



CEKER

Achtergrondnotitie



Committed to the Environment

CEKER

Achtergrondnotitie

Delft, CE Delft, juli 2021

Publicatienummer: 21.210138.114

Beleid / Beleidsplanning / Woningen / Huishoudens / Warmte / Energietechniek / Kosten / Maatregelen / VT: Rekenmodel

Deze notitie is opgesteld door: Joram Dehens, Emma Koster, Katja Kruit

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Het CEKER-model

CEKER is een snel en flexibel rekenmodel, ontwikkeld door CE Delft. Het model brengt kennis samen uit onder andere het CEGOIA-model van CE Delft, het Dashboard Eindgebruikerskosten van TNO, de Startanalyse van PBL en ervaring uit de markt.

CEKER staat voor CE Kosten voor Eindgebruikers Rekenmodel. Het model berekent de kosten van duurzame warmteopties voor eindgebruikers. Anders dan nationale kosten gaan eindgebruikerskosten over de situatie van de bewoner/eigenaar. Eindgebruikerskosten zijn alle kosten voor isolatiemaatregelen, aardgasvrije warmteopties en energiegebruik.



Het CEKER-model kan rekenen op woningniveau, buurtniveau, gemeenteniveau en Rijksniveau. Hierbij neemt het model vele lokale kenmerken mee. Denk aan het huidige isolatieniveau, lokale energieverbruiken en het type bebouwing. Ook houdt het model rekening met de lokale beschikbaarheid van warmtebronnen. CEKER berekent welke warmtetechniek voor huishoudens de laagste kosten heeft, bij de huidige kostenniveaus en bij de verwachte kosten in 2030.

Het CEKER-model is door CE Delft ontwikkeld om beleidsmakers, planners en bestuurders inzicht te geven in een betaalbare warmtetransitie voor hun inwoners.

Leeswijzer

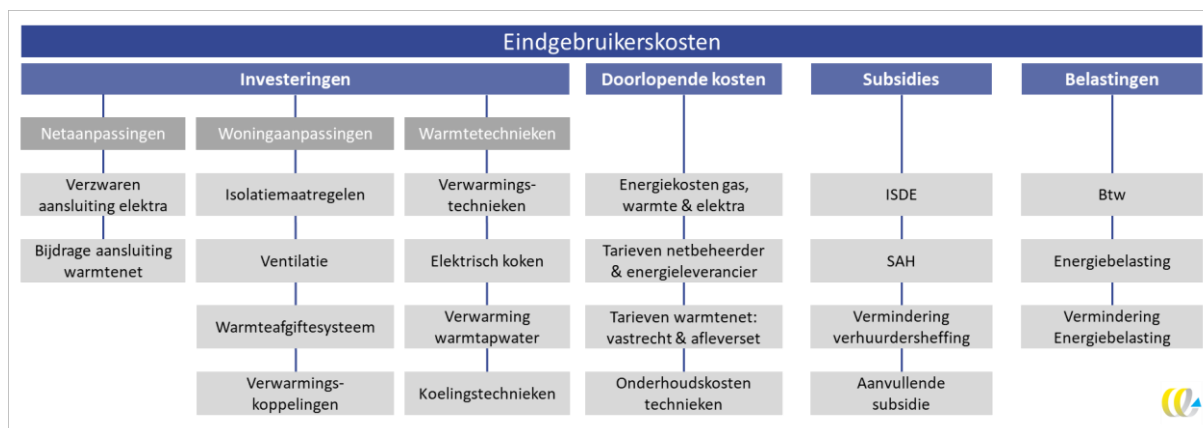
- [Hoofdstuk 1](#) vertelt wat de eindgebruikerskosten precies zijn en welke kosten deze inhouden.
- [Hoofdstuk 2](#) geeft de methode waarmee de eindgebruikerskosten bepaald worden.
- [Hoofdstuk 3](#) behandelt de aannames en uitgangspunten.
- [Hoofdstuk 4](#) gaat over de mogelijkheden om beleidsopties en varianten door te rekenen.
- [Hoofdstuk 5](#) laat zien welke resultaten CEKER onder meer berekent.
- [Hoofdstuk 6](#) geeft een vergelijking met het andere model voor de gebouwde omgeving CEGOIA.

1 Wat zijn eindgebruikerskosten?

De eindgebruikerskosten zijn alle kosten die een bewoner of pandeigenaar betaalt voor de omschakeling naar aardgasvrij verwarmen. De eindgebruikerskosten omvatten investeringen, energiekosten en kosten voor onderhoud. De investeringskosten bestaan onder andere uit de aanschaf van installaties en isolatie en zijn eenmalig. De energiekosten en onderhoudskosten zijn doorlopende kosten. Daarnaast zijn er ook subsidies en belastingen die met de andere kosten verrekend worden.

Figuur 1 geeft een overzicht van de verschillende kostencomponenten die worden meegenomen in het CEKER-model van CE Delft. Voor iedere woning en techniekcombinatie wordt gekeken welke kostencomponenten relevant zijn.

Figuur 1 - Overzicht kostencomponenten CEKER-model



Het belangrijkste verschil met de nationale kosten is dat de eindgebruikerskosten rekening houden met alle kosten en opbrengsten die specifiek zijn voor de eindgebruiker, wat betekent dat deze ook tarieven, belastingen en subsidies omvatten. In plaats van een businesscaseberekening voor de aanleg van een warmtenet, betaalt een eindgebruiker een tarief, namelijk een bijdrage voor de aansluitkosten (BAK). De eindgebruikerskosten geven inzicht in de rekening die de eindgebruiker uiteindelijk betaalt bij verschillende warmtetechnieken.

Om de technieken onderling te kunnen vergelijken, rekenen we de eenmalige kosten van investeringen minus subsidie om naar jaarlijkse kosten. De omrekening naar jaarlijkse kosten gebeurt via een lening. Voor eigenaarbewoners gelden hierbij de voorwaarden van de Energiebespaarlening van het Duurzaam Warmtefonds. Particuliere en sociale verhuurders hebben andere financieringsvormen, zie verder in het hoofdstuk over [aannames en uitgangspunten](#). De optelsom van de jaarlijkse leninglasten, jaarlijkse energiekosten en jaarlijkse onderhoudskosten geeft de totale jaarlijkse eindgebruikerskosten.

2 Methode

2.1 Woningtypes

CEKER rekent met woningtypes. Een woningtype in CEKER is een combinatie van woningtype, bouwjaar, energielabel en eigendomsstatus. De volledige woningvoorraad wordt opgedeeld volgens de woningtypes, zie Tabel 1. Een voorbeeld van een woningtype is een "Tussenwoning gebouwd tussen 1965-1974 met een energielabel C in de sociale huursector".

Tabel 1 - Opbouw woningtypes CEKER

Woningtype	Bouwjaar	Energielabel	Eigendom
Appartement	t/m 1945	A	Koop
Tussenwoning	1946-1964	B	Particuliere huur
Hoekwoning	1965-1974	C	Sociale huur
Vrijstaand	1975-1991	D	
2-1 kap	1992-2005	E	
	na 2006	F	
		G	

Eigendomssituatie

Eigenaarbewoners betalen de kosten voor de investeringen en profiteren vervolgens van energiebesparing en een lagere energierekening. In de huursector maakt de verhuurder investeringen en profiteert de huurder van de energiebesparing. Hoe verhuurders de investeringen precies doorberekenen in de huurprijs is nog onzeker. Het Sociale Huurakkoord zorgt dat de verduurzaming niet leidt tot een verhoging van de huur- en energielasten voor de sociale huurder. De huurverhoging zal over het algemeen niet hoger zijn dan de energiebesparing die door verduurzaming gerealiseerd wordt.¹ In de particuliere huursector is geen akkoord, waardoor hogere huurverhogingen mogelijk zijn.

2.2 Warmtetechnieken en verduurzamingsopties

De eindgebruikerskosten worden berekend voor de volgende warmtetechnieken:

- gasketel zonder isolatie of met isolatie (70 kWh/m² of 50 kWh/m²);
- hybride warmtepomp zonder isolatie of met isolatie (70 kWh/m² of 50 kWh/m²);
- elektrische warmtepomp met isolatie 50 kWh/m²;
- lagetemperatuurwarmtenet ($\leq 55^\circ\text{C}$) met isolatie 50 kWh/m²;
- middentemperatuurwarmtenet ($\pm 70^\circ\text{C}$) met isolatie 70 kWh/m²;
- hogetemperatuurwarmtenet (75-90°C) zonder isolatie.

Hier volgt een overzicht van de duurzame alternatieven.



Elektrische warmtepomp

Een elektrische warmtepomp is een individuele elektrische warmteoplossing. Gebouweigenaren kunnen zelfstandig overschakelen op deze techniek. De luchtwarmte-, de bodemwarmte- en de pvt-warmtepomp² zijn de bekendste typen warmtepomp.

Deze warmtepompen gebruiken warmte uit de lucht, bodem en zonnewarmte en brengen dit met behulp van elektriciteit naar een temperatuurniveau dat geschikt is voor het verwarmen van gebouwen en tapwater. Doordat warmtepompen voornamelijk energie uit de lucht of bodem gebruiken en een kleiner deel elektriciteit, hebben ze een hoger rendement dan de hr-ketel. Voor het toepassen van een elektrische warmtepomp moet een woning of utiliteitsgebouw zeer goed worden geïsoleerd, naar een isolatieniveau van 50 kWh/m².

Dit is met name kostbaar bij vooroorlogse bouw. Ook moeten de radiatoren worden vervangen door vloerverwarming of LT-radiatoren. Wanneer een groep gebouwen overschakelt naar een elektrische oplossing, kan het zijn dat het elektriciteitsnet moet worden verzaard.

De luchtwarmtepomp maakt gebruik van de buitenlucht. De ventilator (buitenunit) die nodig is voor een luchtwarmtepomp, maakt geluid.

De bodemwarmtepomp is duurder dan de luchtwarmtepomp om aan te leggen, maar is wel energiezuiniger. Pvt-panelen worden op het dak geplaatst en leveren zowel warmte als elektriciteit.

¹ CE Delft en Merosch hebben voor Portaal verschillende strategieën in kaart gebracht over de doorberekening van de verduurzamingskosten aan de huurders ([Afwegingskader Portaal](#))

² Pvt-panelen zetten licht om in elektriciteit (photovoltaic) en warmte (thermisch).

Hybride warmtepomp



De hybride warmtepomp combineert een elektrische warmtepomp met de hr-ketel op gas. De elektrische warmtepomp kan voor ongeveer de helft van de warmtebehoefte zorgen. Dit gaat zeer efficiënt, omdat de warmtepomp energie haalt uit de omgeving, bijvoorbeeld de buitenlucht. De energie wordt gebruikt voor ruimteverwarming en/of warmtapwaterbereiding. Ongeveer een vijfde van de tijd springt de hr-ketel bij op momenten dat de warmtepomp niet voldoende warmte kan leveren, bijvoorbeeld wanneer het buiten koud is en/of er (veel) warmtapwater nodig is. Hoe hoger het isolatieniveau van het gebouw, hoe minder vaak de hr-ketel hoeft bij te springen, en hoe groter de vermindering van het (aard)gasverbruik.

Momenteel is het niet zinvol om een hybride warmtepomp te plaatsen in een slecht geïsoleerd gebouw (MilieuCentraal, lopend). In zo'n gebouw zal de warmtepomp minder vaak de warmte leveren: de hr-ketel moet vaak bijspringen om het gebouw voldoende warm te krijgen. In een matig geïsoleerd gebouw³ (dubbelglas, spouwmuurisolatie en 5-7 cm vloerisolatie en dakisolatie) levert een hybride warmtepomp wel besparing op de energierekening en CO₂-reductie op (MilieuCentraal, lopend).

Een hybride warmtepomp is nog niet aardgasvrij: deze gebruikt aardgas op die momenten dat de hr-ketel bijspringt. Op de langere termijn (verwacht wordt zeker na 2030), kunnen groengas of groene waterstof dit aardgas mogelijk vervangen. Op dat moment is het mogelijk om zonder CO₂-uitstoot te verwarmen met een hybride warmtepomp. Het is echter nog zeer de vraag of, en zo ja wanneer, deze gassen beschikbaar komen.



Hogetemperatuurwarmtenet

Voor een hogetemperatuurwarmtenet (HT) is een nieuwe infrastructuur nodig voor het vervoeren van water met een temperatuur van minimaal 75°C (vaak rond 90°C). Dit water wordt verwarmd met een HT-warmtebron, zoals warmte uit een centrale of restwarmte uit de industrie. Een HT-warmtenet is warm genoeg voor het verwarmen van het gebouw en verzorgen van warmtapwater. In het gebouw zelf wordt de cv-ketel vervangen door een kleinere afleverset, bestaande uit een warmtewisselaar en warmtemeter. De afleverset komt doorgaans in de meterkast te hangen. De afleverset moet nog gekoppeld worden aan het warmteafgiftesysteem, hiervoor moeten de verwarmingsleidingen worden omgelegd. Extra isolatie is niet nodig, hoewel dit wel wenselijk kan zijn vanuit comfortoverwegingen en energiebesparing (besparing op de energielasten, zuinig omgaan met schaarse warmtebronnen en CO₂-reductie). Een aandachtspunt bij het ontwikkelen van een warmtenet is de afstemming tussen de huidige en toekomstige warmtevraag en de warmte die het net kan leveren.



Middentemperatuurwarmtenet

Voor een middentemperatuurwarmtenet (MT) is ook een nieuwe infrastructuur nodig. Een MT-warmtenet heeft een temperatuur van tussen de 55 en 75°C en wordt vaak gevoed met LT-bronnen, waarna de temperatuur wordt opgewerkt met een collectieve warmtepomp. Voorbeelden van LT-bronnen zijn ondiepe geothermie (tot 1.250 meter diep, met een temperatuur van 15-40°C) en aquathermie. Bij aquathermie wordt warmte onttrokken aan water, zoals oppervlaktewater of afvalwater. Dit is doorgaans in combinatie met een wko (warmtekoelopslag). Door het omhoog brengen van de temperatuur van het water in het warmtenet met een collectieve elektrische warmtepomp, is het water dat bij de woningen en overige gebouwen aankomt warm genoeg voor het verwarmen van radiatoren en tap-

³ In CEKER rekenen we hiervoor met isolatieniveau 70 kWh/m²

water. Een MT-warmtenet kan ook een warmtebron van hogere temperatuur hebben, zoals geothermie of de retourleiding van een HT-warmtenet. De gebouwen moeten voor verwarmen met een MT-warmtenet wel een redelijk isolatieniveau hebben (70 kWh/m²), maar niet zo goed als bij een LT-warmtenet. De geleverde temperatuur is immers hoger, waardoor de woningen sneller opwarmen.



Lagetemperatuurwarmtenet

Ook voor een (zeer)lagetemperatuurwarmtenet (ZLT/LT) is een nieuwe infrastructuur nodig. Bij een LT-warmtenet gaat het om warmte met een temperatuur tussen de 30 en 55°C. Een ZLT-warmtenet, of bronnet, heeft een temperatuur van maximaal 30°C. Bij een ZLT-warmtenet moet de temperatuur van de warmte nog omhoog gebracht worden met een individuele warmtepomp in het gebouw. LT-warmtebronnen zijn bijvoorbeeld warmte uit koel- en vrieshuizen, waterzuiveringsinstallaties en datacenters of aquathermie. Gebouwen moeten goed worden geïsoleerd, namelijk naar een isolatieniveau van 50 kWh/m². Daarnaast moet worden overgeschakeld op een LT-afgiftesysteem (bijv. vloerverwarming of LT-radiatoren) en is er een aparte voorziening nodig voor tapwater.

2.3 Methode voor gebieden

CEKER breidt de inzichten over eindgebruikerskosten op woningniveau uit naar gebieden. De modelberekening bestaat uit volgende stappen:

1. **Inventarisatie woningen:** Het gebied dat we beschouwen bestaat uit een verzameling van verschillende typen woningen, uit verschillende bouwjaren, en met een verschillend isolatieniveau. Daarnaast bestaan er ook verschillende vormen van eigenaarschap: koopwoningen, particuliere huurwoningen en sociale huurwoningen.
2. **Kostenberekening:** Voor elke woning (type, bouwjaar, label en eigenaarschap) berekenen we de eindgebruikerskosten voor de verschillende warmtetechnieken.
3. **Resultaten op gebiedsniveau:** De resultaten van de kostenberekening op woningniveau combineren we met de inventarisatie van de woningen. Hieruit stellen we gemiddelden, spreiding en andere inzichten samen.

De inventarisatie van woningen met een bepaald woningtype, bouwjaar en energielabel bepalen we aan de hand van het Kadaster en openbare gegevens over energielabels voor iedere woning (Kadaster, 2020, Rijksoverheid, 2020). Op woningniveau is het eigenaarschap van de woning niet openbaar bekend. Het aantal woningen verdelen we daarom evenredig met de percentages van eigenaarschap per buurt (CBS, 2019a).

3 Aannames en uitgangspunten

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de aannames en uitgangspunten die we hanteren in CEKER.

Financiering

Investerings worden met een lening en aflossingstermijnen verrekend naar jaarlijkse kosten. Veel mensen zullen een lening aangaan, of een extra hypotheek afsluiten om de verduurzaming te betalen. De financiering van de verduurzamingskosten verschilt naar gelang de eigendomssituatie:

- Financiering van de verduurzamingsinvesteringen voor de woningen van **eigenaar-bewoners** gebeurt via de Energiebespaarlening van het Nationaal Warmtefonds, met een looptijd van 20 jaar en rentevoet van 2,2 % (Warmtefonds, 2021). Dit is in lijn met de Klimaat- en Energieverkenning 2020 (PBL, 2020). Als alternatief kan

eventueel gebruik worden gemaakt van een hypotheeklening met een afbetalingstermijn van 30 jaar en rentevoet 1,6% (Rente.nl, 2021).

- Financiering van de verduurzamingsinvesteringen voor de woningen van **particuliere verhuurders** gebeurt via de NIBC Vastgoed Hypotheek, met een looptijd van 25 jaar en rentevoet 3,20% voor zichtjaar 2020 en 4,82% voor zichtjaar 2030 (TNO, 2021).
- Financiering van de verduurzamingsinvesteringen voor de woningen van **sociale verhuurders** gebeurt via het Waarborgfonds Sociale Woningbouw (WSW), met een looptijd van 25 jaar en rentevoet 1,15% voor zichtjaar 2020 en 3,36% voor zichtjaar 2030 (TNO, 2021).

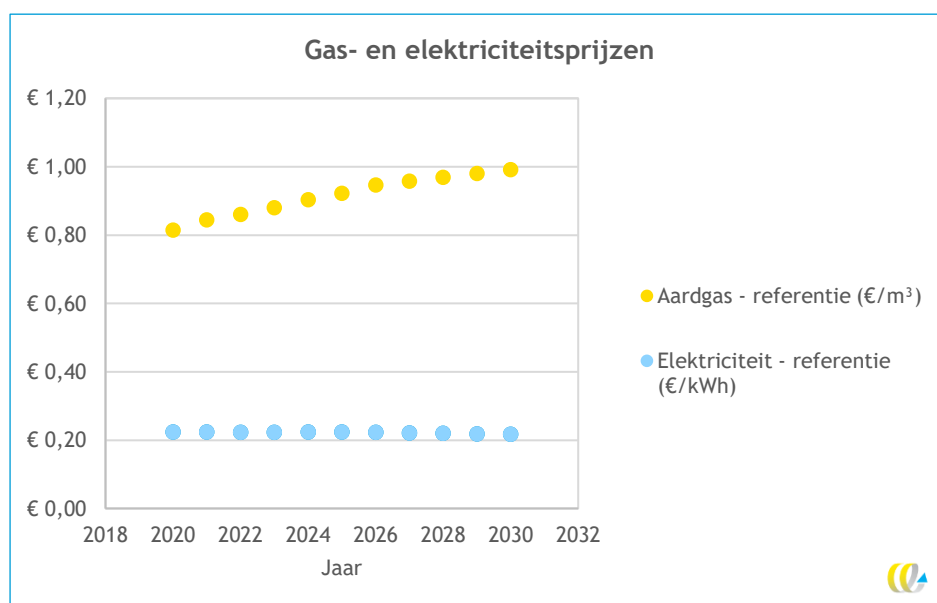
Indien de levensduur van bijvoorbeeld een installatie 15 jaar, korter is dan de normale leningsduur, verkorten we de leningsduur naar de levensduur. Op deze manier houden we rekening met herinvesteringen.

Zichtjaar

CEKER kan de verwachte toekomstige kosten doorrekenen van 2020 tot en met 2030. Zo kan het de invloed van veranderende energieprijzen en energiebelastingen simuleren. De volgende paragraaf geeft inzichten in de verwachte ontwikkeling van energietarieven. Het model geeft een toekomstbeeld op basis van aannames zoals instandhouding huidig subsidiebeleid, en eventuele kostendaling of kostenstijging van investeringen.

Energietarieven

We rekenen met verwachte **elektriciteits- en gastarieven** volgens de Klimaat- en Energieverkenning 2020 en achtergrondrapport over *De ontwikkeling van de energierekening 2030* (PBL, 2020). Deze tarieven houden onder meer rekening met het vastgelegd en voorlopig beleid inzake ODE en energiebelasting. Het is erg onzeker hoe de prijzen verder in de toekomst, na 2030, zullen ontwikkelen. Daarom worden de prijzen vanaf 2030 constant verondersteld.



De eindgebruikerskosten bij een warmtenet zijn onzeker door onduidelijkheid over de toekomstige **tariefstructuur van warmte**. De KEV volgt het huidige NMDA⁴-principe en hiermee de gasprijs. De tweede versie van de Warmtewet, de Wet collectieve warmte, is in ontwikkeling. Deze zal het NMDA-principe loslaten. Wanneer de nieuw warmtewet precies ingesteld wordt is nog onduidelijk. We hanteren tot midden jaren '20 (2026) een stijging van de warmteprijs aan de hand van de gasprijs volgens NMDA. De resulterende warmteprijs is dan € 30/GJ. Deze warmteprijs wordt verder constant gehouden en hanteren we dus ook voor 2030.

Warmtetechnieken en kosten

De techniekkosten voor woningen zijn over het algemeen hetzelfde⁵ als die in CEGOIA en zijn na te slaan op [Warmtetechnieken voor bewoners](#) (CE Delft, lopend). Een achtergrondrapportage over de kosten van de gehanteerde isolatieniveaus staat [hier](#) (Merosch, 2020).

De huidige warmtevraag van woningen volgt uit CBS-gegevens over de aardgaslevering vanuit het distributienet voor een woningtype, bouwjaar, energielabel combinatie (CBS, 2019b). De warmtevraag na isolatie is berekend via de eerder genoemde achtergrondrapportage (Merosch, 2020).

Data verrijken

CEKER maakt gebruik van openbare gegevens. Het voordeel van openbare gegevens is dat snel inzichten kunnen gewonnen worden zonder tijdsintensieve en uitgebreide dataverzameling. Aan de hand van lokale data en onderzoeksresultaten kunnen we de resultaten van CEKER verder verfijnen.

Belastingen

Voor energiebelasting, ODE en vermindering energiebelasting rekenen we met huidige tarieven van de Belastingdienst en voor de toekomst aangekondigd beleid zoals opgenomen in de Klimaat- en Energieverkenning (Belastingdienst, 2021b, PBL, 2020). De btw volgt het huidige belastingstelsel, standaard 21%. Daarnaast maken we gebruik van het gereduceerd tarief (9%) van belastingen op arbeid⁶ bij isolatiemaatregelen (Belastingdienst, 2021a).

Subsidie en ondersteuningsmaatregelen

Bij het bepalen van de subsidies hanteren we de berekeningsmethodiek zoals in de subsidie wordt voorgesteld. Er zijn verschillende subsidiemaatregelen waar eindgebruikers in verschillende eigendomssituaties recht op hebben.

Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen (SAH) voor verhuurders (RVO, 2021c). Deze regeling vergoedt tot een maximaal bedrag van € 5.000 per woning voor de aansluitkosten op een warmtenet.

Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE) voor koopwoningen (RVO, 2021a). De ISDE vergoedt een deel van de kosten van een warmtepomp. In Tabel 2

⁴ Niet meer dan anders: De kosten voor warmtenetklanten mogen niet hoger zijn dan wanneer zij met een hr-ketel zouden verwarmen.

⁵ CEGOIA en CEKER berekenen verschillende resultaten, nationale kosten en eindgebruikerskosten (zie hoofdstuk 6). Daarom hanteren de modellen op sommige punten (zoals belastingen) verschillende aannames.

⁶ Het percentage arbeid op totale isolatiekosten bedraagt ca. 50%.



staan hiervoor de rekenwaarden. De ISDE vergoedt daarnaast ook een deel van de kosten van isolatie. De subsidie stelt als voorwaarde dat er tenminste twee maatregelen uitgevoerd worden. Aangezien er een pakket van maatregelen nodig is om de warmtevraag van een woning terug te brengen tot MT- of LT-niveau (respectievelijk 70 kWh/m² of 50 kWh/m²), nemen we aan dat er voldaan wordt aan deze voorwaarde. ISDE-subsidie voor aansluiting op een warmtenet is sinds begin 2021 beschikbaar en bedraagt € 3.325.

Tabel 2 - Rekenwaarden ISDE-subsidie warmtepompen, alle bedragen zijn in €

Techniek	Appartement	Tussenwoning	Hoekwoning	2-onder-1-kap	Vrijstaand
WP lucht	1.300	1.900	1.900	1.900	1.900
WP bodem	2.650	3.025	3.025	3.025	3.025
(WP booster LT-net) ⁷	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300
WP hybride	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300
WP hybride + isolatie MT	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300
WP hybride + isolatie LT	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300

Bron: (RVO, 2021a).

Regeling Vermindering Verhuurdersheffing (RVV) voor sociale huurwoningen (RVO, 2021b). Sociale verhuurders met meer dan 50 huurwoningen komen in aanmerking voor de Regeling Vermindering Verhuurdersheffing. De RVV betreft een fiscaal voordeel, in plaats van een subsidie.

CO₂-emissies

Bij het bepalen van de CO₂-emissies houden we rekening met de Scope 1- en Scope 2-emissies van het *Greenhouse Gas Protocol* (2014). Dat zijn dus de directe (fossiele) emissies in de gebouwde omgeving door aardgasverbranding (Scope 1) en de indirecte emissies als gevolg van de productie van elektriciteit en warmte (Scope 2).

Gas wordt verbrand in de gasketel in een gebouw en hierbij komt CO₂ vrij. Omdat deze emissie direct en ter plaatse is, is dit een Scope 1-emissie volgens het GHG-protocol (Greenhouse Gas Protocol, 2014).

Warmte voor een warmtenet kan zowel duurzaam als fossiel geproduceerd worden. Een warmtenet met een duurzame hoofdbron beschikt vaak over een centrale (fossiele) gasbijstook om voldoende warmte te leveren op koude winterdagen. Op woningniveau zijn er geen directe emissies. Op het niveau van het volledige warmtenet zijn er echter wel directe emissies ter hoogte van de bron en bijstook. Daarnaast zijn er ook nog indirecte Scope 2-emissies. Er is elektriciteit nodig om de warmte in het warmtenet rond te pompen en om lagetemperatuurbronnen op te waarden met een warmtepomp tot warmte op hogere temperaturen.

Elektriciteit wordt net zoals warmte elders geproduceerd. Hier houden we rekening met Scope 2-emissies.

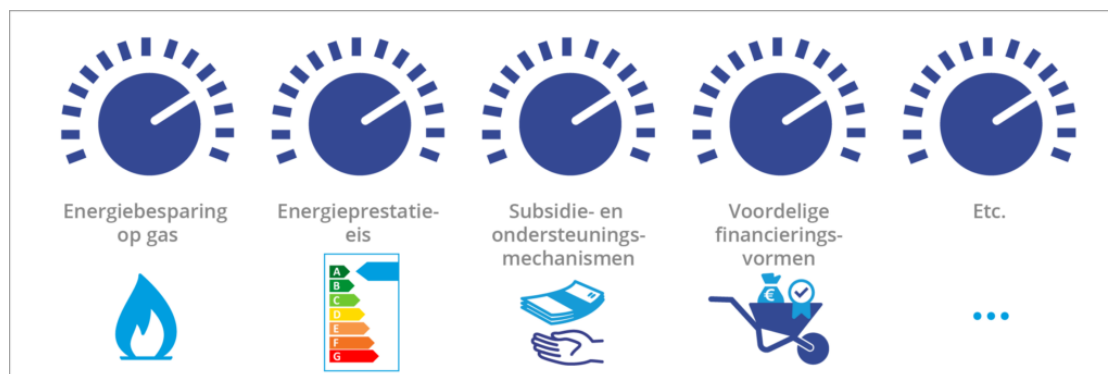
⁷ We veronderstellen dat de boosterwarmtepomp bij het LT-net binnen de tarieven valt van het warmtenet.

Tabel 3 - CO₂-emissiefactoren energiedragers

Energiedrager	Eenheid	2020	2030	2040	2050	Bron/methode
Elektriciteit	kg/kWh	0,43	0,12	0,06	0,00	Integrale emissiebenadering van elektriciteit. 2018: 0,43 kg/kWh en 2030: 0,12 kg/kWh (PBL, 2020). 2040-2050 extrapolatie vanuit landelijke doelstelling (CO ₂ -neutrale energievoorziening in 2050).
Aardgas	kg/m ³	1,78	1,78	1,78	1,78	Emissie aardgas 56,4 kg/GJ (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2020)
Duurzaam gas	kg/m ³	0,00	0,00	0,00	0,00	Duurzaam gas heeft geen CO ₂ -emissie.
Gas	kg/m ³	1,98	1,98	0,99	0,00	Rekening houden met mengverhouding; in 2040 50% groengas; in 2050 volledig groengas.
Warmte LT-net algemeen	kg/GJ	0,86	0,24	0,12	0,00	Zonder opwaardering en bijstook, 0,0072 Gje/GJth hulpenergie (CE Delft, 2016).
Warmte MT-net geothermie	kg/GJ	22,09	17,42	8,71	0,00	COP geothermie = 20, 20% aardgasbijstook, 15% transportverliezen, 0,0072 Gje/GJth hulpenergie (CE Delft, 2016).
Warmte MT-net opgewaardeerde LT-bron	kg/GJ	55,24	26,67	13,34	0,00	COP warmtelevering LT-bron met collectieve warmtepomp naar 70°C : 2,9 (bron: CE Delft-berekening warmtenetten Amsterdam), 20% aardgasbijstook, 15% transportverliezen, 0,0072 Gje/GJth hulpenergie (CE Delft, 2016).
Warmte MT-net algemeen	kg/GJ	38,67	22,05	11,02	0,00	Gemiddelde geothermie en opgewaardeerde LT-bron
Warmte HT-net Biomassa	kg/GJ	16,47	15,85	7,93	0,00	Nulemissie biomassa (houdt geen rekening met biomassawinning en biomassatransport), 20% aardgasbijstook, 15% transportverliezen, 0,0072 Gje/GJth hulpenergie (CE Delft, 2016).
Warmte HT-net STEG	kg/GJ	35,58	20,63	10,31	0,00	0,18 GJ elektriciteitsderving per GJ warmte. STEG-centrale heeft een gemiddeld rendement voor elektriciteitsproductie van 50% op aardgas. (20% aardgasbijstook met rendement 85%, 15% transportverliezen, 0,0072 Gje/GJth hulpenergie voor distributie warmtenet (CE Delft, 2016).
Warmte HT-net AVI	kg/GJ	25,65	18,15	9,07	0,00	Het aandeel biogeen in afval dat verbrandt wordt is 52% in 2020 (Staatscourant). 0,18 GJ elektriciteitsderving per GJ warmte. AVI-centrale heeft een gemiddeld rendement voor elektriciteitsproductie van 50% op de verbranding. (20% aardgasbijstook met rendement 85%, 15% transportverliezen, 0,0072 Gje/GJth hulpenergie voor distributie warmtenet (CE Delft, 2016).
Warmte HT-net Restwarmte	kg/GJ	21,78	21,16	10,58	0,00	0,1 GJ aardgas per GJ warmte als forfaitaire waarde, 20% aardgasbijstook, 15% transportverliezen, 0,0072 Gje/GJth hulpenergie (CE Delft, 2016).
Warmte HT-net algemeen	kg/GJ	24,87	18,95	9,47	0,00	Gemiddelde Biomassa, STEG, AVI en Restwarmte

4 Beleidskeuzes en varianten

CEKER is een flexibel rekenmodel dat beleidsstrategieën, subsidiemechanismen en toekomstscenario's kan doorrekenen. Er zijn 'knoppen' waaraan je kan draaien om de warmtetransitie betaalbaar te maken of de invloed van andere uitgangspunten te bekijken. Deze knoppen worden ingesteld in overleg met de opdrachtgever.

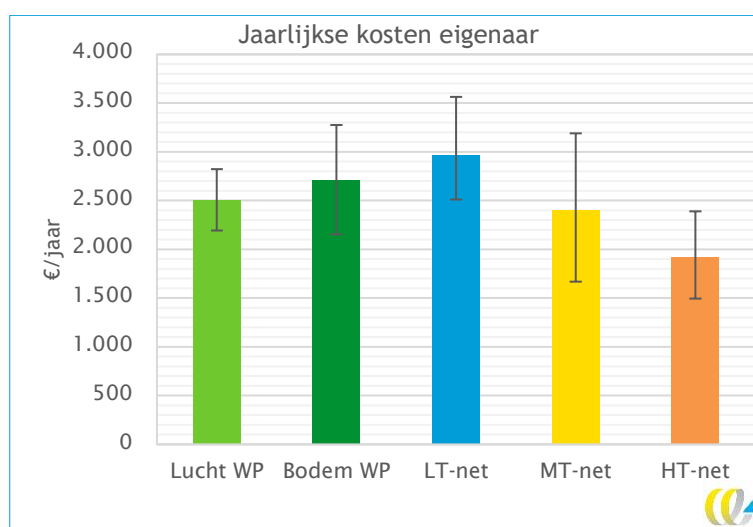


5 Resultaten

In dit hoofdstuk worden enkele voorbeelden weergegeven van resultaten die CEKER berekent.

Jaarlijkse kosten

De jaarlijkse kosten geven weer hoeveel het jaarlijks kost om een gebouw te verwarmen. De jaarlijkse kosten omvatten doorlopende kosten voor energie en onderhoud én de kosten die gepaard gaan met investeringen in isolatie en installaties, zoals afschrijvings- en rentekosten. De jaarlijkse kosten van verschillende duurzame warmtetechnieken kunnen zo met elkaar vergeleken worden.

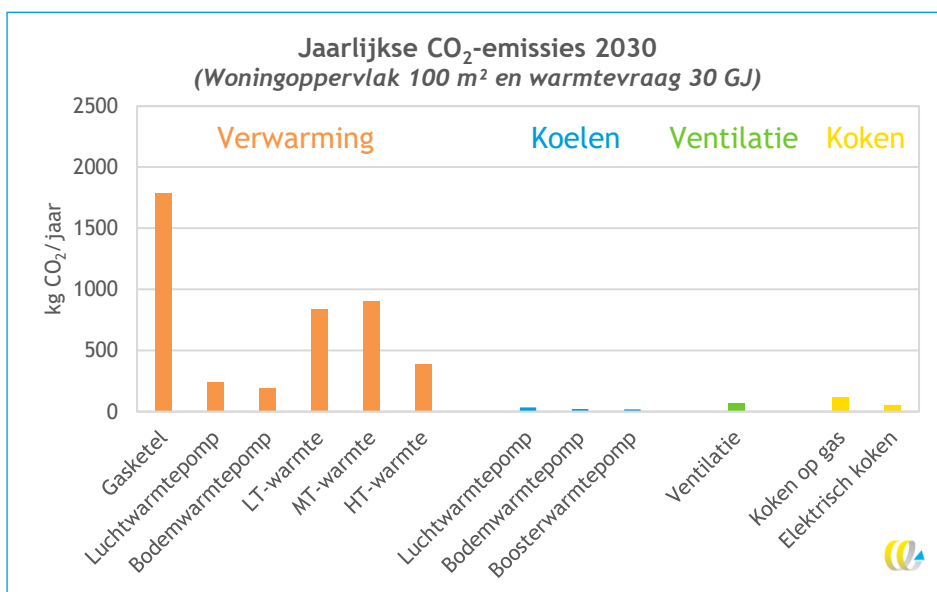
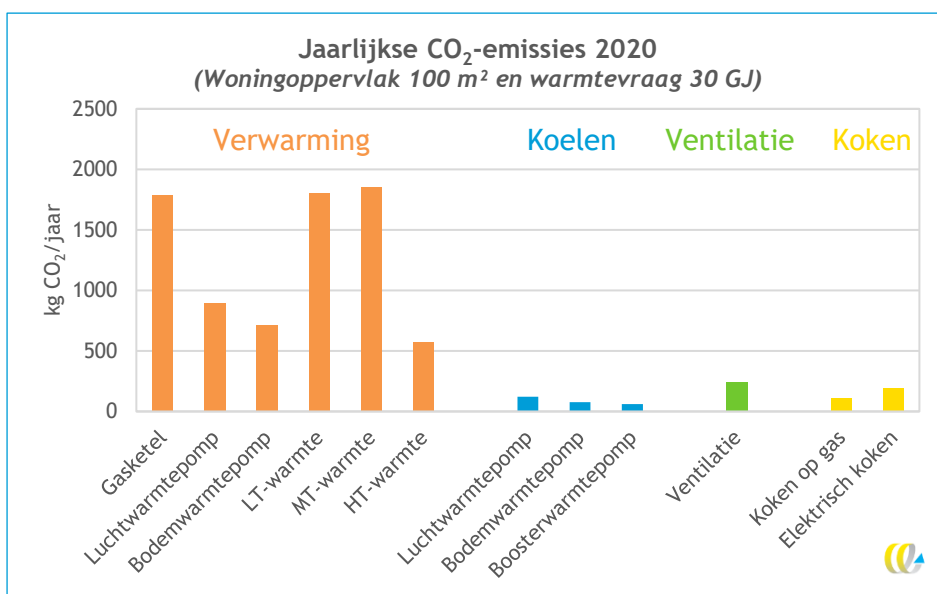


Interpretatie van modelresultaten

Het is belangrijk om bij de vergelijking tussen de kosten rekening te houden met het feit dat de gepresenteerde kosten een resultaat zijn van modelberekeningen. In iedere modelberekening zit een vorm van onzekerheid. De resultaten zijn dus geen absolute waarheid, maar een schatting op basis van de best beschikbare informatie. In de praktijk betekent dit dat modelresultaten nuttig zijn om mee te nemen in de afweging tussen aardgasvrije technieken, maar dat dit geen absolute zekerheid biedt. Interpreteer met die bril de resultaten.

CO₂-emissies

CEKER geeft ook inzichten in de duurzaamheid van de warmteoplossingen. De CO₂-emissies van de verschillende technieken kunnen met elkaar vergeleken worden. In de figuren gebeurt dit voor één woning, maar CEKER kan bijvoorbeeld ook de CO₂-reductie op niveau van een buurt, gemeente of heel Nederland berekenen.



Visueel weergeven voor een buurt

Op kaart kunnen we laten zien welke duurzame warmtetechnieken in de woningen de laagste jaarlijkse eindgebruikerskosten hebben.



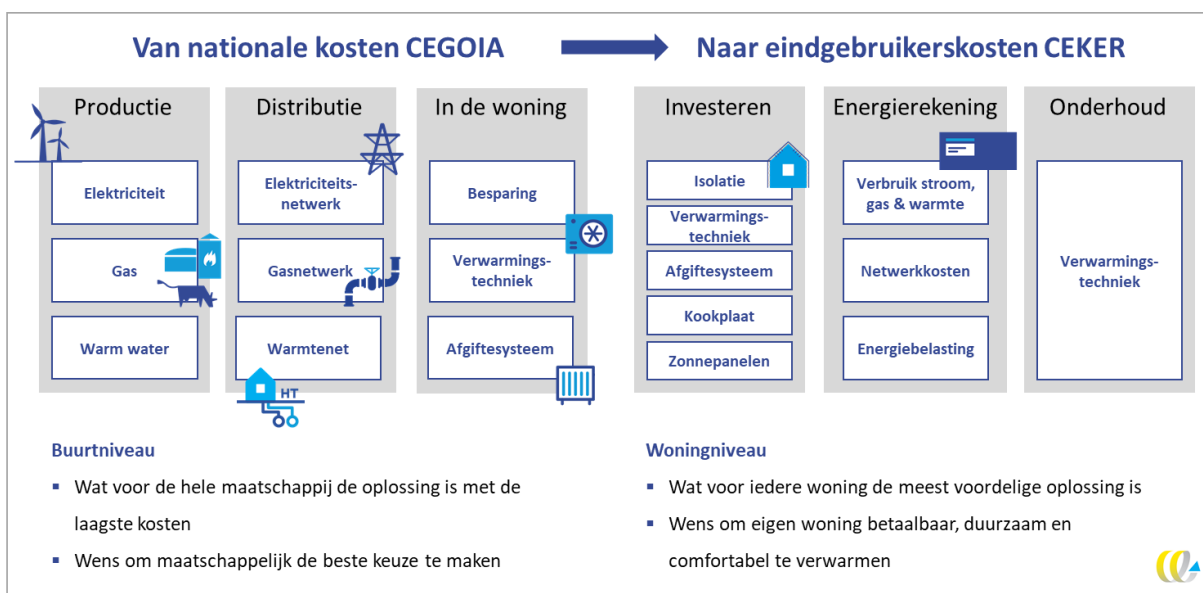
Bron: (Gemeente Utrecht, 2020).

6 Vergelijking met CEGOIA

CE Delft heeft twee modellen die de kosten aardgasvrije warmtetechnieken in de gebouwde omgeving berekenen: CEKER en CEGOIA. De modellen verschillen van perspectief.

Het CEGOIA-model bekijkt de warmtevoorziening vanuit een nationaal perspectief. Dit model berekent de totale kosten van energieproductie, warmtevoorziening en/of grootschaligere infrastructuur.

Het CEKER-model kijkt vanuit het perspectief van een eindgebruiker en zijn woning. CEKER berekent alle investeringen die de woningeigenaar moet doen om te verduurzamen of van het gas af te gaan, en de impact van verduurzaming op de energierekening.



Literatuur

- Agentschap NL, 2010. Voorbeeldwoningen 2011: bestaande bouw. Sittard, Agentschap NL (huidig RVO).
- Belastingdienst. 2021a. *BTW-tarief werkzaamheden aan woningen* [Online]. Available: https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/btw/tarieven_en_vrijstellingen/diensten_9_btw/werkzaamheden_aan_woningen/ [Accessed].
- Belastingdienst. 2021b. *Tabellen tarieven milieubelastingen* [Online]. Available: https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7-383b-4c97-bc7a-802790bd1110 [Accessed].
- CBS. 2019a. *Kerncijfers wijken en buurten 2019* [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2019/31/kerncijfers-wijken-en-buurten-2019> [Accessed].
- CBS. 2019b. *Statline: Aardgaslevering vanuit het openbare net; woningkenmerken* [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/83878ned> [Accessed 2021].
- CE Delft, 2016. Ketenemissies warmtelevering : Directe en indirecte emissies. Delft, CE Delft.
- CE Delft. lopend. *Alle warmtetechnieken voor bewoners* [Online]. Available: <https://www.ce.nl/warmtetechnieken> [Accessed 10 februari 2021].
- Gemeente Utrecht. 2020. *Overvecht-Noord Aardgasvrij: Verwarmen zonder aardgas* [Online]. Available: <https://www.utrecht.nl/wonen-en-leven/duurzame-stad/energie/utrecht-aardgasvrij/overvecht-noord-aardgasvrij/verwarmen-zonder-aardgas/> [Accessed].
- Greenhouse Gas Protocol, 2014. Global Protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories : An Accounting and Reporting Standard for Cities. Washington; Geneva, WRI; WBCSD.
- Kadaster, 2020. Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG).
- Merosch, 2020. Isolatiepakketten ten behoeve van CEGOIA model.
- MilieuCentraal. lopend. *Hybride warmtepomp* [Online]. Available: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/hybride-warmtepomp/> [Accessed 28 januari 2021].
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2020. Kennisgeving standaard CO₂-emissiefactor aardgas voor emissiehandel 2020.
- PBL, 2020. Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2020. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Rente.nl. 2021. *Hypotheekrentes naar nieuw laagterecord* [Online]. Available: <https://blog.rente.nl/hypotheeken/hypotheekrentes-naar-nieuw-laagterecord> [Accessed].
- Rijksoverheid. 2020. *EP-online: energielabel* [Online]. Available: <https://www.ep-online.nl/> [Accessed].



- RVO. 2021a. *ISDE: Isolatiemaatregelen woningeigenaren* [Online]. Available: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/isde/woningeigenaren/voorwaarden-woningeigenaren/isolatiemaatregelen> [Accessed].
- RVO. 2021b. *Regeling Vermindering Verhuurderheffing - RVV* [Online]. Available: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/rvv> [Accessed].
- RVO. 2021c. *Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen (SAH) voor verhuurders* [Online]. Available: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/stimuleringsregeling-aardgasvrije-huurwoningen-sah-voor-verhuurders> [Accessed].
- TNO, 2021. *Eindgebruikerskosten Technische achtergrondrapportage*. Amsterdam, TNO.
- Warmtefonds. 2021. *Energiebespaarlening* [Online]. Available: <https://www.energiebespaarlening.nl/> [Accessed].