeel maatregel per bouwdeel waarbij als nodig onderscheid gemaakt wordt tussen triple glas/HR glas en een energiezuinig of zeer energiezuinig pakket	Zie tabel 4.26	Hestia
BK_b (GJ/m ² bouwdeel)	Procentuele afname warmtevraag per vierkante meter isolatie bouwdeel	Zie tabel 4.26	Hestia
$Func_{b,e}$ (GJ/jaar)	Gemiddelde functionele vraag van woningen die een isolatiemaatregel nemen voor dat bouwdeel per eigendomsklasse	Zie tabel 4.21	Hestia
$Opp_{b,e}$ (m ²)	Totaal oppervlak isolatie per bouwdeel en eigendomsklasse	Zie figuur 4.9 (figuur is getoond zonder onderscheid naar eigendom)	TNO berekening op basis van verkoopcijfers Buildsight i.c.m. marktonderzoeken
K_j	Klimaatteffect in dat jaar	Zie tabel in bijlage A	KNMI, Hestia

Voorbeeld: in 2023 is er bij koopwoningen in totaal 2.582.184 m² raamisolatie geweest. Raamisolatie kan gaan om HR-glas (65% van de kerens en een besparing van 0,89% per m²) en triple glas isolatie (35% van de kerens en een besparing van 1% per m²) zijn. De gemiddelde functionele vraag van koopwoningen waarbij raamisolatie heeft plaatsgevonden is 39,41 GJ/jaar (tabel 4.21). In 2023 was het klimaatteffect (weerscorrectie) 0,986 (bijlage B).

$$Besparing_{Triple\ glas,Koop} = \frac{0,35 * 0,01 * 39,41 * 2582184 * 0,986}{10^6} = 0,35\ PJ$$

$$Besparing_{HRglas,Koop} = \frac{0,65 * 0,0089 * 39,41 * 2582184 * 0,986}{10^6} = 0,58\ PJ$$

De totale besparing doormiddel van raamisolatie in PJ 2023 is gelijk aan 0,93PJ.

Installatie

In Hestia is voor elke woning gebouwd tot en met 2020 het type ruimteverwarming- en tapwaterinstallatie gemodelleerd. Daarnaast is voor elke woning ook de functionele vraag voor ruimteverwarming en tapwater gemodelleerd.

Vervolgens is voor elk zichtjaar woningen geselecteerd waarbij het type installatie voor ruimteverwarming of tapwater van het huidige jaar ongelijk is aan het jaar daarvoor. Dit zijn de woningen die een installatiemaatregel genomen hebben. De gebruikte rendementen om met Hestia de besparingskentallen te berekenen zijn weergegeven in tabel 4.28.

Tabel 4.28: Aangehouden rendementen Hestia voor installatie types (PBL & TNO, 2023)

Type installatie	Rendement ruimteverwarming	Rendement tapwater
HR-ketel	104%	76%
VR-ketel	83%	72%
Warmtepomp	350	238
Hybride warmtepomp ¹⁴	251	76%

Om te berekenen hoe groot de energiebesparing per installatiemaatregel gemiddeld is per eigendomsklasse zijn meerdere stappen gezet. Ten eerste is voor elke woning berekend hoeveel warmte er nodig is voor het invullen van de huidige functionele vraag met het rendement van de aanwezige installatie van het jaar ervoor. Ten tweede is er berekend hoeveel warmte er nodig is voor het invullen van de huidige functionele vraag. Om de energiebesparing te berekenen van de installatiemaatregel is hier vervolgens het verschil tussen berekend. Dit resulteert in de volgende vergelijking om de besparing per woning te bepalen voor een HR-ketel:

$$Besparing_{Installatie_{RV}} = \frac{Func_{RV,huidig}}{\eta_{RV,vorig}} - \frac{Functionele\ vraag_{RV,huidig}}{\eta_{RV,huidig}}$$

¹⁴ Volgens Hestia is de COP van een hybride warmtepomp 450. Voor een gemiddelde woning (label C) vult een hybride warmtepomp 59% van de vraag voor ruimteverwarming en 0% van de tapwatervraag. Het overige deel van de vraag voor ruimteverwarming en de gehele vraag voor tapwater wordt ingevuld door een HR ketel. Voor ruimteverwarming is het gemiddelde rendement van een hybride warmtepomp daarom $0,59 * 425 + 0,41 * 1,04 = 251$

$$BesparingInstallatie_{TW} = \frac{Functionele\ vraag_{TW,huidig}}{\eta_{TW,vorig}} - \frac{Functionele\ vraag_{TW,huidig}}{\eta_{TW,huidig}}$$

De (netto) energiebesparing van een warmtepomp wordt berekend door het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp af te trekken van de besparing. Dit resulteert in de volgende vergelijking om de besparing per woning te bepalen voor een warmtepomp:

$$BesparingInstallatie_{RV} = \frac{Functionele\ vraag_{RV,huidig}}{\eta_{RV,vorig}} - \frac{Functionele\ vraag_{RV,huidig}}{COP_{RV,huidig}}$$

$$BesparingInstallatie_{TW} = \frac{Functionele\ vraag_{TW,huidig}}{\eta_{TW,vorig}} - \frac{Functionele\ vraag_{TW,huidig}}{COP_{TW,huidig}}$$

Bijvoorbeeld: voor een koopwoning met een functionele vraag van 50 GJ/jaar voor ruimteverwarming en 5 GJ/jaar voor tapwater waarbij een warmtepomp een HR ketel vervangt is de besparing:

$$BK_{RV} = \frac{50}{1,04} - \frac{50}{3,50} = 33,8 \text{ GJ/jaar}$$

$$BK_{TW} = \frac{5}{0,76} - \frac{5}{2,38} = 4,48 \text{ GJ/jaar}$$

De gemiddelde energiebesparing door een warmtepomp is gelijk aan 33,8 GJ/jaar + 4,48 GJ/jaar = 38,28 GJ/jaar.

Deze berekening is gedaan voor alle woningen in Hestia die een installatiemaatregel nemen. Vervolgens is voor elke maatregel-uitgangssituatie-eigendomsklasse het gemiddelde besparingskental berekend door de gemiddelde totale besparing, besparing voor ruimteverwarming en besparing voor tapwater te berekenen van alle woningen in die groep. Met Hestia is geanalyseerd of de gemiddelde energiebesparing verschilt per jaar. Uit deze analyse is gekomen dat er geen duidelijke toe of afname is van de energiebesparing per installatiemaatregel tussen 2021 en 2023. Daarom is er aangenomen dat de besparing per installatiemaatregel constant is tussen 2012 en 2023 en is de gemiddelde besparing per installatiemaatregel tussen 2021 en 2023 berekend. Een verklaring voor de constante besparing per installatiemaatregel tussen 2021 en 2023 is dat in Hestia het effect van spaarzaam stookgedrag niet automatisch meegenomen is. Dit punt is onderdeel van de ontwikkelagenda. Deze besparingsgetallen zijn ook gebruikt voor de jaren 2012 tot en met 2020. De besparingskentalen voor de installatiemaatregelen per eigendomsklasse zijn te zien in tabel 4.29.

Tabel 4.29: Gemiddelde energiebesparing per installatiemaatregel volgens Hestia

Eigendom	Maatregel-uitgangssituatie	Energiebesparing ruimteverwarming (GJ)	Energiebesparing tapwater (GJ)	Totale energiebesparing (GJ)
Koopwoning	HR-VR	8,06	0,42	8,48
Koopwoning	Warmtepomp-HR	32,66	3,95	36,61
Koopwoning	Warmtepomp-VR	45,76	4,39	50,16
Part. huur	HR-VR	4,54	0,37	4,92
Part. huur	Warmtepomp-HR	16,00	2,47	18,47

Eigendom	Maatregel- uitgangssituatie	Energiebesparing ruimteverwarming (GJ)	Energiebesparing tapwater (GJ)	Totale energiebesparing (GJ)
Part. huur	Warmtepomp-VR	22,81	3,06	25,87
Sociale huur	HR-VR	4,08	0,37	4,45
Sociale huur	Warmtepomp-HR	10,47	1,84	12,32
Sociale huur	Warmtepomp-VR	14,73	2,19	16,92

Uit de resultaten in de tabel volgt dat voor koopwoningen de gemiddelde besparing hoger is, dit komt omdat dit vaak grotere woningen met een hogere functionele vraag. Daardoor is de besparing door het aanschaffen van een nieuwe installatie ook hoger. Daarnaast is het opvallend dat het besparingskental voor warmtepompen hoog is, vooral voor koopwoningen. Dit komt omdat de installatiemaatregel warmtepomp voornamelijk bij woningen met een hoge functionele vraag voorkomt in Hestia.

De totale besparing door installatiemaatregelen per maatregel-uitgangssituatie-eigendomstype combinatie is berekend door de gemiddelde besparing van deze groep te vermenigvuldigen met het aantal genomen installatiemaatregelen van deze groep. Dit resulteert in de volgende vergelijkingen:

$$\begin{aligned}
 \text{Besparing}_{WP,e} &= (\eta_{HR} BK_{inst,HR,e} * N_{inst,HR,e} + \eta_{VR} BK_{inst,VR,e} * N_{inst,VR,e}) * K_j \\
 \text{Besparing}_{HR,e} &= (\eta_{VR} BK_{inst,VR,e} * N_{inst,VR,e}) * K_j \\
 \text{Besparing}_{tot,e} &= (\text{Besparing}_{HR,e} + \text{Besparing}_{WP,e})
 \end{aligned}$$

De variabelen in deze formule worden toegelicht in tabel 4.30.

Tabel 4.30: uitleg parameters om de besparing doormiddel van installatiemaatregelen te berekenen

Parameter	Toelichting parameter	Bronnen
$\text{Besparing}_{WP,e}$	Besparing warmtepomp per jaar per eigendomstype	Berekend
$\text{Besparing}_{HR,e}$	Besparing HR-ketel per jaar per eigendomstype	Berekend
$\text{Besparing}_{tot,e}$	Totale besparing van HR-ketel en warmtepomp per jaar per eigendomstype	Berekend
η_{HR}/η_{VR}	Aandeel nieuwe installaties waarbij de oude installatie een HR/VR ketel is	Voor een HR-ketel uit marktonderzoek. Voor een warmtepomp uit Hestia,
$BK_{inst,HR,e}$ (GJ/installatie)	Gemiddelde besparing per installatiemaatregel met als uitgangssituatie een HR-ketel	Hestia
$BK_{inst,VR,e}$ (GJ/installatie)	Gemiddelde besparing per installatiemaatregel met als uitgangssituatie een VR-ketel	Hestia
$N_{inst,HR,e}$	Aantal nieuwe installaties die een oude HR-ketel vervangt per eigendomstype	TNO berekening op basis van verkoopcijfers Buildsight i.c.m. marktonderzoeken

Parameter	Toelichting parameter	Bronnen
$N_{inst,VR,e}$	Aantal nieuwe installaties die een oude HR-ketel vervangen per eigendomstype	TNO berekening op basis van verkoopcijfers Buildsight i.c.m. marktonderzoeken
K_j	Temperatuureffect	KNMI, Hestia

Voorbeeld: in 2023 zijn er in totaal 84.478 koopwoningen die een warmtepomp hebben aangeschaft. Hiervan heeft 77% als uitgangssituatie een HR ketel en dan de overige 23% als uitgangssituatie een VR ketel. Het besparingskental voor de maatregel warmtepomp met als uitgangssituatie een HR-ketel is 36,61 GJ per installatiemaatregel per jaar. Het besparingskental voor de maatregel warmtepomp met als uitgangssituatie een VR-ketel is 50,16 GJ per maatregel. In 2023 was het klimaateffect 0,986 (bijlage B).

De totale besparing door warmtepompen voor koopwoning in 2023 is dan:

$$Besparing_{WP,koop} = \frac{(0,77 * 36,61 * 84478 + 0,23 * 50,16 * 84478) * 0,986}{10^6}$$

Dit resulteert in een totale besparing van 3,36 PJ voor warmtepompen in de koopsector in 2023.

Ontwikkelagenda:

Een beperking van deze aanpak is dat het effect van het nemen van meerdere isolatie- en installatiemaatregelen door dezelfde woning niet wordt meegenomen in het berekenen van de energiebesparing. Wanneer een woning een installatie en een isolatiemaatregel tegelijk neemt of meerdere isolatiemaatregelen tegelijk dan is de besparing door de tweede maatregel kleiner, omdat door het nemen van de eerste maatregel de functionele vraag van de woning al is verminderd. Een door te voeren ontwikkeling voor volgend jaar is om met dit effect rekening te gaan houden door te modelleren welke woningen twee of meer maatregelen nemen.

Er wordt momenteel in het ontwikkelprogramma van Hestia gewerkt aan een methode om Hestia makkelijk te kunnen fitten op de volumes van de genomen isolatie en installatiemaatregelen per jaar. Hierdoor zouden door relatief makkelijke aanpassingen aan het model de genomen isolatie- en installatiemaatregelen ingevoerd kunnen worden en kan met Hestia direct de energiebesparing berekend worden. Hierbij wordt dan ook het effect meegenomen dat de relatieve besparing minder wordt als er meer isolatie en installatiemaatregelen worden genomen. Wanneer dit gerealiseerd gaat worden is afhankelijk van het ontwikkelprogramma voor Hestia.

Daarnaast wordt er momenteel gewerkt aan een verbetering van het inschatten van het type installatie voor ruimteverwarming en tapwater van woningen en aan de inschatting van de isolatiewaarden en het aantal woningen dat een isolatiemaatregel neemt.

Het is aan te bevelen de besparingsberekening opnieuw te doen zodra deze verbeteringen zijn doorgevoerd in Hestia.

Stap 9. Energiebesparing omrekenen naar CO₂-reductie

De besparing op aardgas wordt omgerekend naar de jaarlijkse CO₂-reductie. De emissiefactor van aardgaslevering is hiervoor gebruikt, zie tabel 4.31. Voor de berekening van de jaarlijkse CO₂-reductie voor woningen is daarbij – voor de eenvoud – uitgegaan dat de besparing op het finaal energieverbruik gelijk is aan de besparing op aardgas. Voor de utiliteitsbouw is de besparing uitgedrukt in aardgas-equivalenten.

Groen gas wordt bijgemengd in het aardgasnetwerk. Er is een jaarlijks percentage bijmenging gehanteerd in de Klimaat- en Energieverkenning voor levering van aardgas aan sectoren. Bijvoorbeeld, in 2022 was ongeveer 7 PJ groen gas bijgemengd in het aardgasnet (Volkers, 2023). Ten opzichte van het totale gasverbruik van 994 PJ in 2022, betekent dit dat 0,7% van de gasverbruik uit groen gas bestond.

Er kan van worden uitgegaan dat dit percentage ook van toepassing is op gaslevering aan de gebouwde omgeving. Er is geen specifieke data over groen gas inzet in de gebouwde omgeving. Door groen gas bijmenging is de emissiefactor van gas niet constant over de jaren. De CO₂-emissiefactor van gas die is gebruikt om de besparing om te rekenen naar CO₂-reductie is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.31: Emissiefactor aardgaslevering Nederland (bron: Klimaat- en Energieverkenning)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Emissiefactor aardgas (kgCO₂/GJ)	56,5	56,4	56,3	56,4	56,4	56,5	56,5	56,4	56,2	56,1	56,1	56,1

5 Decompositie analyse

5.1 Wat is een decompositie analyse?

Een decompositie analyse is bedoeld om veranderingen in het energieverbruik over de tijd (tussen twee zichtjaren) toe te wijzen naar de achterliggende oorzaken. In een decompositie analyse wordt doorgaans gekeken naar drie soorten effecten:

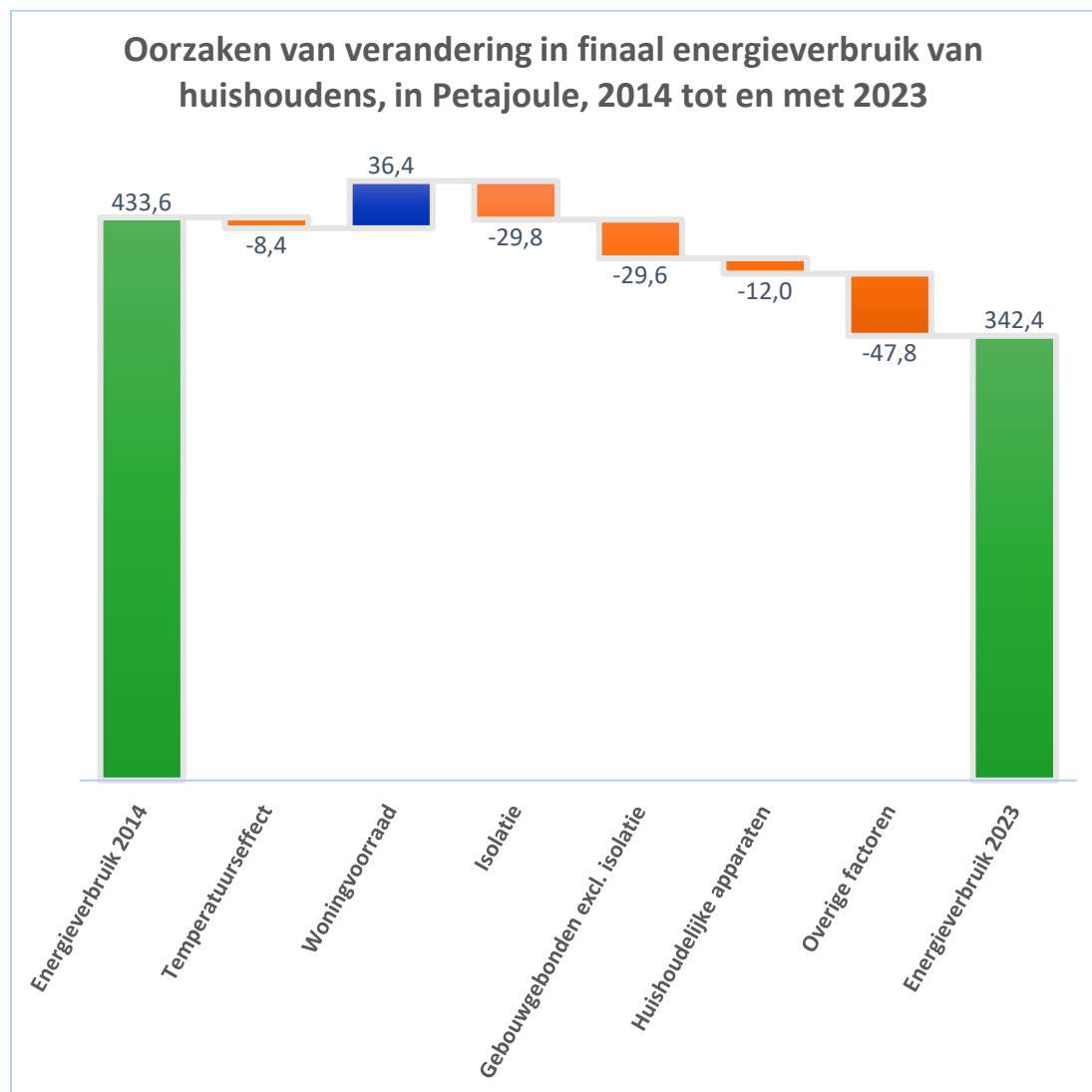
- Het volume effect
- Het structuur effect
- Efficiency (besparing) effect

Deze soorten effecten kunnen vervolgens weer verder worden uitgesplitst en nader gespecificeerd. Er is een decompositie gemaakt van het energieverbruik bij huishoudens en diensten van 2014 tot en met 2023; een periode van tien jaar. Er is daarbij gekeken naar verschillende effecten op het energiegebruik zoals die van het klimaat (temperatuurseffect), ontwikkeling van de bouwvoorraad, de energiebesparing en verschuivingen in het energieverbruik per toepassing. De achterliggende berekeningen per type effect worden in volgende paragrafen verder besproken.

5.2 Resultaat huishoudens

In Figuur 5.1 is het resultaat van de decompositie analyse voor huishoudens weergegeven.

Uit de figuur kan worden opgemaakt dat het temperatuurseffect heeft gezorgd voor een afname van het energieverbruik (voor verwarmen) met 8 PJ. De woningvoorraad is netto toegenomen en dit zorgt voor een toename in het verbruik van 36 PJ. Door isolatiemaatregelen is over de jaren cumulatief een besparing van 30 PJ gerealiseerd. Door installatiemaatregelen (i.e. besparing door verbetering in rendement bij Hr-ketels, besparing door warmtepompen en besparing door zonneboilers) is over de jaren cumulatief een besparing van 30 PJ gerealiseerd. Bij huishoudelijke apparaten is een daling in het verbruik van 12 PJ. Om het energieverbruik van 2023 te verklaren is er een post 'Overige factoren'. Hierin zit onder andere het energieprijzeffect ('spaarzaam gedrag') van afgelopen jaren. Het aardgasverbruik is in recente jaren sterk afgenomen door het stookdrag (minder/zuinig stoken).

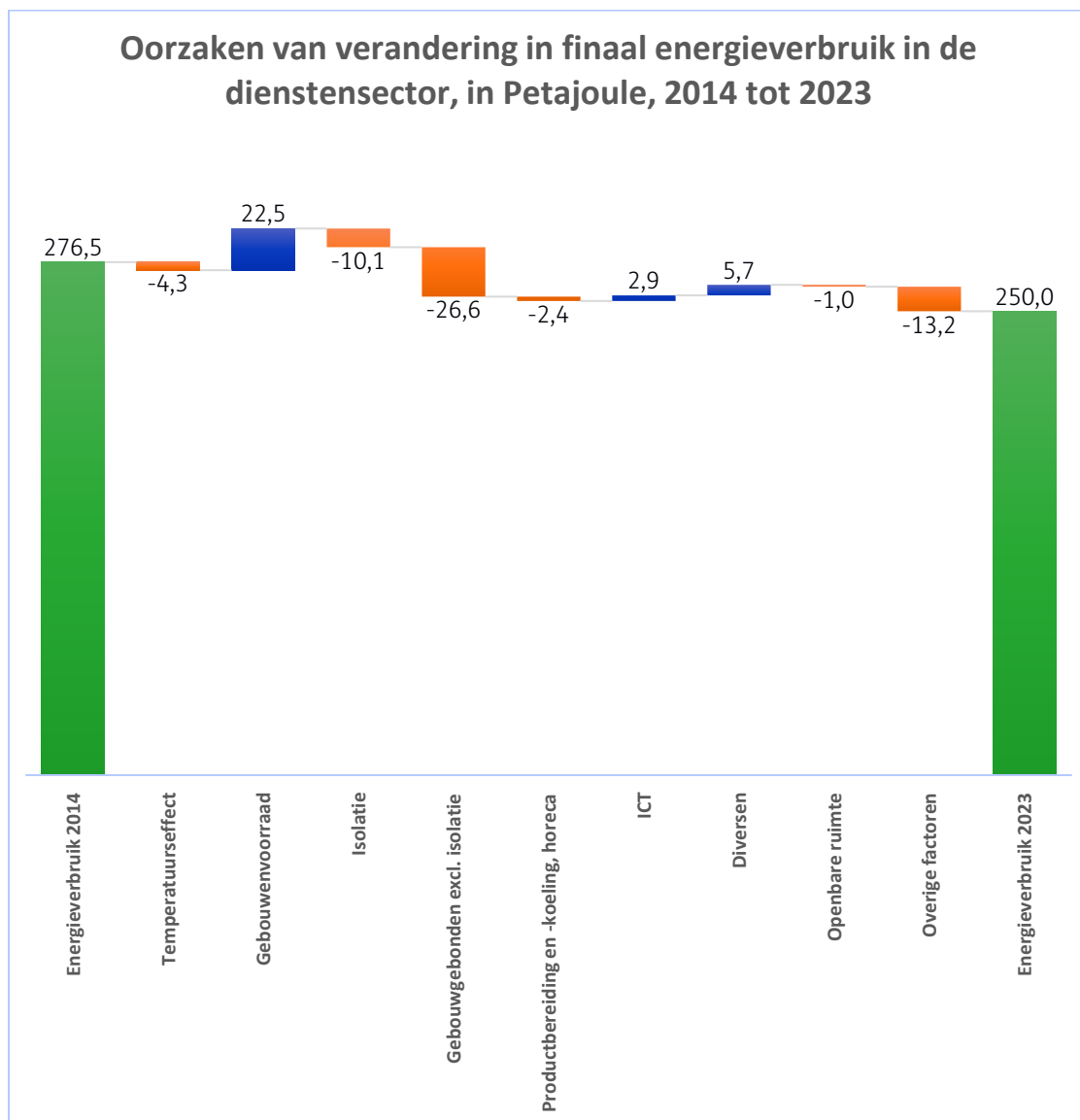


Figuur 5.1: Resultaat decompositie analyse huishoudens (bron: analyse TNO)

5.3 Resultaat diensten

In Figuur 5.2 is het resultaat van de decompositie analyse voor diensten weergegeven.

Uit de figuur kan worden opgemaakt dat het temperatuurseffect heeft gezorgd voor een afname van het energieverbruik (voor verwarmen) met 4 PJ. De gebouwvoorraad is netto toegenomen en dit zorgt voor een toename in het verbruik met 23 PJ. Door isolatiemaatregelen is over de jaren cumulatief een besparing van 10 PJ gerealiseerd. Door installatiemaatregelen (i.e. besparing door verbetering in rendement bij Hr-ketels, besparing door warmtepompen en besparing door zonneboilers) is over de jaren cumulatief een besparing van 26 PJ gerealiseerd. Bij apparaten is er een daling in het verbruik van productbereiding, koeling en horeca en in de openbare ruimte. Bij apparaten is er een stijging in het verbruik van ICT en diversen. Er is een daling in het verbruik in de openbare ruimte. Om het energieverbruik van 2023 te verklaren is er een post 'Overige factoren'. Hierin zit het energieprijns effect ('spaarzaam gedrag') van afgelopen jaren. Het aardgasverbruik is in recente jaren sterk afgenomen door het stookdrag (minder/zuinig stoken).



Figuur 5.2: Resultaat decompositie analyse diensten (bron: analyse TNO)

5.4 Beschrijving bronnen

Voor het maken van de decompositie is gebruik gemaakt van gegevens over het finaal energieverbruik en hoe dit is uitgesplitst naar energiefuncties zoals toegelicht in dit rapport. Daarnaast is gebruik gemaakt van de berekende besparing volgende de methode uit dit rapport. Verder zijn CBS cijfers gebruikt over de woningvoorraad (aantal huishoudens en gemiddelde woninggrootte), de gebouwenmatrix utiliteit (CBS, 2023), het aantal graaddagen voor ruimteverwarming (Volkers et al., 2022), en het aantal huishoudelijke apparaten (EVA model).

5.5 Scope

De volgende factoren op het energieverbruik zijn geanalyseerd:

- Temperatuurseffect (klimaatteffect) ruimteverwarming
- Volume effect, in termen van aantal woningen of verandering m² vloeroppervlak in de dienstensector
- Gemiddelde woninggrootte (meegenomen onder volume effect woningen)
- Aantal huishoudelijke apparaten
- Energiebesparing door isolatiemaatregelen voor de gebouwschil
- Energiebesparing door gebouwgebonden installatiemaatregelen
- Verschillen in het energieverbruik voor de dienstensector per functie kunnen verder worden verklaard door:
 - besparing door energiezuinige verlichting en verlichtingsregelingen (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
 - besparing op tapwaterverwarming (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
 - toename van ruimtekoeling en ventilatie (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
 - verandering in verbruik productbereiding en -koeling, horeca
 - verandering van het elektriciteitsverbruik ICT-toepassingen/datacenters door intensivering ICT-toepassingen, maar een afname door toegenomen efficiency. Netto is sprake van een lichte daling in het verbruik.
 - verandering in diversen (o.a. transport in de vorm van liften en roltrappen)
 - verandering verbruik in de openbare ruimte
- “Overige factoren” is de sluitpost om uit te komen op het verbruik in het eindjaar.

5.6 Bronbewerking

5.6.1 Methode voor huishoudens

Tussen de twee zichtjaren zijn de verschillen in verbruik berekend die toe te wijzen naar aan de verschillende factoren.

Temperatuur effect

Het temperatuurseffect op ruimteverwarming is meegenomen in de vorm van het effect van een procentuele afname in de graaddagen (volgens het klimaatscenario) maal het verbruik voor ruimteverwarming in het startjaar van de analyse.

Volume effect

Geeft het effect van het verschil in het totale aantal woningen aan het begin en eind van de periode. De toename in het energieverbruik is berekend uitgaande van het gem. finale energieverbruik per woning aan het begin van de periode maal het verschil in woningen.

Opmerking: Het aantal woningen verandert door: nieuwbouw, sloop, transformatie en onttrekking. Gekozen is om dit samen te voegen tot één effect.

Structuur effecten

Structuur effecten gaan over een verschuiving in activiteitsniveaus binnen deelsectoren van de gehele sector. Bij huishoudens kan het gaan om welke huishoudelijke apparaten gebruikt worden en hoe intensief deze gebruikt worden over de jaren heen. De activiteitsniveaus worden bepaald door gedrag (voorkeuren). Gekozen is om naar het

gebruik van huishoudelijke apparaten te kijken voor de analyse van het structureffect. Gedragsfactoren vallen hier onder “Overig”.

Aantal huishoudelijke apparaten: Geeft het effect van het verschil in het aantal apparaten per woning aan het begin en eind van de periode bij gelijkblijvende efficiency. Dit effect is berekend o.b.v. het verschil in aantallen apparaten uit het EVA model (KEV) aan het begin en eind van de periode en het gemiddelde verbruik per apparaat aan het begin van de periode (frozen efficiency). Alle gebouwgebonden apparaten zijn hierin niet meegenomen (dus alle apparaten zijn meegenomen, behalve verwarmingsinstallaties, airco's, ventilatiesystemen, tapwaterinstallaties, verlichting en kooktoestellen).

Gemiddelde woninggrootte: Geeft het effect van het verschil in het gemiddeld aantal m² vloeroppervlak per woning aan het begin en eind van de periode. Grotere woningen hebben een relatief hoger verbruik dan kleine woningen. Dit effect is niet apart meegenomen (het maakt onderdeel uit van het volume effect bijvoorbeeld omdat nieuwere woningen groter zijn).

Efficiency effect

Geeft het effect weer van energiebesparing door bouwtechnische en installatietechnische maatregelen.

Meegenomen voor ruimteverwarming zijn: besparing door isolatie, vervanging ketels en warmtepompen. De resultaten op basis van de methode uit dit rapport zijn hiervoor gebruikt.

De besparing komt elk jaar terug dus cumulatief meegenomen over de periode. De besparing op ruimteverwarming is apart getoond voor isolatie en installatie.

De besparing door efficiency verbetering van huishoudelijke apparaten is apart meegenomen. Dit is afgeleid uit 1. de toename in het energieverbruik door toename aantal apparaten en 2. het gerealiseerde verschil in verbruik van apparaten aan het begin en eind van de periode.

Verder zijn de mutaties (besparingen) in het energieverbruik apart weergegeven voor:

- Verlichting
- Koken
- Warm tapwater
- Hulpverbruik verwarming
- Koeling.

Overig

Om op het finaal verbruik in het eindjaar uit te komen worden eerst alle individuele effecten opgeteld bij het verbruik in het beginjaar. Er blijft dan nog een verschil over. Dat verschil wordt verklaard door “overige factoren.” Te denken valt aan besparing/ontsparring door aanpassing stookgedrag en ventilatiegedrag van huishoudens.

5.6.2 Methode voor dienstensector

Tussen de twee zichtjaren zijn de verschillen in verbruik berekend die toe te wijzen zijn aan de verschillende factoren.

Ontwikkelagenda: De huidige decompositie analyse is berekend buiten Hestia om, namelijk met de brondata uit paragraaf 5.4. De besparing is daarbij gebaseerd op de Hestia besparingskentallen, maar andere gegevens komen deels van buiten Hestia. Aanbeveling is om de decompositie analyse uit te voeren op basis van de gegevens in het Hestia model. Uit Hestia kunnen gegevens worden gehaald over:

- Woningvoorraad
- Totale functionele vraag per woning
- Functionele vraag nieuwe woningen
- Functionele vraag woningen sloop
- Functionele vraag koken
- Functionele vraag elektrische apparaten
- Functionele vraag koeling
- Bouwjaar

Met deze gegevens kan worden verklaard waar het verschil in functionele vraag tussen twee historische zichtjaren vandaan komt.

Temperatuur effect

Het temperatuurseffect op ruimteverwarming is meegenomen in de vorm van het effect van een procentuele afname in de graaddagen (volgens het klimaatscenario) maal het verbruik voor ruimteverwarming in het startjaar van de analyse.

Volume effect

Geeft het effect van het verschil in het totale aantal m² vloeroppervlak in de dienstensector aan het begin en eind van de periode. Toename in energieverbruik is berekend uitgaande van het gem. finale energieverbruik per m² aan het begin van de periode maal het verschil in m²'s oppervlak.

Opmerking: Het vloeroppervlak in de dienstensector verandert door nieuwbouw, sloop, transformatie en onttrekking. Gekozen is om dit samen te nemen als één volume effect.

Structuur effect

Structuur effecten gaan over een verschuiving in activiteitsniveaus binnen deelsectoren van de gehele sector. De activiteitsniveaus komen tot uiting in de energie-intensiteiten per gebouwtype en de diverse energiefuncties, zie onder. Om dit effect te bepalen zijn de mutaties in verbruik berekend over de beschouwde periode.

Efficiency effect

Geeft het effect weer van energiebesparing door bouwtechnische en installatietechnische maatregelen. De besparingsresultaten uit dit rapport zijn hiervoor gebruikt.

Meegenomen voor ruimteverwarming zijn: besparing door isolatie, vervanging ketels, en warmtepompen.

De besparing komt elk jaar terug dus cumulatief meegenomen over de periode. De besparing op ruimteverwarming is apart getoond voor isolatie en installatie.

Verder zijn mutaties (besparingen) in het energieverbruik meegenomen voor:

- energiezuinige verlichting en verlichtingsregelingen (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
- Tapwaterverwarming (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
- Ruimtekoeling en ventilatie (meegenomen onder gebouwgebonden installaties)
- Productbereiding en -koeling, horeca
- ICT-toepassingen/datacenters, toename door intensivering ICT-toepassingen, maar een afname door toegenomen efficiency. Netto is sprake van een lichte daling in het verbruik.
- Diversen, o.a. transport (liften, roltrappen)
- verandering verbruik in de openbare ruimte.

Besparing door beter inregelen van installaties valt onder “overige factoren”

Overig

Om op het finaal verbruik in het eindjaar uit te komen worden eerst alle individuele effecten opgeteld bij het verbruik in het beginjaar. Er blijft dan nog een verschil over. Dat verschil wordt verklaard door “overige factoren.” Te denken valt aan besparing/ontsparring door inregelen installaties.

Bronnenlijst

Buildsight (2024). Marktinformatie isolatiematerialen, isolatieglas en HR-ketels, 2010-2023 [Marktinformatie isolatiematerialen, isolatieglas en HR-ketels 2010-2023](#)

CBS (2016) [Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, naar sector \(cbs.nl\)](#)

CBS (2019). Hernieuwbare energie in Nederland. Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, uitgesplitst naar sector [Hernieuwbare energie in Nederland 2019 \(cbs.nl\)](#)

CBS en TNO (2019). Warmtemonitor 2017 [Warmtemonitor 2017 \(cbs.nl\)](#)

CBS en TNO (2020). Warmtemonitor 2019. [Warmtemonitor 2019 \(cbs.nl\)](#)

CBS (2020) [Gebouwenmatrix 1-1-2014, 1-1-2018, 1-1-2019, 1-1-2020 \(cbs.nl\)](#)

CBS (2023) [Gebouwenmatrix energie 2020 op 1 januari 2020 en 1 januari 2021 \(cbs.nl\)](#)

CBS (2024). Energiebalans; aanbod, omzetting en verbruik [StatLine - Energiebalans; aanbod, omzetting en verbruik](#)

CBS (2024a). Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen. [StatLine - Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen \(cbs.nl\)](#)

CBS (2024b). Zonnewarmte; aantal installaties, collectoroppervlak en warmteproductie [Zonnewarmte; aantal installaties, collectoroppervlak en warmteproductie \(cbs.nl\)](#)

CBS (2024c) Hernieuwbare energie in Nederland 2023 [Hernieuwbare energie in Nederland 2023 | CBS](#)

CBS (2024d) [StatLine - Voorraad woningen en niet-woningen; mutaties, gebruiksfunctie, regio](#)

DNE Research (2024). [Nationaal Warmtepomp Trendrapport | Dutch New Energy](#)

ECN en Buildsight (2010). Monitoring Meer met Minder. Uitwerking conceptueel model tot functioneel ontwerp

ECW (2022). Duurzaamheid van bestaande warmtenetten [Duurzaamheid van bestaande warmtenetten | Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie \(nplw.nl\)](#)

I&O research (2024). Energiebesparende maatregelen & aardgasvrij rapportage. RVO. Beschikbaar via: www.rvo.nl/energiecijfers

Meijer en Verweij (2009). Energieverbruik per functie voor SenterNovem [Meijer Energie- & Milieumanagement](#)

Panteia (2024). Renovaties in de Utiliteit Onderzoeksverantwoording meting 2023. Zoetermeer. Beschikbaar via: www.rvo.nl/energiecijfers

PBL (2024). Klimaat- en Energieverkenning 2024. Rapport en tabellenbijlage. [Klimaat- en Energieverkenning 2024 | Planbureau voor de Leefomgeving](#)

PBL en TNO (2023). Functioneel ontwerp Hestia 1.0 [Functioneel ontwerp Hestia 1.0 | Planbureau voor de Leefomgeving](#)

PME (2022). Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie – Herziening 2022. CBS en RVO. [Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie](#)

RVO (2024). Duurzaamheidsrapportage warmtenetten 2023 [Rapporteer over de duurzaamheid van uw warmtenet](#)

Sipma (2023). Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken [Verrijkte BAG ter ondersteuning van lokale energetische vraagstukken \(energy.nl\)](#)

Tigchelaar, C. (2013). Methodiek voor opsplitsing CBS statistiek huishoudelijk gas- en elektriciteitsverbruik. ECN. [Methodiek voor opsplitsing CBS-statistiek huishoudelijk gas- en elektriciteitsverbruik en historisch trends \(tno.nl\)](#)

TNO (2023) Achtergrondrapport bij de Monitor van de ISDE, SEEH en het nationaal warmtefonds [Achtergrondrapport bij de Monitor van de ISDE, SEEH en het Nationaal Warmtefonds](#)

TNO (2022). Het besparingspotentieel bij bedrijfshallen in de dienstensector. [Het besparingspotentieel bij bedrijfshallen in de dienstensector \(rvo.nl\)](#)

Volkers C., P. Vethman, M. van Bruggen (2022), Herziening klimaatcorrectie voor ruimteverwarming, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. [Herziening weerscorrectie voor ruimteverwarming \(pbl.nl\)](#)

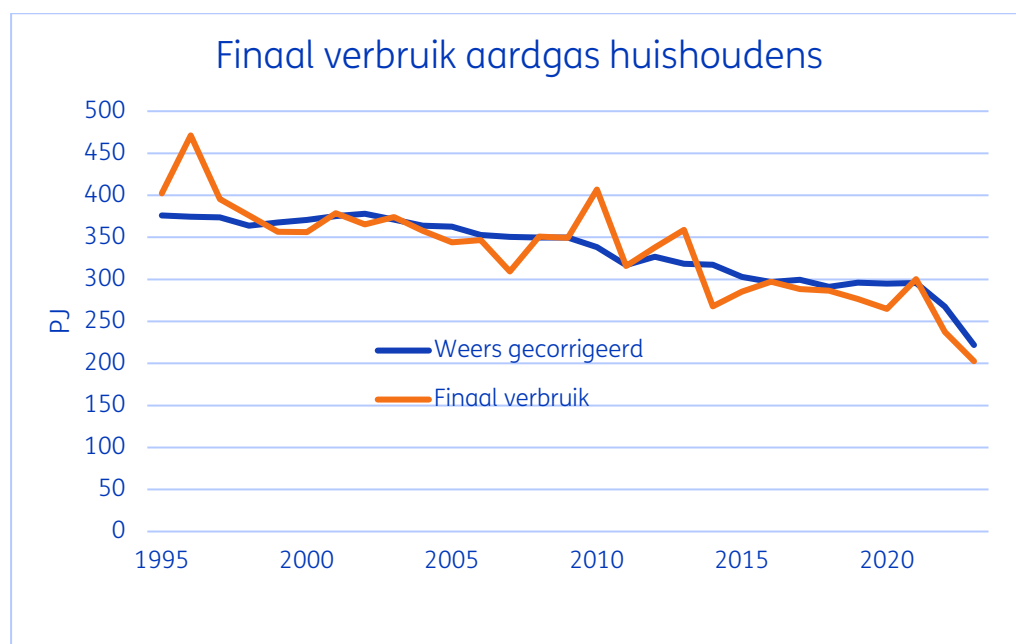
Volkers, 2023. Persoonlijke communicatie met Cees Volkens (PBL), 14 december 2023.

WoON (2018). WoON 2018 onderzoek Energiemodule, [www.woononderzoek.nl](#)

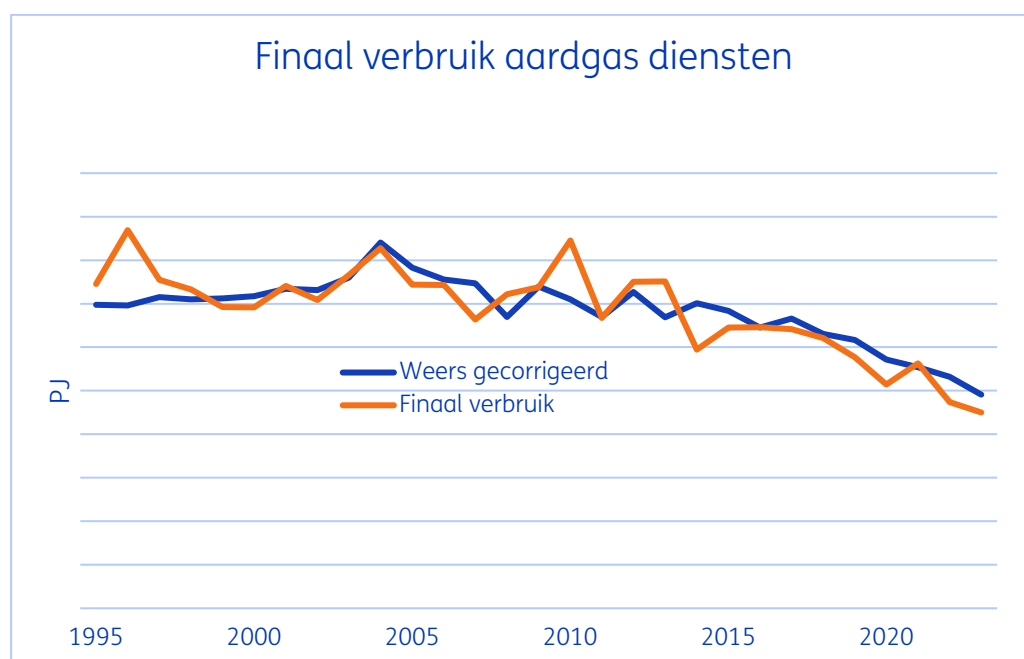
Bijlage A

Historische weerscorrectie aardgasverbruik

In de monitor wordt het weersgecorrigeerde aardgasverbruik getoond. De figuren hieronder laten het verschil zien tussen de statistiek en de weerscorrectie in de KEV.



Figuur A.1: Aardgasverbruik huishoudens met en zonder weerscorrectie (bron: PBL, 2024)



Figuur A.2: Aardgasverbruik diensten met en zonder weerscorrectie (bron: PBL, 2024)

Bijlage B

Temperatuurcorrectie in Hestia

Het klimaat wordt wereldwijd en in Nederland warmer. Dit heeft tot gevolg dat het stookseizoen korter wordt en dat er minder energievraag nodig is voor het verwarmen van woningen. Dit heeft dan ook weer effect op de energiebesparing (PBL en TNO, 2023).

Om het klimaateffect te berekenen wordt eerst het aantal graaddagen van elk jaar berekend. Dit is gedefinieerd als het verschil tussen de gemiddelde buitentemperatuur op een dag en 18 C van alle dagen van het jaar. De gemiddelde temperatuur is omgerekend naar het aantal graaddagen per jaar doormiddel van:

$$Graaddagen_{jaar} = 6369 - (337 * Temperatuur_{jaar})$$

Voor het klimaateffect is als referentiejaar 2020 gebruikt. Het klimaateffect kan dan berekend worden doormiddel van:

$$Klimaateffect_{jaar} = \frac{Graaddagen_{jaar}}{Graaddagen_{2020}}$$

De gemiddelde temperatuur, het aantal graaddagen en de toegepaste klimaatfactor voor ieder jaar wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel B.1: Gemiddelde temperatuur volgens het KNMI, het aantal graaddagen en de toegepaste klimaatfactor (KNMI, 2023)

jaar	Gemiddelde temperatuur	graaddagen	klimaatfactor
2012	10,3	2897,9	1,194
2013	9,8	3066,4	1,264
2014	11,7	2426,1	1,000
2015	10,9	2695,7	1,111
2016	10,7	2763,1	1,139
2017	11	2662	1,097
2018	11,4	2527,2	1,042
2019	11,2	2594,6	1,069
2020	11,7	2426,1	1,000
2021	10,5	2830,5	1,167
2022	11,6	2459,8	1,014
2023	11,8	2392,4	0,986

Bijlage C

Warmtepompen in de bestaande bouw

De inschatting van het aandeel warmtepompen in nieuwbouwwoningen per jaar op basis van data uit de energielabeldatabase is hieronder weergegeven.

Tabel C.1: Aandeel nieuwbouwwoningen verwarmd met een warmtepomp

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Nieuwbouw met warmtepomp	18%	28%	30%	60%	63%	68%	68%
Nieuwbouw zonder warmtepomp	82%	72%	70%	40%	37%	32%	32%

Vervolgens is daarmee het aandeel nieuwbouwwoningen met warmtepomp per zichtjaar berekend.

Tabel C.2: Aantal nieuwbouwwoningen verwarmd met een warmtepomp

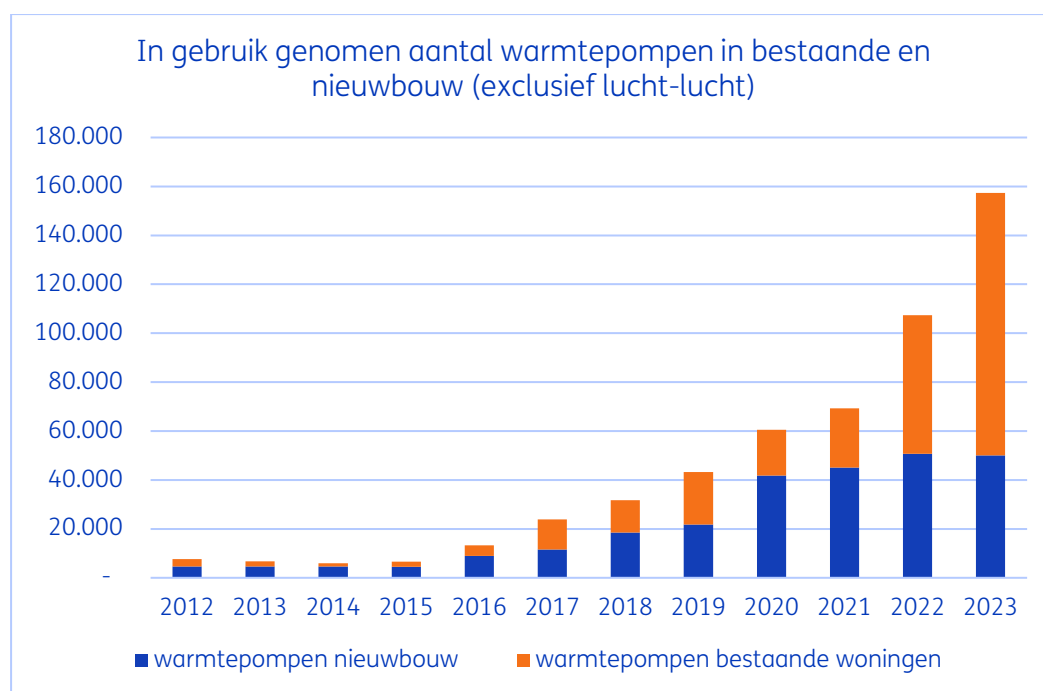
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Aantal nieuwbouwwoningen (bron: CBS)	62.982	66.585	71.548	69.985	71.221	74.560	73.638
Waarvan nieuwbouw met warmtepomp	11.601	18.454	21.775	41.761	45.114	50.654	50.028
Waarvan nieuwbouw zonder warmtepomp	51.381	48.131	49.773	28.224	26.107	23.906	23.610

Vervolgens is het aantal warmtepompen in de bestaande bouw berekend.

Tabel C.3: Aantal warmtepompen (excl. lucht-lucht) bijgeplaatst in bestaande bouw en nieuwbouw

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Aantal warmtepompen nieuwbouw	11.601	18.454	21.775	41.761	45.114	50.654	50.028
Aantal warmtepompen bestaande bouw	12.274	13.266	21.416	18.718	24.151	56.644	107.277
Aantal warmtepompen totaal (excl. lucht-lucht) (bron: CBS, 2024a)	23.875	31.720	43.191	60.479	69.265	107.298	157.305

Wat resulteert in onderstaande figuur:



Figuur C.1: Aantal warmtepompen (excl. lucht-lucht) bijgeplaatst in bestaande bouw en nieuwbouw

Bijlage D

Zonneboilers in de bestaande bouw

De inschatting van het aantal bijgeplaatste zonneboilers in bestaande bouw en nieuwbouw per jaar op basis van CBS data uit Hernieuwbare Energie in Nederland over de verhouding in de bestaande bouw versus nieuwbouw.

Tabel D.1: Aantal zonneboilers bijgeplaatst in bestaande bouw en nieuwbouw

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Aandeel bestaande bouw	80,6%	93,2%	84,4%	90,1%	92,9%	93,2%	93,0%
Aandeel nieuwbouw	19,4%	6,8%	15,6%	9,9%	7,1%	6,8%	7,0%
Aantal bestaande bouw	5.080	7.293	6.720	6.846	5.458	8.585	6.826
Aantal nieuwbouw	1.223	534	1.238	749	420	624	517

Energy & Materials Transition

Radarweg 60
1043 NT Amsterdam
www.tno.nl