

Mogelijkheden voor behalen emissiedoel woningen

Verkenning effecten van beleidspakketten



Mogelijkheden voor behalen emissiedoel woningen

Verkenning effecten van beleidspakketten

Dit rapport is geschreven door:

Katja Kruit, Boudewijn Elsinga, Joost van den Assum,
Pascal Bouwman, Joram Dehens, Martijn Blom en
Ellen Schep

Delft, CE Delft, Juni 2025

Publicatienummer: 2025.240500.127

Opdrachtgever: Ministerie van Financiën

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn
verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de
projectleider Katja Kruit (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

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 sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
	1.1 Achtergrond en aanleiding	7
	1.2 Doel en onderzoeksvragen	7
	1.3 Afbakening	8
	1.4 Beperkingen van deze studie	8
	1.5 Leeswijzer	8
2	Beleidscontext	10
	2.1 De opgave: klimaatdoelen woningen	10
	2.2 Beprijzing van energie bij huishoudens	13
	2.3 Effecten van energieprijzen op verduurzaming	25
	2.4 Energiearmoede	30
3	Modelbeschrijving	32
	3.1 Het CEKER-model in vogelvlucht	32
	3.2 Overzicht methode	33
4	Effecten van beleidspakketten	39
	4.1 Reikwijdte beprijzing	39
	CO ₂ -reductie bij 100% toepassing van rendabele maatregelen	39
	CO ₂ -reductie bij 15% adoptie van rendabele maatregelen	40
	Behalen emissiedoel met alleen CO ₂ -prijs	40
	4.2 Toelichting beleidspakketten	40
	4.3 Resultaten beleidspakketten	43
	4.4 Impact op voorbeeldhuishoudens	54
	4.5 Discussie en nuancering bij de resultaten	60
5	Conclusie en aanbevelingen	65
	Literatuur	69
A	Toelichting model	72

Samenvatting

Het klimaatdoel voor de gebouwde omgeving is 13,2 Mton CO₂-equivalent restemissies in 2030. Om dit doel te behalen moet de uitstoot van CO₂ in de subsector woningen afnemen tot 9,7 Mton CO₂-emissies in 2030. Met de verwachte beleidsmaatregelen en energieprijzen zijn voldoende verduurzamingsmaatregelen bij huishoudens economisch rendabel binnen de technische levensduur om dit doel te halen. Echter treffen veel huishoudens niet alle verduurzamingsmaatregelen die rendabel zijn door factoren anders dan de terugverdientijd, zoals een beperkt handelingsperspectief (split incentive tussen huurder en verhuurder, investeringsmogelijkheden, leencapaciteit, technische beperkingen).

In deze studie hebben we onderzocht welke beleidsinstrumenten de Rijksoverheid kan inzetten om het restemissiedoel voor woningen in 2030 kan bereiken. We concluderen dat beleidspakketten met een combinatie van normeren, stimuleren en beprijzen de emissiedoelen behalen tegen lagere kosten voor huishoudens dan beleid dat zich alleen maar richt op beprijzen.

Beprijzing van energie bij huishoudens

In woningen wordt energie betaald door de energiebelasting, en in de komende jaren daarnaast door ETS2 voor gasverbruik en (indirecte) effecten van de bijmengverplichting, groengas en ETS1 voor elektriciteitsverbruik. Beprijzing van energie kan door de overheid worden ingezet om verschillende doelen te bereiken:

- a. **Internaliseren van externe klimaatkosten:** In 2030 ligt het beprijzingsniveau van energie bij huishoudens binnen de bandbreedte van de milieuprijs van CO₂-uitstoot uit twee veelgebruikte methodes. Dat betekent dat emissies efficiënt betaald zijn, vergeleken met de maatschappelijke kosten. Bij een all electric-warmtepomp kan de beprijzing hoger liggen dan de klimaatkosten, dankzij de lage emissiefactor van elektriciteit.
- b. **Financieel rendabel maken van verduurzamingsopties:** In deze studie hebben we berekend dat, met de verwachte energieprijzen en beleidsmaatregelen, voldoende verduurzamingsmaatregelen bij huishoudens rendabel zijn binnen de technische levensduur om het afgesproken emissiedoel te halen. Daarmee zou de restemissie 7,88 MtCO₂/jaar zijn. Uitgegaan van een terugverdientijd ≤ 10 jaar is dit 10,4 Mton (0,7 Mton meer dan het restemissiedoel).
- c. **Werkelijke emissiereductie behalen:** Hoewel verduurzamingsmaatregelen op papier rendabel kunnen zijn, kiezen veel huishoudens er toch niet voor deze te nemen. Dat komt door andere factoren dan financiële rentabiliteit, zoals een beperkt handelingsperspectief (split incentive tussen huurder en verhuurder,

investeringsmogelijkheden, leencapaciteit, technische beperkingen) en andere factoren, zoals tijdsinvestering, moeite, bewustzijn, leenaversie, kennis, etc. Wij verwachten op basis van de KEV'24 dat in 2030 maar 15% van de rendabele maatregelen wordt genomen om tot 11,5 Mton aan restemissies te komen. Het verwachte prijsniveau in 2030 is dus in lijn met doel (a) en (b), maar niet met doel (c).

Effecten van beleidspakketten

We hebben de effecten van vier beleidspakketten in kaart gebracht:

- Pakket A. Schuif in energiebelasting van elektriciteit naar gas + CO₂-beprijzing aardgas als sluitpost;
- Pakket B. Schuif in energiebelasting + normering van verwarmingsinstallaties + CO₂-beprijzing aardgas als sluitpost;
- Pakket C. Schuif in energiebelasting + normering van huur- en koopwoningen + CO₂-beprijzing aardgas als sluitpost;
- Pakket D. Ondersteuning via Nationaal Isolatieprogramma + 0% lening Warmtefonds + normering van verwarmingsinstallaties + normering van huur- en koopwoningen + CO₂-beprijzing aardgas als sluitpost;

Een beleidsmix van normeren, stimuleren en beprijsen kan het restemissiedoel van 9,7 Mt/jaar in 2030 behalen tegen de laagste kosten voor huishoudens. Terwijl subsidies en beprijsing veel verduurzamingspakketten financieel rendabel maken, zorgt normering voor een 'stok achter de deur' zodat huishoudens en gebouweigenaren de maatregelen daadwerkelijk gaan toepassen.

Om het emissiedoel te behalen met uitsluitend additionele beprijsing, zou een extra beprijsing van aardgas nodig zijn van 492 €/tonCO₂ (€ 0,86 per m³). Dit houdt rekening met de niet-financiële knelpunten en daardoor beperkte toepassing van rendabele maatregelen (15% bij 10 jaar terugverdientijd). Dit bedrag zou een verhoging zijn van circa 69% in 2030 op de aardgasprijs (zonder extra beprijsing is die 1,25 €/m³ inclusief EB, bijmengverplichting, ETS2 en excl. btw).

Betaalbaarheid en energiearmoede

Bij beprijsing van energie via een CO₂-prijs stijgt het aantal huishoudens met een hoge energiequote, wat een indicator is voor de betaalbaarheid van energie, en de energiearmoede-indicator LIHELEK (Laag inkomen, hoge energierekening en/of lage energietechnische kwaliteit). Normering kan energiearmoede verminderen en beprijsing minder nodig maken, als deze ervoor zorgt dat woningen van mensen met lage inkomens worden verduurzaamd. Dit is met name van belang voor huurders zonder handelingsperspectief voor het verduurzamen van hun huurwoning. Ook zou de overheid ervoor kunnen kiezen om de baten die voortkomen uit beprijsing (deels) terug te sluizen naar huishoudens,

bijvoorbeeld via inkomstenbelasting, een hogere vermindering van de energiebelasting, subsidies voor verduurzaming of toeslagen.

Aanbevelingen

De belangrijkste aanbevelingen gebaseerd op dit onderzoek zijn:

- Wees duidelijk over het doel dat met beprijzing wordt beoogd, om keuzes te onderbouwen en evaluatie van het beleid mogelijk te maken.
- Een beleidsmix van subsidies, normering en beprijzing kan het restemissiedoel voor woningen behalen met de laagste kosten voor huishoudens. Vul financieel beleid aan met normerend beleid dat aansluit bij elke doelgroep, met name voor i) huiseigenaren waarbij verduurzaming al een rendabele optie is en ii) huurders zonder handelingsperspectief.
- Ondersteun en compenseer huishoudens met minder (of zonder) handelingsperspectief voor additionele beprijzing om energiearmoede tegen te gaan.
- Onderzoek additioneel ondersteunend beleid om huishoudens en gebouweigenaren aan te zetten tot verduurzamen, zoals alternatief financieel beleid (zoals een toeslag op nieuwe cv-ketels), ontzorging of informatievoorziening.
- Denk na over toekomstbestendigheid van de vermindering energiebelasting bij all electric-warmtevoorziening. Deze kan zorgen voor een gemiddeld negatieve energiebelasting.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

Voor de sector gebouwde omgeving geldt een restemissiedoelstelling van 13,2 Mton CO₂-equivalenten (12,7 Mton CO₂-emissies en 0,5 Mton CO₂-eq. overige broeikasgasemissies) in 2030. Volgens de meest recente raming van PBL (2024b) worden er in de gebouwde omgeving in 2030 naar verwachting 15,1 Mton aan CO₂-emissies uitgestoten. Daarmee is het zeer waarschijnlijk dat deze doelstelling niet wordt gehaald. Ook het halen van het emissiedoel van de subsector woningen – 9,7 Mton CO₂ – lijkt uit beeld te raken.

Om de kans te vergroten dat de klimaatdoelen in de subsector woningen worden gehaald, is er aanvullend beleid nodig. Er zijn verschillende typen beleid denkbaar die kunnen bijdragen aan het dichterbij brengen van het restemissiedoel in de gebouwde omgeving zoals beprijzende, subsidiërende en normerende beleidsinstrumenten.

Om inzicht te krijgen in de mogelijkheden en effecten van aanvullend klimaat- en energiebeleid in het deelsegment woningen, heeft het ministerie van Financiën CE Delft gevraagd om de impact van verschillende beleidsinstrumenten in kaart te brengen.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de mogelijkheden van beprijzing en aanvullende beleidsinstrumenten om de emissiereductiedoelen voor woningen te behalen.

Om dit doel te bereiken onderzoeken we de volgende hoofdvragen:

‘Welk beprijzingsniveau, in combinatie met andere beleidsinstrumenten, kan de Rijksoverheid inzetten om het restemissiedoel van de sector woningen in 2030 te behalen? En wat zijn de effecten van het beleid op energieprijzen, verduurzamingsmaatregelen en energiearmoede?’

We beantwoorden deze onderzoeksvragen met twee verschillende delen van ons onderzoek:

- In het eerste deel, een literatuuronderzoek, geven we een beeld van de opgave in woningen, de huidige beprijzingsinstrumenten in deze sector, en de effecten van beprijzing op verduurzaming en energiearmoede.
- In het tweede deel maken we met behulp van een rekenmodel een inschatting van de effecten van verschillende beleidspakketten op de restemissies in de sector, de

energierekening van huishoudens, de adoptie van verduurzamingsmaatregelen en energiearmoede.

1.3 Afbakening

In dit onderzoek hanteren we de volgende afbakening:

- De scope van dit onderzoek is de emissies van woningen, dit is een deelsector van de sector gebouwde omgeving. De emissies van elektriciteitsgebruik en warmtebronnen worden niet bij de sector gebouwde omgeving gerekend, daarom richten we ons op het aardgasgebruik. Dit houdt in dat bij het overstappen van aardgas naar elektriciteit gerekend wordt met de volledige emissiereductie van het uitsparen van het aardgasgebruik, zonder de extra emissies mee te rekenen ten gevolge van additioneel elektriciteitsgebruik. Omdat nieuwbouwwoningen aardgasvrij zijn, richten we ons enkel op bestaande woningen.
- Bij prognoses van emissies sluiten we zoveel mogelijk aan bij de Klimaat- en Energieverkenning van PBL (KEV'24). Dat betekent dat we het vastgesteld en voorgenomen beleid ten tijde van het uitkomen van de KEV'24 meenemen in ons basispad.
- Bij het beschrijven van huidig en toekomstig beleid hanteren we de beleidscontext t/m maart 2025. Resultaten van de voorjaarsbesluitvorming en andere recente beslissingen zijn niet meegenomen.
- De vormgeving van de beleidspakketten in dit onderzoek is door het Ministerie van Financiën bepaald, met input van andere departementen.

1.4 Beperkingen van deze studie

Voor dit onderzoek hebben wij het CEKER-model toegepast. Dat is een bottom-up technisch-economisch model met daarin een benadering om gedrag te modelleren. Het model is beschreven in Hoofdstuk 3. Dit model is geijkt aan de KEV (PBL, 2024b) om zoveel mogelijk in lijn te zijn met de prognoses van PBL, maar het is niet mogelijk om met alle nuanceringsen die er in de werkelijkheid zijn, om te gaan. De resultaten moeten dan ook worden gezien als een eerste orde benadering, een beperkte weergave van een complexe, integrale maatschappelijke opgave.

1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 behandelen we de context van deze studie. We gaan eerst in op de klimaatopgave van woningen, de beleidsontwikkelingen die invloed hebben op beprijzing in deze deelsector en effecten van de energieprijis op verduurzaming en energiearmoede.

In Hoofdstuk 3 lichten we het rekenmodel toe waarmee we de effecten van beleid hebben ingeschat. In Hoofdstuk 4 gaan we in op de resultaten daarvan en geven we de effecten van verschillende beleidspakketten op verduurzaming van woningen, de energierekening, overheidsinkomsten en energiearmoede.

Hoofdstuk 5 geeft de conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek.

2 Beleidscontext

Hoofdpunten uit dit hoofdstuk

De emissies in woningen worden voornamelijk veroorzaakt door aardgasverbruik in cv-ketels.

De klimaatdoelen voor de gebouwde omgeving in 2030 zijn 13,2 Mton CO₂-equivalent restemissies in 2030. Voor woningen hebben wij dit omgerekend naar een restemissiedoel van 9,7 Mton CO₂-emissies.

Emissies in de gebouwde omgeving worden beprijsd door middel van de energiebelasting; in 2030 komt daar ook beprijzing uit het ETS2 bij. Het marginale beprijzingsniveau ligt bij een gemiddeld huishouden met een cv-ketel of hybride warmtepomp in lijn met de externe klimaatkosten; bij een all electric-warmtepomp is er sprake van overbeprijzing. Deze beprijzingsinstrumenten dragen bij aan energiebesparing en verduurzaming; maar kunnen voor met name huishoudens zonder het handelingsperspectief om te verduurzamen (zoals huurders) een effect hebben op de betaalbaarheid van energie en energiearmoede.

2.1 De opgave: klimaatdoelen woningen

In deze paragraaf geven we inzicht in de omvang en de ontwikkeling van de Nederlandse woningvoorraad en beschrijven we het energiegebruik, de belangrijkste emissiebronnen en de energieprestatie van woningen. Daarnaast vertalen we het restemissiedoel van de gebouwde omgeving van 12,7 Mton CO₂ in 2030 naar een restemissiedoel voor de subsector woningen van 9,7 Mton CO₂.

2.1.1 Woningvoorraad in het kort

Aantal woningen

In 2024 telde Nederland 8.204.049 woningen. De afgelopen jaren groeit de woningvoorraad jaarlijks constant met circa 80.000 woningen (1% van de totale woningvoorraad). Ook de komende jaren zal de woningvoorraad jaarlijks met ongeveer 80.000 woningen toenemen. Onderzoeksinstituut Primos (2024) verwacht dat Nederland in 2030 8.686.860 woningen telt. (CBS, 2024b; Primos, 2024).

Energiegebruik woningen

Het energiegebruik van woningen komt voornamelijk door het verwarmen van woningen en het gebruik van huishoudelijke apparaten. Het grootste gedeelte van de woningen wordt verwarmd door de warmte die vrijkomt bij het verbranden van aardgas. Zo werd in 2022 werd 87,4% van de woningvoorraad verwarmd door middel van een individuele aardgasgestookte cv-ketel of blokverwarming (CBS, 2024c).

Tabel 2 toont het (verwachte) finale energiegebruik van de subsector woningen in 2023 en 2030 op basis van het vastgestelde en voorgenomen beleid. PBL (2024a) verwacht dat het totale energiegebruik van woningen tussen 2023 en 2030 met 6 PJ (circa 2%) toeneemt, o.a. door een groeiende woningvoorraad, een dalende aardgasprijs en sterke groei van het woningen met airco's.

Tabel 2 – (Verwacht) energiegebruik woningen 2023 en 2030 (PBL, 2024a)

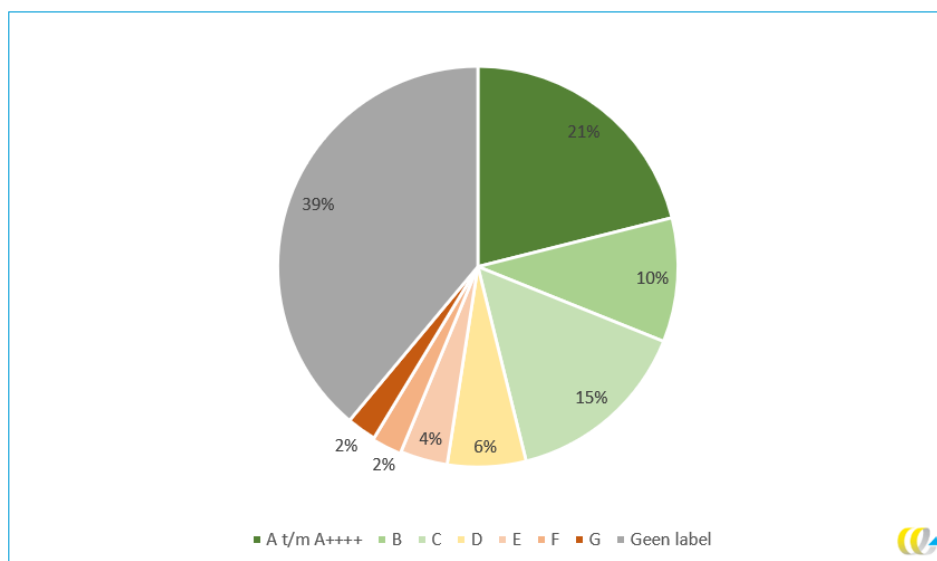
Energiegebruik	Energiegebruik 2023 (PJ)	Energiegebruik 2030 (PJ)
Elektriciteit	76,3	76,5
Aardgas	222	203
Geleverde warmte	10,0	18,2
Biomassa	16,2	18,7
Zonnewarmte	0,9	1,7
Omgevingsenergie	15,6	29,0
Overig gebruik	1,5	0,8
Totaal woningen	342	348

Ondanks dat het aardgasverbruik naar verwachting met 19 PJ (-9%) daalt als gevolg van een toename van het aantal warmtepompen en het isoleren van woningen, blijft aardgas in 2030 de meest gebruikte energiedrager. Het elektriciteitsverbruik door woningen blijft naar verwachting nagenoeg gelijk. Dit omdat de stijging van het elektriciteitsverbruik van warmtepompen gecompenseerd wordt door efficiëntere elektrische apparaten zoals koelkasten, wasmachines en vaatwassers en de toepassing van ledverlichting. De hoeveelheid geleverde warmte uit warmtenetten neemt naar verwachting sterk toe (met 82%) door het aansluiten van bestaande en nieuwbouwwoningen op warmtenetten.

Energieprestatie woningvoorraad

Figuur 1 geeft de verdeling van het aantal geldige energielabels van Nederlandse woningen op 31 december 2023 weer. Ruim 5 miljoen woningen (61% van de woningvoorraad) beschikken over een geldig energielabel. Van de woningen met een energielabel heeft bijna 35% van deze woningen heeft een A-label (of hoger), 16% een B-label en 25% een C-label. 8% van de woningen beschikt over een slecht label (E, F of G).

Figuur 1 – Verdeling energielabels woningen op 31 december 2023 (CLO, 2024)



2.1.2 Klimaatdoelstelling woningen

Tabel 3 toont de (verwachte) CO₂-emissies van de (sub-)sectoren, gebouwde omgeving, huishoudens en diensten als het vastgestelde en voorgenomen klimaat- en energiebeleid wordt uitgevoerd. In 2023 bedroeg het totaal aantal temperatuurgecorrigeerde CO₂-emissies in de gebouwde omgeving 18,3 Mton. Hiervan werd 12,8 Mton door huishoudens (76%) en 5,5 Mton door de dienstensector (24%) uitgestoten. Met het vastgesteld en voorgenomen beleid per 2024, is de gebouwde omgeving in 2030 verantwoordelijk voor 15,1 Mton CO₂.eq.-emissies.

Er moet 2,4 Mton additionele emissiereductie in de sector plaatsvinden om de rest-emissiedoelstelling van 12,7 Mton (excl. overige broeikasgasemissies) in 2030 te behalen (PBL, 2024a). Indien de restemissiedoelstelling van de diensten en huishoudens evenredig verdeeld wordt naar het verwachte emissieniveau in 2030, moet 1,8 Mton van deze CO₂-reductie in de subsector huishoudens plaatsvinden en is het restemissiedoel 9,7 Mton CO₂.

Tabel 3 – CO₂-emissies (excl. overige broeikasgasemissies) in de sector gebouwde omgeving (in Mton)¹

(Sub)sector	Emissies 2023	Geraamde emissies 2030	Restemissie-doelstelling 2030	Additionele emissiereductie
Gebouwde omgeving	18,3	15,1	12,7	2,4
Huishoudens (woningen)	12,8	11,5	9,7	1,8
Diensten	5,5	3,6	3,0	0,6

In dit onderzoek focussen we ons op de emissies die uitgestoten worden door de woningvoorraad. Deze afbakening is nauwer dan de afbakening die PBL (2024a) hanteert om de emissies van de subsector huishoudens te bepalen. De emissies van de subsector huishoudens omvatten naast de emissies van het aardgasverbruik van woningen ook emissies veroorzaakt door consumentengedrag (e.g. roken, afsteken van vuurwerk) en het gebruik van overige energiedragers. In dit onderzoek laten we dit verschil buiten beschouwing en gebruiken we de termen 'woningen' en 'huishoudens' door elkaar.

2.2 Beprijzing van energie bij huishoudens

Voor het stimuleren van CO₂-reductie kan de overheid verschillende beleidsinstrumenten inzetten. Eén daarvan is beprijzing van energie. Door middel van beprijzing kunnen de negatieve externe effecten van de uitstoot door CO₂ worden geïnternaliseerd. Doordat de energierekening hoger wordt, wordt het vervolgens financieel aantrekkelijk om energie te besparen.

2.2.1 Beleidsontwikkelingen

In deze paragraaf bespreken we vijf beleidsontwikkelingen die invloed hebben op de energierekening van huishoudens: (1) de energiebelasting, (2) vermindering energiebelasting, (3) bijmengverplichting groengas, (4) EU ETS2 en (5) EU ETS1.

Energiebelasting

De energiebelasting is een belasting die bedrijven, instellingen en huishoudens betalen voor het verbruik van aardgas en elektriciteit. De systematiek van de energiebelasting kent verschillende verbruiksschijven die bepalen hoeveel belasting een energieafnemer per m³ aardgas of kWh elektriciteit betaalt.

Per 1 januari 2024 zijn de eerste schijven van de energiebelasting (voorheen 0-170.000 m³ voor aardgas en 0-10.000 kWh voor elektriciteit) opgeknipt in twee schijven (0-1.000 en 1.000-170.000 m³ voor aardgas en 0-2.900 en 2.900-10.000 kWh voor elektriciteit). Deze

¹ De broeikasgassen die uitgestoten worden tijdens de productie van elektriciteit en warmte die door huishoudens en de dienstensector verbruikt wordt, wordt niet tot de broeikasgasemissies van de sector gebouwde omgeving gerekend. Deze broeikasgasemissies worden toegerekend aan de elektriciteitssector.

extra eerste schijf is geïntroduceerd om in de toekomst desgewenst, met name huishoudens, gericht te compenseren voor hoge energieprijzen door het eerste tarief van de energiebelasting te verlagen (Ministerie van Financiën, 2024). Momenteel zijn de tarieven van de eerste twee verbruiksschijven nog aan elkaar gelijk. Een verlaging van de 1^e schijf leidt volgens de Belastingdienst tot “zeer grote toename van de complexiteit” en “forse uitvoeringsgevolgen” (Belastingdienst, 2022).

Tabel 4 toont de verwachte energiebelastingtarieven voor de eerste twee verbruiksschijven. Huishoudens zijn kleinverbruikers en vallen daarmee over het algemeen in deze eerste twee verbruiksschijven.

Tabel 4 – Tarieven eerste twee schijven energiebelasting in €/m³ en €/kWh (prijsspeil 2025, excl. btw)²

Energiedrager	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Aardgas 0 - 170.000 m ³	0,578	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584
Elektriciteit 0 - 10.000 kWh	0,102	0,089	0,083	0,079	0,075	0,076

Belastingvermindering energiebelasting

De energiebelastingssystematiek kent ook een belastingvermindering, omdat een deel van het energiegebruik wordt gezien als basisbehoefte. Alle gebouwen met een verblijfsfunctie en een elektriciteitsaansluiting zoals woningen en kantoren komen in aanmerking voor deze belastingvermindering.

Tabel 5 toont de belastingvermindering energiebelasting voor de jaren 2025 tot 2030. In 2025 bedraagt de belastingvermindering € 524,95 per jaar. De belastingvermindering wordt automatisch toegekend door de energieleverancier op de energierekening. Bovendien is de belastingvermindering volledig verzilverbaar. Dit betekent dat het bedrag onafhankelijk is van het energiegebruik van een huishoudens, waardoor huishoudens met een laag energiegebruik ook een netto-teruggave van de energiebelasting kunnen ontvangen.

Het kabinet heeft in de Voorjaarsnota 2025 besloten de belastingvermindering voor huishoudens voor de jaren 2026-2028 te verhogen. Deze verhoging is niet in de doorrekening meegenomen.

Tabel 5 – Belastingvermindering per elektriciteitsaansluiting in € (prijsspeil 2025)³

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
--	------	------	------	------	------	------

² Gebaseerd op data van het ministerie van Financiën afkomstig uit het Belastingplan 2025.

³ De belastingvermindering neemt in reële termen jaarlijks af omdat deze niet geïndexeerd wordt.

Belastingvermindering	524,95	491,34	477,28	467,08	461,48	455,33
-----------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Bijmengverplichting groengas

De Rijksoverheid is voornemens om vanaf 2027 een bijmengverplichting groengas in te stellen om de productie en het gebruik van groengas te stimuleren⁴. Deze verplichting houdt in dat gasleveranciers een gedeelte van de hoeveelheid gas die ze aan afnemers leveren moeten invullen door middel van het inkopen en zelf produceren van groengas of het inkopen van certificaten. In de periode tussen 2026 en 2030 loopt het verplichte aandeel te leveren groengas geleidelijk op.

Het inkopen (en produceren) van groengas is duurder dan het inkopen van regulier grijs aardgas. Gasleveranciers zullen de meerkosten van het inkopen van groengas doorrekenen in hun leveringstarieven. Naar verwachting stijgt de consumentenprijs voor aardgas hiermee met 0,12 €/m³ tot 0,17 €/m³ (excl. btw) (Ministerie van EZK, 2024). In onze berekeningen gaan we uit van een stijging van 0,1369 €/m³ in 2030 (zie Tabel 6). Op het afnemen van groengas wordt dezelfde energiebelasting als op het afnemen van aardgas geheven.

EU ETS2

Het EU Emission Trading System² (ETS2) is een emissiehandelsysteem waarin er rechten verhandeld worden voor het uitstoten van emissies die vrijkomen bij het verbruik van fossiele brandstoffen in de gebouwde omgeving, wegtransport en kleine industrie. Vanaf 2027 zijn brandstofleveranciers die actief zijn in deze ETS2-sectoren verplicht om de CO₂-emissies die vrijkomen bij het verbranden van de verkochte brandstoffen te monitoren en voor deze emissies CO₂-rechten aan de emissieautoriteit af te staan. Deze rechten kunnen brandstofleveranciers aanschaffen op veilingen en Europese emissierechtenmarkten. De kosten voor deze emissierechten berekenen de brandstofleveranciers door in hun producten waardoor de (energie-)prijs van consumenten stijgt.

Voor huishoudens is het ETS2 relevant, omdat de prijs van geleverd gas in 2030 met circa 0,1 €/m³ stijgt als gevolg van het doorrekenen van de kosten van de emissierechten (zie Tabel 6). Hoewel het aantal emissierechten dat onder het ETS2 wordt uitgegeven jaarlijks lineair daalt en de prijs daardoor naar verwachting verder zal toenemen, hanteren we in onze berekeningen dezelfde constante ETS2-prijs als het PBL (2024b) van € 55/ton CO₂. We nemen aan dat in 2030 door de bijmengverlichting 7,9% van het geleverd gas uit groengas bestaat waardoor de emissiefactor van geleverd gas 1,74 kg CO₂/m³ bedraagt.

⁴ In de Voorjaarsbesluitvorming is besloten de invoering van de bijmengverplichting van 2026 naar 2027 te verschuiven en het ingroeipad aan te passen. In deze studie zijn we uitgegaan van het ingroeipad van voor de voorjaarsbesluitvorming.

EU ETS1

Elektriciteitsopwekking (en industrie) vallen onder EU ETS 1. Daarmee heeft de inkoop van elektriciteit door huishoudens een CO₂-prijs in de energierekening. Het EU ETS1 is een vergelijkbaar emissiehandelsysteem als ETS2 waarin rechten verhandeld worden voor het uitstoten van broeikasgasemissies in de sectoren industrie, luchtvaart en zeevaart. Als gevolg van het ETS1 stijgt o.a. de prijs van aardgas dat verbruikt wordt tijdens het produceren van elektriciteit in gascentrales.

Het ETS1 heeft impact op huishoudens, omdat de gemiddelde kostprijs van elektriciteit en warmte geproduceerd uit fossiele brandstoffen stijgt.

Opbouw consumentenprijs van gaslevering en elektriciteit

Tabel 6 toont de (opbouw) van de energieprijzen van gas, elektriciteit en warmte in 2023 en 2030 die we in deze studie hanteren. De kostprijs is een combinatie van de groot-handelsprijs plus een leveringstarief. Voor gas maken we een uitzondering en hanteren we niet de aardgasprijs van 2023, maar die van 2024, omdat in 2023 de gasprijs niet representatief was ten opzichte van andere jaren wegens onrust op de gasmarkt en het energieprijzplafond dat tot 31 december 2023 van kracht was.

Doordat de ontwikkelingen van de energiebelasting, ETS2, de bijmengverplichting en de kostprijs en vaste kosten van energie(-aansluitingen) na 2030 onbekend of zeer onzeker zijn, nemen we in onze berekeningen aan dat de energieprijzen in 2035 en 2040 gelijk blijven aan die van 2030.

De vaste kosten bestaan uit jaarlijkse netbeheerkosten en gemiddelde administratieve kosten van de leveranciers. Voor elektriciteit is de vermindering van energiebelasting hier apart weergegeven (PBL, 2024a). Voor het maximale vaste warmtetarief baseren we ons op de ACM (ACM, 2023). Voor de extrapolatie naar 2030 is het onderscheid bij elektriciteit gebaseerd op een verkenning van Netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, 2024). Bij gas en warmte is dit onderscheid niet apart gemaakt. Bij alle vormen van extrapolatie moet uiteraard opgemerkt worden dat de ontwikkeling van zowel de vaste als variabele beprijzing van energie zeer onzeker is.

Tabel 6 – Gehanteerde energieprijzen en opbouw in deze studie. Waarden in euro, prijspeil 2023. De post 'EB' (energiebelasting) wordt in de verschillende beleidspakketten nog gewijzigd. De extra CO₂-prijs voor aardgas wordt, wanneer van toepassing, ook via deze variabele in de berekeningen meegenomen. Deze getallen zijn in overeenstemming met het Ministerie van Financiën opgesteld.

Jaartal	Omschrijving	Gas (m ³)	Elektriciteit (kWh)	Warmte (GJ)
2023	Kostprijs	0,4700	0,1910	35,83
	EB	0,4898	0,1015	-
	Bijmengverplichting	-	-	-

Jaartal	Omschrijving	Gas (m ³)	Elektriciteit (kWh)	Warmte (GJ)
	ETS2	-	-	-
	Btw (21%)	0,2520	0,0614	7,52
	Totaal (incl. btw)	1,4518	0,3539	43,35
	Vaste kosten netbeheerder (incl. btw)	238,93	555,05	183,30
	Vaste kosten leverancier (incl. btw)	83,74		558,04
	Vermindering energiebelasting (incl. btw)	-	-635,19	-
2030	Kostprijs	0,4318	0,1765	15,43
	EB	0,5837	0,0756	-
	Bijmengverplichting	0,1369	-	-
	ETS2	0,0957	-	-
	Btw (21%)	0,2621	0,0530	3,24
	Totaal (incl. btw)	1,5102	0,3051	18,67
	Vaste kosten netbeheerder (incl. btw)	248,65	737,64	1.047,31
	Vaste kosten leverancier (incl. btw)	83,74		
	Vermindering energiebelasting (incl. btw)	-	-550,95	-

2.2.2 Kosten van energiegebruik bij huishoudens

Hoeveel huishoudens betalen voor hun energiegebruik is afhankelijk van vele dingen: het woningtype, de grootte van de woning, het energielabel, de verwarmingsinstallatie en het gedrag van de bewoners. In deze paragraaf berekenen we de jaarlijkse energiekosten van een voorbeeldwoning voor vier situaties.

De gekozen voorbeeldwoning is een veelvoorkomende woning in Nederland uit de periode waarin de meeste woningen in Nederland gebouwd zijn: een tussenwoning uit de jaren '70 met een energielabel C. Dit woningtype vormt 42% van de woningvoorraad in Nederland (CBS, 2022). Bovendien is ruim 30% van de Nederlandse woningen gebouwd in de periode tussen 1965 en 1984 (CBS, 2020). Het energielabel C geeft een goed beeld van een woning met een gemiddelde energieprestatie.

We berekenen de energiekosten door voor vier verschillende warmtetechnieken: (1) een gasgestookte cv-ketel, (2) een hybride warmtepomp, (3) een all electric-warmtepomp met isolatie tot minimaal LT-niveau en (4) een hoge temperatuur (HT) warmtenet⁷. Een LT-isolatie-niveau houdt in dat woningen geschikt zijn om aangesloten te worden op een warmtebron met een lage aanvoertemperatuur ($\leq 55^{\circ}\text{C}$) zoals een all electric-warmtepomp of een LT-warmtenet. Tabel 7 toont het jaarlijkse energiegebruik van deze voorbeeld-tussenwoning uit de jaren '70 voor deze vier verwarmingstechnieken.

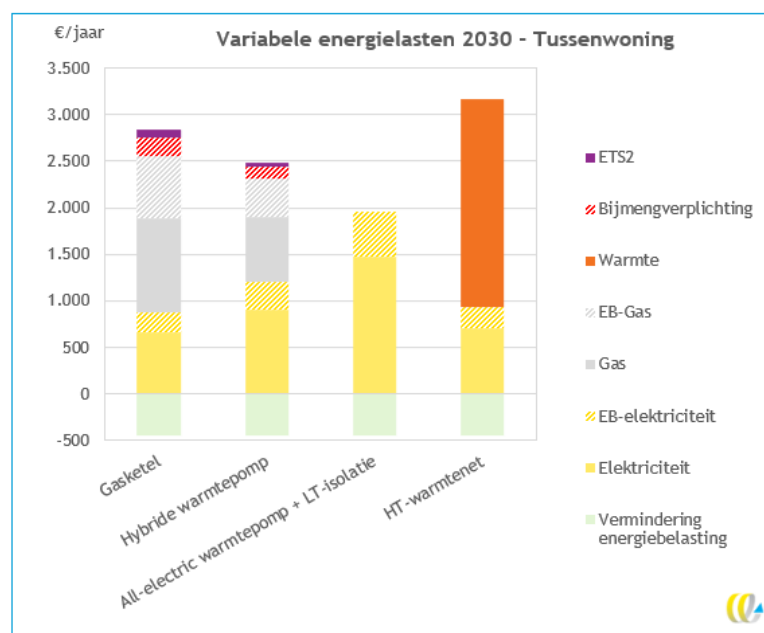
Tabel 7 – Jaarlijks energiegebruik van een tussenwoning met vier verschillende verwarmingstechnieken

Energiedrager	Gasketel	Hybride warmtepomp	All electric-warmtepomp + LT-isolatie	HT-warmtenet ⁵
Gas (m ³)	1.160	700	0	0
Elektriciteit (kWh)	2.870	3.970	6.430	2.870
Warmte (GJ)	0	0	0	35

Figuur 2 toont de jaarlijkse variabele energielasten van de voorbeeldtussenwoning voor de vier verschillende warmtetechnieken. Deze variabele energielasten omvatten alleen de kosten van het verbruiken van aardgas, elektriciteit en warmte, niet op de vaste lasten die gekoppeld zijn aan energiegebruik zoals de vaste kosten van de netbeheerder en leverancier.

De jaarlijkse variabele energielasten van een tussenwoning die aangesloten is op een warmtenet is met € 2.710 het hoogst, gevolgd door tussenwoningen met een gasketel, hybride warmtepomp en all-electric warmtepomp met LT-isolatie met een jaarlijkse energierekening van respectievelijk € 2.390, € 2.040 en € 1.510. De energielasten van de voorbeeldwoning met een all electric-warmtepomp zijn het laagst, omdat de warmtevraag van de woning door isolatie naar LT-niveau is afgenomen en een all electric-warmtepomp een efficiënte verwarmingsinstallatie is.

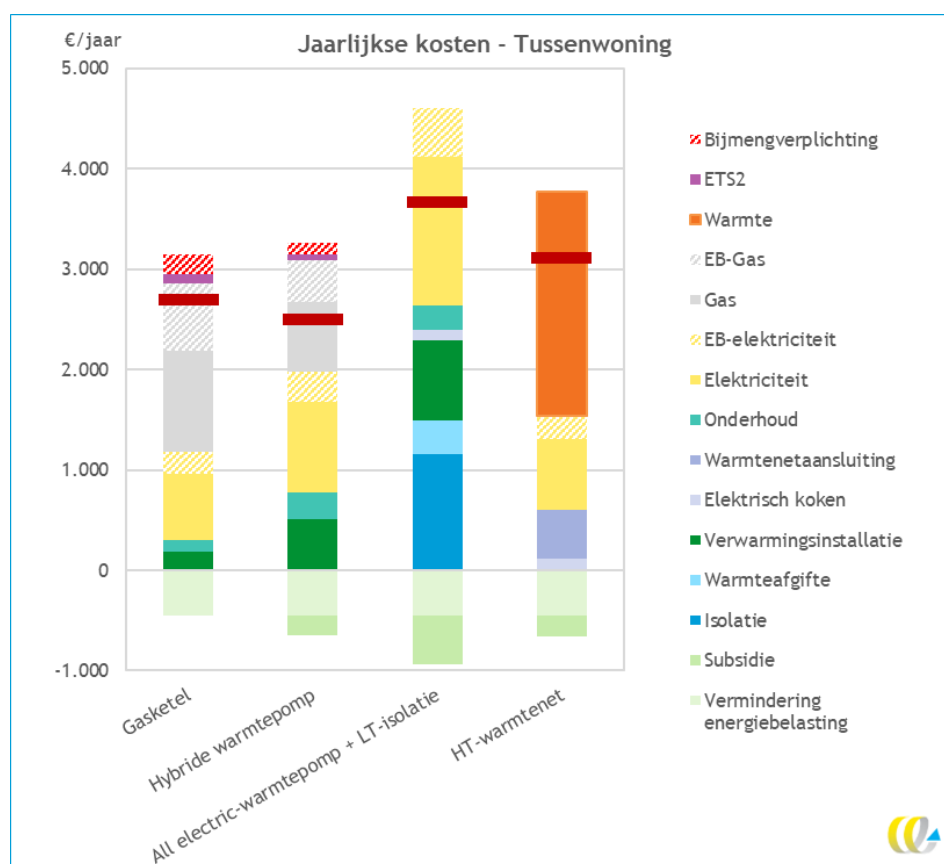
Figuur 2 – Variabele energielasten voor een woning-eigenaar in de voorbeeldtussenwoning in 2030



⁵ HT-warmtenetten zijn warmtenetten met een aanlevert temperatuur van 70 tot 110°C. De meeste (grootschalige) warmtenetten in Nederland zijn HT-warmtenetten ([Aedes, 2020](#)).

Als een woning van een gasketel overstapt naar een duurzame verwarmingstechniek, zijn niet alleen de energielasten van belang, maar moet ook de investering in de installatie worden meegenomen. Figuur 3 toont de totale jaarlijkse eindgebruikerskosten verbonden aan deze verschillende verduurzamingsopties in 2030. De netto-eindgebruikerskosten (de rode streep in het figuur) zijn een optelsom van de jaarlijkse energierekening, onderhoudskosten en investeringskosten, verminderd met de vermindering energiebelasting. De investeringskosten zijn teruggerekend naar een jaarlijks bedrag (annuïtair afgeschreven) op basis van de technische levensduur. Voor isolatiemaatregelen en verwarmingsinstallaties gaan we uit van een levensduur van respectievelijk 20 en 15 jaar. Deze levensduren zijn gebaseerd op de maximale looptijden van de Energiebespaarlening (Nationaal Warmtefonds, 2025).

Figuur 3 – Jaarlijkse kosten voor een woning-eigenaar in de voorbeeldtussenwoning in 2030



De netto-eindgebruikerskosten van huishoudens met een cv-ketel en een hybride warmtepomp zijn respectievelijk € 2.690 en € 2.500. De afschrijvingskosten van de verwarmingsinstallatie zijn hoger bij een hybride warmtepomp dan bij een gasketel. Toch zijn de totale kosten van een huishouden met een hybride warmtepomp lager, omdat de variabele energielasten (zie Figuur 2) meer dalen dan de afschrijfkosten stijgen. Daarmee is het voor deze voorbeeldwoning rendabel om te verduurzamen door middel van een investering in een hybride warmtepomp.

De eindgebruikerskosten van de voorbeeldwoningen met een cv-ketel en een hybride warmtepomp stijgen met respectievelijk 11% en 7% als gevolg van de meerkosten van de bijmengverplichting en ETS2. Desondanks blijven de eindgebruikerskosten lager dan die van de aardgasvrije voorbeeldwoningen.

Huishoudens in de voorbeeldtussenwoning die een all electric-warmtepomp en LT-isolatie hebben of aangesloten zijn op een HT-warmtenet betalen respectievelijk € 3.670 en € 3.110 aan hun energievoorziening. Dat is meer dan huishoudens met een cv-ketel. De lagere variabele energielasten (zie Figuur 2) van een all electric-warmtepomp met LT-isolatie wegen niet op tegen de benodigde investeringskosten in de warmtepomp, warmteafgifte- en ventilatiesystemen en isolatie.

Bij de jaarlijkse kosten van een warmtenetaansluiting is het belangrijk om op te merken dat de energiekosten van een aangesloten tussenwoning sterk kunnen variëren. Deze variatie in energielasten is groter dan bij tussenwoningen met andere (individuele) warmtetechnieken. Naar verwachting stelt de ACM in 2030 de maximale warmtetarieven niet meer vast op basis van de gasprijs, maar op basis van de daadwerkelijke kosten van de opgewekte warmte. Hierdoor zullen de warmtekosten van tussenwoningen die aangesloten zijn op verschillende warmtenetten gaan differentiëren.

2.2.3 Vergelijking van beprijzingsniveau met externe klimaatkosten

In deze paragraaf vergelijken we het huidige beprijzingsniveau van het energiegebruik van woningen met de externe klimaatkosten van dat energiegebruik. Dit zegt iets over of het beprijzingsniveau efficiënt is uit oogpunt van klimaat. De externe klimaatkosten zijn te kwantificeren met behulp van preventiekosten voor CO₂ (efficiënte prijzen). Dit zijn getallen die de maatschappelijke waarde van klimaatvervuiling berekenen en uitdrukken in euro's per kilogram vervuilende stof. We kijken hierbij enkel naar de milieuprijs van CO₂ omdat deze studie zich richt op het klimaatbeleid.

Scope van analyse

Deze analyse van het beprijzingsniveau kijkt alleen naar de externe kosten van CO₂-uitstoot oftewel de externe klimaatkosten. Er worden echter in de gebouwde omgeving ook andere stoffen uitgestoten die bijdragen aan milieuschade, denk bijvoorbeeld aan de uitstoot van fijnstof en stikstof. Een analyse van het PBL (2018) laat zien dat de meeste milieuschade in de Nederlandse economie voortkomt uit luchtverontreiniging. Dit vertegenwoordigt een aandeel van 50 tot 65% van de volledige milieuschade. In totaal wordt ongeveer 20 miljard euro aan milieuschade veroorzaakt door luchtverontreiniging, en circa 10 tot 20 miljard euro door klimaatverandering. Hiermee is onze

analyse in deze paragraaf vanuit brede welvaartspectief incompleet, maar biedt het wel inzichten over hoe efficiënt aanvullende beprijzing in de gebouwde omgeving is.

Om het beprijzingsniveau van het energiegebruik van huishoudens te vergelijken met de externe klimaatkosten, hanteren we de prijzen uit twee gangbare methodes, namelijk de centrale waarde uit het handboek milieuprijzen van CE Delft (2023b) en de bovenwaarde van de tweegradenverkenning uit de Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO) van CPB and PBL (2015) (zie Tabel 8). CO₂-prijzen gaan uit van preventiekosten of schadekosten. We gaan hierbij uit van de preventiekosten: deze geven aan wat de maatschappelijke kosten zijn van het vermijden van CO₂-uitstoot.

Tabel 8 – Externe kosten CO₂ (uitgedrukt in €/kg CO₂)

Jaartal	CE Delft	WLO2015	CE Delft	WLO2015
	(€/kg CO ₂)		(€/m ³ gas)	
2025	€ 0,15	€ 0,43	€ 0,08	€ 0,24
2030	€ 0,19	€ 0,55	€ 0,11	€ 0,32
2035	€ 0,23	€ 0,65	€ 0,13	€ 0,37
2040	€ 0,29	€ 0,78	€ 0,17	€ 0,45

De CO₂-prijzen uit Tabel 8 tonen aan dat de preventiekosten afhankelijk zijn van de methode die gebruikt wordt om deze kosten vast te stellen. Zo is prijs voor het uitstoten van kilogram CO₂ in 2030 volgens de toekomstverkenning WLO ruim 2,5 keer zo hoog als de prijs uit het handboek van CE Delft. Tekstkader 1 ligt verschillende redenen toe waarom de uitkomsten van deze methodes uiteenlopen⁶.

⁶ De preventiekosten staat in het tekstkader uitgedrukt euro's per ton CO₂, en wijkt daarmee af van tabel 8, waarin we de preventiekosten uitdrukken in euro's per kilogram CO₂. Verder gebruiken we de efficiënte prijzen voor uit het Tweegradenverkenning Hoogscenario van het WLO, om zo meer zicht te geven op de bandbreedte van de preventiekosten voor CO₂.

Tekstkader 1 – Onzekerheid CO²-prijzen

De Nederlandse overheid maakt gebruik van de prijzen voor CO₂ uit het WLO 2015 (CPB & PBL, 2015). Zowel de prijzen van het WLO als die van CE Delft berusten op preventiekosten. Het WLO hanteert echter een hogere bovengrens voor de prijs van CO₂ dan CE Delft met 100 tot 500 € ten opzichte van 190 € (2030) en 200 tot 1.000 € ten opzichte van 440 € per ton CO₂ (2050). Er zijn verschillende redenen waarom de prijzen uit het WLO verschillen van het handboek milieuprijzen:

- In de WLO-scenario's werd 80-95% emissiereductie in 2050 verondersteld, terwijl CE Delft uitgaat van nul emissies in 2050. Een hogere doelstelling leidt tot hogere CO₂-prijzen.
- In de WLO-scenario's werden kosten voor DACS (Direct Air Capture and Storage) verondersteld van 1.000 €/ton CO₂. CE Delft gaat op basis van nieuwe inzichten (WRI, 2022) uit van fors lagere kosten van 200 €/ton CO₂ in 2050.
- In de WLO-scenario's kon DACS onbegrensd worden toegepast. CE Delft gaat echter uit van bindende expansierestricties op DACS, waardoor de CO₂-prijs in 2050 groter kan zijn dan de marginale kosten van DACS.
- In de WLO-doorrekeningen werd in Europa geen beperking verondersteld op koolstof-opslag, terwijl CE Delft een maximum van 15% van de emissiereductie door CCS (Carbon Capture and Storage) veronderstelt in het basispad. Deze restrictie maakt de preventiekosten van klimaatschade duurder.
- In de WLO-scenario's werd uitgegaan van een bindend jaarlijks koolstofbudget, terwijl CE Delft uitgaat van de mogelijkheid tot banking. Dit maakt dat preventiekosten goedkoper zijn in 2030, maar veel duurder in 2050.

We hanteren zowel een marginale als een gemiddelde benadering om het huidige beprijsingsniveau te bepalen. Een **marginale benadering** houdt in dat het beprijsingsniveau alleen de variabele beprijsingsmechanismen, zoals de energiebelasting en de ETS2-kosten omvat⁷. Bij de **gemiddelde benadering** is ook de vermindering energiebelasting meegenomen bij het bepalen van het beprijsingsniveau (zie Tabel 6).

Tabel 9 toont de gehanteerde emissiefactoren van gas en elektriciteit. De emissiefactor geeft hoeveel CO₂-equivalenten er vrijkomen bij het gebruik van een bepaalde hoeveelheid energie. We nemen aan dat de emissiefactor van de gasmix tussen 2025 en 2030 daalt als gevolg van de bijmengverplichting en vervolgens tot 2040 gelijk blijft. Voor de jaren 2025, 2030 en 2035 gebruiken we dezelfde emissiefactor als (PBL, 2024b). De

⁷ De meerkosten van de bijmengverplichting groengas nemen we niet mee bij het berekenen van de klimaatschade van het energiegebruik van huishoudens. Deze meerkosten zijn immers (voor een gedeelte) gebaseerd op de productiekosten van groengas en afkomstig van een direct beprijsingsinstrument.

emissiefactor van elektriciteit voor het jaar 2040 hebben we bepaald door de afname tussen 2030 en 2035 te extrapoleren.

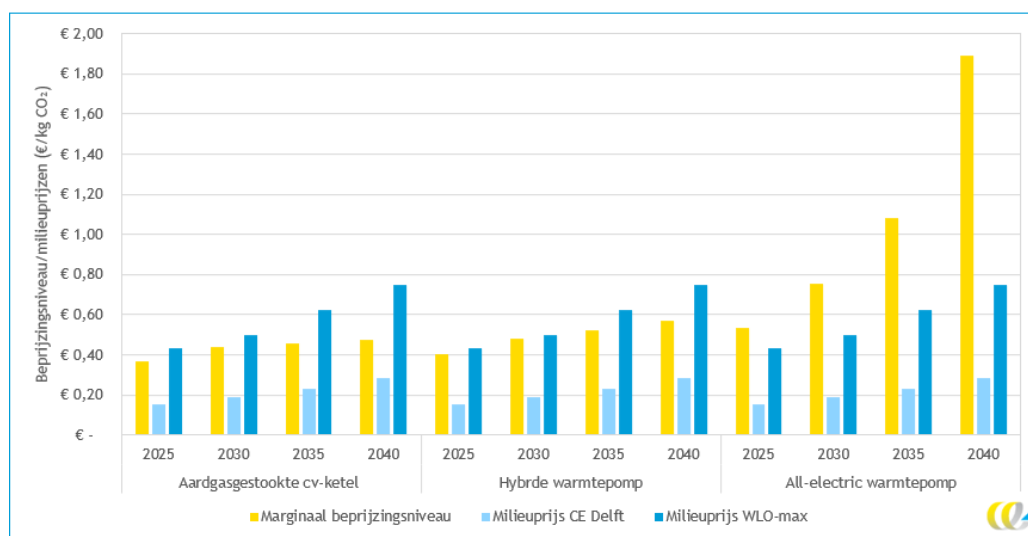
Tabel 9 – Emissiefactoren van aardgas en elektriciteit

Jaartal	Gas (kg CO ₂ /m ³)	Elektriciteit (kg CO ₂ /kWh)
2025	1,78	0,19
2030	1,74	0,10
2035	1,74	0,07
2040	1,74	0,04

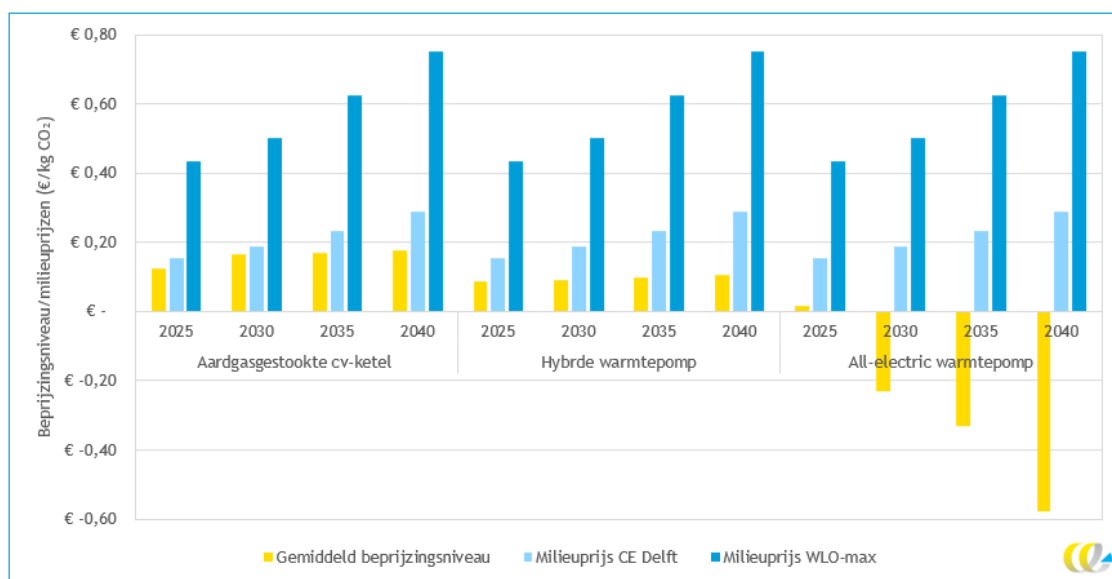
We vergelijken alleen het beprijzingsniveau van aardgas en elektriciteit met de externe klimaatkosten. Een vergelijking tussen het beprijzingsniveau van warmte en de preventiekosten laten we achterwege. Immers hebben huishoudens zelf geen invloed op het verduurzamen van de aan hun geleverde warmte. Daarnaast varieert de mate van (indirecte) beprijzing sterk per warmtenet. Zo wordt er in sommige warmtenetten aardgas of elektriciteit gebruikt bij de productie van warmte in wkk's of e-boilers, waardoor warmte indirect door de energiebelasting wordt beprijsd. In andere warmtenetten die geothermie als primaire warmtebron gebruiken is dit in veel mindere mate geval.

Figuur 4 en Figuur 5 tonen het marginale en het gemiddelde beprijzingsniveau per kilo CO₂ van het energiegebruik van een gemiddelde woning met drie verschillende verwarmingstechnieken. Bij een marginale benadering ligt het beprijzingsniveau van een voorbeeldhuishouden met een aardgasgestookte cv-ketel en een hybride warmtepomp hoger dan de CO₂-prijs van CE Delft, maar lager dan die van het WLO-scenario. Bij een gemiddelde benadering ligt het beprijzingsniveau voor een aardgasgestookte cv-ketel en een hybride warmtepomp lager dan beide gehanteerde CO₂-prijzen.

Figuur 4 – Margaal beprijzingsniveau per kilo CO₂ afgezet tegen de preventiekosten van CO₂



Figuur 5 – Gemiddeld beprijzingsniveau per kilo CO₂ afgezet tegen de preventiekosten van CO₂



Bij huishoudens met een all electric-warmtepomp speelt bij de marginale benadering een beprijzingsoverschot: de beprijzing is hoger dan de preventiekosten voor CO₂. Dit beprijzingsoverschot wordt groter naarmate de emissiefactor van elektriciteit in de komende jaren afneemt. Voor deze huishoudens speelt het tegenovergestelde onder de gemiddelde beprijzingsbenadering. Dit voorbeeldhuishouden krijgt vanaf 2030 geld terug op de netto-energiebelasting, omdat de betaalde energiebelasting op elektriciteit lager is dan de jaarlijkse vermindering energiebelasting. Ook deze negatieve beprijzing neemt toe naarmate de emissiefactor van elektriciteit in de komende jaren afneemt. De vermindering energiebelasting zorgt er dus voor dat de schade van aardgasvrije huizen niet wordt ingeprijsd. Tegelijk moet worden vermeld dat dit niet het doel is van de vermindering energiebelasting: deze is ingesteld omdat een deel van het energiegebruik wordt gezien als basisbehoefte.

Het beprijzingsniveau van de verschillende technieken in de gebouwde omgeving liggen dicht bij de CO₂-prijs uit het WLO-hoog scenario. Bij aardgasgestookte Cv-ketels en de hybride warmtepomp is het verschil zeer klein ten opzichte van WLO-hoog-scenario, vooral voor de korte termijn (2025 tot en met 2035). Bij de all electric-warmtepompen ligt het beprijzingsniveau zelfs hoger dan de CO₂-prijs uit het WLO-hoog scenario. Hiermee lijken de emissies reeds efficiënt geprijsd. De huishoudens kunnen echter ook gebruik maken van een belastingvermindering. Op basis van de gemiddelde kosten – dus rekening houden met deze belastingvermindering – lijken niet alle externe kosten van CO₂ geïnternaliseerd in de gebouwde omgeving. Het beprijzingsniveau ligt dan onder de CO₂-prijs van CE Delft en het WLO-hoog scenario. Dit zou betekenen dat er dus nog wel ruimte bestaat voor extra beprijzen in de gebouwde omgeving om een efficiënt niveau te bereiken.

Het (correct of efficiënt) internaliseren van de externe kosten van het energiegebruik van huishoudens betekent niet direct dat huishoudens overgaan tot het verduurzamen van hun woningen. In Paragraaf 2.3 bespreken we twee manieren waarop het beprijzen van energie huishoudens kan aanzetten tot het verduurzamen van hun energiegebruik en lichten we toe waarom deze financiële prikkels groepen huishoudens verschillend beïnvloeden.

2.3 Effecten van energieprijz op verduurzaming

Beprijzing van energie heeft als doel om energiegebruik en emissies te reduceren, naast het genereren van belastinginkomsten (Energiebelasting). Doordat de energierekening hoger wordt, wordt het financieel aantrekkelijk om energie te besparen. Wij splitsen dit effect op in twee onderdelen:

1. Een effect op de korte termijn in de vorm van energiebesparend *gedrag*, zoals het lager zetten van de thermostaat of sluiten van ramen.
2. Een effect op de (middel-)lange termijn door middel van het *investeren in verduurzamingsmaatregelen in de woning*, zoals isoleren of aanschaf van een duurzame verwarmingsinstallatie.

In Paragraaf 3.2.4 en Bijlage A.3 gaan we dieper in hoe deze twee effecten verwerkt zijn in ons model.

2.3.1 Kortetermijneffect: prijselasticiteit

Op de korte termijn kunnen huishoudens hun gasverbruik aanpassen door energiebesparend gedrag. In de economische theorie staat energiebesparingsgedrag ten gevolge van een prijsprikkel bekend als prijselasticiteit. De prijselasticiteit is de percentuele verandering van het verbruik ten gevolge van een percentuele verandering van de prijs.

Wel zijn de mogelijkheden beperkt: Ten eerste is energie (zeker het gasgebruik voor verwarming en koken) een basisbehoefte, en kunnen mensen slechts beperkt minder stoken zonder dat dit ten koste gaat van een minimale comfortgrens. Daarnaast volgen niet alle huishoudens prijsschommelingen actief. Zeker bij contracten met vaste prijzen of een trage doorwerking van tarieven, kan het maanden tot jaren duren voor prijsprikkels merkbaar worden in het gedrag. Tot slot is er voor verduurzamingsmaatregelen, zoals isolatie en substitutie (overgaan op een andere energietechniek/ -bron), een investering nodig. Deze manier van energie besparen nemen wij mee als een langetermijneffect.

In de literatuur worden verschillende waarden voor de prijselasticiteit voor aardgas genoemd, zie Tabel 10. In Bijlage A.3.1 gaan we dieper in op de prijselasticiteit vanuit de literatuur. Hieruit blijkt dat transparantie en duidelijkheid van energieprijzen belangrijke voorwaarden zijn voor huishoudens om hierop hun gedrag aan te passen.

Tabel 10 – Vergelijking van verschillende in de literatuur gevonden kortetermijnelasticiteiten voor aardgasgebruik in Nederland

Land/regio	Elasticiteit (korte termijn)	Tijdspanne analyse	Hoge gasprijzen?	Bron
Nederland	-0,11	2021–2022	Ja (energiecrisis)	(CE Delft, 2023a)
Nederland	-0,06 tot -0,15	2022 - 2023	Ja (energiecrisis)	(Curuk et al., 2025)
Nederland	≈ -0,20 ⁸	2016	Nee	(CPB, 2024)
Nederland	-0,1	2000–2015	Nee	(Jeeninga & Boots, 2001)
Nederland	-0,14	2000	Nee	(Boonekamp, 2007)

2.3.2 Langetermijneffect: investeren in verduurzaming

Wanneer hogere energieprijzen voor een langere termijn aanhouden, heeft dit invloed op de terugverdientijd van duurzaamheidsinvesteringen in de woning. Dit kan mensen aanzetten om verduurzamingsmaatregelen te nemen.

Niet elk huishouden reageert echter hetzelfde op een verandering van de energierekening en terugverdientijd. Sommige huishoudens hebben minder mogelijkheden (handelingsperspectief) om hun woning te verduurzamen; voor anderen gelden niet-financiële redenen om wel of geen investering te doen. Verschillende effecten kunnen een rol spelen, zie ook (SCP, 2021).

- **Split incentive.** Een deel van de huishoudens huurt een woning en is afhankelijk van de verhuurder voor het nemen van maatregelen. De prikkel werkt hier niet vanwege de ‘split incentive’: de verhuurder moet de kosten maken voor verduurzaming, maar de huurder ervaart een lagere energierekening. We bespreken mogelijke oplossingen hiervoor in de volgende paragraaf.
- **Financiële belemmeringen** zoals onvoldoende investeringsruimte, onmogelijkheid of onwil om een lening aan te gaan.
- **Onzekerheid** over de woonduur in de woning of de toekomstige kosten van energie of de maatregelen.
- **Tijdsbesteding en ‘gedoefactor’.** Het nemen van energetische maatregelen kost tijd en kan ‘gedoe’ opleveren zoals communicatie met aannemers en rommel in huis. Deze factor is minder van belang op natuurlijke momenten, zoals een reguliere verbouwing, verhuizing of vervanging van de cv-ketel.
- **Bepaalde interesse of kennis** als het gaat om het nemen van energiebesparende maatregelen. Dit kan zowel inzicht in de energiekosten zijn, technische kennis van de eigen woning en kennis over de energiemaatregel.
- **Niet-financiële drijfveren** zoals milieuwinst en comfort kunnen er ook juist aan bijdragen dat mensen maatregelen nemen die (nog) niet of minder rendabel zijn.

⁸ Bij dit gedragseffect hoort een lineair ingroepad van tien jaar vanaf het jaar van invoering.

2.3.3 Tegengaan van ‘split incentive’ tussen huurders en verhuurders

Huurders hebben minder handelingsperspectief om hun woningen te verduurzamen dan eigenaar-bewoners. In standaard huurcontracten is de verhuurder verantwoordelijk voor de energetische prestatie van de woning en de verwarmingsinstallatie die in de woning beschikbaar is. Dit wordt ook de split incentive genoemd: Split incentives zijn situaties waarin de voordelen van een transactie niet terechtkomen bij degene die de kosten van deze transactie maakt (Castellazzi et al., 2017).

Beleidsinstrumenten die de energierekening van huurders doen toenemen vergroten de split incentive tussen huurders en verhuurders. Door instrumenten die het verbruik van aardgas beprijsen neemt de energierekening van huurders met aardgasverwarmingsinstallaties, en daarmee de financiële voordelen van het verduurzamen van huurwoningen, toe. Echter komen deze (grotere) financiële voordelen niet terecht bij de verhuurders die de investeringskosten in het verduurzamen van de woning, bijvoorbeeld door middel van het investeren in gebouwinstallatie of een duurzamere verwarmingsinstallatie, moeten dragen. Als een gevolg van deze split incentive worden verhuurders dus niet belast door middel van het beprijsen van het gebruik van fossiele energie in woningen.

De overheid kan zowel op een directe of indirecte beleidsinstrumenten inzetten om deze split incentive te overkomen en de lasten van beprijzing bij verhuurders te leggen. Bij directe beleidsinstrumenten worden de kosten van de beprijzingsinstrumenten (deels) aan verhuurders doorberekend. Indirecte beleidsinstrumenten stimuleren verhuurders op een alternatieve manier om hun huurwoningen te verduurzamen, zonder dat er een directe relatie bestaat tussen het beleidsinstrument en de beprijzing. Tabel 11 geeft een overzicht van potentiële beleidsinstrumenten die verhuurders aanzetten tot het verduurzamen van hun verhuurde woningen en geeft aan of en op welke manier de Nederlandse overheid deze beleidsinstrumenten al inzet. Bepaalde beleidsinstrumenten die voor de hele woningvoorraad gelden, kunnen ook verhuurders aanzetten zoals normering van verwarmingsinstallaties, generieke isolatienormen of een toeslag op nieuwe cv-ketels.

Tabel 11 - Overzicht beleidsinstrumenten die verhuurders aanzetten tot verduurzaming

(In-)direct	Type	Titel	Beschrijving	Implementatie Nederland
Direct	Juridisch	Koppeling CO ₂ -uitstoot woning en maximale huurprijs.	Het koppelen van de maximale huurprijs aan het verwachte gemiddelde energiegebruik, CO ₂ -uitstoot of energielabel van een woning geeft verhuurders een directe financiële prikkel om hun verhuurde woningen te verduurzamen.	Nederland kent een woningwaarderingssysteem dat de maximale huurprijs van een huurwoning o.a. verbindt aan het voor de woning afgegeven energielabel (Ministerie van VRO, 2023). Dit systeem bepaalde al de maximale huurprijs voor sociale huurwoningen (met een waardering van 144 of minder punten). Met ingang van de Wet Betaalbare Huur per 1 juli 2024 wordt er ook een maximale huurprijs van middenhuurwoningen (woningen met 144 tot en met 186 punten) opgelegd. In de vrije huursector bestaat er geen maximale huurprijs en zijn verhuurders dus niet verplicht om hun huurprijs o.a. op het energielabel van de huurwoning te baseren (Rijksoverheid, 2025). Daarnaast mogen verhuurders die investeringen in zeer duurzame woningen een energieprestatievergoeding (EPV) aan hun huurders vragen (RVO, 2025a).
Indirect	Normerend	Uitfaseren huurwoningen met slechte energielabels	Minimum energieprestatie-eisen voor huurwoningen. Woningcorporaties en andere eigenaren van huurwoningen met een energielabel E, F of G moeten hun pand voor 2029 verduurzamen naar minimaal energielabel D.	In het beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving (PVGO) is aangekondigd dat wordt gewerkt aan normering voor het uitfaseren van huurwoningen met slechte labels (E, F en G). Eigenaren van huurwoningen met een energielabel E, F of G moeten hun pand uiterlijk op 1 januari 2029 verduurzamen naar minimaal energielabel D. Met woningcorporaties is afgesproken dat ze de energieprestatie van hun woningen met slechte labels uiterlijk in 2028 verhogen.
Indirect	Normerend	Energieprestatie-eisen bij nieuwbouw	Nieuwbouw woningen moeten aan een energieprestatie-eisen voldoen.	Voor alle nieuwbouw, zowel woningbouw als voor utiliteitsbouw, geldt dat de vergunningaanvragen sinds 1 januari 2021 moeten voldoen aan de eisen voor Bijna Energieneutrale Gebouwen (BENG). Die eisen vloeien voort uit het Energieakkoord voor duurzame groei en uit de Europese Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) (RVO, 2017).
Indirect	Economisch	On-bill financing	Vrijwillig financieringsmodel van duurzaamheidsmaatregelen waarbij de baten van de investering over huurders en verhuurders verdeeld worden waardoor beide partijen van een energie-	'On-bill financing' is de afgelopen jaren steeds populairder geworden in de Verenigde Staten en Australië. Ondanks het potentieel van deze vorm van financieren voor grote gebouwen wordt 'on-bill financing' momenteel nog niet veel toegepast in Europa (Castellazzi et al., 2017).



(In-)direct	Type	Titel	Beschrijving	Implementatie Nederland
			efficiëntie upgrade profiteren (Bird & Hernández, 2012).	
Indirect	Juridisch	Recht tot verduurzaming	Huurders krijgen het recht om hun woning tot een bepaald energielabel te verduurzamen. Dit recht is afdwingbaar via de huurcommissie of de civiele rechter.	Huurders kunnen door middel van het initiatiefrecht (art. 7:243 BW) het isoleren van hun huurwoningen of het laten plaatsen van een duurzamere verwarmingsinstallatie afdwingen bij hun verhuurder. In ruil daarvoor moet de huurder en huurverhoging accepteren die in verhouding staat tot de investeringskosten van de getroffen duurzaamheidsmaatregel.
Indirect	Fiscaal	Verhuurdersheffing gebaseerd op energielabel	Heffen van belasting op het verhuren van woningen met een niet geldig energielabel of een energielabel dat lager is dan een bepaalde standaard.	Niet geïmplementeerd in Nederland.
Indirect	Fiscaal	Belastingvoordeel verhuur woning met goed energielabel	Bijvoorbeeld: Inkomen uit het verhuren van woningen met een laag energielabel wordt lager belast dan inkomen uit het verhuren van woningen met een hoog energielabel, of via verlaging van gemeentelijke belastingen via WOZ-waarde, etc.	Niet geïmplementeerd in Nederland.

2.4 Energiearmoede

Klimaat- en energiebeleid van de overheid heeft impact op de energiekosten en mate van verduurzaming van huishoudens, en daarmee op de hoeveelheid huishoudens dat in energiearmoede leeft. Energiearmoede wordt gedefinieerd als het gebrek aan toegang tot betaalbare energievoorzieningen in huis. Dit gaat zowel om een hoge energierekening, het niet kunnen handhaven van een gezond binnenklimaat, als om financieel niet meekunnen met de energietransitie.

Beprijzing van energie zonder compensatiemaatregelen zal op huishoudens met (risico op) energiearmoede nadelige effecten hebben. Ten eerste wordt energie duurder en daarmee wordt energiearmoede als betaalbaarheidsprobleem verergerd, zowel in het aantal huishoudens als de mate van energiearmoede (ook wel energiearmoedekloof genoemd). Daarnaast maken diverse factoren het voor huishoudens in energiearmoede lastig om hun woning te verduurzamen, wat hun mogelijkheden beperkt om hun energielasten te verlagen. Zo hebben huishoudens in energiearmoede vaak niet de financiële middelen of financieringsmogelijkheden, of wonen zij in een huurwoning. Ook kunnen andere belemmeringen zoals leenaversie of gebrek aan kennis een rol spelen. Tot slot zal een betere woningkwaliteit niet alle energiearmoede oplossen. Ook in goede woningen kunnen nog hoge energiekosten bestaan, bijvoorbeeld door een hoge energiebehoefte, hoge netkosten en/of een hoog vastrecht bij een warmtenet.

Energiearmoede kan op verschillende manieren worden gemeten. Het CBS (2024a) hanteert in de Monitor Energiearmoede vier basisindicatoren van energiearmoede die bepalen of een huishouden energiearm is aan de hand van combinaties van energielasten, besteedbaar inkomen en/of de energetische staat van de woning:

1. **HEQ: Hoge energiequote** – De energiequote is het deel van het inkomen dat een huishouden besteedt aan energiekosten. Een huishouden heeft een hoge energiequote indien meer dan 10% van het besteedbaar inkomen wordt uitgegeven aan energielasten.
2. **LIHE: Laag inkomen, hoge energiekosten** – Volgens deze indicator zijn huishoudens met een laag inkomen en een hoge energierekening energiearm. Lage inkomens zijn inkomens tot 130% van de lage-inkomensgrens. Een huishouden heeft een hoge energierekening wanneer deze hoger is dan de gemiddelde energierekening in 2019 van een eenpersoonshuishouden in een energielabel C woning.
3. **LILEK: Laag inkomen, lage energiekwaliteit** – Volgens deze indicator zijn huishoudens energiearm indien ze een laag inkomen hebben en wonen in een woning met een lage energiekwaliteit. Een woning heeft een lage energiekwaliteit indien de verwachte energierekening op basis van een modelberekening hoger is dan de mediane verwachte energierekening van alle woningen in Nederland met

eenzelfde oppervlakte in 2019. Dit komt grofweg overeen met woningen met een energielabel D, E, F of G.

4. **LEKWI:** Huis met Lage Energetische Kwaliteit & huishouden met Weinig Investeringsmogelijkheden – Deze indicator geeft aan welke huishoudens niet zelf in staat zijn de woning te verduurzamen, ofwel omdat zij huurder zijn, ofwel eigenaar-bewoner met onvoldoende financiële capaciteit.

Daarnaast is er de samengestelde indicator:

5. **LIHELEK:** Laag inkomen, hoge energierekening en/of lage energiekwaliteit.

Een zesde indicator is nog in ontwikkeling. Dat zijn de huishoudens met een Laag Residueel Inkomen (LaRI). Dit zijn de huishoudens waarbij het inkomen—na betaling van de energiekosten en, optioneel, de woonlasten—te laag is om te voorzien in de minimaal noodzakelijke uitgaven voor basaal levensonderhoud. CE Delft heeft al eerder een dergelijke indicator gebruikt, namelijk het ‘betaalrisico’ (CE Delft & Ecorys, 2021).

3 Modelbeschrijving

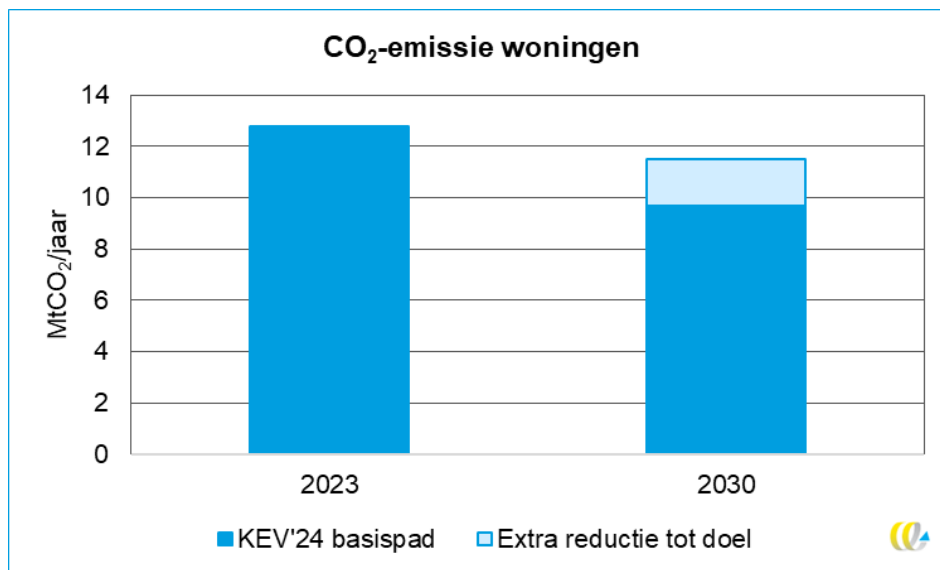
Hoofdpunten uit dit hoofdstuk

Om de effecten van verschillende beleidsinstrumenten op verduurzaming en CO₂-reductie in te schatten, hebben wij een rekenmodel ingericht. Dit model maakt gebruik van een representatieve dataset van alle woningen in Nederland, en berekent het energiegebruik, de energie- en investeringskosten van verschillende verduurzamingsmaatregelen, het energiebesparende gedrag en uiteindelijk de CO₂-reductie. Het model sluit zoveel mogelijk aan bij de KEV'24.

3.1 Het CEKER-model in vogelvlucht

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden, hebben wij het CEKER-model gebruikt en uitgebreid. Dit model is door CE Delft ontwikkeld en staat voor CE Kosten Eindgebruikers Rekenmodel. Met dit rekenmodel maken we van een representatieve verdeling van woningen in Nederland de effecten zichtbaar van verschillende energetische maatregelen op het energieverbruik en de daarmee samenhangende energiekosten en CO₂-emissies. We baseren ons voor de doorrekening voor heel Nederland op het WoOn 2021 onderzoek, zie een omschrijving in Paragraaf 3.2.1.

Uiteindelijk levert het model per beleidsscenario een nieuwe situatie waarin woningen een ander (lager) energieverbruik hebben en daarmee de totale CO₂-emissies dalen. De CO₂-emissie in het model vergelijken we met het doel dat vanuit de Klimaat- en Energieverkenning 2024 (KEV'24) is gegeven voor de situatie in 2023 (referentiejaar) en 2030 (zichtjaar). Dit moet van 12,80 naar 9,70 MtCO₂/jaar dalen; in het huidige basispad is de emissie in 2030 echter 11,50 MtCO₂/jaar zodat er nog een extra reductie nodig is.

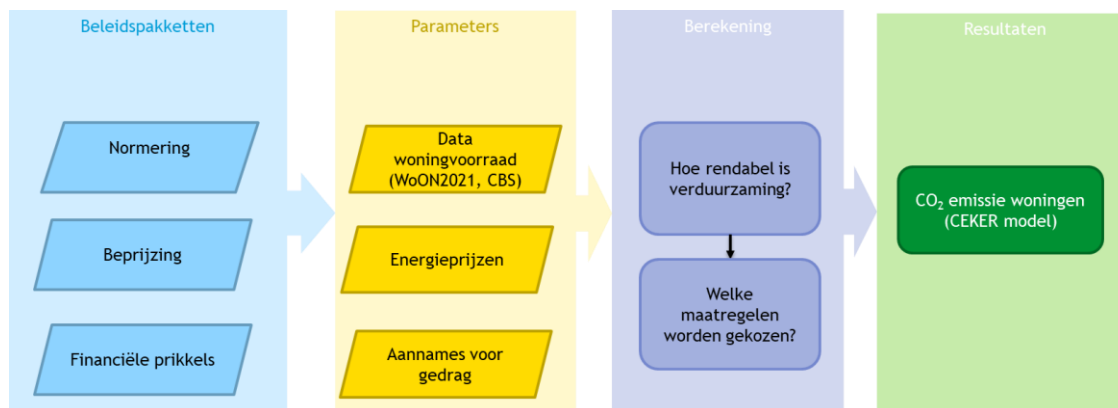
Figuur 6 – CO₂-emissies woningen volgens de KEV'24 en doelstelling

Daarnaast hebben we voor detailberekeningen een aantal voorbeeldhuishoudens samengesteld op basis van CBS-data. Zo geven we naast hoog-over resultaten voor de Nederlandse woningvoorraad als geheel ook inzicht in specifieke situaties die meer tot de verbeelding spreken. Zie een omschrijving in Paragraaf 3.2.1 en resultaten in Paragraaf 4.4.

3.2 Overzicht methode

Het rekenmodel dat wij gebruiken, verwerkt gegevens uit verschillende bronnen. In Figuur 7 tonen we op hoofdlijnen de rekenstappen. In de volgende subparagrafen gaan we in, op de specifieke onderdelen en de berekeningen die daaraan ten grondslag liggen.

Figuur 7 – Schema van het rekenmodel



3.2.1 Data woningvoorraad (WoON en CBS)

Om de Nederlandse woningvoorraad in 2030 te modelleren maken we gebruik van de WoON-dataset uit het WoonOnderzoek Nederland 2021 (Ministerie van BZK, 2022).⁹ Deze dataset bevat van 46.665 bestaande huishoudens informatie over de woning en bewoners zoals de hoofdverwarmingsinstallatie, het oppervlakte en het eigendomschap (eigenaar-bewoner, private of sociale huur) van de woning, de VvE-status en bruto-inkomen van het huishouden.

De WoON-dataset is een representatieve dataset de Nederlandse woningvoorraad weerspiegelt zoals deze er in 2018 tot 2021 uitzag. De dataset geeft daarmee geen inzicht in alle nieuwbouwwoningen die tussen 2022 en 2030 gebouwd worden. Deze nieuwbouwwoningen laten we echter in dit onderzoek buiten beschouwing, omdat deze aardgasvrij opgeleverd worden en de emissies die vrijkomen bij het produceren van elektriciteit en warmte geen onderdeel uitmaken van het restemissiedoel van de sector gebouwde omgeving.

Om de verduurzamingsmaatregelen die tussen 2022 en 2030 in de bestaande bouw getroffen worden, moeten we de hoofdverwarmingsinstallaties van een aantal woningen uit de dataset wijzigen. We ijken het aantal verwarmingsinstallaties in de dataset zodat deze overeenkomt met de verwachte hoeveelheid warmtenetaansluitingen en hybride en all electric-warmtepompen uit de Klimaat en -Energieverkenning van het PBL (2024a).

We nemen een vast aandeel aan voor woningen die in 2030 op een warmtenet aangesloten zullen zijn, omdat we ervan uitgaan dat dit niet afhankelijk is van prijszingsbeleid maar van de collectieve aanpak van gemeenten. De emissies van warmtenetten nemen we niet mee, omdat de broeikasgassen die vrijkomen bij het produceren van warmte niet tot de emissies van de gebouwde omgeving gerekend worden.

In Paragraaf 4.5.2 plaatsen we enkele kanttekeningen bij het gebruiken van een dataset om de Nederlandse woningvoorraad in 2030 te modelleren.

CBS-profielen voor voorbeeldhuishoudens

Naast een analyse op het niveau van heel Nederland doen we ook een aantal berekeningen van de effecten van de beleidspakketten op voorbeeldhuishoudens. Hierbij maken we gebruik van de dataset 'Energieverbruik particuliere woningen naar woningkenmerken, 2019 t/m 2023' van CBS (2025) met tien representatieve woningen. Op basis van deze woningtypen hebben we tien voorbeeldwoningen geselecteerd uit RVO (2023).

⁹ In april 2025 is het WoON onderzoek 2024, een update van het WoON onderzoek 2021, gepubliceerd. Deze publicatie heeft te laat plaatsgevonden om de resultaten uit dit onderzoek mee te kunnen nemen in deze studie. Een verschil tussen de WoON-datasets 2021 en 2024 dat invloed zou kunnen hebben op onze uitkomsten is de verdeling van geregistreerde energielabels. De (theoretische) energieprestatie van woningen in de WoON-dataset 2024 is enigszins verbeterd ten opzichte van die in de WoON-dataset 2021.

Voor het energiegebruik maken we gebruik van een berekende waarde, aangezien deze ook afhangt van de verduurzamingsmaatregelen.

Tabel 12 – Kenmerken van de voorbeeldwoningen, samengesteld uit CBS en RVO

Nummer	Omschrijving	Type	Gebruiks-oppervlak m ²	Bouwjaar	Energielabel
00	Vrijstaande woning	Vrijstaand	175	1970	D
01	Ruime Nieuwbouw eengezinswoning	Rijwoning hoek	132	2010	A
02	Ruime wederopbouw eengezinswoning	Rijwoning hoek	101	1950	F
03	Vinex eengezinswoning	Rijwoning tussen	124	2000	B
04	Gerenoveerde naoorlogse woning	Rijwoning tussen	98	1950	C
05	Eengezinswoning	Rijwoning tussen	115	1970	C
06	Vooroorlogse eengezinswoning	Rijwoning tussen	109	1925	D
07	Nieuwbouw appartement	Appartement	89	2010	A
08	Kleine galerijflat	Appartement	71	1980	C
09	Portieketagewoning 1-2 personen	Appartement	77	1950	D

3.2.2 Berekening energieverbruik en verduurzamingsmaatregelen (CEKER)

De berekening van energieverbruik bij verschillende energetische ingrepen voor de in het model gebruikte woningen, doen we via het CEKER-rekenmodel. Hiervoor hebben we in Bijlage A.2 nadere toelichting opgenomen.

De basis bestaat eruit dat we de energetische woningkenmerken uit WoON als input nemen waarna we in CEKER de specifieke energieverbruiken van de huidige situatie en ook die van de maatregelen berekenen. We gebruiken dus niet de bij WoON beschikbare werkelijke verbruiken. Hiermee berekenen we consequent het verschil tussen huidig en na ingreep.

Per woning en ingreep (isolatie en/of verwarmingstoestel) levert dat een hoeveelheid gas, elektriciteit en warmteverbruik waarmee we in het rekenmodel verder rekenen. Ook weten we uit CEKER wat de bijbehorende investeringskosten en bijbehorende subsidies zijn. Omdat we met energieverbruiken als basis werken, kunnen we de verschillende beleidsinstrumenten zoals prijsstelling apart verwerken.

Alle bedragen in de resultaten van de modelberekeningen zijn uitgedrukt in €₂₀₂₃ omdat we puur naar het effect van de beleidspakketten willen kijken, zonder hierin een extra onzekerheid over inflatie op verschillende posten te introduceren.

3.2.3 Basispad Klimaat- en Energieverkenning

Het uitgangspunt voor de berekeningen is het jaar 2023. Omdat de gegevens uit WoON gaan over het jaar 2020, hebben we gebruikscorrectie toegepast op het energieverbruik van -27% om te corrigeren voor energiebesparing. Vervolgens hebben we een kleine aanvullende correctie gedaan op basis van graaddagen waarmee de energieverbruiken uit WoON in totaal met een reductie van 33% zijn gecorrigeerd om op de emissie van 12,80 in het startjaar 2023 te komen overeenkomstig met de KEV'24. In deze correctie zit ook impliciet het verschil tussen werkelijk en theoretisch energieverbruik bevat.

De KEV'24 beschrijft de ontwikkeling naar 2030 bij vastgesteld en voorgenomen beleid. In dit basispad zitten onder andere de volgende ontwikkelingen:

- Uitsfatering E, F en G labels van sociale huurwoningen via isolatie naar de standaard: betreft circa 189.000 woningen.
- Autonome ingroei HT/MT-warmtenetten (met circa 70.000 uitbreiding naar circa 617.000 woningen)
- Tevens zijn er woningen waarvoor geldt dat ze zonder aanvullend beleidspakket al een rendabele ingreep zullen doen zoals isoleren en/of (hybride) warmtepomp.

3.2.4 Gedragseffecten energieverbruik

We onderscheiden twee verschillende effecten van gedrag: een kortetermijn- en een langetermijneffect.

Eerst gebruiken we het elasticiteitseffect om energieverbruiken in het zichtjaar te berekenen. Bij toenemende energieprijzen gaan huishoudens minder verbruiken. In de literatuur zien we een bandbreedte in de kortetermijnelasticiteit van aardgasgebruik in Nederland, zie Tabel 10 en verdere toelichting in Bijlage A.3.1. We rekenen met een marginale prijselasticiteit voor aardgasgebruik van -0,11; deze volgt uit het meest recente onderzoek. Dus voor elke relatieve verhoging van de prijs van aardgas, verandert het verbruik evenredig met -0,11 maal deze relatieve hoeveelheid. Voor de volledigheid rekenen we eveneens met kortetermijnelasticiteit van -0,11 voor warmteverbruik. Voor elektriciteit hanteren we een sterker effect, namelijk -0,22. Dit is een ondergrens van een bredere studie naar kortetermijnelasticiteiten voor elektriciteitsgebruik, zie Bijlage A.3.1.

Daarna maakt het model een inschatting van de adoptie van verduurzamingsmaatregelen. Hiervoor berekenen we de terugverdientijd (TVT), zie Bijlage A.3.2. In het rekenmodel komt een huishouden *in principe* in aanmerking voor een ingreep als deze zich binnen tien jaar terugverdient, dus $TVT \leq 10$ jaar. Dit is een benadering; in werkelijkheid zullen

sommige huishoudens een langere terugverdientijd accepteren (bijvoorbeeld de technische levensduur, zoals circa 15 jaar bij installaties), anderen pas overgaan tot maatregelen bij een kortere terugverdientijd (bijvoorbeeld 7 jaar, wat de overheid vaak als streven heeft bij regelingen voor zonnepanelen en hybride warmtepompen), en zullen sommige huishoudens met een geschikte terugverdientijd überhaupt niet overgaan tot een maatregel in hun woning (zie Paragraaf 2.3). Om dit gedragseffect te modelleren, hanteren we in het model een gemiddelde 'adoptiefactor'. Deze wordt bepaald door het basispad te ijken met de KEV'24. Dit leggen we verder uit in Paragraaf A.3.3

Uit deze ijking van het model komt een adoptiegraad van 15% in 2030. Dit betekent dat van alle maatregelen met een TVT ≤ 10 jaar, in 2030 15% daadwerkelijk wordt genomen. Dit komt door verschillende gedragseffecten, zoals ook beschreven in Paragraaf 2.3.2.

De adoptiefactor is niet afhankelijk van de energieprijzen: als de energieprijzen stijgen, krijgen meer maatregelen een gunstige terugverdientijd, waardoor de totale implementatie van maatregelen wel stijgt. Daartegen is de adoptiefactor wel afhankelijk van het zichtjaar: hoe langer maatregelen rendabel zijn, hoe meer huishoudens een maatregel ook zullen overwegen, bijvoorbeeld op natuurlijke momenten. De adoptiefactor is een versimpeling van de werkelijkheid: deze neemt bijvoorbeeld niet mee of maatregelen een terugverdientijd van 1 jaar of 7 jaar hebben, als deze maar binnen de 10 jaar ligt. Het daadwerkelijke keuzegedrag van huishoudens is zeer complex om te modelleren.

3.2.5 Beleidsinput: aan wat voor knoppen draaien we?

We stellen de verschillende beleidspakketten samen uit de volgende parameters, dat zijn de 'knoppen waaraan we draaien in het model'. Deze bestaan uit normerend beleid en financieel beleid.

Normerend beleid

Bij de normeringsmaatregelen gaan we uit van 100% nalevingsgraad, gecombineerd met een ingroeipad dat rekening houdt met het jaarlijkse aantal mutaties (verhuizingen of vervanging cv-ketel). Het ingroeipad houdt rekening met een gemiddelde mutatiegraad van woningen van 1/9 per jaar zodat de ingrepen op een natuurlijk moment vallen. De normeringsmaatregelen voor isolatie starten in 2028; die voor verwarmingsinstallaties in 2029. Dit jaartal is ook van invloed als we resultaten voor zichtjaar 2035 of 2040 berekenen.

In onderstaande tabel tonen we het uitgangspunt van de aantallen die horen bij de verschillende normeringen. In de uitvoering van het beleidspakket treedt er wisselwerking op tussen de adoptie van maatregelen en de toekenning van een huishouden aan één van de ingrepen die bij de normering hoort waardoor deze getallen niet identiek zullen zijn bij de uitwerking van de verschillende beleidspakketten.

Tabel 13 – Uitgangspunten voor aantallen huishoudens passend bij de normeringsinstrumenten. Deze aantallen leiden in combinatie met andere ingrepen in de beleidspakketten tot andere, definitieve aantallen.

Normering	Startjaar	Aantal mutaties t/m 2030
Verwarmingsinstallaties	2029	239.824
Isolatie koopwoningen	2028	442.967
Energielabel huurwoningen	2029	18.306

Financieel beleid

De financiële beleidsmaatregelen zijn subsidies, belastingen en leningen. Deze worden allen doorerekend in de rentabiliteit (terugverdientijd) van verduurzamingsmaatregelen. Instrumenten die invloed hebben op de energieprijs, dragen in het model daarnaast ook bij aan gedragsverandering via de prijselasticiteit:

- Energiebelasting gas (verhoging).
- CO₂-beprijzing op gas; deze werkt hetzelfde als de energiebelasting op gas.
- Energiebelasting elektriciteit (verlaging).
- Subsidie (Lokale aanpak van het Nationaal Isolatieprogramma: NIP).
- Warmtefonds: 0% lening voor koopwoningen.

De specifieke beleidspakketten waar de verschillende maatregelen worden gecombineerd, beschrijven we in Paragraaf 4.2.

3.2.6 Type modelresultaten

Het rekenmodel berekent in eerste instantie het energieverbruik en daaruit de resulterende CO₂-emissie per jaar van de woningen in de gebouwde omgeving. Welke ingrepen de huishoudens onder invloed van de verschillende beleidspakketten hiervoor nemen, is ook een resultaat. Dit geeft inzicht in het type ingreep dat rendabel is en waarop het beleid invloed heeft. Vanuit het energiegebruik berekenen we verder nog de gemiddelde energiekosten per jaar.

Tot slot brengen we de indicatoren voor energiearmoede HEQ en LIHELEK in kaart. Ten eerste willen we het directe effect van beprijzing op betaalbaarheid geven. Daarvoor kiezen we HEQ omdat deze indicator gebruik maakt van de energielasten in relatie tot het inkomen. Ten tweede laten we het effect op de samengestelde indicator LIHELEK zien. Deze neemt zowel huishoudens mee met een hoger dan gemiddelde energierekening, als huishoudens met een slechte energetische kwaliteit (en dus mogelijk verborgen energiearmoede).

4 Effecten van beleidspakketten

Hoofdpunten uit dit hoofdstuk

In dit hoofdstuk laten we de berekende effecten van verschillende beleidspakketten zien, die elk zijn samengesteld zodat zij hetzelfde emissiedoel kunnen behalen van 9,70 MtCO₂/jaar in 2030. Veel emissiereductie is al rendabel, maar wordt niet behaald vanwege beperkt handelingsperspectief van huishoudens. Om dit doel met alleen een CO₂-prijs op aardgas te halen, is naar verwachting een prijs van 492 €/tonCO₂ (€ 0,86 per m³ excl. btw) nodig, een verhoging van de aardgasprijs van circa 69% in 2030. Met additioneel beleid, namelijk normering van verwarmingsinstallaties en isolatie, gerichte subsidies van het Nationaal Isolatieprogramma en een 0%-lening van het Warmtefonds, wordt de benodigde additionele beprijzing veel lager, evenals de effecten op de energierekening en energiearmoede.

4.1 Reikwijdte beprijzing

Als eerste bekijken we hoeveel CO₂-reductie in het referentiepado in 2030 al rendabel is voor huishoudens, hoeveel van deze rendabele verduurzamingsmaatregelen naar verwachting ook genomen wordt, en welke CO₂-prijs nodig zou zijn om hiermee het emissiedoel te halen.

CO₂-reductie bij 100% toepassing van rendabele maatregelen

Uit de modelberekening blijkt dat in het basispad in 2030 voor 186.000 woningen isolatiemaatregelen en voor 865.000 woningen een hybride warmtepomp rendabel is. Dit is bij de aangenomen grens van terugverdientijd onder 10 jaar. Als we aannemen dat huishoudens 100% van deze rendabele maatregelen nemen, leidt dit tot een restemissie van 10,39 MtCO₂/jaar in 2030; dit is onvoldoende om het restemissiedoel van 9,7 Mton te

halen. Indien we deze grens verlengen naar 15 jaar, worden er veel meer ingrepen rendabel en zouden de restemissie in 2030 naar 7,88 MtCO₂/jaar gaan. In Paragraaf 4.5.1 doen we ook een gevoeligheidsanalyse met een terugverdiëntijd-eis van 7 jaar.

CO₂-reductie bij 15% adoptie van rendabele maatregelen

Zoals we omschrijven in Paragraaf 2.3 spelen niet alleen rentabiliteitsafwegingen een rol bij de keuzes van huishoudens om wel of geen verduurzamingsmaatregelen te nemen. Om dit te modelleren, hebben we een gemiddelde adoptiegraad bepaald van rendabele maatregelen (met maximaal 10 jaar terugverdiëntijd), gebaseerd op de KEV'24. Deze adoptiegraad komt uit op 15% van de rendabele maatregelen die daadwerkelijk genomen wordt in 2030, zie ook Paragraaf 3.2.4. Zonder additioneel beleid wordt hiermee 11,50 Mt restemissies in 2030 bereikt, overeenkomend met de KEV.

Behalen emissiedoel met alleen CO₂-prijs

Als de prijs van aardgas wordt verhoogd met een CO₂-prijs, worden meer maatregelen rendabel en zullen dus meer verduurzamingsmaatregelen worden toegepast. Om het emissiedoel van 9,70 Mt/jaar in 2030 te behalen, zou een extra beprijzing van aardgas nodig zijn van 492 €/tonCO₂ (€ 0,86 per m³ excl. btw). Ter vergelijking: in 2025 is het CO₂-tarief¹⁰ binnen de ETS 87,90 €/ton. Dit bedrag zou een verhoging van de aardgasprijs zijn van circa 69% in 2030 (die is 1,25 €/m³ inclusief energiebelasting, bijmengverplichting, ETS2 en excl. btw). Omdat dit een forse verhoging zou betekenen voor huishoudens, verkennen we in de volgende paragrafen de effecten van (combinaties van) andere beleidsinstrumenten.

4.2 Toelichting beleidspakketten

Binnen dit onderzoek heeft het Ministerie van Financiën, met inbreng van andere ministeries, vier pakketten samengesteld van verschillende beleidsinstrumenten om te onderzoeken. De beleidspakketten bestaan uit een combinatie van veranderingen van aan de energiebelasting op aardgas en/of elektriciteit, financiële ondersteuning zoals subsidies en rentevrij lenen, normering (verplicht stellen) van bepaalde maatregelen en als sluitpost een CO₂-prijs op aardgas (ter aanvulling van de energiebelasting), zie Tabel 14.

¹⁰ [Tarieven CO2-heffing | Nederlandse Emissieautoriteit](#) (geraadpleegd op 15 april 2025)

Tabel 14 – Omschrijving van de beleidspakketten met daarin de verschillende beleidsinstrumenten

Pakketnaam	Energiebelasting: verandering, per m ³ cq. kWh.	Overige maatregelen	Normering	Overige beprijzing
A – Schuif EB	Gas: + € 0,0600 Elek: - € 0,0300	-	-	CO ₂ -prijs aardgas (sluitpost)
B – Normering verwarming	Gas: + € 0,0600 Elek: - € 0,0300	-	• Verwarmingsinstallaties	CO ₂ -prijs aardgas (sluitpost)
C – Normering isolatie	Gas: + € 0,0600 Elek: - € 0,0300	-	• Isolatie naar standaard voor koopwoningen • Uitsfaseren energielabel E,F,G Huurwoningen	CO ₂ -prijs aardgas (sluitpost)
D – Gecombineerd pakket	-	• Lokale aanpak Nationaal isolatieprogramma (NIP) • Warmtefonds (0% rente)	• Verwarmingsinstallaties. Isolatie naar standaard voor koopwoningen. • Uitsfaseren energielabel E, F, G Huurwoningen	CO ₂ -prijs aardgas (sluitpost)

In **Pakket A – Schuif EB** verkennen we een verhoging van de energiebelasting (EB) op aardgas, met tegelijk een verlaging op de EB op elektriciteit. Deze combinatie is een budgetneutrale ‘schuif’ waarbij een verhoging van 6 ct/m³ leidt tot een verlaging van 3 ct/kWh. Deze maatregel moedigt de overstap van aardgas naar elektriciteit als energiedrager aan. Omdat alle huishoudens elektriciteit gebruiken, is het daarmee ook een tegemoetkoming op de EB-gas. Er blijft nog een additionele CO₂-prijs nodig om het emissiedoel te behalen.

In **Pakket B – Normering verwarmingsinstallaties** wordt naast de schuif in de EB gekozen voor het normeren van verwarmingsinstallaties. (efficiënter dan een cv-ketel) Huishoudens worden verplicht om bij vervanging van de cv-ketel, dus op natuurlijke momenten, te kiezen voor een efficiënter verwarmingssysteem wanneer dit economisch rendabel is. Er gelden een uitzonderingen voor appartementen, monumenten en wijken waar een collectieve aanpak is voorzien. De combinatie van normering én beprijzen is noodzakelijk om uiteindelijk te zorgen voor een beperkte stijging van de energierekening bij huishoudens (zowel huiseigenaren als huurders).

In **Pakket C – Normering isolatie** bekijken we (naast de schuif in de EB) het effect van aanvullende normering op isoleren van woningen. Eigenaren van huurwoningen met een energielabel E, F of G moeten hun pand uiterlijk op 1 januari 2029 verduurzamen naar minimaal energielabel D. Dit kan zowel met isolatiestappen als met verduurzaming van

installaties; in deze doorrekening gaan wij enkel uit van isolatiestappen. Eigenaren van koopwoningen moeten volgens deze normering vanaf 2028 binnen 2 jaar na aankoop van een woning (dezelfde duur als veel bouwdepots) de woning isoleren naar minimaal de standaard voor woningisolatie, met uitzondering van woningen in VvE's. Voor woningen in VvE's moet worden gezien welke vorm van normering passend is.

Tot slot onderzoeken we in **Pakket D – Gecombineerd pakket** de effecten van beide normeringsinstrumenten, in combinatie met financiële ondersteuning. Het gaat dus om de normering van verwarmingsinstallaties, het uitfasen van huurwoningen met E, F of G energielabel en normering naar de isolatiestandaard bij transactiemomenten voor koopwoningen binnen twee jaar. De financiële ondersteuning bestaat uit renteloze leningen voor woningeigenaren met lagere inkomens via het Warmtefonds en subsidies van het Nationaal Isolatieprogramma (NIP). De EB-verschuiving zoals in de andere pakketten zit, is hier niet meegenomen en alleen de CO₂-beprijzing via de EB gas wordt als sluitpost gebruikt.

In Tabel 15 geven we de specifieke vormgeving van de beleidsinstrumenten en eventuele aannames die zijn gedaan om doorrekening in het model mogelijk te maken.

Tabel 15 – Vormgeving en modelkeuzes per beleidsinstrument

Instrument	Vormgeving en modelkeuzes
Normering verwarmingsinstallaties	- Geldt voor: Alle woningen met uitzondering van appartementen, monumenten¹¹ en wijken waar een collectieve aanpak is voorzien. - Zonder aanvullende isolatiemaatregel. - Normering geldt alleen met een terugverdientijd ≤ 10 jaar; met inbegrip van ISDE-subsidie is de TVT-eis ≤ 7 jaar. - Ingroei vanaf 2028 via "natuurlijke momenten": Dit leidt tot aanpak van circa 346.000 woningen t/m 2030 in pakket C en circa 213.000 in pakket E. - In het model passen we eerst deze normering toe en pas daarna de normeringen in de huur en koop (hieronder). We nemen hier uitsluitend hybride warmtepompen mee; door de voorwaarde voor terugverdientijd vallen de all-electric opties hier bijna altijd buiten.
Normering Isolatie Koopwoningen	- Geldt voor alle koopwoningen met uitzondering van VvE's. - Isolatie naar Voor- of Naoorlogse standaard afhankelijk van bouwjaar. - Ingroei vanaf 2028 via 'natuurlijke momenten': verduurzaming binnen 2 jaar na aankoop van een woning. Leidt tot aanpak t/m 2030 van circa 400.000 woningen in pakket D en circa 414.000 in pakket E.
Normering energielabel Huurwoningen	- Geldt voor huurwoningen met E, F en G-labels. - Woningen worden geïsoleerd tot minimaal MT-niveau (circa label D). - Ingroei vanaf 2029 via 'natuurlijke momenten' (zie ook 'isolatie koopwoningen'). Aanpak van circa 16.000 woningen t/m 2030 in zowel pakket D als E.
0% rente financiering via Warmtefonds	- Geldt voor koopwoningen. - Maximaal verzamelinkomen van circa € 60.000, hierbij hanteren wij een besteedbaar inkomen van € 39.750.

¹¹ In de doorrekening zijn monumenten niet apart uitgezonderd omdat hier geen data over beschikbaar is.

Instrument	Vormgeving en modelkeuzes
	- Maximum te lenen bedrag van € 28.000,- per huishouden. - Er is maximaal 1,05 miljard euro beschikbaar t/m 2030. (Dit resulteert in de berekening in ondersteuning van circa 227.000 huishoudens t/m 2030: het totale voordeel dat woningen hiermee opdoen over de looptijd van hun lening, telt op tot 910 miljoen euro, waarmee de cap niet wordt behaald).
Nationaal Isolatieprogramma (NIP)	2.000 euro subsidie op isolatie per huishouden. - Geldt voor koopwoningen (inclusief in een VvE) met labels D, E, F, G. - WOZ-waarde max. € 310.000. De vergelijking gaat met de bekende gegevens uit het jaar 2020 waarop WoON2021 is gebaseerd en dus de dan geldende NHG-grens. - Er is maximaal 1 miljard euro beschikbaar t/m 2030 (200 miljoen additioneel per jaar). Dit komt ten goede aan circa 258.000 huishoudens voor een totaalbedrag van 516 miljoen euro.

4.3 Resultaten beleidspakketten

4.3.1 Benodigde CO₂-prijs

Het uitgangspunt van alle beleidspakketten is dat hiermee het restemissiedoel van 9,7 Mton CO₂ in 2030 wordt behaald. Daarvoor is de benodigde CO₂-prijs de 'sluitpost'. In Tabel 16 geven we de restemissies van elk pakket zonder extra CO₂-prijs en het benodigde additionele beprijzingsniveau van aardgas om het emissiedoel te halen.

Tabel 16 –CO₂-restemissies zonder extra beprijzing en benodigde CO₂-prijs om restemissiedoel te halen.

Pakket	Restemissie 2030 zonder extra CO ₂ -prijs [Mt/jaar]	CO ₂ -prijs sluitpost [€/ton] excl. btw	CO ₂ -prijs sluitpost [€/m ³] excl. btw
A – Schuif EB	11,1	€ 448	€ 0,78
B – Normering verwarming	10,9	€ 172	€ 0,30
C – Normering isolatie	10,3	€ 170	€ 0,30
D – Gecombineerd pakket	10,1	€ 55	€ 0,10

Uit deze doorrekening blijkt dat een verschuiving van de EB van elektriciteit naar gas naar verwachting, maar tot een beperkte reductie in emissies leidt. Om het additionele gat van 1,4 Mton te dichten is een additionele CO₂-prijs van 448 €/ton (0,78 €/m³) nodig.

Alternatief instrument: Alleen verlagen van EB-elektriciteit?

Als variatie op Pakket A hebben we het effect doorgerekend van enkel een verlaging van de EB op elektriciteit. Hierbij verlagen we de EB op elektriciteit tot het minimum van de European Taks Directive van 1 euro per MWh ((Europese Commissie, 2025)), zonder verhoging van de EB van aardgas. Het verwachte effect hiervan is beperkt: emissiereductie van 0,042 MtCO₂/jaar ten opzichte van de 11,5 Mton in 2030. Dit komt doordat slechts in enkele gevallen een maatregel binnen de grens van 10 jaar terugverdientijd komt, waar dat zonder verlaging van de EB-elektriciteit niet zou zijn geweest.

Deze CO₂-prijs is vrij hoog: het zou een toename van de consumentenprijs van 63% betekenen, terwijl uit Paragraaf 4.1 blijkt dat voor veel huishoudens de benodigde maatregelen al wel rendabel zijn, maar om allerlei redenen nog niet genomen worden. Additioneel en ondersteunend beleid kan worden ingezet om mensen extra aan te zetten om te verduurzamen, terwijl dit voor de meeste huishoudens dus al rendabel is. In pakket B en C wordt met twee verschillende normeringsinstrumenten gestuurd op respectievelijk duurzame verwarming en isolatie op natuurlijke momenten. Hier is in beide gevallen nog een additionele CO₂-prijs van circa 170 €/ton (0,30 €/m³) nodig. Als de normering wordt aangevuld met financiële ondersteuning, is de resterende benodigde CO₂-prijs maar 55 €/ton (0,10 €/m³).

Alternatief instrument: Beprijzen van nieuwe cv-ketels?

Pakket B bevat een normering op verwarmingsinstallaties, die huishoudens bij vervanging van de cv-ketel verplicht om een efficiënter verwarmingssysteem – zoals een hybride warmtepomp – te installeren. In plaats van een verplichting zou dit ook gestimuleerd kunnen worden via een toeslag of boete op het installeren van nieuwe cv-ketels. In plaats van een beprijzing van het gebruik van aardgas is dit een soort beprijzing van een fossiel verwarmingssysteem. Het verschil tussen een alleenstaande hr-ketel en een hybride systeem met ketel en warmtepomp is nu 4.000 tot 5.000 euro.

De vormgeving van zo'n toeslag zou verder moeten worden uitgewerkt: 'geldt deze alleen voor situaties waarin een bestaand aardgasgestookt cv-systeem integraal wordt vervangen, of ook voor de hr-ketel die bij een hybride warmtepompsysteem hoort?' Zo'n instrument perkt de keuzevrijheid van de consument minder in dan een normering, terwijl deze toch een sterk ontmoedigend signaal

geeft. Aardgas wordt op deze manier geprijsd op het moment dat woningeigenaren voor een keuze staan, in plaats van 'passief' gedurende het gebruik.

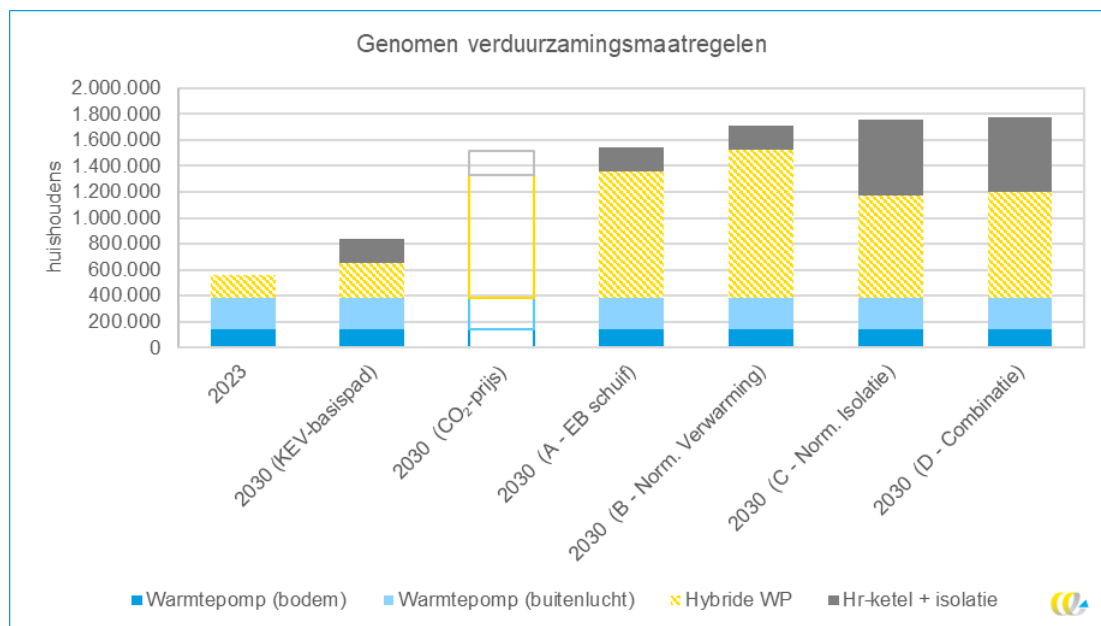
Een simpel rekenvoorbeeld waarbij uitgaan van een gemiddeld aardgasverbruik van 1.000 m³ per jaar, en een keteltoeslag van 2.500 euro en een levensduur van 10 jaar geeft inzicht in een mogelijke ordegrrootte van deze toeslag. Omgerekend in termen van aardgasgebruik staat zo'n toeslag gelijk aan ongeveer 25 cent per m³. Als we juist omrekenen vanuit de berekende CO₂-beprijzing uit Paragraaf 4.1 (0,86 euro per m³), zou dat omgerekend een keteltoeslag van 8.600 euro per huishouden betekenen. Dat is in vergelijking tot de nieuwprijs van een hr-ketel voor een gemiddeld huishouden een factor 3 tot 4.

4.3.2 Effect op verduurzaming woningen

De verschillende beleidspakketten zetten huishoudens aan om energie te besparen en verduurzamingsmaatregelen te nemen. De aantallen en verhouding van de verschillende maatregelen bij de verschillende beleidspakketten tonen we in Figuur 8. De woningen met een aansluiting op een warmtenet nemen we niet mee in deze figuur, omdat we dit niet hebben gemodelleerd als individuele keuze van woningeigenaren.

De verschillende beleidspakketten waarbij normering een rol speelt (Pakketten C, D en E) laten een hoger aantal genomen maatregelen zien dan de pakketten die alleen met beprijzing werken (Pakket A), waar energiebesparend gedrag (prijselasticiteit) een relatief grotere rol speelt. Hier is voornamelijk het effect van de relatief lage adoptiegraad van 15% terug te zien: maatregelen kunnen rendabel zijn, maar worden slechts in een deel van de gevallen toegepast door gebrek aan handelingsperspectief en andere belemmeringen. Bij normering zijn we wel uitgegaan van volledige nalevingsgraad, weliswaar via een beperkt ingroeipad naar 2030.

Figuur 8 – Implementatie verduurzamingsmaatregelen in aantallen in de verschillende beleidspakketten



De toepassing van all electric-warmtepompen (zowel bodem als buitenlucht) komt in geen van de pakketten in relevante mate uit de modelberekening. De hoge prijs voor dit type warmtepomp én isolatie naar de standaard¹² maakt dat deze maatregel het bijna altijd aflegt tegen de hybride optie, waarvoor geen extra isolatie benodigd is. Als de all electric-ingrepen wel rendabel zijn (bijvoorbeeld in reeds goed geïsoleerde woningen), gaan we in de doorrekening uitsluitend uit van de maatregelen met de laagste terugverdientijd, wat meestal een hybride warmtepomp is.

Isolatie als losstaande maatregel komt om dezelfde reden nauwelijks uit de doorrekening: de kosten voor een volledig isolatiepakket wegen in dit model in de meeste gevallen niet op tegen de baten. Alleen bij de pakketten C en D waar isolatie via normering verplicht gesteld wordt, levert dit significante toepassing op. In pakket D is de keuze voor isolatie zelfs voordeliger dan de hybride warmtepomp in veel gevallen, omdat deze door extra financieringsopties aantrekkelijker gemaakt is.

4.3.3 Effect op gemiddelde energierekening

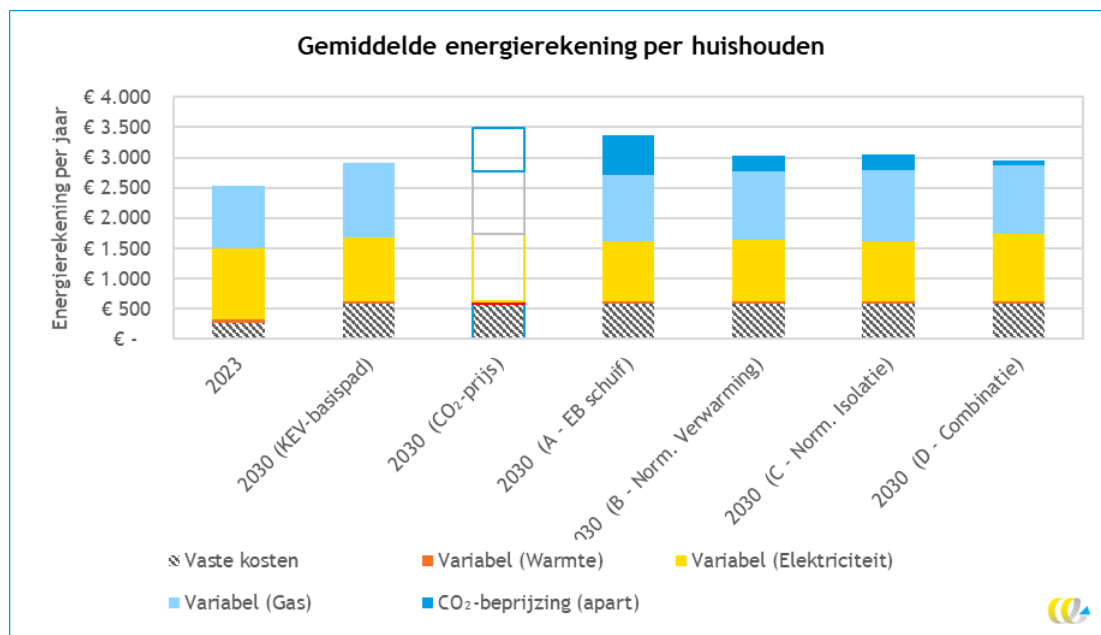
De beleidspakketten hebben meerdere effecten op de energierekening: Door energiebesparing en verduurzamingsmaatregelen wordt er minder energie gebruikt. Anderzijds wordt de prijs van aardgas hoger en die van elektriciteit (in de meeste pakketten) lager.

Figuur 9 toont de gemiddelde energierekening van alle woningen in Nederland, waarin woningen met alle verschillende energietechnieken zijn samengebracht. In Paragraaf 4.4

¹² Bij een all electric-warmtepomp gaan we ervan uit dat de woning naar de naoorlogse standaard geïsoleerd moet worden om de woning voldoende warm te kunnen krijgen.

specificeren we enkele voorbeeldhuishoudens om relevante verschillen te belichten. De CO₂-beprijzing die in elk beleidspakket als sluitpost is gehanteerd, is los weergegeven.

Figuur 9 – De gemiddelde energierekening per woning per jaar. De ‘lege’ kolom betreft de situatie bij puur het beprijsen van CO₂ hier weergegeven ter vergelijking. De vermindering energiebelasting is verwerkt in de categorie ‘vaste kosten’.

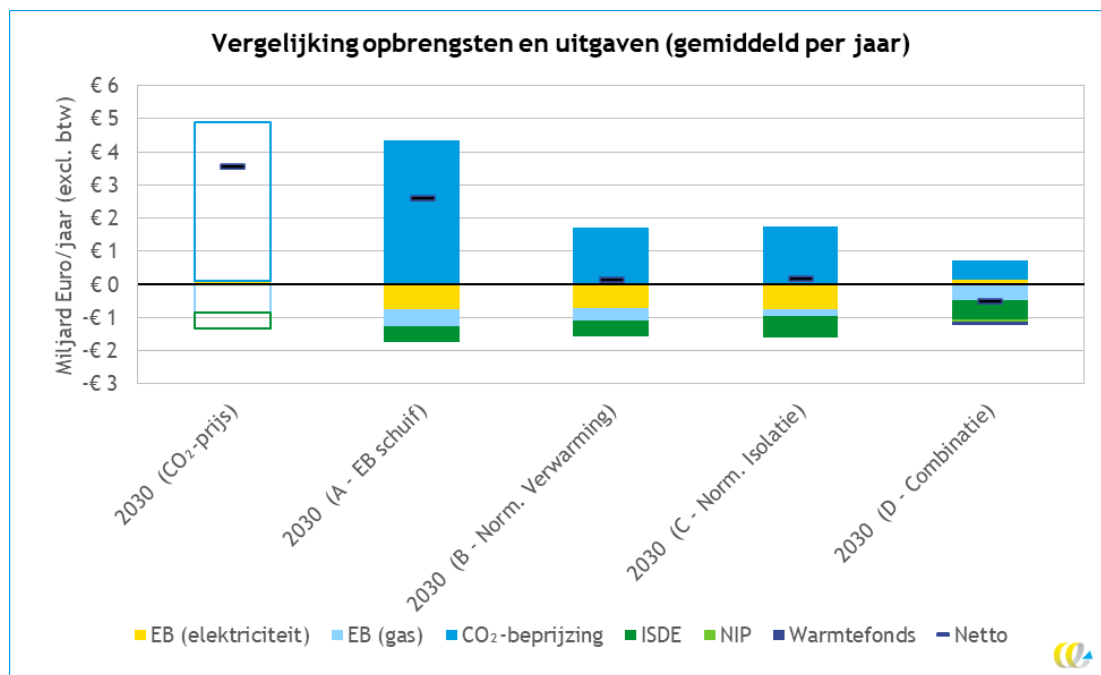


Exclusief de extra CO₂-beprijzing in de beleidspakketten verandert de energierekening in het zichtjaar 2030 niet sterk. Dit is voor een belangrijk deel een reflectie van de beperkte hoeveelheid maatregelen die bij de beleidspakketten gekozen worden, zoals we in Paragraaf 4.3.1 zagen. De CO₂-beprijzing is het hoogst in Pakket A en daar heeft deze ook het grootste effect op de gemiddelde energierekening. Voor de beleidspakketten met normeringsinstrumenten (pakketten B, C en D) is het effect hiervan het kleinst.

4.3.4 Effect op overheidsinkomsten en -uitgaven

De verschillende financiële beleidsinstrumenten zorgen voor inkomsten en uitgaven voor de Rijksoverheid. Voor de verschillende beleidspakketten hebben we deze effecten op een rij gezet waarbij het verschil van de energiebelasting met het basispad 2030 is getoond

Figuur 10 – Jaarlijkse opbrengsten en uitgaven voor de Rijksoverheid voor de verschillende beleidspakketten ten opzichte van het basispad in 2030. De verschillende uitgaveposten (ISDE-subsidie, NIP en Warmtefonds) zijn teruggebracht naar een waarde verdeeld over de 8 jaren tussen 2023 en 2030 om met de andere bedragen te kunnen vergelijken. De 'lege' kolom betreft de situatie bij puur het beprijsen van CO₂ hier weergegeven ter vergelijking.



De netto-inkomsten voor de Rijksoverheid zijn het hoogst in Pakket A. Hoewel er minder inkomsten zijn uit de EB-elektriciteit en gas (door besparing) en extra uitgaven voor ISDE-subsidies, wegen deze niet op tegen de extra inkomsten uit CO₂-beprijzing van ruim 4 miljard €. In Pakket B, C en D leidt de normering van verwarmingsinstallaties en isolatie ook tot aanvullende uitgaven in de vorm van ISDE-subsidie, waarbij we uitgaan van de huidige hoogtes. In pakket D komt daar nog de 1.000 miljoen euro bij van het Nationaal Isolatie Programma (NIP)¹³. De totale subsidiebedragen tot 2030 zijn uitgesmeerd over de zichtperiode om ze in deze grafiek te kunnen vergelijken met de jaarlijkse verandering van de EB.

Mogelijkheden voor, terugsluis van inkomsten CO₂-heffing

Er kan ervoor gekozen worden om (een deel van) de extra overheidsinkomsten terug te laten vloeien naar huishoudens. Met een dergelijke maatregel worden huishoudens in de kwetsbare posities zoals huurders, eventueel met een laag inkomen, niet onevenredig zwaar belast ten opzichte van huishoudens met meer perspectief om verduurzaming toe te passen. Een terugsluis zou kunnen via verschillende routes, van een extra vermindering van de energiebelasting (dat wel weer mogelijk effect heeft op de financiële prikkel die

¹³ Gebaseerd op een bedrag van 200 mln. € per jaar in de periode 2026 t/m 2030.

uitgaat van de energierekening) tot een (huur)toeslag of aanpassing van de inkomstenbelasting.

Als we van het uiterste geval van de onderzochte beleidspakketten uitgaan, pakket A, gaat het om bruto ongeveer 4,5 miljard €/jaar inkomsten uit de CO₂-beprijzing. Verdeeld over het aantal huurders (3,1 miljoen), zou dat gaan om ongeveer € 1.397,- per jaar. Als het gaat om huurders met een laag inkomen (ongeveer 537.000), dan zou dat neerkomen op een bedrag van ruim € 8.091,- per jaar per huishouden.

Bij het gemengde beleidspakket D, met een lagere CO₂-prijs van € 55 per ton (cq. 0,15 €/m³), gaat het om 0,58 miljard euro inkomsten van de CO₂-beprijzing. Verdeeld naar huurders of huurders met een laag inkomen, komt dit neer op € 275,- tot € 1.075,- die per huishouden per jaar verdeeld zou kunnen worden.

Een dergelijke terugvloeiing kan naast lastenverlichting ook bijdragen aan draagvlak voor de energietransitie onder deze groep en in de samenleving als geheel. Voor dit onderzoek hebben we niet in detail uitgezocht op welke manier dit fiscaal gerealiseerd zou kunnen worden en wat eventuele neveneffecten zijn. Deze getallen moeten vooral als hoog-over indicatie gelezen worden.

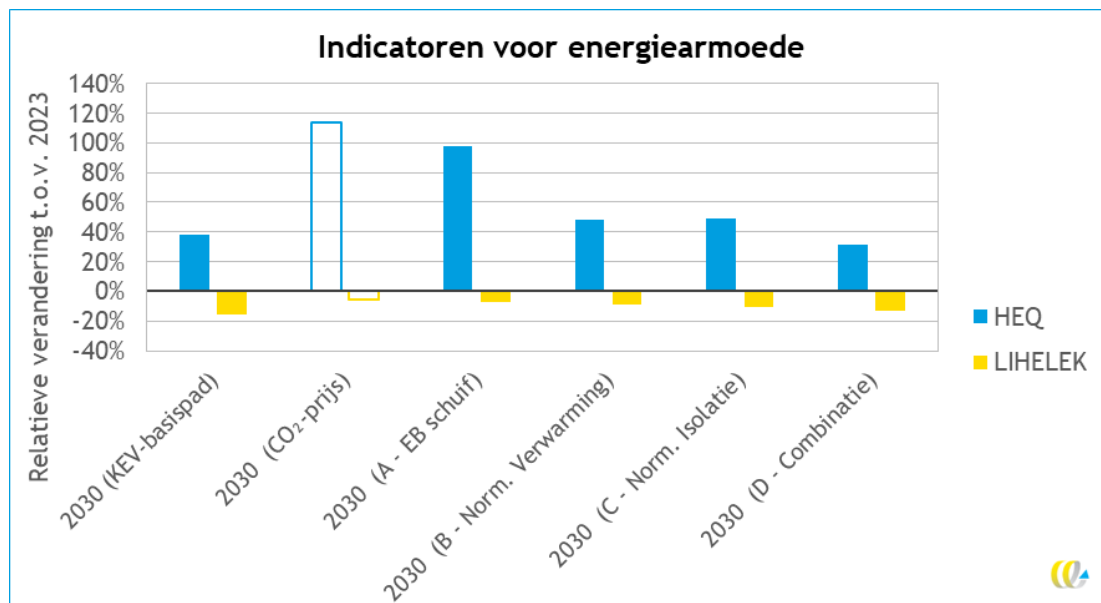
4.3.5 Effect op energiearmoede

We bekijken het effect van de beleidspakketten op twee indicatoren voor energiearmoede: de indicator hoge energiequote (HEQ) en de gecombineerde indicator LIHELEK. Deze geeft aan hoeveel huishoudens een laag inkomen hebben, in combinatie met een woning met lage energetische kwaliteit weergeeft en/of een hoge energierekening. Deze indicatoren zijn nader beschreven in Paragraaf 2.4. In deze beleidspakketten is geen compensatie of terugsluis van overheidsopbrengsten meegenomen.

Voor de berekening doen we een aantal aannames en versimpelingen die nodig zijn om met de WoON-data te werken. Er per huishouden in WoON een bruto-inkomen bekend, hieruit berekenen we een indicatie van het besteedbaar inkomen. Dit inkomen is voor dit onderzoek statisch verondersteld. Lage energetische kwaliteit definiëren we in onze studie als een woning met een D-, E-, F- of G-label.

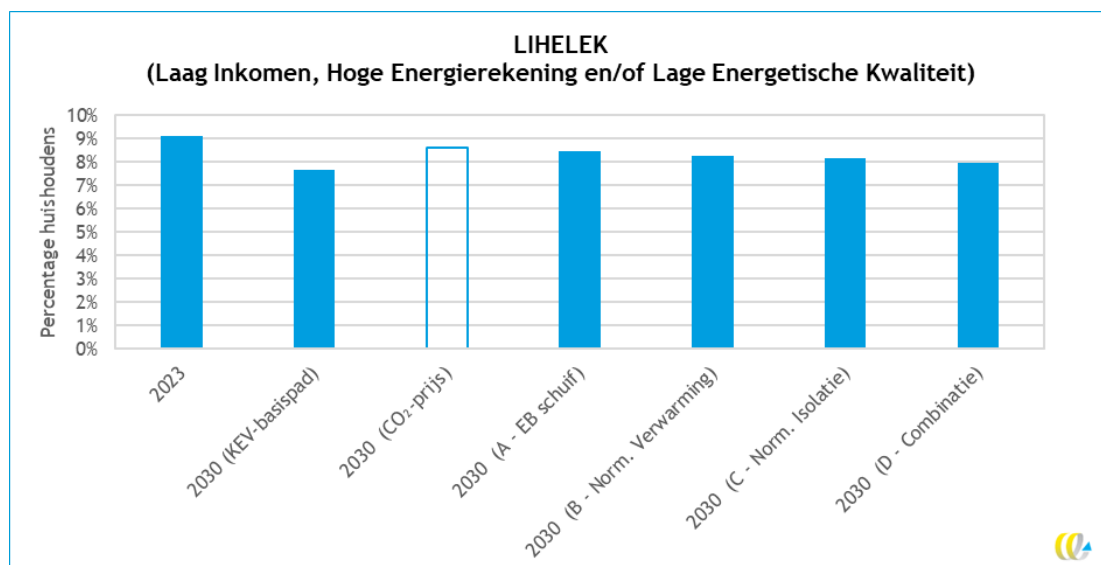
In Figuur 11 is het relatieve verschil met de situatie in het startjaar 2023 van de indicatoren weergegeven, in procenten verandering. Het valt op, maar is geen verrassing, dat de pakketten met een hogere CO₂-beprijzing ook hoger scoren in termen van toename van de indicator Hoge Energiequote (HEQ). Pakket A laat een verdubbeling zien van het aantal huishoudens dat meer dan 10% van hun besteedbaar inkomen aan de energierekening uitgeeft.

Figuur 11 – Relatief effect van de beleidspakketten op de verschillende hier gehanteerde indicatoren voor energie-armoede, ten opzichte van 2023



Het effect op de gecombineerde indicator LIHELEK is minder groot. Hier zien we in alle pakketten een afname ten opzichte van 2023. Dit komt vooral door een toename in isolatie. Dit komt al voor in het KEV-basispad, waar uitfasering van EFG-labels in de sociale huursector als is meegenomen. Ten opzichte van het basispad neemt deze indicator voor energiearmoede iets toe in de beleidspakketten door invoering van de CO₂-beprijzing, dit effect is het minst bij de pakketten met normering van isolatie.

Figuur 12 – Percentage huishoudens die voldoen aan de indicator LIHELEK voor de verschillende beleidspakketten



Verklaringen voor verschil TNO (CBS-microdata) en nuanceringen

We hebben gekozen voor relatieve weergave van de energie-armoede effecten omdat onze brondata en modelaanpak afwijkt van de brondata van TNO, die CBS-microdata werkt. In onze berekening komt de huidige status van de indicator HEQ, dus het percentage huishoudens met een energiequote > 10%, uit op 18,8% en het percentage huishoudens met LIHELEK is 9,1%.

CBS hanteert microdata¹⁴ die het daadwerkelijke gas- en elektriciteitsverbruik van individuele huishoudens bevatten. Onze modelberekening hanteert berekende energie-verbruiken, die mogelijk hoger zijn. Daarnaast bevat het TNO-model (monitor energie-armoede 2019-2022) aannames die de tijdelijke beleidsmaatregelen tegen energie-armoede uit 2022 weerspiegelen zoals de verlaging van btw op energie van 21% naar 9%, de verlaagde energiebelasting en de eenmalige energietoeslag van € 1.300 voor huishoudens met een laag inkomen uit 2023, de compensatie voor woningen met blokverwarming en het prijsplafond. Deze zaken hebben wij niet in het model verwerkt. Ook zonderen TNO en CBS bepaalde groepen, zoals studenten, uit; deze operatie is niet mogelijk met de WoON-data.

De werkelijke effecten energiearmoede op het niveau van individueel huishouden en het effect op de mensen die ermee te maken hebben is in werkelijkheid veel genuanceerder. Deze werkelijkheid is moeilijk in een model te vatten, de resultaten hier zijn vooral om context te geven aan de verschillende beleidspakketten.

4.3.6 Doorkijk 2035 en 2040

We hebben in dit onderzoek vooral naar 2030 gekeken met als emissiedoel de 9,70 MtCO₂/jaar die gebaseerd is op het basispad van de KEV'24. Hier doen we een inschatting van de effecten van deze beleidspakketten in 2035 en 2040.

Zonder dat we de beleidspakketten aanpassen, verwachten we een aantal effecten in deze zichtjaren:

- We verwachten een toename van de adoptiegraad doordat verduurzaming steeds toegankelijker wordt. Enerzijds kan verwacht worden dat door de combinatie van bekendheid, mogelijkheid en urgentie de adoptiegraad sterker toeneemt. Anderzijds is het ook zo dat de eenvoudigste renovaties en ingrepen eerst zullen worden gedaan en dat er een bepaalde mate van verzadiging optreedt. Om dit te modelleren zonder heel precies te weten hoe de balans in de komende jaren zal liggen, laten we de adoptiegraad tussen 2030, 2035 en 2040 met vaste stappen toenemen van 15 procentpunt.

¹⁴ www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2024/methodedocument-monitor-energiearmoede-2019-2022/4-operationalisering

- De natuurlijke momenten waarop we de ingroei van de normeringspakketten hebben gebaseerd, leiden ook tot een hogere toekenning aan huishoudens via deze instrumenten. Zie Tabel 21 in Paragraaf A.3.3 voor de gehanteerde percentages.
- De bedragen waarop de beschikbaarheid van de NIP en de 0% lening via het Warmtefonds zijn gebaseerd, laten we in deze verkenning doorlopen, zodat we in 2035 en 2040 voor deze twee instrumenten steeds 1 miljard euro extra per 5 jaar toevoegen aan het maximale bedrag.

Richting 2040, 2050 zal de hybride warmtepomp als optie steeds meer worden ingehaald door all electric-technieken. De hybride warmtepomp is in die zin een overgangs-technologie. Het is tevens de verwachting dat door ervaring, technologische vooruitgang en volume de investeringskosten van een all electric-warmtepomp nog zullen dalen waardoor deze optie aantrekkelijker wordt. Er is naar verwachting nog wel stimulerend en normerend beleid nodig om de transitie naar CO₂-neutrale verwarming volledig te maken. Daarnaast speelt dat vooral na 2030 de collectieve opties, met name (zeer) lage temperatuur (ZLT) warmtenetten een belangrijke rol gaan spelen. Deze ontwikkeling is in onze studie niet meegenomen omdat die niet primair gedreven is door economische beslisfactoren voor huishoudens of gebouweigenaren.

Voor verschillende zichtjaren levert dit de volgende aantallen woningen op, zie Tabel 17. De aantallen zijn weergegeven voor pakket D waarin alle beleidsinstrumenten samen voorkomen¹⁵.

Tabel 17 – Verandering in de verschillende zichtjaren

	2030	2035	2040
Adoptiegraad (%)	15%	30%	45%
Normering cv installatie (in pakket D)	0,213 miljoen	0,463 miljoen	0,490 miljoen
Normering isolatie koopwoningen (in pakket D)	0,415 miljoen	1,648 miljoen	2,168 miljoen
Normering isolatie huurwoningen (in pakket D)	0,016 miljoen	0,061 miljoen	0,068 miljoen
Aantal huishoudens via NIP	0,258 miljoen	0,460 miljoen	0,494 miljoen
Aantal huishoudens met 0% lening Warmtefonds	0,227 miljoen	0,469 miljoen	0,634 miljoen

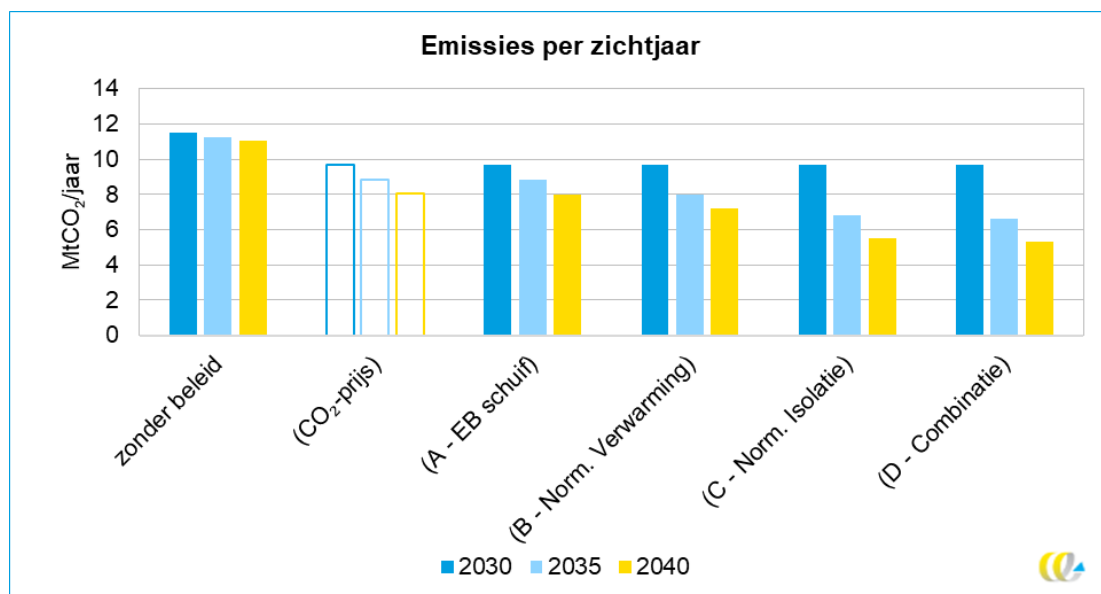
Deze verkenning kan hiermee worden gezien als een gevoeligheidsanalyse voor de resultaten bij toename van adoptie van de maatregelen (rendabel of genormeerd) in het algemeen bij de huidige populatie woningen. Andere (beleids)ontwikkelingen, demografie of inkomensontwikkeling zijn niet aanvullend gemodelleerd. Hierbij houden we de

¹⁵ Enige afvlakking in de ontwikkeling van huishoudens die onder normering vallen is te verklaren, doordat huishoudens eerst via eigen adoptie overgaan tot maatregelen, en daarna de controle voor voldoen aan de voorwaarden voor normering plaatsheeft.

vormgeving van de beleidspakketten bestaande uit de energiebelasting verschuiving en de eventueel bepaalde extra CO₂-prijs in stand.

Met deze combinatie van aannames hebben we voor de verschillende zichtjaren de resulterende emissies berekend, zie Figuur 13. De KEV'24 geeft geen emissiedoelen voor de jaren 2035 en 2040.

Figuur 13 – Verkenning van de emissies in verschillende zichtjaren voor de beleidspakketten



Uit deze figuur wordt vooral duidelijk dat het effect van normering naar verwachting sterker doorwerkt in opeenvolgende zichtjaren dan van beprijzing. Jaarlijks vallen steeds meer huishoudens onder de normering omdat zij hun cv-ketel vervangen of verhuizen (koop of huur), terwijl in deze aannames niet veel meer maatregelen rendabel worden, omdat de energieprijzen nauwelijks verder toenemen.

4.4 Impact op voorbeeldhuishoudens

Naast de doorrekening voor de gehele Nederlandse woningvoorraad, hebben we ook voor enkele specifieke voorbeeldhuishoudens naar de effecten van de beleidspakketten gekeken. Hier zijn de belangrijkste punten die we hieruit hebben kunnen ophalen:

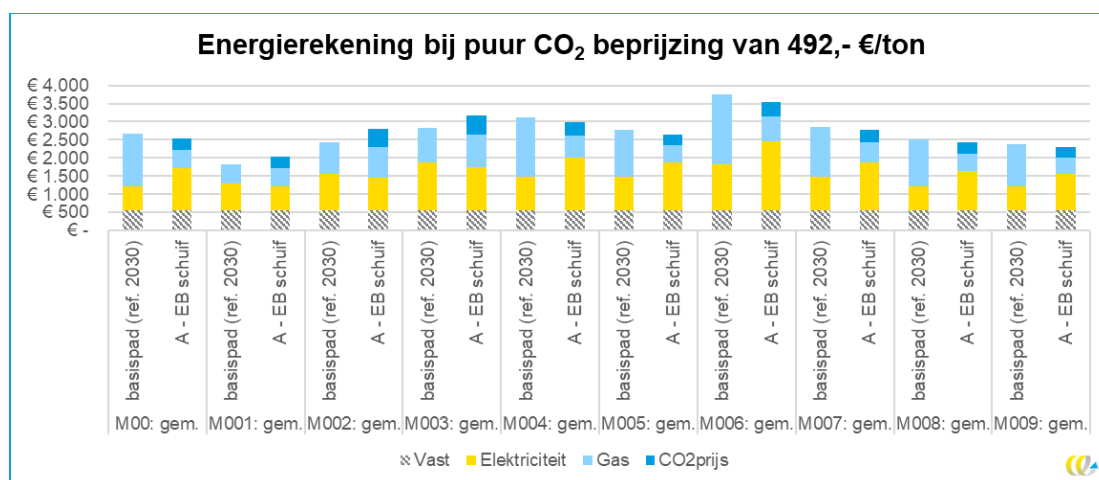
- Handelingsperspectief huurders: als verhuurder geen maatregelen neemt, dan zit je vast aan de eerste kolom (hoge energieprijzen). Normering zorgt ervoor dat er wel verduurzaming plaatsvindt.
- Hoge prijsprikkels en/of hoog verbruik leiden bij huishoudens die kunnen, ook tot verduurzaming.
- Het nemen van maatregelen beperkt de energiekostenstijging die het gevolg is van de aanvullende CO₂-beprijzing.

4.4.1 Energierekening en terugverdientijd

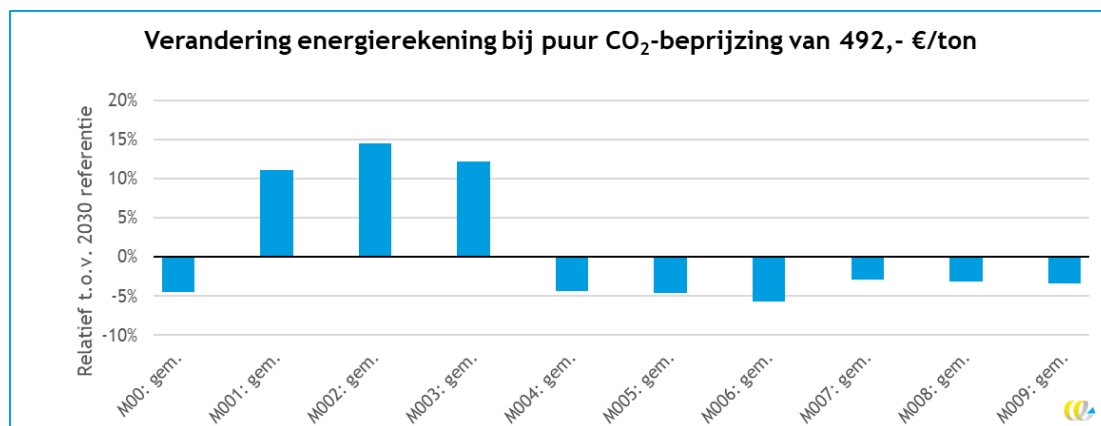
De casus die we hier bekijken is het effect van een CO₂-prijs van 492 €/ton bovenop de bestaande beprijzing, zonder additioneel beleid zoals een 'terugsluis' van belasting-inkomsten, normering of gerichte ondersteuning. Deze CO₂-prijs levert voor sommige van de voorbeeldhuishoudens voldoende prikkel om een verduurzamingsmaatregel te nemen.

In Figuur 14 is te zien dat de energierekening, inclusief de extra CO₂-beprijzing voor verschillende huishoudens anders uitpakt. In Figuur 15 is de relatieve toename ten opzichte van het basispad te zien. Hier is al duidelijker een patroon te zien: de meeste huishoudens hebben een beperkte netto daling in de energierekening tot 5%, terwijl andere huishoudens een stijging van 10-15% meemaken. De huishoudens met de daling hebben allen verduurzamingsmaatregelen genomen, die met de stijging niet.

Figuur 14 – Energierekening in 2030 voor de tien verschillende voorbeeldhuishoudens, steeds het KEV-basispad en het effect van puur CO₂-beprijzing

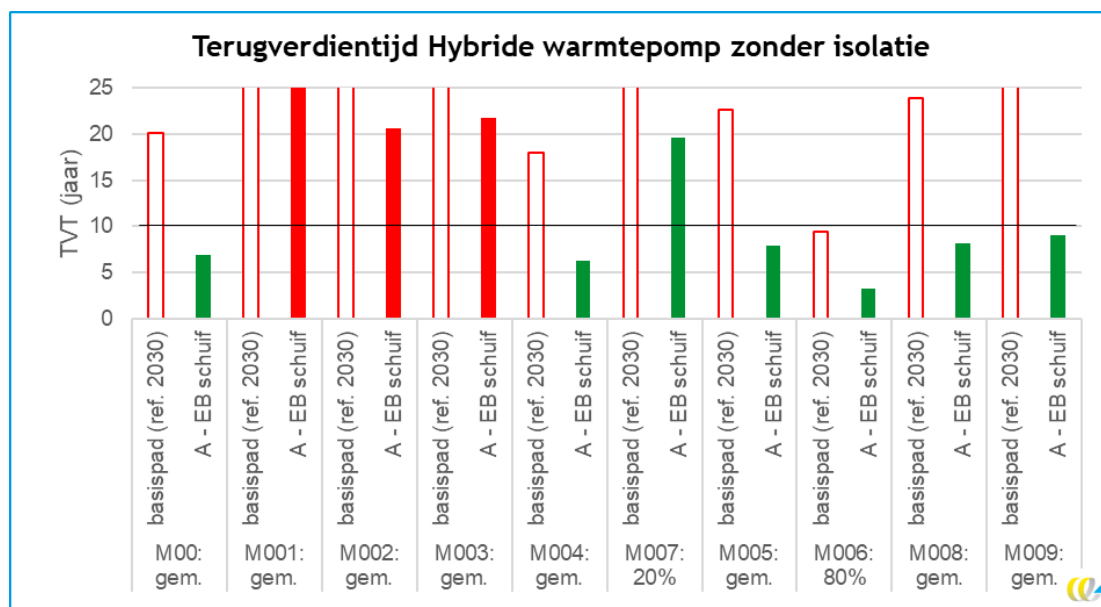


Figuur 15 – Relatieve verandering van de energierekening met CO₂-beprijzing versus het basispad



Figuur 16 geeft de terugverdientijd van de hybride warmtepomp. Als we deze figuur vergelijken met Figuur 15, herkennen we de drie woningen die met de hoge relatieve stijging van hun energierekening als de drie woningen voor wie een verduurzamings-ingreep niet rendabel is.

Figuur 16 – Vergelijking van de terugverdientijd voor de maatregel “Hybride warmtepomp zonder aanvullende isolatie”. De kleur van de staafjes geeft aan of de maatregel voldoende rendabel is (groen) of niet (rood). In het basispad (wit gevulde staafjes) is deze maatregel nergens rendabel. De verticale as is op 25 jaar vastgezet.



De boodschappen die we hieruit kunnen halen, zijn:

- Zonder verduurzamingsmaatregel wordt de energierekening hoger door beprijzing. CO₂-beprijzing stimuleert dan dus het nemen van een maatregel.

- Huishoudens die niet zelfstandig kunnen verduurzamen (bijvoorbeeld huurders) worden door additionele beprijzing geconfronteerd met een verhoging van de energierekening. Om dit te ondervangen is naast CO₂-beprijzing dus ook ander instrumentarium van belang, zoals gerichtere financiële instrumenten of normering.
- Ook al is de hybride warmtepomp voor sommige huishoudens nog niet rendabel, de terugverdientijd van deze specifieke maatregel neemt wel zeer sterk af met behulp van de hoge beprijzing van CO₂.

4.4.2 Prijsprikkels werken verschillend voor elk type verbruik

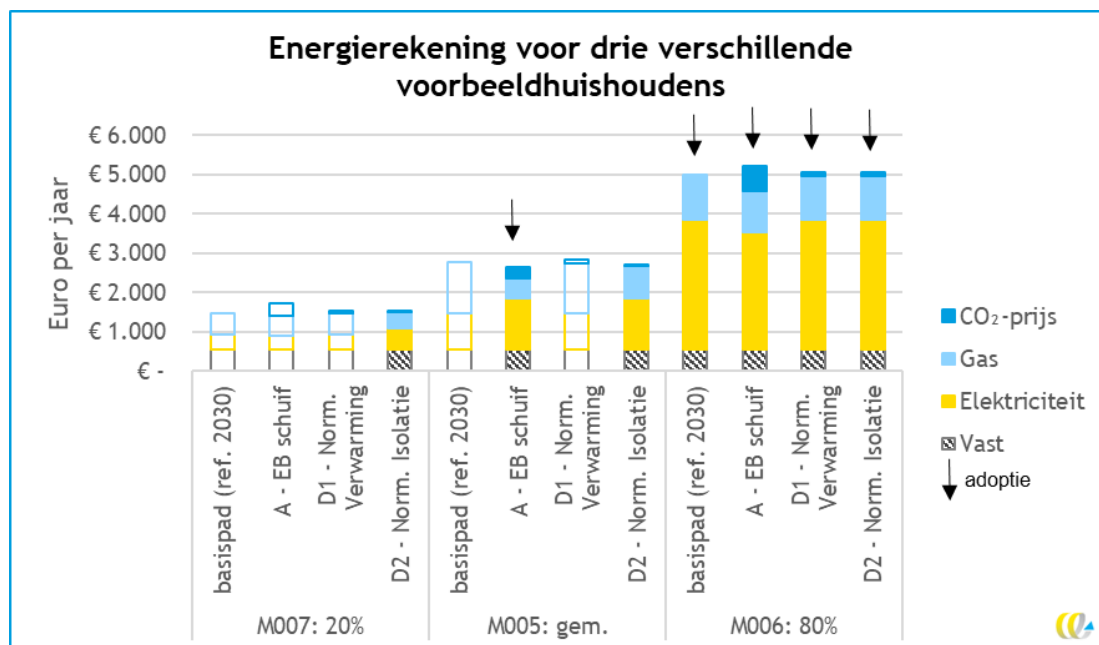
Hier bekijken we het verschil tussen huishoudens met laag, gemiddeld en hoog energieverbruik bij drie beleidspakketten: een puur op beprijzing gebaseerd beleidspakket (pakket A: EB-verschuiving en CO₂-prijs), en pakket D dat sterk leunt op normering: uitgesplitst voor deze analyse in 'Pakket D1' en 'Pakket D2' respectievelijk. Pakket D1 is het aparte effect van de normering verwarmingsinstallaties en Pakket D2 is het aparte effect van normering op isolatie naar de isolatiestandaard als uiterste voorbeeld. We gaan ervan uit dat de voorbeeldhuishoudens aan de normering voldoen als zij hiervoor in aanmerking komen.

We nemen van de voorbeeldhuishoudens drie uitersten als voorbeeld, van laag naar hoog energieverbruik:

- M007: 'Nieuwbouw Appartement', 20% verbruikspercentiel.
- M005: 'Eengezinswoning jaren '70': gemiddeld verbruik.
- M006: 'Vooroorlogse rijwoning tussen': 80% verbruikspercentiel.

Voor deze combinaties tonen we in Figuur 17 de energierekening. Deze grafieken laten de resterende energierekening onder de verschillende beleidspakketten zien, ná de energiebesparing door gedrag en de beslissing of een huishouden verduurzamingsmaatregelen neemt (zelfstandig op basis van terugverdientijd ofwel vanwege normering). De gevulde staafjes geven aan wanneer een verduurzamingsmaatregel is toegepast; de pijlen geven aan wanneer dit is, doordat de maatregel rendabel is (versus door normering). De genomen maatregel is in dit voorbeeld steeds 'hybride warmtepomp zonder extra isolatie'.

Figuur 17 – Vergelijking van het energieverbruik van verschillende voorbeeldhuishoudens (van weinig naar veel energieverbruik) bij verschillende type beleidspakketten. Bij de lege staafjes is er geen maatregel toegepast, bij de gevulde staafjes wel. De pijlen geven aan in welke gevallen een verduurzamingsmaatregel is toegepast doordat deze rendabel is (versus door normering).

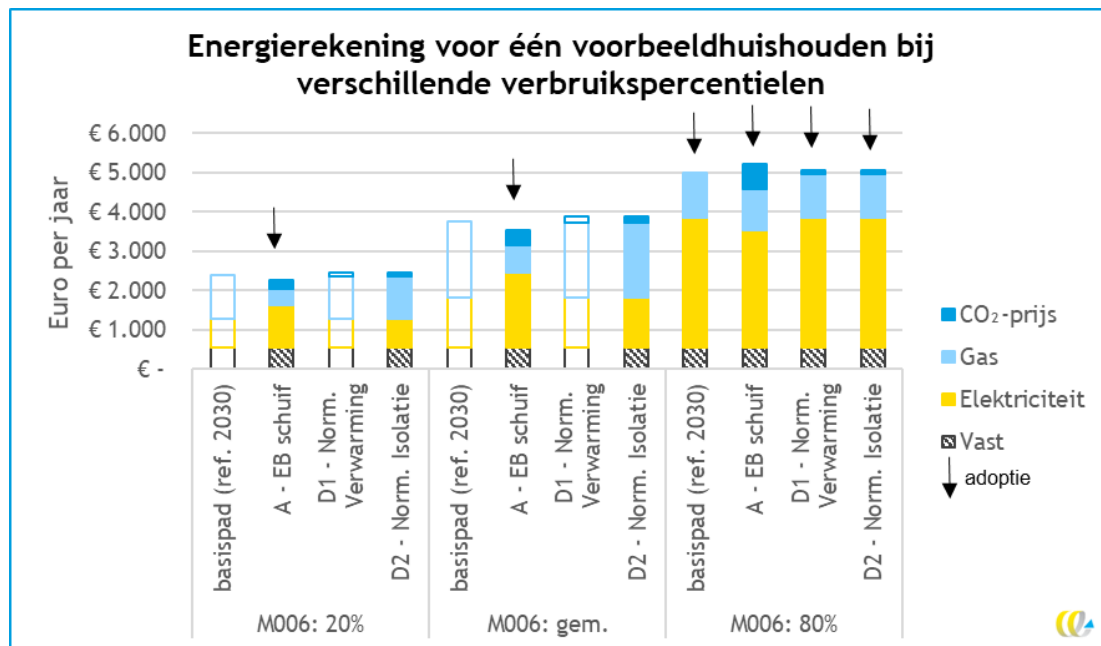


We zien in Figuur 17 dat het toepassen van een maatregel (hier hybride warmtepomp zonder extra isolatie) meer wordt toegepast naarmate het verbruik hoger is. Het voorbeeldhuishouden met het hoogste verbruik, M006 (de 80% verbruikspercentiel), kiest in het basispad al voor hybride en ook bij pakket D2 'normering isolatie' kiest hij voor hybride warmtepomp (eigen adoptie). De andere twee huishoudens met lagere verbruiksprofielen kiezen niet voor de hybride warmtepomp. Huishoudens M005 en M007 zelfs niet na normering bij pakket D1, in verband met de gestelde terugverdiengrens voor hybride warmtepompen binnen de normering. De toename in het elektriciteitsverbruik M007 en M005 bij D2 (isolatie) komt door ventilatie in het isolatiepakket en niet door elektrificatie van de warmtebron.

Ook als we voor één voorbeeldhuishouden de verschillende verbruikspercentielen bekijken, zoals in Figuur 18, zien we het effect van een hoog verbruik terug in verschillende genomen maatregelen. De 20% percentiel en gemiddelde verbruiksprofielen tonen alleen overstap naar hybride warmtepomp onder Pakket A met hoge CO₂-prijs, terwijl voor het hoge verbruiksprofiel (80%) de keuze altijd op deze ingreep uitkomt.

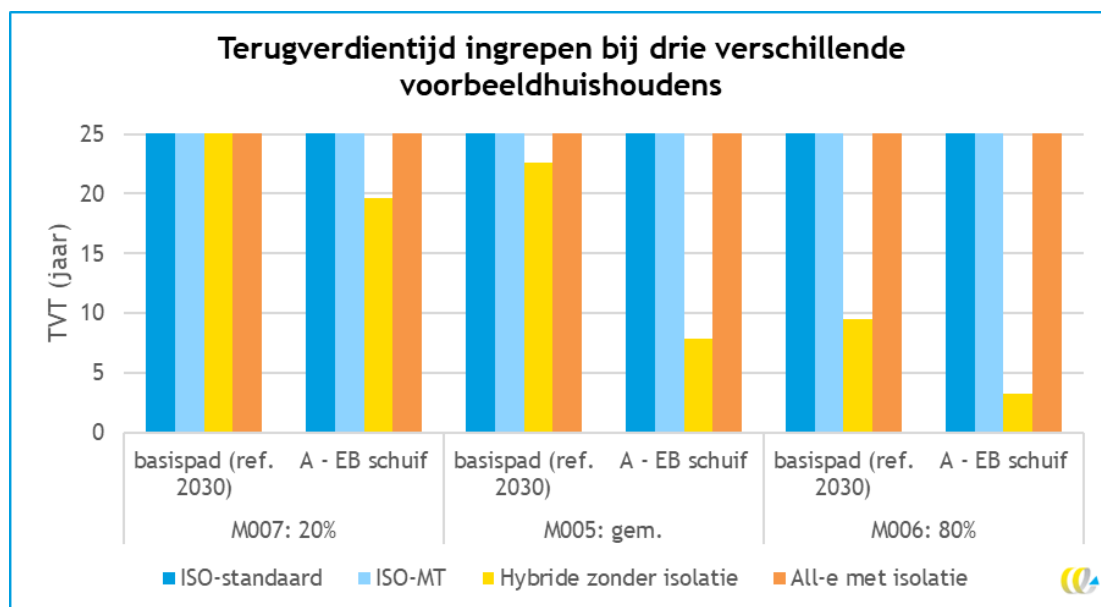
In beide voorbeelden valt het op dat de totale resulterende energierekening bij alle bekeken pakketten niet sterk afwijkt van die van het basispad (referentie 2030).

Figuur 18 – Vergelijking van het energieverbruik van het voorbeeldhuishouden M006: “Vooroorlogse rijwoning tussen” bij het 20% en 80% percentiel en het gemiddelde verbruik. De lege staafjes gaan over de situatie zonder maatregel, de gevulde staafjes zijn situaties waarin een maatregel genomen is. De pijlen geven aan welke maatregelen beïnvloed zijn door rendabele adoptie.



In Figuur 19 tonen we voor deze drie voorbeeldhuishoudens de terugverdientijd voor verschillende maatregelen. Opvallend is dat de maatregelen met isolatie in dit voorbeeld niet rendabel zijn.

Figuur 19 – Vergelijking van terugverdientijd van vier maatregelen onder Pakket A. De verticale as is bij 25 jaar begrensd

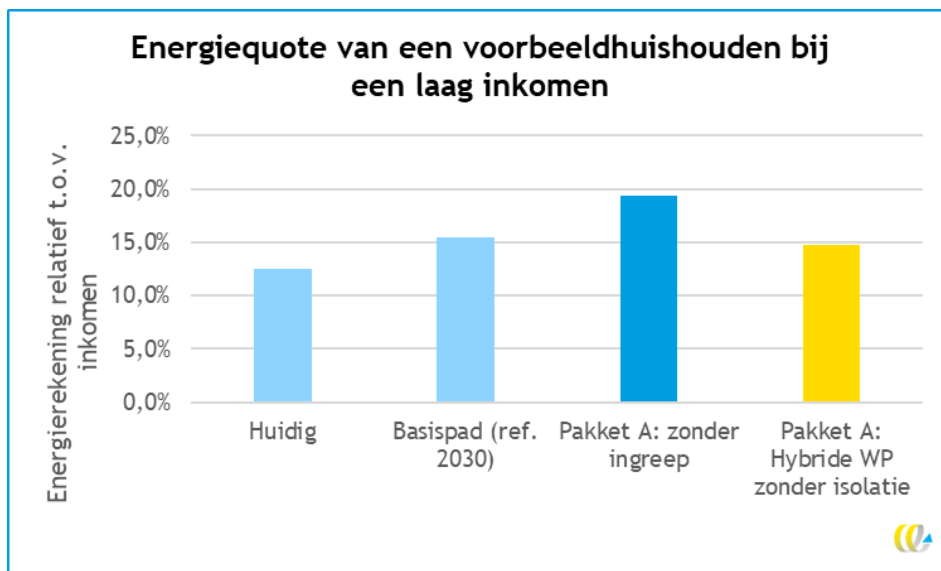


De boodschap die we met deze voorbeelden willen illustreren: Vooral voor huishoudens met een hoger energieverbruik zal beprijzing stimulerend werken om verduurzamingsmaatregelen te implementeren.

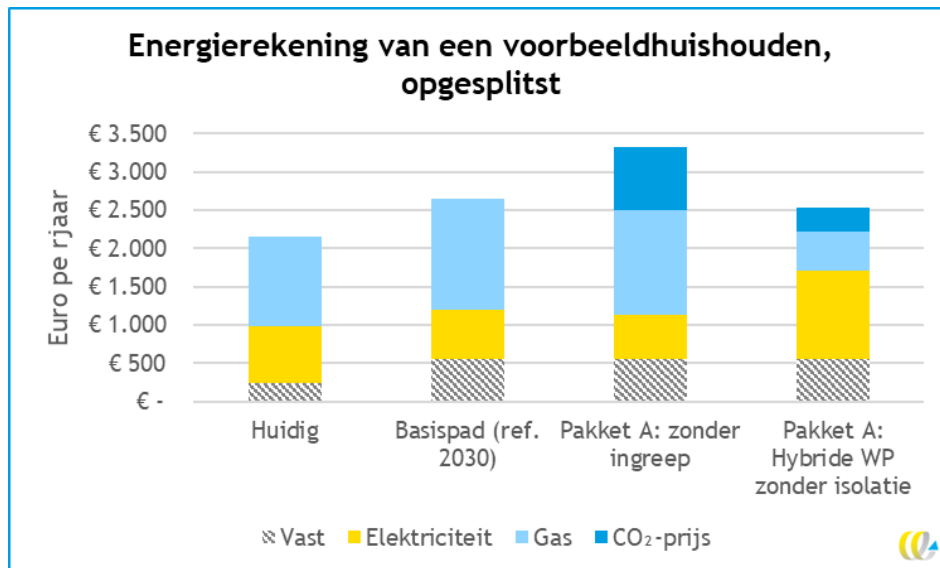
4.4.3 Effect van maatregelen op energiequote

Aan de voorbeeldhuishoudens kunnen we handmatig een inkopen koppelen. In dit geval bekijken we het effect van het wel of niet nemen van maatregelen bij pakket A. Hiermee geven we een voorbeeld van hoe het nemen van maatregelen helpt om het stijgen van de energierekening te beperken. De energierekening tonen we in de context van de lage inkomensgrens, 130% van het sociaal minimum en daarmee € 17.221,- per jaar. In Figuur 20 is in de twee linker kolommen de huidige situatie en die van de referentie (basispad) 2030 weergegeven. Daarnaast in de donkerblauwe staaf de toename van de energiequote als gevolg van de verandering in EB inclusief de CO₂-prijs zoals in pakket A beschreven, maar dan zonder verduurzamingsmaatregel. De rechter, gele kolom toont de resulterende energiequote wanneer het voorbeeldhuishouden de dan rendabele maatregel 'hybride warmtepomp zonder aanvullende isolatie' neemt. In dit voorbeeld, en vele andere vergelijkbare voorbeelden, is de extra stijging van de energiequote door de beprijzing ongeveer tenietgedaan door de energiebesparing en verschuiving van aardgas naar elektraverbruik als gevolg van de ingreep. De verschuiving van kosten tussen onderdelen van de energierekening (van gas naar elektriciteit) tonen we in Figuur 21.

Figuur 20 – Vergelijking van relatief deel energiekosten ten opzichte van een (laag) inkomen: de energiequote voor pakket A met en zonder ingreep. Hier is de situatie voor het eerste voorbeeldhuishouden bij gemiddeld verbruik getoond.



Figuur 21 – Vergelijking van de onderdelen van energiekosten voor pakket A met en zonder ingreep. Hier is de situatie voor het eerste voorbeeldhuishouden bij gemiddeld verbruik getoond



Om dit effect te bereiken zal de (rendabele) maatregel door de gebouweigenaar genomen moeten worden. Dat kunnen de bewoners zelf zijn in geval van een koopwoning; bij een huurwoning is dat de verhuurder. In het eerste geval hebben bewoners te maken met het financieren van de ingreep; hiervoor biedt de lening van het warmtefonds een uitkomst. Voor huurders kan het zijn dat de verhuurder de investeringen (deels) verrekent via een huurverhoging. Deze effecten kunnen de netto-maandlasten weer nadelig beïnvloeden.

4.5 Discussie en nuancering bij de resultaten

In deze paragraaf geven we de belangrijkste gevoeligheden in het model en nuanceringen bij de opbouw ervan.

4.5.1 Gevoeligheidsanalyses op puur CO₂-beprijzingspakket

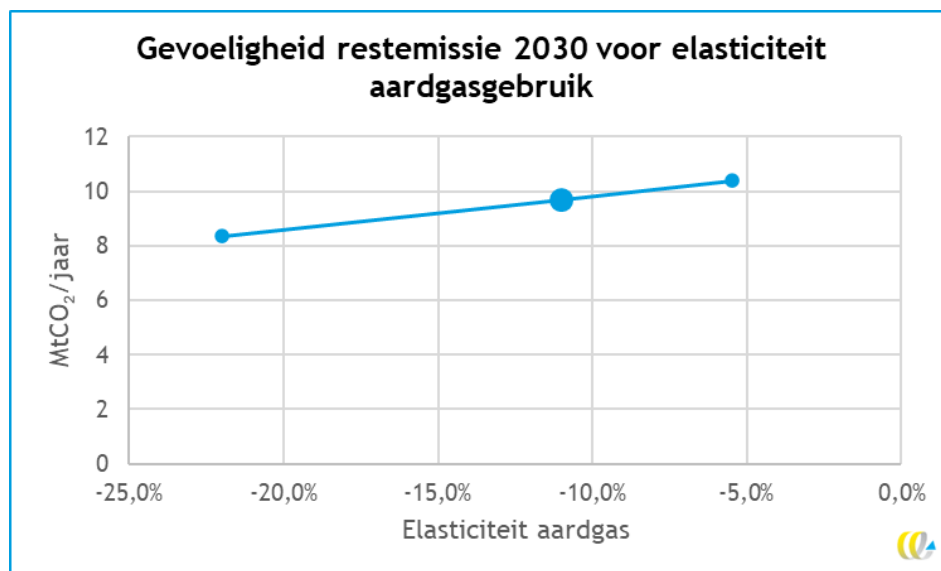
Omdat de resultaten in het model sterk afhangen van de mate waarin huishoudens rendabele maatregelen kunnen en willen nemen, laten we hier zien hoe sterk de verschillende effecten meewegen via verschillende gevoeligheidsanalyses. Deze analyses centreren we rond de doorrekening van puur beprijzing op CO₂, zonder de verschuiving tussen EB-elektriciteit en EB-gas zoals in Pakket A, om de essentie van het gedrag van het model te vatten. We doen de volgende gevoeligheidsanalyses:

- gevoeligheidsanalyse op prijselasticiteit aardgas;
- gevoeligheidsanalyse op terugverdiendtijds-eis;
- uitsplitsing van energiebesparing door gedrag (elasticiteit) versus maatregelen.

Gevoeligheidsanalyse elasticiteit op restemissie

In Figuur 22 tonen we de gevoeligheid van de restemissie in het model, afhankelijk van de gebruikte elasticiteit van aardgas. We kijken naar een elasticiteit van -0,055 en -0,22, een halvering respectievelijk verdubbeling van de gehanteerde elasticiteit. Bij een sterkere elasticiteit (hogere negatieve waarde) is er een reductie in restemissie te zien. In absolute termen is het bereik van de restemissie van ongeveer 2 MtCO₂/jaar significant. Het domein waarover de elasticiteit is bekeken, omvat realistische waarden. Zeker omdat het precieze gedrag dat leidt tot (korte termijn) elasticiteit niet exact bekend is, geeft dit aan dat de onze resultaten hiervan sterk afhankelijk zijn. Beïnvloeding van het gedrag van hoe mensen omgaan met prijsprikkels en zich verleid voelen te besparen kan daarom als belangrijk niet kwantitatief instrument worden meegenomen bij de inzet op één van de beleidspakketten.

Figuur 22 – Gevoeligheid van de restemissie bij verschillende elasticiteiten van aardgasverbruik. De dikke stip is de uitgangspositie in deze studie. Deze waarden zijn verkregen bij een vaste adoptiegraad en CO₂-prijs.

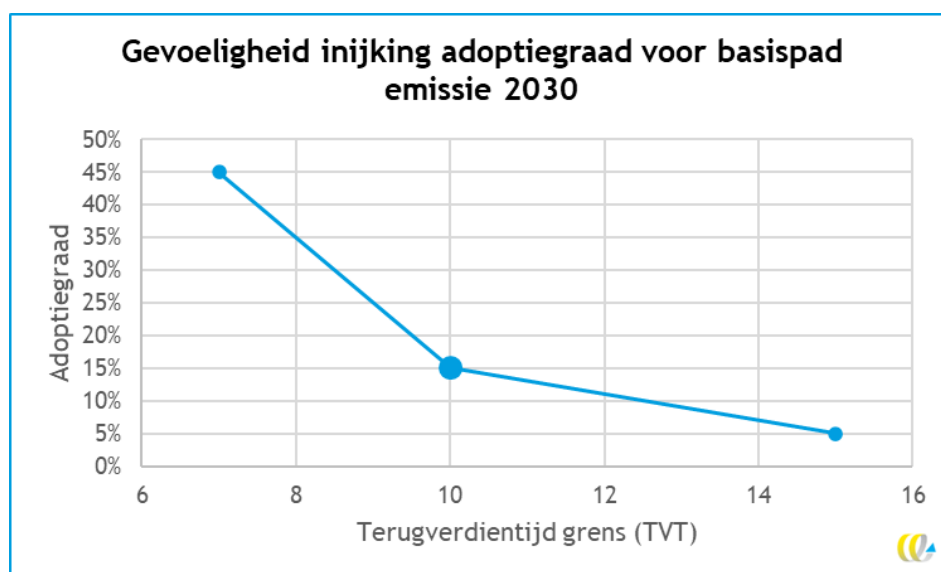


Gevoeligheidsanalyse terugverdientijd

Het rekenmodel is gecentreerd rondom het nemen van rendabele maatregelen, beïnvloed door gemodelleerd beleid. Hierbij hanteren we de grens van 10 jaar waarbinnen maatregelen, inclusief beprijzing en/of subsidie, gelden als rendabel om te nemen. In werkelijkheid hebben verschillende ingrepen zoals isolatie, installatie een verschillende levensduur en is het de verwachting dat voor verschillende ingrepen mensen een andere tijdshorizon hebben waarbinnen de (combinatie van) maatregel(en) als rendabel wordt gezien. Ook zijn er vanuit verschillende typen huishoudens verschillende perspectieven op wat 'rendabel' betekent.

In Figuur 23 tonen we het effect van een lagere (7 jaar) en een hogere (15 jaar) terugverdientijd-grens op de bijbehorende benodigde adoptiegraad in % die nodig is om het model aan de emissie van het KEV basispad te ijken in 2030. Uit het verloop van deze grafiek blijkt dat het model heel gevoelig is voor de keuze van terugverdientijd. Een hogere adoptiegraad resulteert namelijk in een versterking van het effect van beleidsinstrumenten waarmee deze minder omvangrijk hoeven te zijn om hetzelfde effect op emissiereductie te hebben.

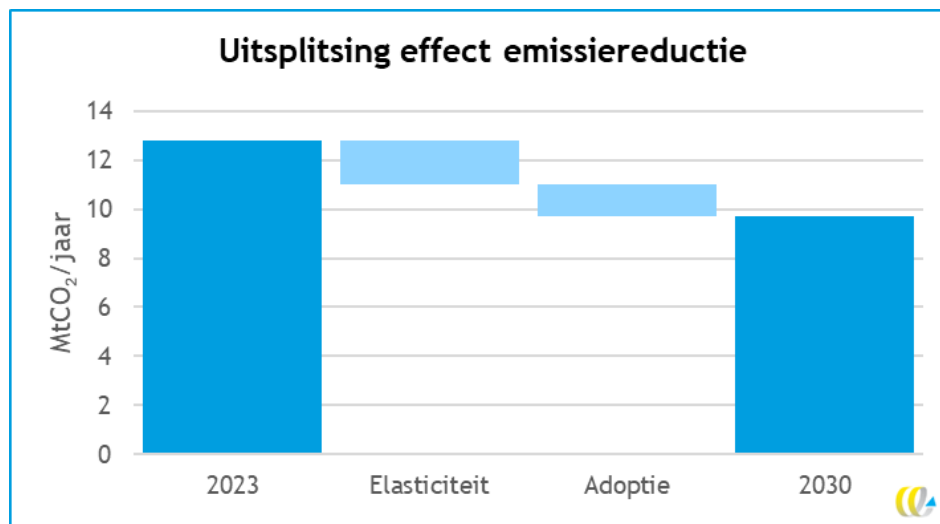
Figuur 23 – Gevoeligheidsanalyse van de adoptiegraad afhankelijk van de grens voor rentabiliteit van maatregelen. De dikke stip geeft de uitgangspositie van het model weer.



Besparing door maatregelen versus door elasticiteit

De kortetermijnelasticiteit van energieverbruik als gevolg van prijsverandering leidt tot vermindering van energiegebruik. Tegelijkertijd beïnvloedt dit in meer of mindere mate de terugverdientijd van verschillende ingrepen, die na adoptie door huishoudens worden toegepast. Om het effect van beide stappen tegelijkertijd in beeld te brengen, tonen we in figuur Figuur 24 hoe de emissiedaling naar 9,70 MtCO₂/jaar in het pure CO₂-prijsscenario opgebouwd is door de bijdrage van beide effecten. Deze hebben we eerst apart bepaald en daarna verschaald naar de totale emissiereductie. Hieruit blijkt dat het de invloed van elasticiteit (57%) in totaal groter is dan puur van de adoptiegraad (43%).

Figuur 24 – Grafiek met uitsplitsing van de relatieve bijdrage van de effecten elasticiteit en adoptie op de emissiereductie



4.5.2 Overige nuanceringsen

Marktprijs energie onzeker, daarom extra beprijzing ook onzeker

De resultaten en de duiding van extra beprijzing is heel erg afhankelijk van de energieprijzen (marktprijs). Bij een hogere marktprijs is minder energiebelasting nodig om zelfde effect te krijgen. Een hoge marktprijs door bijvoorbeeld (geo)politieke ontwikkelingen of andere externe factoren staat vaak anders in de beeldvorming dan een 'door de overheid opgelegde' verhoging via beprijzing of belasting.

Keuzes van huishoudens zeer onzeker

Hoewel technologische en financiële ontwikkelingen in verduurzamingsmaatregelen onzeker zijn, vallen deze toch met enige inschattingen te modelleren. Daartegen is het gedrag van huishoudens veel moeilijker te voorspellen. In het model nemen we dit gedrag op twee manieren mee: via de kortetermijnprijselasticiteit en via een adoptiegraad van verduurzamingsmaatregelen. Hierbij baseren we ons respectievelijk op de literatuur en op een ijkijking met de KEV'24 (die de adoptie van maatregelen heeft gebaseerd op historische cijfers). Het gedrag van huishoudens is echter van veel meer afhankelijk dan alleen energieprijzen en financiële en normerende beleidsinstrumenten. Dit is hier allemaal buiten beschouwing gelaten.

Methode sluit zoveel mogelijk aan bij KEV, maar is niet gelijk

Het model is geijkt om aan te sluiten bij de emissiecijfers van de KEV in 2023 en 2030. Daarmee sluiten de berekeningen zoveel mogelijk aan bij de KEV'24. Echter, de basis van

het model is anders. Daarom is het niet te verwachten dat de effecten van de beleidsinstrumenten door het PBL gelijk zouden worden ingeschat.

Overige onzekerheden en nuanceringen

Hieronder volgt een opsomming van andere nuanceringen bij het model en de uitkomsten:

- We maken geen onderscheid naar elasticiteit en adoptiegraad bij verschillende typen huishoudens. Hier ontbreekt het ook aan precieze kennis. Door voornamelijk naar het gemiddelde effect van een groot aantal woningen te kijken (ruim 46.000 uit WoON2021), verwachten we wel dat in elk geval het eerste orde-effect in ons model zichtbaar en daarmee bruikbaar is.
- Bij normering veronderstellen we nu 100% nalevingsgraad, hierbij gaan we uit van de ideale situatie. Zo is handhaving bijvoorbeeld lastig achter de voordeur.
- We gaan niet in op de juridische uitwerking van de beleidsinstrumenten.
- De brondata waarop we onze studie baseren (WoON 2021) en de gegevens die we daaruit betrekken zijn slechts een beperkte reflectie van de werkelijkheid. Energielabels en gebruiksoppervlak vertellen ons wat het energieverbruik van een huishouden ongeveer is, maar daar zijn veel generalisaties gemaakt om het praktisch werkbaar te maken binnen de scope van dit onderzoek. De weegfactoren van WoON 2021 zijn niet voor alle aspecten representatief.
- De berekende investeringskosten zijn vaak erg hoog en vormen een belemmering voor implementatie van de meeste maatregelen. In de praktijk zien we ook dat er veel kosten komen kijken bij verduurzaming van woningen, maar vaak is (maatwerk) er meer mogelijk dan vanuit de 'papieren werkelijkheid' van een rekenmodel. Door met deze hoge kengetallen te rekenen, voorkomen we in elk geval dat we het effect te gunstig voorspiegelen.
- We kijken nu naar de effecten van een statische woningvoorraad: geen nieuwbouw, geen sloop, geen transformatie. De emissies voor gebouwde omgeving zitten puur in het aardgasverbruik en daarbij is de aanname dat vanaf het startjaar 2023 tot in de zichtjaren '30, '35 en '40 geen nieuwe woningen met een aardgasaansluiting zullen worden gebouwd. Daarom maakt het voor de absolute waarde van de uitstoot in megatonnen CO₂ bij onze resultaten niet uit dat we de nieuwbouw niet meenemen.
- Warmtenetten beschouwen we als statisch qua omvang. In werkelijkheid zijn er grote verwachtingen van de bijdrage van collectieve warmtelevering (groot- en kleinschalig), maar zijn deze ontwikkelingen te onzeker om een betrouwbaar scenario op te bouwen.
- Inzet op elektrificatie van verwarming van woningen, zelfs via hybride warmtepompen, heeft zowel lokaal als op nationaal niveau impact op de mogelijkheden van de netbeheerders om levering van deze elektriciteit te garanderen. Dit is een breder probleem die wij in deze aanpak niet integraal hebben meegenomen.

5 Conclusie en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De hoofdvraag van dit onderzoek is: 'Welke beleidsinstrumenten kan de Rijksoverheid inzetten om het restemissiedoel van de sector woningen in 2030 te halen?'

Beprijzingsniveau van energie bij huishoudens is in lijn met externe klimaatkosten, behalve bij all electric-warmtepomp

In woningen wordt energie al betaald door verschillende instrumenten: de energiebelasting, en in de komende jaren daarnaast door ETS2 en indirecte effecten van de bijmengverplichting groengas en ETS1. Het marginale beprijzingsniveau van een gemiddeld huishouden met een aardgasgestookte cv-ketel of een hybride warmtepomp ligt binnen de bandbreedte van de externe klimaatkosten (gemiddelde preventiekosten volgens twee gangbare bronnen). Dat betekent dat emissies efficiënt betaald zijn, vergeleken met de maatschappelijke kosten. Bij een all electric-warmtevoorziening kan de beprijzing hoger liggen dan de klimaatkosten, dankzij de lage emissiefactor van elektriciteit.

Als de vermindering energiebelasting ook wordt meegenomen (gemiddelde benadering), ligt het beprijzingsniveau voor een aardgasgestookte cv-ketel en een hybride warmtepomp lager dan de milieuschade. Bij een all electric-warmtepomp kan er zelfs sprake zijn van negatieve gemiddelde beprijzing, als de betaalde energiebelasting over elektriciteit hoger is dan de vermindering energiebelasting. De vermindering energiebelasting is echter niet bedoeld als beprijzingsinstrument, maar om compensatie te geven voor een deel van het energiegebruik, wat als basisbehoefte wordt gezien. Daarom is het discutabel of het beprijzingsniveau met deze gemiddelde benadering

Veel verduurzamingsmaatregelen zijn al rendabel...

Met de verwachte energieprijzen en vastgesteld beleid in 2030 zijn voldoende verduurzamingsmaatregelen bij huishoudens rendabel (uitgegaan van een terugverdientijd ≤ 10 jaar) om 10,4 Mton CO₂-restemissies te behalen. Dit gaat om isolatiestappen bij 180.000 woningen en hybride warmtepompen bij 865.000 woningen. Isolatie naar de isolatiestandaard is voor veel huishoudens niet rendabel. Binnen een terugverdientijd van

15 jaar (een gemiddelde technische levensduur van installaties) zijn meer ingrepen rendabel en zouden de restemissie in 2030 naar 7,88 MtCO₂/jaar gaan. Dat betekent dat meer dan voldoende maatregelen rendabel zijn om het afgesproken restemissiedoel te halen.

... Maar huishoudens verduurzamen niet alles wat rendabel is

De KEV'24 verwacht echter restemissies van 11,5 Mton CO₂ in 2030. Dat betekent dat maar 15% van de rendabele maatregelen in dat zichtjaar daadwerkelijk wordt genomen. Dit komt door een combinatie van beperkt handelingsperspectief (zoals split incentive tussen huurder en verhuurder, gebrek aan investeringsmogelijkheid of leencapaciteit, technische beperkingen) en andere factoren, zoals tijdsinvestering, moeite, bewustzijn, leenaversie en kennisgebrek.

Hoge beprijzing van CO₂ nodig om CO₂-doel te halen

Om het emissiedoel van 9,70 Mt/jaar in 2030 te behalen, zou een extra beprijzing van aardgas nodig zijn van 492 €/tonCO₂ (€ 0,86 per m³). Dit houdt rekening met deze beperkte toepassing van financieel rendabele maatregelen. Dit bedrag zou een verhoging van de aardgasprijs zijn van circa 69% in 2030 (die is 1,25 €/m³ inclusief energiebelasting, bijmengverplichting en ETS2 en excl. btw).

Bij huishoudens die het nodige handelingsperspectief hebben - dus een eigen woning, voldoende investerings- of financieringsmogelijkheid, maar ook tijd, motivatie en kennis - kan deze prijsprikkels zorgen dat zij gaan verduurzamen. Bij huishoudens die niet verduurzamen leidt de beprijzing tot hogere energiekosten.

Combinatie van beleidsinstrumenten leidt tot CO₂-reductie met minder beprijzing

Een beleidsmix van subsidies, normering en beprijzing is het meest doelmatig om het restemissiedoel voor woningen te behalen. Beleidspakketten met normering kunnen het doel halen met een veel lagere CO₂-prijs. Veel verduurzamingsmaatregelen zijn dan rendabel, maar hebben een 'stok achter de deur' nodig in de vorm van normering zodat huishoudens ze daadwerkelijk gaan toepassen. Als losstaande beleidsmaatregel hebben een normering op verwarmingsinstallaties en normering van isolatie een vergelijkbaar effect.

Beprijzing legt druk op betaalbaarheid, maar normering kan energiearmoede verminderen

Een CO₂-prijs leidt tot een hogere aardgasprijs. Omdat niet iedereen direct kan of zal verduurzamen, stijgt het aantal huishoudens met een hoge energiequote hierdoor, wat een indicator is voor de betaalbaarheid van energie. Beprijzing doet ook energiearmoede

toenemen, uitgedrukt met de indicator LIHELEK (Laag inkomen, hoge energierekening en/of lage energetische kwaliteit). Normering kan energiearmoede verminderen en beprijzing minder nodig maken, als deze ervoor zorgt dat woningen van mensen met lage inkomens worden verduurzaamd. Dit is met name van belang voor huurders zonder handelingsperspectief voor het verduurzamen van hun huurwoning.

Ook kunnen huishoudens zonder handelingsperspectief gericht worden ondersteund of gecompenseerd voor beprijzing om energiearmoede te verminderen. Opbrengsten voor de overheid die voortkomen uit enige vorm van beprijzing, kunnen voor een belangrijk deel dekkend zijn voor de kosten van financiële ondersteuning zoals subsidies. Ook kunnen ze gericht worden teruggesluisd naar huishoudens met minder handelingsperspectief, bijvoorbeeld via inkomstenbelasting, een hogere vermindering energiebelasting, subsidies voor verduurzaming of toeslagen..



5.2 Aanbevelingen

Verduidelijk beleidsdoel van beprijzing

Gedurende dit onderzoek is duidelijk geworden dat er verschillende beleidsdoelen beoogd kunnen worden met beprijzingsinstrumenten. Wij adviseren beleidsmakers om duidelijk te zijn over het doel dat met beprijzing wordt beoogd, om keuzes te onderbouwen en evaluatie van het beleid mogelijk te maken.

Vul beprijzend beleid aan met ondersteunend en normerend beleid

Het verwachte energieprijsniveau in 2030 maakt voor veel huishoudens verduurzaming financieel rendabel. Aan de andere kant kan niet verwacht worden dat economische redenen alle huishoudens over de streep trekken, omdat niet alle huishoudens voldoende handelingsperspectief hebben. Zorg daarom naast het huidige beprijzende en financieel stimulerend beleid voor extra beleid dat aansluit bij het handelingsperspectief van verschillende doelgroepen, zoals normering voor verhuurders en op natuurlijke momenten, financiering en subsidie voor groepen met financiële belemmeringen. De combinatie van financieel en normerend beleid kan zorgen dat verduurzaming loont én een stok achter de deur vormen om deze keuze dan ook te maken.

Ondersteun huishoudens met minder handelingsperspectief gericht

Beprijzing zorgt voor inkomsten voor de overheid. Deze kunnen benut worden om huishoudens met weinig handelingsperspectief, zoals huurders en/of huishoudens in energiearmoede, gericht te ondersteunen. Dit kan bijvoorbeeld via inkomstenbelasting, een hogere vermindering energiebelasting, subsidies voor verduurzaming of toeslagen.

Onderzoek additioneel ondersteunend beleid

Dit onderzoek richtte zich op enkele beprijzende en normerende beleidsinstrumenten. Alternatief financieel beleid (zoals een toeslag op nieuwe cv-ketels), ontzorging of informatievoorziening hebben we in deze studie niet meegenomen, maar kan van belang zijn om huishoudens en gebouweigenaren over de drempel te helpen om te gaan verduurzamen en kan zorgen voor draagvlak.

Denk na over toekomstbestendigheid van de vermindering energiebelasting

De vermindering van de energiebelasting is ingesteld omdat een deel van het energiegebruik wordt gezien als basisbehoefte. Bij een huishouden met een all electric-warmtepomp kan het echter dat de gemiddelde beprijzing door deze vermindering negatief wordt, en er dus geld terug wordt gegeven op de energiebelasting. Bij een vergaande ingroei van warmtepompen is dit mogelijk niet toekomstbestendig. Het effect van verdere elektrificatie en elektrisch laden moet bij deze overweging ook worden meegenomen.

Literatuur

- ACM. (2023). *Tarievenbesluit warmteleveranciers*.
- Belastingdienst. (2022, 10 november 2022). *Quickscans amendementenpakket belastingplan 2023*. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/11/10/quickscans-amendementenpakket-belastingplan-2023>
- Boonekamp, P.G.M. (2007). *Price elasticities, policy measures and actual developments in household energy consumption – a bottom up analysis for the netherlands*.
- Castellazzi, L., Bertoldi, P., & Economidou, M. (2017). *Overcoming the split incentive barrier in the building sector*.
- CBS. (2020). *Woningvoorraad naar bouwjaar en woningtype, 2019*. Centraal Bureau voor de Statistiek. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl216604-woningvoorraad-naar-bouwjaar-en-woningtype-2019>
- CBS. (2022). *42 procent van alle woningen is een rijtjeshuis*. Centraal Bureau voor de Statistiek. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/31/42-procent-van-alle-woningen-is-een-rijtjeshuis>
- CBS. (2024a). *Methodedocument monitor energiearmoede 2019-2022*. CBS. <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2024/methodedocument-monitor-energiearmoede-2019-2022/2-indicatoren>
- CBS. (2024b). *Statline: Voorraad woningen; gemiddeld oppervlak; woningtype, bouwjaarklasse, regio*. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82550NED/table?dl=4297C>
- CBS. (2024c). *Statline: Woningvoorraad; woningtype op 1 januari, regio*. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85035NED/table?dl=B5235>
- CBS. (2025). *Energielevering particuliere woningen naar woningkenmerken, 2019-2023*. CBS. [https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2025/04/energielevering-particuliere-woningen-naar-woningkenmerken-2023](https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2025/04/energielevering-particuliere-woningen-naar-woningkenmerken-2019-2023)
- CE Delft. (2023a). *Aanpassingen energiebelasting voor extra emissiereductie: Inschatting effecten*.
- CE Delft. (2023b). *Handboek milieuprijzen 2023. Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieu-impacts*.
- CE Delft, & Ecorys. (2021). *Evaluatie van de energiebelasting: Terugkijken (1996-2019) en vooruitzien (2020-2030)*.
- CLO. (2024). *Energielabels van woningen, 2010 t/m 2023*. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl055610-energielabels-van-woningen-2010-tm-2023>
- Consumentenbond. (2024). *Hoe zit mijn energierekening in elkaar?*
- Cook, J., & Brent, D. (2021). *Do households respond to the marginal or average price of piped water services?*
- CPB. (2024). *Gedragseffecten belastingmaatregelen*.
- CPB, & PBL. (2015). *Nederland in 2030 en 2050: Twee referentiescenario's. Toekomstverkenning welvaart en leefomgeving (wlo)*.
- Curuk, M., Martens, A., Vringer, K., & Van Soest, D. (2025). *The price elasticity of energy demand and the implications for climate policy*.
- Dertwinkel-Kalta, M., Feldhaus, C., Ockenfels, A., & Sutter, M. (2024). Household reduction of gas consumption in the energy crisis is not explained by individual economic incentives. *PNAS*, 2024(48), 1-10. <https://doi.org/10.1073/pnas.2411740121>

- Dos Santos, T.R. (2024). *Essays on industrial organization, environmental and health economics*.
- Europese Commissie. (2025). Excise duties on energy. In: Geoffrey Mubiinzi, L.S., Twaha Kigongo Kaawaase, Francis Wasswa, Muiyiwa S. Adaramola, Maria Nantongo,. (2024). Income and price elasticities of household electricity demand: A comparative systematic review of aggregated and disaggregated data studies. *Energy Reports*, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.10.021>
- Ito, K. (2014). Do consumers respond to marginal or average price? Evidence from nonlinear electricity pricing†. *The American Economic Review*, 2014(2), 537-563. <https://doi.org/10.1257/aer.104.2.537>
- Jeeninga, M., & Boots, M.G. (2001). *Ontwikkeling van het huishoudelijk energieverbruik in een geliberaliseerde energiemarkt*.
- Kaifang, L. (2024). *Three essays on decarbonization strategies*.
- Karrenberg, C., Berglund, E.Z., & Edwards, E.C. (2024). *An agent-based modeling approach to assess the social equity impacts of dynamic pricing for urban water management*.
- Liebman, J.B., & Zeckhauser, R.J. (2004). *Scheduling*.
- Ministerie van BZK. (2022). *Dataset woon (woononderzoek nederland)*. Retrieved 18-04 from <https://data.overheid.nl/dataset/woon>
- Ministerie van EZK. (2024). *Kamerbrief aanpassingen bijmengverplichting groen gas*.
- Ministerie van Financiën. (2024). *5.18 nadere wetwijzigingen betreffende de nieuwe eerste schijf gas in de energiebelasting*. Retrieved 29-05 from <https://www.rijksfinancien.nl/belastingplan-memorie-van-toelichting/2024/d17e2732#ID-1107788-d36e2823>
- Ministerie van Financiën. (2025). *5.28 wijziging energiebelastingtarieven op aardgas*. Retrieved 26-03 from <https://www.rijksfinancien.nl/belastingplan-memorie-van-toelichting/2025/d17e4762>
- Nationaal Warmtefonds. (2025). *Voorwaarden energiebespaarlening*. Retrieved 16-06 from <https://www.warmtefonds.nl/particulieren/voorwaarden-energiebespaarlening>
- Netbeheer Nederland. (2024). *Netbeheer nederland investeringsprognoses tot 2030*.
- Ojonye, S.M., & Edobor, T. (2024). *The dynamics of energy pricing and energy policy in nigeria: Implications for welfare consideration*.
- PBL. (2018). *Monetaire milieuschade in nederland. Een verkenning*.
- PBL. (2023). *Hestia modellen*. In: PBL.
- PBL. (2024a). *Klimaat- en energieverkenning 2024*.
- PBL. (2024b). *Klimaat- en energieverkenning (kev) 2024*.
- Pei, Z., Fang, J., Zhang, Z., Chen, J., Hong, S., & Peng, Z. (2024). *Optimal price-taker bidding strategy of distributed energy storage systems in the electricity spot market*.
- Primos. (2024). *Primos prognose 2024*. https://primos.abfresearch.nl/jive?workspace_guid=fcb74e61-34f5-457e-aa4b-50d121ebe202
- RVO. (2023). *Voorbeeldwoningen bestaande bouw*. RVO. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/voorbeeldwoningen-bestaande-bouw>
- RVO. (2025a). *Energieprestatievergoeding (epv)*. Retrieved 29-05 from <https://www.rvo.nl/onderwerpen/energieprestatievergoeding>
- RVO. (2025b). *Isde: Isolatiemaatregelen woningeigenaren*. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/woningeigenaren/isolatiemaatregelen>
- RVO. (2025c). *Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen (sah) voor verhuurders*. RVO. Retrieved 26-03 from <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sah>
- SCP. (2021). *Woningverduurzaming: Willen en kunnen betekent nog niet doen: Drijfveren en ervaren barrières bij eigenaar-bewoners*.

- Taa, C., Gargb, T., Lewisc, E., & Koa, M. (2024). *Enhanced salience of nonlinear pricing and energy conservation*.
- TNO. (2024). *Dashboard eindgebruikerskosten*. TNO. Retrieved 30-08 from <https://energy.nl/dashboard-eindgebruikerskosten/>
- Zhang, Z., Zhang, F., & Liu, W. (2025). *Economic analysis of parking, vehicle charging and vehicle-to-grid services in the era of electric vehicles*.

A Toelichting model

A.1 Toelichting en vergelijking Hestia

De KEV is opgesteld met het Hestia-model van PBL. Voor gebruik voor onze studie was een bijgewerkte versie van Hestia niet tijdig beschikbaar en hebben wij daarom een andere aanpak genomen (CEKER + WoON). Hieronder lichten wij Hestia kort toe en wat de belangrijkste verschillen en overeenkomsten tussen de twee aanpakken zijn.

A.1.1 Hestia

Hestia (PBL en TNO) (PBL, 2023) is een ruimtelijk energiemodel van de gehele Nederlandse woningvoorraad. Hierin worden fysieke eigenschappen van woningen individueel gemodelleerd. Verduurzamingsmaatregelen worden genomen als kosten-batenafweging en vinden met name op natuurlijke momenten plaats. De investering houdt rekening met de specifieke gebouwsituatie van de eigenaar en het geldend beleid. Hestia is een doorontwikkeling en samensmelting van twee andere modellen: Vesta MAIS (PBL) en SAWEC (TNO).

Relevante onderscheidende input van Hestia zijn onder andere de met 3D BAG gemodelleerde woningen en de op historische data gekalibreerde investeringsprijken. Wat geen input is voor Hestia, is inkomensinformatie. Alleen het eigendomstype wordt meegenomen bij investeringsbeslissingen. Wel heeft TNO een eigen modelkoppeling gemaakt met CBS-microdata, waarin inkomensdata geen input vormt, maar data is om Hestia-resultaten mee te vergelijken. Deze versie is niet openbaar beschikbaar.

In 2024 is Hestia voor het eerst gebruikt voor de KEV-doorrekening, voorheen deed men dit met SAWEC. Verder is Hestia tot nog toe alleen gebruikt voor onderzoeksprojecten van het PBL en TNO zelf. CE Delft heeft, vanwege onze historische betrokkenheid bij het ontwerp van Vesta MAIS, klankbord gegeven aan PBL en TNO in het ontwikkelen van Hestia.

Tabel 18 – Vergelijking Hestia en aanpak CEKER met WoON op verschillende aspecten

Aspect	Hestia	CEKER met WoON
Inputdata-scenario's	Financiële instrumenten sluiten aan bij Dashboard Eindgebruikerskosten, energieprijzen en emissies conform KEV 2024.	Financiële instrumenten sluiten aan bij Dashboard Eindgebruikerskosten, energieprijzen en emissies conform KEV 2024.
Inputdata gebouwvoorraad	Onder andere 3D-BAG gebouwdata van elk gebouw in Nederland met analyse individuele gebouwdelen.	WoON-data met weegfactoren voor representatieve resultaten op nationaal niveau.
Modelparameters	Kengetallen voor kosten en rendementen sluiten aan bij recentste studies Vesta MAIS. Selectie isolatiemaatregelen op basis van specifieke woningkenmerken. Energiebesparingskengetallen op basis van referentieverbruik warmte met eigen warmteverliesberekening.	Kengetallen voor kosten, energiegebruik, energiebesparing op basis van Vesta-MAIS. Selectie isolatiemaatregelen op basis van specifieke woningkenmerken. Energiebesparingskengetallen op basis van referentieverbruik warmte met warmteverliesberekening Uniforme Maatlat.
Zichtjaren	Modelleert een periode van jaren, elk jaar is een tijdsstap in het model.	Modelleert de situatie in een zichtjaar.
Aansluiting KEV	Scenario-inputs op basis van beleidsinstrumenten uit KEV. PBL en TNO publiceren KEV-scenario-inputs begin 2025. Let op: dit is geen garantie dat berekeningen 100% aansluiten bij KEV, vanwege nabewerkingen van TNO/PBL.	Scenario-inputs op basis van beleidsinstrumenten uit KEV. Ter voorbereiding van de doorrekening voeren we een basisrun uit met een KEV-scenario (referentiescenario) en passen we bepaalde parameters aan met correctiefactor.
Aansluiting KEV (emissies)	Emissie gebouwde omgeving (woningen) in 2023 is 12,80 MtCO ₂ /jaar. In 2030 is dit 11,50 MtCO ₂ /jaar.	Emissie gebouwde omgeving (woningen) in 2023 is 12,80 MtCO ₂ /jaar. In 2030 is dit 11,50 MtCO ₂ /jaar.
Hoe wordt gedrag meegenomen?	Keuze van huishouden om te verduurzamen, is op basis van complexe formule tijdens 'activatiemoment'. Formule is geijkt met historische data.	Combinatie van prijselasticiteit, terugverdientijd en adoptiegraad, geijkt met de KEV.
Inkomensverdeling en energiearmoede	Inkomens zit niet in open-source versie van model ¹⁶ . Met een maatwerkaanpak koppelen we inkomensgegevens per CBS-buurt aan outputbestanden om tot inschatting te komen.	Inkomens zijn onderdeel van WoON, dus effect op inkomensdoelen en energiearmoede is bottom-up uit het model te halen.

¹⁶ TNO doet specifieke onderzoeken met het Hestia-model in de microdata-omgeving van CBS, maar dit is in de doorlooptijd van dit onderzoek niet te realiseren.

A.2 Berekening eindgebruikerskosten

Het CEKER, ook wel CE Kosten voor Eindgebruikers Rekenmodel, wordt in deze studie gebruikt om de eindgebruikerskosten te berekenen die een eigenaar-bewoner of andere woningeigenaar maakt voor het treffen van een duurzaamheidsmaatregel.

In deze bijlage beschrijven we:

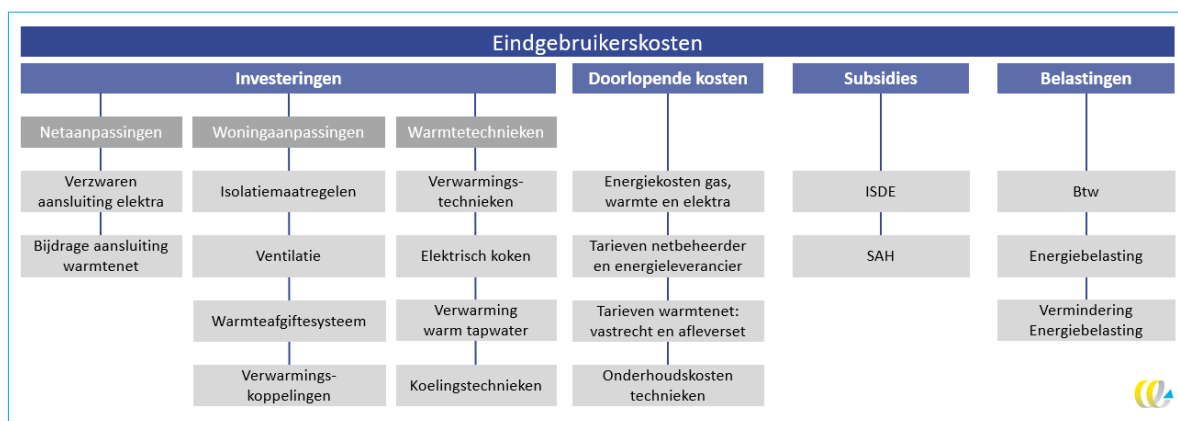
- wat eindgebruikerskosten zijn;
- voor welke woningen en duurzaamheidsmaatregelen we de eindgebruikerskosten berekenen;
- de belangrijkste aannames en uitgangspunten die we in het model toepassen.

A.2.1 Eindgebruikerskosten

Eindgebruikerskosten zijn alle kosten die een eigenaar-bewoner of andere pandeigenaar betaalt voor het treffen van een duurzaamheidsmaatregel. Eindgebruikerskosten omvatten investeringskosten, doorlopende kosten zoals energie- en onderhoudskosten, subsidies en belastingen.

Figuur 25 geeft een overzicht van de verschillende kostencomponenten die worden meegenomen in het CEKER-model. Voor iedere woning uit de WoON-dataset en techniekcombinatie wordt gekeken welke kostencomponenten relevant zijn. In de volgende paragraaf lichten we toe hoe het CEKER-model woningtypes opbouwt en welke verduurzamingsmaatregelen we onderzocht hebben.

Figuur 25 - Overzicht kostencomponenten CEKER-model



We hebben een correctie gedaan op de resultaten uit CEKER door geen elektraverbruik voor koeling mee te rekenen en de investeringskosten voor inductiekookstel op € 0 te zetten. De reden hiervoor is dat koeling vaak automatisch in de pakketten verwerkt wordt, maar wij dit in de context van deze studie zien als iets dat mensen zelfstandig wel of niet zullen doen. Koken op inductie is een maatregel die eigenlijk in alle gevallen wel genomen

zal worden de komende tijd, en daarmee niet onderscheidend is voor de maatregelen die we in deze studie met elkaar vergelijken.

A.2.2 Methode

Woningtypes

We gebruiken de data van de woningen uit de WoON-dataset om woningtypes voor het CEKER-model te construeren. Een woningtype in CEKER is een combinatie van een woningtype, bouwjaar, energielabel, eigendomsstatus en oppervlakte, zie Tabel 19. Een voorbeeld van een woningtype is een *‘Tussenwoning gebouwd tussen 1965-1974 met een energielabel C in de sociale huursector van 75 m²’*.

Tabel 19 – Verschillende kenmerken woningtypes CEKER

Woningtype	Bouwjaar	Energielabel	Eigendom	Oppervlakte
Appartement	t/m 1945	A	Koop	#m ²
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 en financiering

Het CEKER-model hanteert drie typen eigendomssituaties: [koop, particuliere huur en sociale huur]. Deze eigendomssituaties hebben invloed op de methode die de gebouweigenaar hanteert om de verduurzamingsmaatregelen te financieren (TNO, 2024):

- Financiering van de verduurzamingsinvesteringen voor de woningen van **eigenaar-bewoners** gebeurt via een lening van het Nationaal Warmtefonds met een rentevoet van 4%.
- Financiering van de verduurzamingsinvesteringen voor de woningen van **particuliere verhuurders** gebeurt via de NIBC Vastgoed Hypotheek met een rentevoet van 5% voor zichtjaar 2020 en 5% voor zichtjaar 2030.
- Financiering van de verduurzamingsinvesteringen voor de woningen van **sociale verhuurders** gebeurt via het Waarborgfonds Sociale Woningbouw (WSW) met een looptijd van 3,30% voor zichtjaar 2030.

De lengte van de looptijd van de lening is afhankelijk van de levensduur van de verduurzamingsmaatregel. De levensduren van een isolatiemaatregel en een verwarmingsinstallatie zijn respectievelijk 20 en 15 jaar.

Verduurzamingsmaatregelen

Voor iedere woning berekent het CEKER-model de eindgebruikerskosten van alle verduurzamingsmaatregelen. Een verduurzamingsmaatregel in CEKER bestaat uit een combinatie tussen een verwarmingsinstallatie en een isolatieniveau (zie Tabel 20). Een voorbeeld van een verduurzamingsmaatregel is: *‘Het plaatsen van een all-electric warmtepomp en isolatie tot de naoorlogse standaard’*.

Tabel 20 - Opbouw verduurzamingsmaatregelen CEKER. De kolommen zijn niet aan elkaar gerelateerd: er zijn meerdere combinaties mogelijk.

Verwarmingsinstallatie	Isolatieniveau
HR cv-ketel (aardgas)	Huidig
Hybride warmtepomp	Minimaal MT
All electric-warmtepomp (bodem of buitenlucht)	Vooroorlogse standaard
HT-warmtenet	Naoorlogse standaard

Niet alle mogelijke combinaties tussen verwarmingsinstallaties en isolatieniveaus worden doorgerekend. Bepaalde verwarmingsinstallaties vereisen immers een bepaald isolatieniveau. Zo kan er in een woning in het CEKER-model alleen een all electric-warmtepomp worden geïnstalleerd, indien deze tot de naoorlogse standaard geïsoleerd is.

Isolatiemaatregelen worden alleen doorgerekend als deze in totaal een verbetering opleveren, dus een nieuwe BENG-woning zal bijvoorbeeld onder het pakket ‘minimaal MT’ geen isolatiemaatregel ondergaan.

A.2.3 Aannames en uitgangspunten

Kosten verduurzamingsmaatregelen

De investeringskosten van verduurzamingsmaatregelen zijn gebaseerd op de [Arcadis-database](#); het gangbare naslagwerk voor isolatie- en warmtetechniekengetallen.

Belastingen

Voor de energiebelasting op aardgas en elektriciteit en vermindering energiebelasting rekenen we met de verwachte tarieven in 2030 uit het belastingplan 2025 (Ministerie van Financiën, 2025).

De btw volgt het huidige belastingstelsel, standaard 21%. Daarnaast maken we gebruik van het gereduceerd tarief (9%) van belastingen op arbeid¹⁷ 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.

Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE) voor koopwoningen (RVO, 2025b). De ISDE vergoedt een deel van de kosten van een warmtepomp, isolatiemaatregelen en het aansluiten van een woning op een warmtenet.

Deze regeling staat open voor (individuele) eigenaar-bewoners. Echter nemen we in het CEKER-model aan dat deze subsidie ook beschikbaar is voor eigenaar-bewoners in 'vE's en particuliere en sociale verhuurders. In de praktijk kunnen deze woningeigenaren gebruik maken van vergelijkbare subsidieregelingen zoals:

- subsidieregeling verduurzaming voor verenigingen van eigenaren (SVVE);
- subsidieregeling verduurzaming en onderhoud huurwoningen (SVOH).

Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen (SAH) voor verhuurders (RVO, 2025c). Deze regeling vergoedt tot een maximaal bedrag van € 5.000 per woning voor de aansluitkosten op een warmtenet.

A.3 Modelaannames voor gedrag

Eerst gebruiken we het elasticiteitseffect om energieverbruiken in het zichtjaar te berekenen (zie Paragraaf 3.2.4). Daarna maakt het model een inschatting van de adoptie van verduurzamingsmaatregelen.

A.3.1 Prijselasticiteit en de marginale of gemiddelde prijsprikkel

Het gedragseffect van beprijzing op huishoudens wordt vaak in kaart gebracht door te kijken naar de prijsprikkel. In de economische theorie staat energiebesparing ten gevolge van een prijsprikkel bekend als prijselasticiteit.

Veel traditionele analyses van gedragseffecten hanteren een marginale benadering. Marginale kosten geven het bedrag aan waarmee de totale kosten van een huishouden toenemen als het huishouden één extra eenheid van een product gebruikt. Bijvoorbeeld: de kosten van een kuub (m³) aardgas. In de literatuur vinden we verschillende studies die

¹⁷ Het percentage arbeid op totale isolatiekosten bedraagt circa 50%.

bevestigen dat huishoudens handelen op basis van marginale kosten (Karrenberg et al., 2024; Zhang et al., 2025) (Pei et al., 2024). Het bewijs wordt voornamelijk aangetroffen als de marginale prijzen ook duidelijk zijn gecommuniceerd én eenvoudig afgelezen kunnen worden (Cook & Brent, 2021) (Ojonye & Edobor, 2024) (Taa et al., 2024). Ook zien we dat huishoudens met een hogere energieverbruik minder sterk reageren op marginale prikkels ten opzichte van huishoudens met lagere energieverbruiken (Kaifang, 2024).

Recent zijn er aanwijzingen ontstaan vanuit de gedragseconomie dat huishoudens handelen op basis van gemiddelde kosten (en niet kijken naar de marginale kosten). Consumenten maken gebruik van heuristieken¹⁸, om met weinig inspanning beslissingen te kunnen maken. In het geval van prijsprikkels, gebruiken consumenten de gemiddelde prijs als benadering voor de marginale prijs. Consumenten vinden het vaak lastig om vaste kosten te onderscheiden van marginale kosten (Dos Santos, 2024). Dit fenomeen wordt ook wel 'schmeduling' genoemd (Liebman & Zeckhauser, 2004). *Schmeduling* vermindert de effectiviteit van niet-lineaire prijsstelling op het bereiken van het beleidsdoel van energiebesparing en verduurzaming (Ito, 2014) (Taa et al., 2024).

Onduidelijke prijsstellingen kunnen resulteren in suboptimaal gedrag bij huishoudens (Taa et al., 2024). Een analyse tijdens de gascrisis in Duitsland laat zien dat consumenten niet handelen naar marginale prikkels, maar vooral kijken naar de bredere sociale en economische context (Dertwinkel-Kalta et al., 2024).¹⁹

We zien in Nederland ook aanwijzingen voor complexe prijsmechanismes binnen de energierekening. Dit kan de mate waarin consumenten reageren op marginale prijzen verminderen. De complexiteit van de energierekening wordt ook onderkend in Nederland (Consumentenbond, 2024) (CE Delft & Ecorys, 2021). De consumentenbond heeft recentelijk energieleveranciers opgeroepen om de energierekening te versimpelen, omdat de energierekeningen zijn nog niet altijd even duidelijk zijn. De Autoriteit Consument en Markt (ACM) heeft energieleveranciers gevraagd om die rekeningen begrijpelijker te maken. De ACM roept consumenten op om rekeningen die niet duidelijk zijn te melden (Consumentenbond, 2024).

Er is in de literatuur nog geen consensus over de vraag of consumenten reageren op marginale dan wel gemiddelde prijsprikkels. Daarnaast lijkt dit sterk afhankelijk te zijn van de wijze waarop deze prijsprikkels worden vormgegeven en gecommuniceerd. In deze studie maken we geen onderscheid tussen de marginale en gemiddelde benadering, omdat de elasticiteiten vergelijkbare ordegroottes vertonen. Bovendien geldt er vaak een grote bandbreedte. Zo worden de elasticiteiten voor het energieverbruik in Nederland geschat tussen -0,1 tot -0,6 (Boonekamp, 2007). Uit een recent reviewonderzoek (Geoffrey Mubiinzi, 2024) is een brede range van kortetermijn-prijselasticiteit voor

¹⁸ Heuristieken (ook wel 'mentale snelkoppelingen' of 'vuistregels' genoemd) zijn efficiënte mentale processen die mensen helpen problemen op te lossen en nieuwe concepten te leren.

¹⁹ Denk bij deze bredere sociale en economische context aan: sociale normen, maar de huidige stand van de economie in een land.

elektriciteit te zien, tussen -0,24 en -1,04. Het gemiddelde voor de regio 'Europa en Centraal Azië' ligt op -0,61. Er spelen veel moeilijk te kwantificeren effecten een rol, maar voor elektriciteit ingezet voor ruimteverwarming is niet apart heel veel bekend. Het zal minder makkelijk zijn op een basisbehoefte als ruimte- en waterverwarming te sturen dan op inzet van elektriciteit voor ander gebruik en/of luxe. In onze studie ligt op dit deel van het elektriciteitsverbruik de nadruk. Daarom kiezen we in ons onderzoek voor de waarde -0,22: weliswaar lager dan de gemiddelde waarde, maar *de facto* het dubbele van de elasticiteit die we voor aardgasgebruik hanteren.

Uit de literatuur blijkt bovendien dat de prijselasticiteit van energie lager is voor lagere-inkomensgroepen (Labandeira, 2017), omdat lage inkomens minder mogelijkheden hebben om hun energieverbruik te verminderen. Ze zijn meer afhankelijk van basisenergiebehoeften en kunnen minder makkelijk investeren in energiebesparende maatregelen.

A.3.2 Terugverdientijd

Van alle maatregelen die we beschikbaar hebben in ons rekenmodel, hebben we de volgende eigenschappen verwerkt:

- investeringskosten;
- beschikbare, relevante subsidies;
- financieringsrente;
- afschrijvingstermijn;
- effect op energieverbruik (gas, elektriciteit en warmte) bij de verschillende woningen.

We rekenen met prijspeil 2023 en omdat we naar veranderingen in energiegebruik kijken, rekenen we voor elk jaar de prijs per energiedrager door, eveneens in prijspeil 2023.

Op deze manier kunnen we de eenvoudige terugverdientijd (TVT) van de maatregelen als volgt berekenen:

$$TVT = \frac{(I - s) * R}{K_{E \text{ voor}} - K_{E \text{ na}}}$$

Met daarin:

- TVT = terugverdientijd (jaar);
- I = investeringskosten;
- s = subsidie;
- R = effect financiering netto-contant per eigendomstype en afschrijvingstermijn;
- = energiekosten voor en na ingreep.

Voor een woning is in het zichtjaar voor alle maatregelenpakketten bekend wat het effect op de energierekening is. We weten het nieuwe energieverbruik, inclusief het kortetermijn-elasticiteitseffect. De nettokosten die voor de ingreep gemaakt moeten worden, vergelijken we dus met het verschil in jaarlijkse energiekosten (vast en variabel samen). Hieruit volgt een aantal jaar waarin de investering zich terugverdient en daarmee rendabel is. In het rekenmodel kiest een huishouden *in principe* voor een ingreep als deze zich binnen tien jaar terugverdient, dus $TVT \leq 10$ jaar.

A.3.3 Investeren in duurzaamheidsmaatregelen: Adoptiegraad

In werkelijkheid zullen niet alle huishoudens met een geschikte terugverdientijd overgaan tot een maatregel in hun woning. Het reikt te ver voor dit onderzoek om verschillende actoren te benoemen en dit gedrag bottom-up te modelleren. We hebben het omgekeerd benaderd door een gemiddelde adoptiegraad te bepalen. De adoptiegraad is een maat voor het aandeel van de huishoudens waarvoor verduurzamingsmaatregelen zich binnen 10 jaar terugverdienen, dat deze maatregelen ook daadwerkelijk neemt.

We bepalen deze gemiddelde adoptiegraad door het vastgesteld en voorgenomen beleid in de KEV'24 door te rekenen in ons model. Hierbij worden de rendabele maatregelen toegepast door te schalen met de adoptiegraad, totdat op hetzelfde emissiegetal wordt uitgekomen in 2030 als de KEV'24 middenwaarde.

Uit deze aanpak volgt een gemiddelde adoptiegraad in 2030. Met deze adoptiegraad kennen we het effect van een rendabele maatregel dus voor een bepaald percentage toe aan elke woning uit WoON, waarna het resterende percentage van de woningen de originele energetische situatie (isolatie en verwarmingstechniek) handhaaft in het zichtjaar. Voor het uiteindelijke effect op het niveau van heel Nederland, verrekenen we deze hoeveelheden met de weegfactoren waardoor de percentages effectief betrekking hebben op het aantal woningen in een bepaald archetype.

De adoptiegraad is afhankelijk van het zichtjaar: we nemen aan dat hoe langer verduurzaming rendabel is, hoe meer huishoudens tot actie overgaan. In 2030 veronderstellen we nog in het exponentiële deel van de 's-Curve' te zitten waarmee we bedoelen dat we verwachten dat dit percentage zich nog in stappen verdubbelt. Hiervoor hebben we een eenvoudige aanname gedaan om te simuleren dat steeds meer mensen bereid zullen zijn om rendabele maatregelen te nemen.

Voor normering op natuurlijke momenten houden we rekening met het feit dat bij een vaste mutatiegraad van circa 11% per jaar, de meeste woningen niet meermaals aangepakt worden en andere woningen juist voor langere tijd buiten beeld blijven. In plaats van lineaire toepassing van deze 11% per jaar, nemen we onze waarden uit een convexe curve die voortkomt uit relatieve toepassing van de mutatiegraad op wat er uit een voorgaand jaar overgebleven is.

Zie Tabel 21 voor de gehanteerde percentages.

Tabel 21 – Adoptiegraad en ingroeipad in de verschillende zichtjaren.

Zichtjaar	Adoptiegraad	Ingroeipad natuurlijke momenten normering
2030	15 %	20%
2035	30 %	56%
2040	45 %	75%

Adoptie van maatregelen op basis van rentabiliteit (terugverdientijd) passen we eerst toe, daarna volgt normering. De beleidsinstrumenten voor normering hebben enige wisselwerking onderling, qua volgorde en met de uiteindelijke CO₂-beprijzing in het hele beleidspakket. Daarom kunnen de getallen met aantallen huishoudens verschillen tussen de verschillende beleidspakketten.