

Operationele kosten TEO systemen Oog in Al

24-9-2025

Franca Majoor



Inhoudsopgave

Deze rapportage is verdeeld in de volgende onderdelen:

1. Oog in Al: panden binnen en buiten scope
2. Aanpak & uitgangspunten
3. Resultaten



1. Inleiding

Oog voor Warmte werkt aan de ontwikkeling van een aquathermie warmtenet in de buurt Oog in Al. Binnenkort willen zij een keuze maken tussen verschillende systemen. Hiervoor hebben zij informatie nodig over de operationele kosten hiervan.

Voor deze vraag berekenen wij de totale nationale kosten en *total cost of ownership* van een warmtenet en bronnet met een aquathermiebron in het Amsterdam-Rijnkanaal.

1. Oog in Al



Panden binnen en buiten scope

Op de kaart hiernaast is aangegeven welke panden buiten scope (blauw) zijn. Dit zijn enkele panden die al aardgasvrij zijn:

- Enkele nieuwbouw panden;
- De 2e Marnix school aan de Dantelaan.

Voor deze panden worden geen kosten gerekend om aan te sluiten op de collectieve warmtesystemen.

Met de oranje punt wordt aangegeven waar de opweklocatie van een aquathermiebron aan het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) ligt. Dit is dezelfde locatie als in de eerder uitgevoerde haalbaarheidsstudie.



2. Aanpak & uitgangspunten



Warmtetool - werking

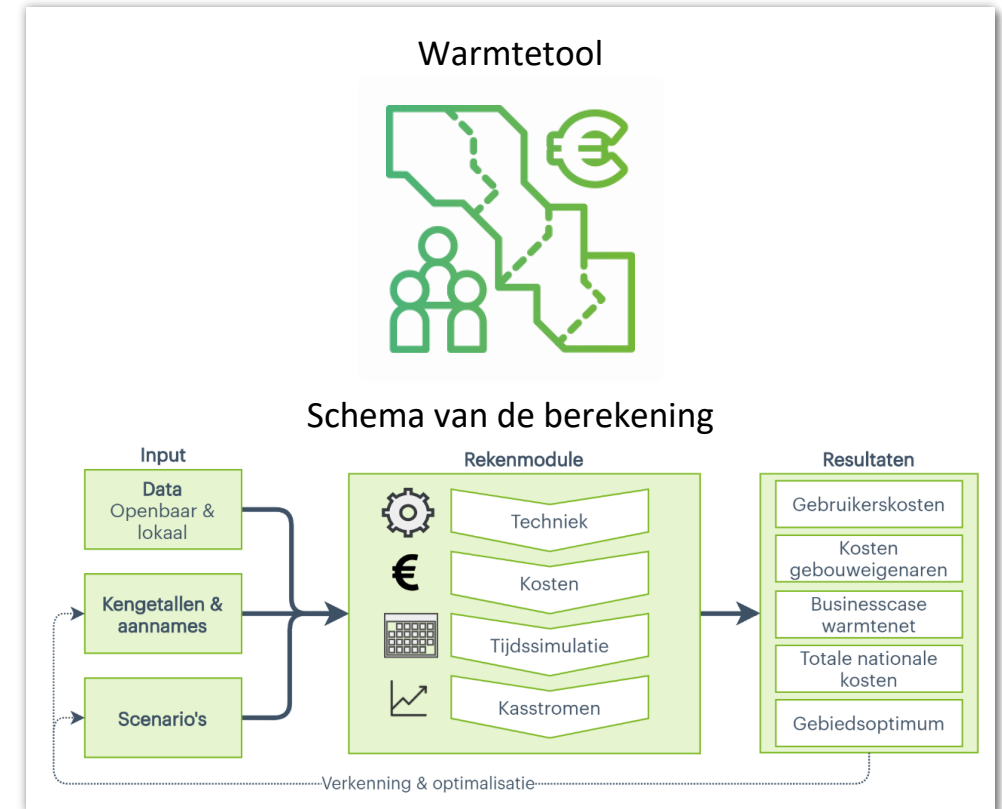
Alle verschillende warmteoplossingen zijn geanalyseerd met de **Warmtetool**.

De Warmtetool is een **rekenmodel** waarmee de implicaties en effecten van verschillende **duurzame warmtetechnieken** voor specifieke **gebieden** kan worden vergeleken. Het rekenmodel houdt rekening met de karakteristieken van gebouwen, straten en andere elementen in de buurt.

Voorbeelden van Warmtetool inzichten zijn:

- Totale nationale kosten
- Total cost of ownership
- CO₂-reductie
- Elektriciteitsvraag

Voor de buurt Oog in Al zijn twee verschillende collectieve systemen doorgerekend.



Warmtetoel – aandachtspunt resultaten

Disclaimer

De gepresenteerde resultaten zijn gebaseerd op een data-gedreven scenario-analyse. Op basis hiervan ontstaat een beeld van de kansrijkheid van verschillende technieken, maar kan geen sluitende conclusie geformuleerd worden over technische of economische haalbaarheid. Het gaat om indicatieve resultaten die om twee hoofdredenen een mate van onzekerheid met zich meebrengen:

Minder nauwkeurige waarden in de data en kengetallen zoals warmtevraag per gebouw.

Ondanks onze rekenmethodes die frequent geüpdatet worden, blijven de waarden van bijvoorbeeld prijsontwikkelingen en participatiegraad aannames.

Dit betekent dat de resultaten vooral geschikt zijn om scenario's per buurt onderling te vergelijken. **Bij de interpretatie van de resultaten als absoluut en opzichzelfstaand, dient rekening gehouden te worden met onzekerheidsmarge van 40%. Om te beoordelen of het relatieve verschil tussen scenario's significant is dient rekening te worden gehouden met een marge van 20%.**

Daarnaast zijn alle resultaten gemiddelden op buurniveau. Wanneer naar specifieke woningen wordt gekeken kunnen er grote verschillen optreden tussen de woningen.

Warmtetoel – uitgangspunten

Hieronder de uitgangspunten en aannames voor onze analyse:

Technisch

- Woningen en gebouwen worden tot minimaal schillabel B geïsoleerd.
- Bij een warmtenet wordt de piekvraag (en back-up) voorzien door aardgasketels. Bij een bronnet is er geen piek- en back-upstelsel.
- We rekenen twee varianten door voor de verdeling van het gelijktijdig piekvermogen tussen de piek- en basisbron: 30% basisbron/70% piekbron en 25% basisbron/75% piekbron.
- Bij zeer laag temperatuur warmtenetten (bronnet) wordt ruimteverwarming en tapwater voorzien d.m.v. een warmtepomp in de woning.
- Aansluiting op het warmtenet (individueel per woning of collectief per gebouw) is gelijk aan de huidige situatie. Benodigd in pandig leidingwerk hiervoor is begroot.
- Een Woningequivalent (WEQ) is gelijk aan 42 GJ/jaar. Dit is de gemiddelde huidige warmtevraag van een woning in Oog in Al. (Ter info: na isoleren tot label B is dit gemiddeld 36 GJ/jaar)

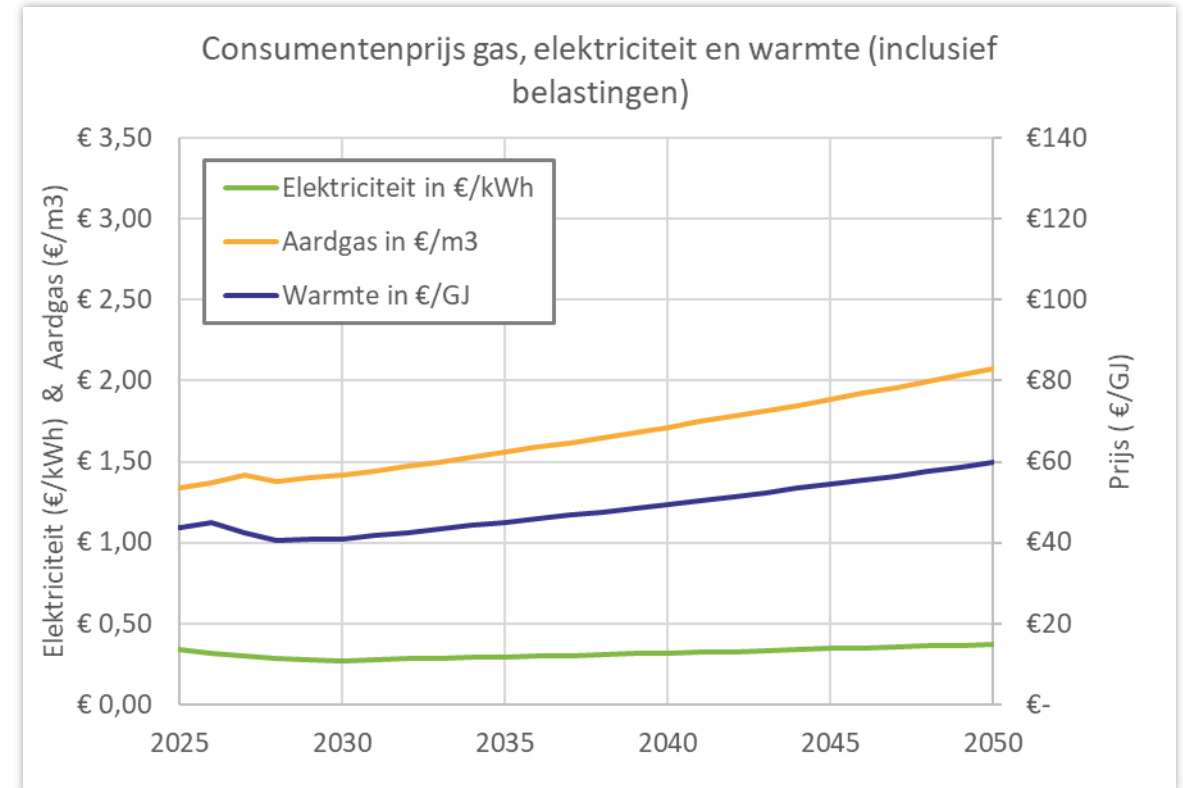
Financieel

- Bij warmtenetten is uitgegaan van een participatiegraad van 80% en een vollooptijd van 5 jaar.
- De looptijd van de berekeningen is 30 jaar. Restwaarde van investeringen na 30 jaar worden meegenomen als positieve kasstroom.
- We rekenen twee varianten door voor het rendement van het de warmte-exploitant: 2,5% en 3,5%. Dit bepaalt de aansluitbijdrage (BAK). Wanneer de BAK gelijk is aan de mogelijke subsidie en nog steeds een hoger rendement wordt berekend dan 2,5% of 3,5% wordt er een korting berekend op eerst het vastrecht en daarna het warmtetarief.
- Inflatie 2,0% (beleid ECB)
- Discontovoeten voor de Total Cost of Ownership (TCO) berekening.
 - Discontovoet warmtenet exploitant: 2,5% of 3,5% (= rendementseis)
 - Discontovoet gebouw eigenaar en eindgebruiker: 3,5%
 - Discontovoet maatschappij: 3,0%
- Subsidies: WIS-subsidie (leidingwerk bij warmtenet), SDE++ (warmtebronnen bij warmtenet) en ISDE (isolatie, warmtepompen en aansluiting warmtenet)

Warmtetoel – uitgangspunten

Energietarieven

- De gehanteerde gas- en elektriciteitstarieven zijn gebaseerd op de huidige energiemarkt en recent opgestelde prognoses voor de toekomst (peildatum voorjaar 2025).
 - Tot en met 2028 is gerekend met de gemiddelde handelsprijs op de energiemarkt van de afgelopen tijd.
 - Daarna is deze prijs geëxtrapoleerd o.b.v. voorspellingen uit de Klimaat- en Energieverkenning (PBL) tot 2030.
 - Vanaf 2030 is een standaard inflatie van 2% aangenomen.
- Belastingen zijn gebaseerd op tarieven van de belastingdienst en het belastingplan.



Warmteconcepten

Voor Oog in Al zijn de volgende warmteconcepten doorgerekend:

- Midden temperatuur-warmtenet met WKO + TEO uit het Amsterdam Rijnkanaal
- Zeer lage temperatuur-warmtenet (bronnet) met WKO + TEO uit het Amsterdam Rijnkanaal

Warmtescenario's

Voor de buurt Oog in Al hebben we de volgende variaties op het warmtenet- en bronnet-concept doorgerekend.

Oog in Al	Temperatuur afgifte in de woning	Isolatie niveau (schillabel)	LT-afgiftesysteem	Discontovoet	Verhouding piek-/basisbron
Warmtenet	55	B	Halve woning	3,5%	75%/25%
	60	B	Halve woning	2,5%	70%/30%
	60	B	Halve woning	3,5%	70%/30%
	60	B	Halve woning	2,5%	75%/25%
	60	B	Halve woning	3,5%	75%/25%
Bronnet	45	A	Gehele woning	3,5%	- *
	60	B	Halve woning	2,5%	- *
	60	B	Halve woning	3,5%	- *

* Bij een bronnet is er geen centrale piek- of back-up installatie.

3. Resultaten

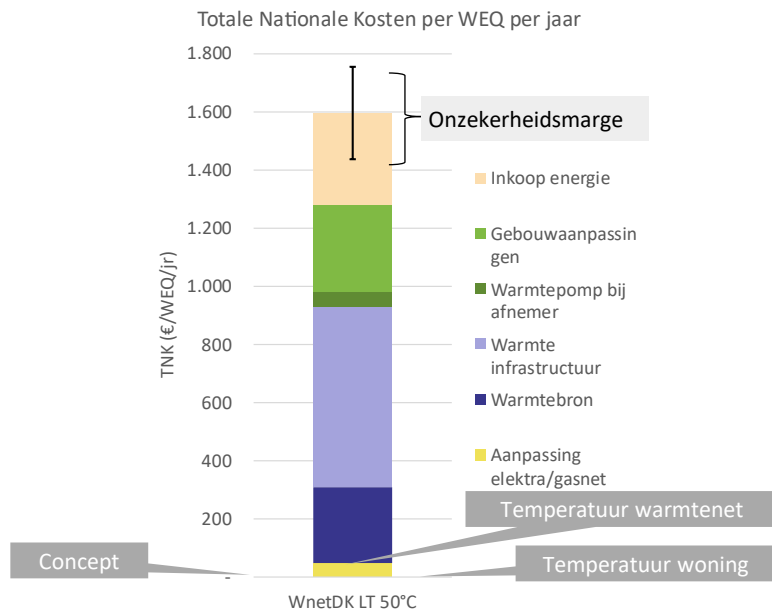


Toelichting – Resultaten kostencriteria

Totale Nationale Kosten (TNK)

Nationale kosten zijn de totale kosten in Nederland van alle maatregelen die nodig zijn om een scenario uit te voeren, voor aanleg en gebruik, **ongeacht wie die kosten betaalt**, inclusief de baten van energiebesparing, maar exclusief binnenlandse kasstromen zoals belastingen, heffingen, subsidies en de warmterekening. Op deze manier kunnen concepten goed vergeleken worden op de maatschappelijke kosten.

De TNK is berekend over 30 jaar en teruggebracht naar een bedrag per WEQ (woningequivalent) per jaar. Deze kosten zijn verdisconteerd over de tijd. Dit wil zeggen dat er rekening gehouden wordt met de waarde van het product in de toekomst. 1 WEQ is gelijk 30 GJ/jaar.

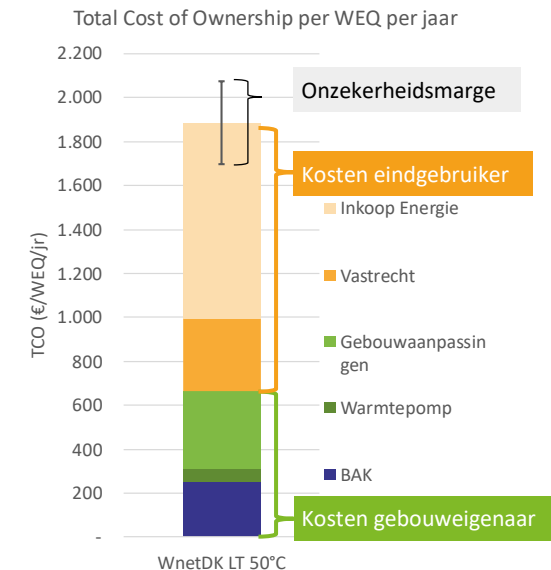


Total Cost of Ownership

Total cost of ownership kosten zijn de totale kosten die de eigenaar/gebruiker van een woning betaalt, inclusief btw en subsidies.

De kosten voor de **gebouweigenaar** bestaan uit de investeringskosten voor bijvoorbeeld aansluiting op een warmtenet, de aanschaf van een warmtepomp of isolatiemaatregelen en de bijbehorende ISDE-subsidies. De kosten voor de **eindgebruiker** zijn de doorlopende kosten, ook wel de energierekening.

De TCO is berekend over 30 jaar en teruggebracht naar een bedrag per WEQ per jaar. Deze kosten zijn verdisconteerd over de tijd. Dit wil zeggen dat er rekening gehouden wordt met de waarde van het product in de toekomst. 1 WEQ is gelijk 30 GJ/jaar.



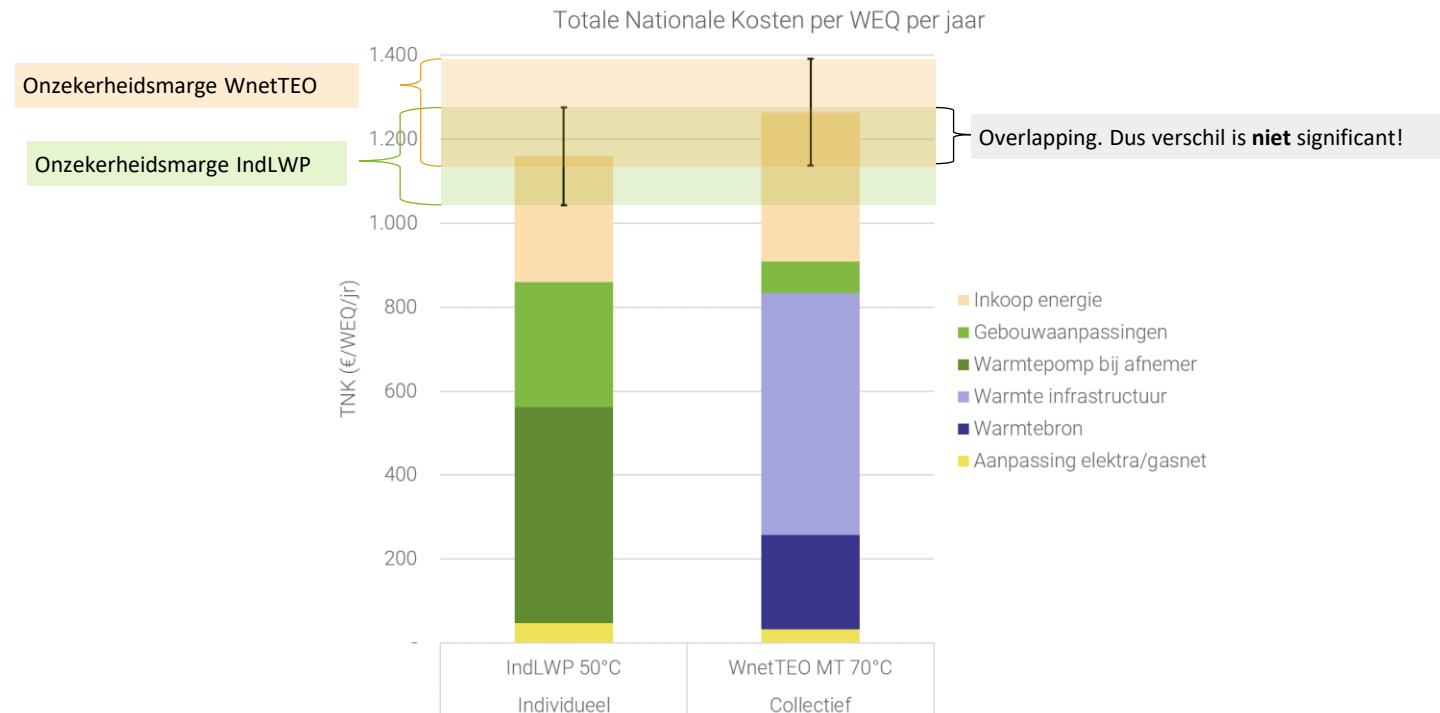
Toelichting – Onzekerheidsmarge

Onzekerheidsmarge

Ondanks onze rekenmethodes die frequent geüpdatet worden, blijven de waarden van bijvoorbeeld prijsontwikkelingen en participatiegraad aannames.

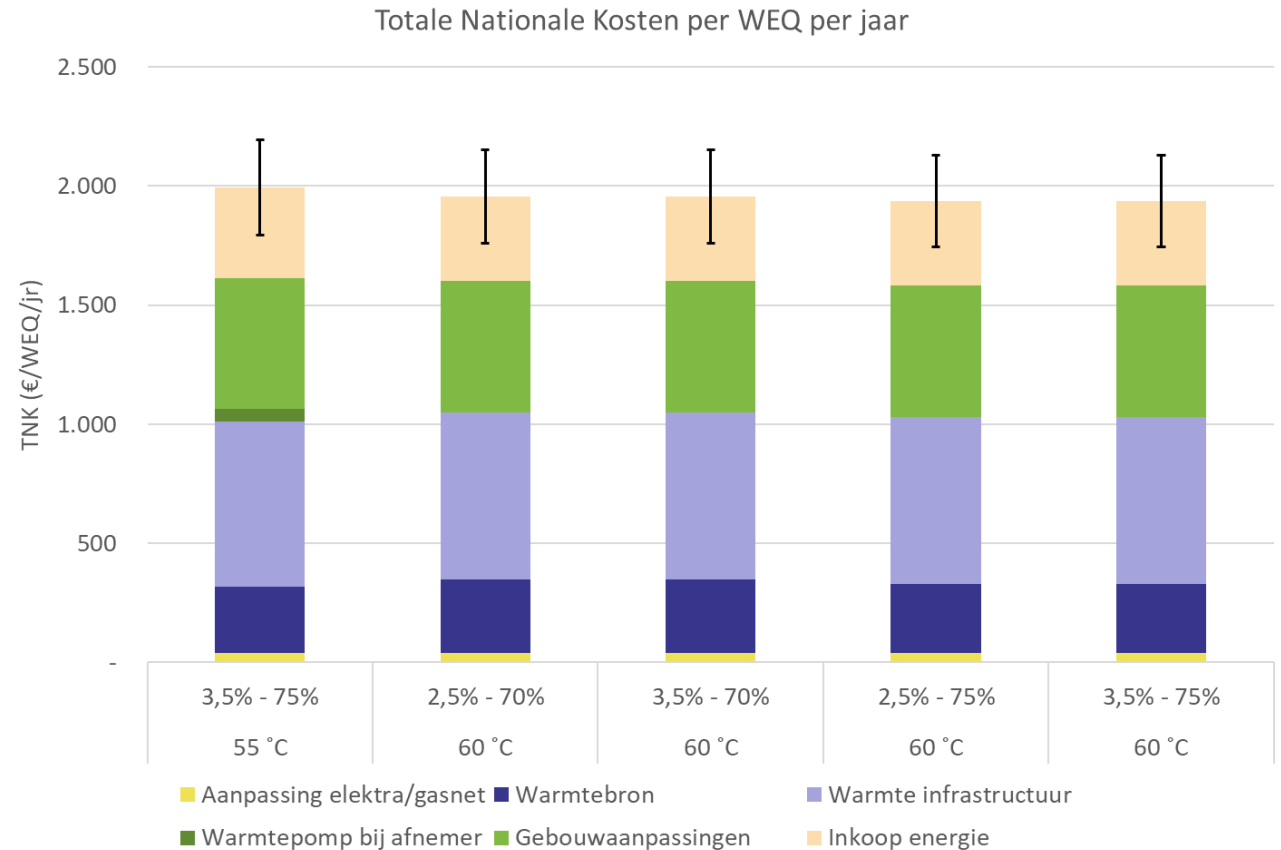
Dit betekent dat de resultaten vooral geschikt zijn om scenario's per buurt onderling te vergelijken. Bij de interpretatie van de resultaten als absoluut en opzichzelfstaand, dient rekening gehouden te worden met onzekerheidsmarge van 40%. Om te beoordelen of het relatieve verschil tussen scenario's significant is dient rekening te worden gehouden met een marge van 20%.

Om dit visueel te maken, worden de resultaten weergegeven met een onzekerheidsmarge. Deze balken geven de onzekerheid van + en – 10% weer op het resultaat van elk van de concepten. Wanneer de balk overlapt met de balk van een ander concept is het resultaat niet significant, omdat het verschil minder is dan 20% (2x 10% marge). Zie onderstaande afbeelding voor een voorbeeld van een niet significant verschil. Wanneer de balken onderling niet overlappen is het verschil significant.



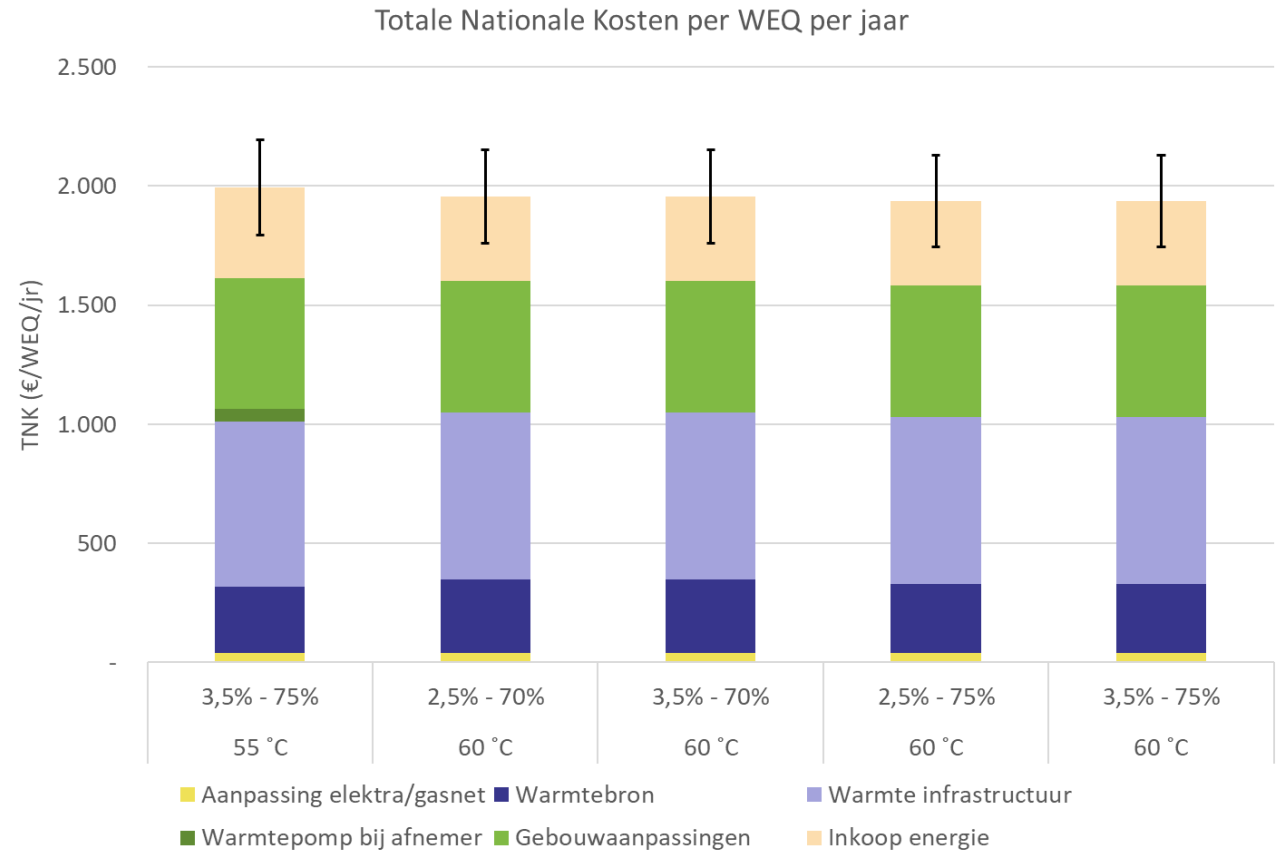
Totale Nationale kosten – warmtenet (1/2)

- In de grafiek staan de totale nationale kosten van het 55 en 60 graden-warmtenet in Oog in Al. De percentages onderaan geven als eerst het rendement van het warmtebedrijf aan, en als tweede het aandeel van de totale piekvermogen dat de piekbron voorziet.
- Het veranderen van het rendement van het warmtebedrijf verandert de TNK logischerwijs niet, omdat dit geen interne kasstromen bevat.
- De TNK van het net op 55 graden zijn iets hoger door
 - extra kosten voor de tapwaterinstallatie bij de afnemer (naverwarmer bij woningen)
 - er iets hogere kosten zijn voor de inkoop van energie omdat het systeem in zijn geheel iets minder efficiënt is met een extra warmtepomp bij de afnemer
 - deze kosten niet opwegen tegen de iets lagere kosten van de bron



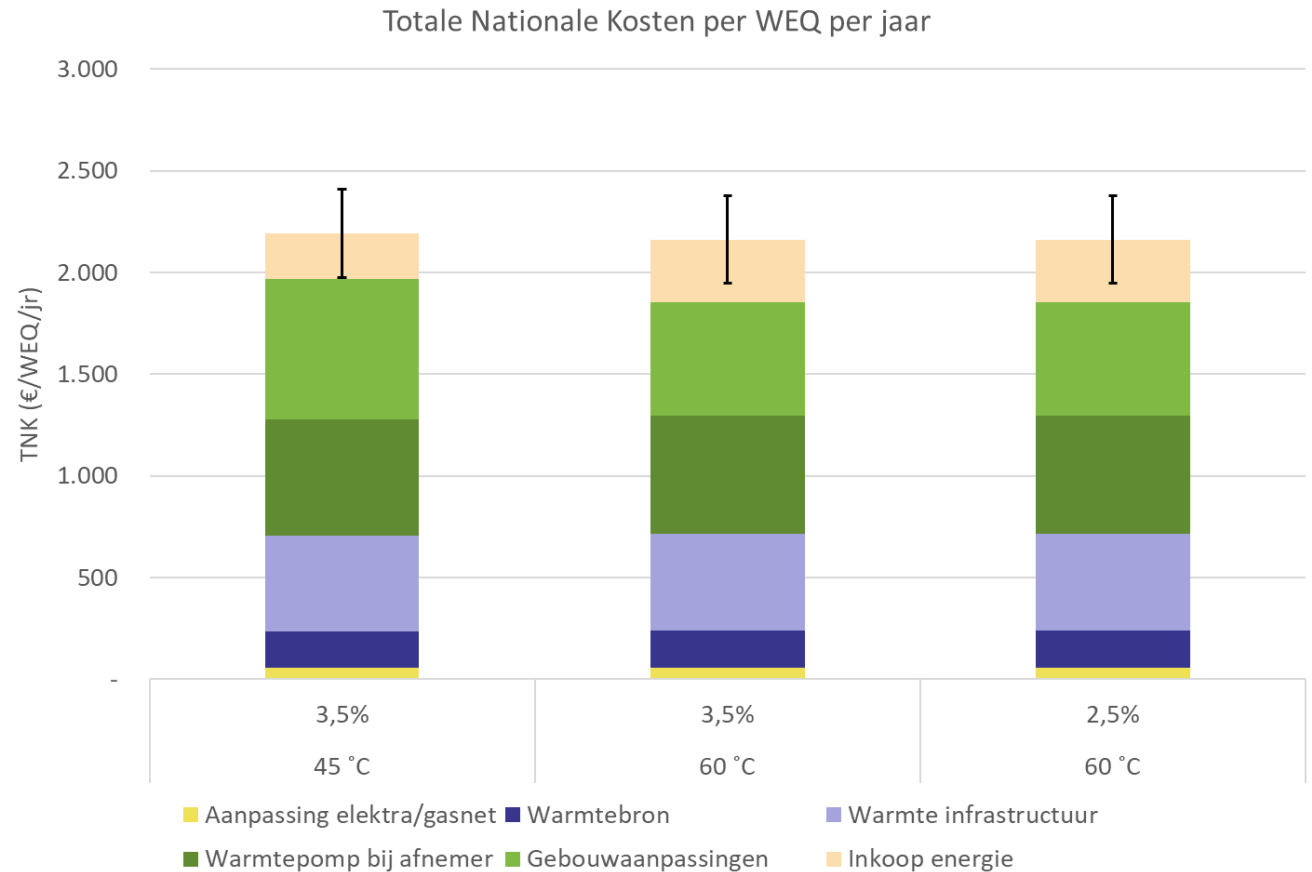
Totale Nationale kosten – warmtenet (2/2)

- In het systeem fungeert de piekbron ook als back-up. Het opgestelde vermogen van de piekbron is daardoor altijd 100% van de piekvraag. Het verhogen van de inzet van de piekbron verandert dus niet de grootte van de piek-installatie. Wel verandert het de grootte van de basisbron (lagere kosten voor warmtebron) en de inzet van de piek- en basisbron (lagere kosten inkoop energie). De verschillen tussen 70 en 75% inzet zijn heel erg klein. We hebben niet expliciet gekeken naar warmtebuffers.



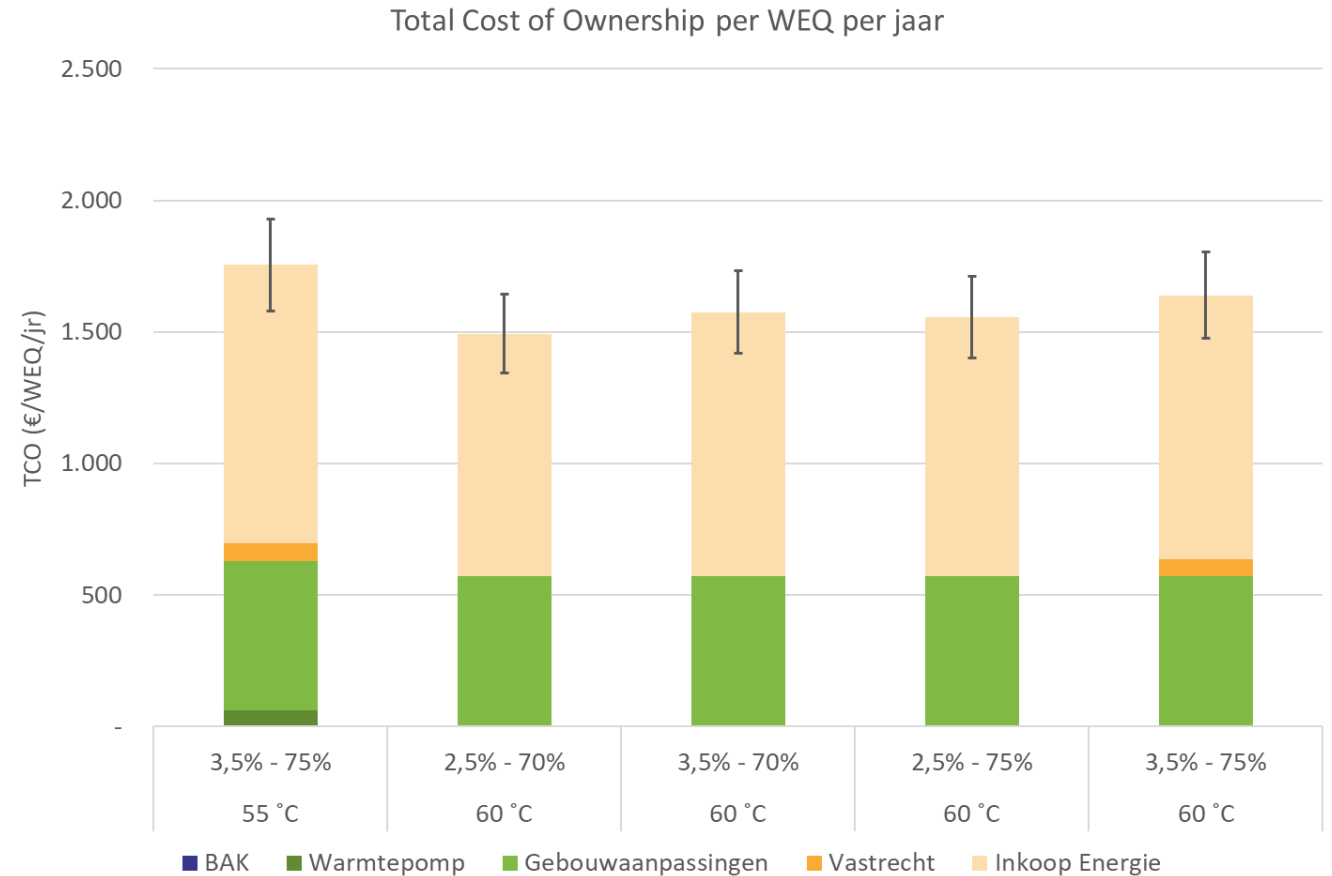
Totale Nationale kosten – bronnet

- In de grafiek staan de totale nationale kosten van het 45 en 60 graden-bronnet in Oog in Al. De percentages onderaan geven het rendement van het warmtebedrijf aan.
- Het veranderen van het rendement van het warmtebedrijf verandert de TNK logischerwijs niet, omdat dit geen interne kasstromen bevat.
- De TNK van het systeem op 45 graden is iets hoger door
 - Extra kosten om te isoleren tot label A ipv B
 - Deze kosten niet opwegen tegen de lagere kosten voor de warmtebron, de goedkopere warmtepomp bij de afnemer en de lagere kosten voor inkoop van energie.



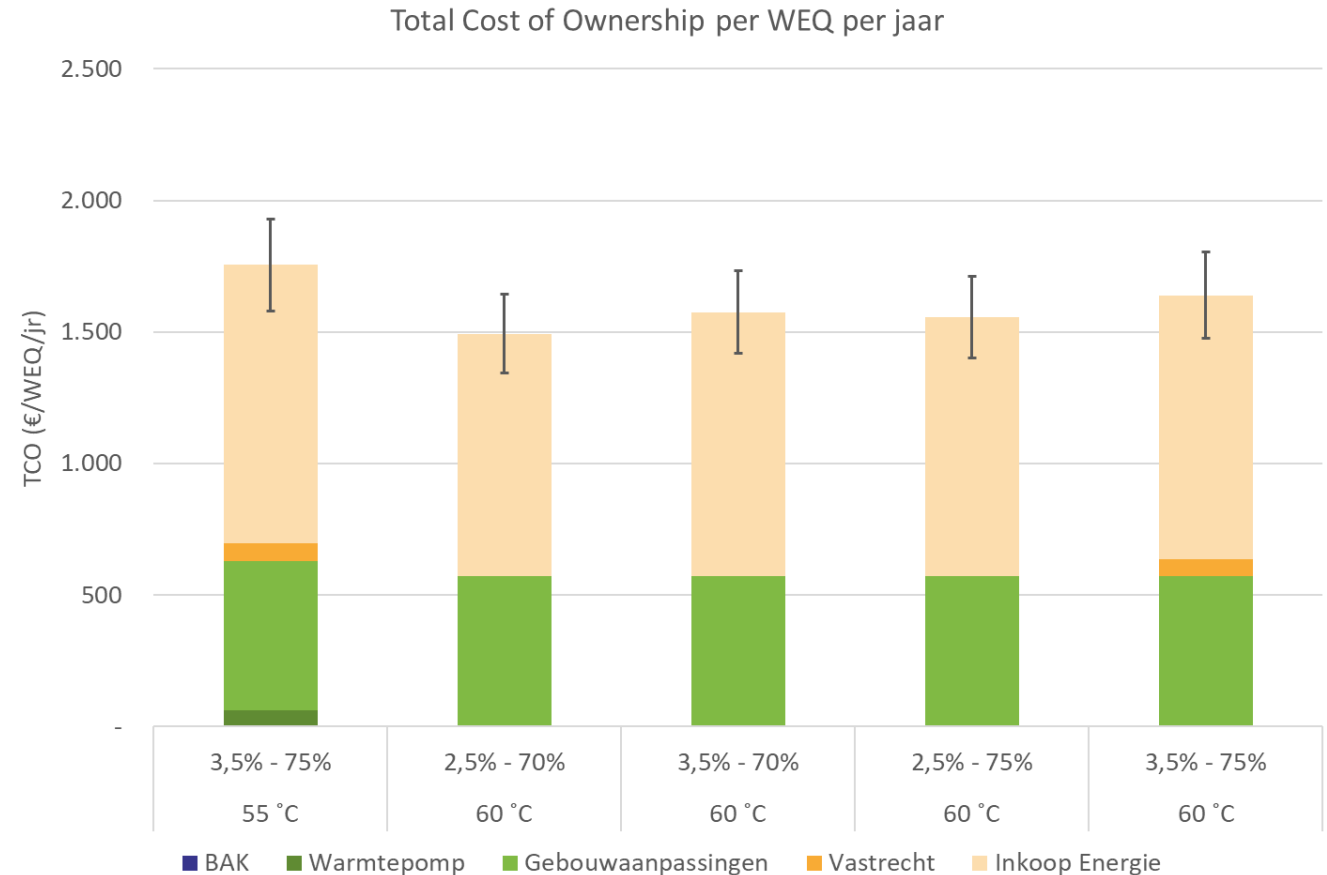
Total Cost of Ownership – warmtenet (1/3)

- In de grafiek staan de totale nationale kosten van het 55 en 60 graden-warmtenet in Oog in Al. De percentages onderaan geven als eerst het rendement van het warmtebedrijf aan, en als tweede het aandeel van de totale piekvermogen dat de piekbron voorziet.
- In de berekening nemen we de bijdrage aansluitkosten (BAK) als sluitpost. We nemen aan dat deze altijd minimaal gelijk is aan de subsidie die je hiervoor kunt krijgen. We zien dat de business case sluit zonder een grotere BAK te rekenen. In drie van de varianten ook zonder vastrecht.



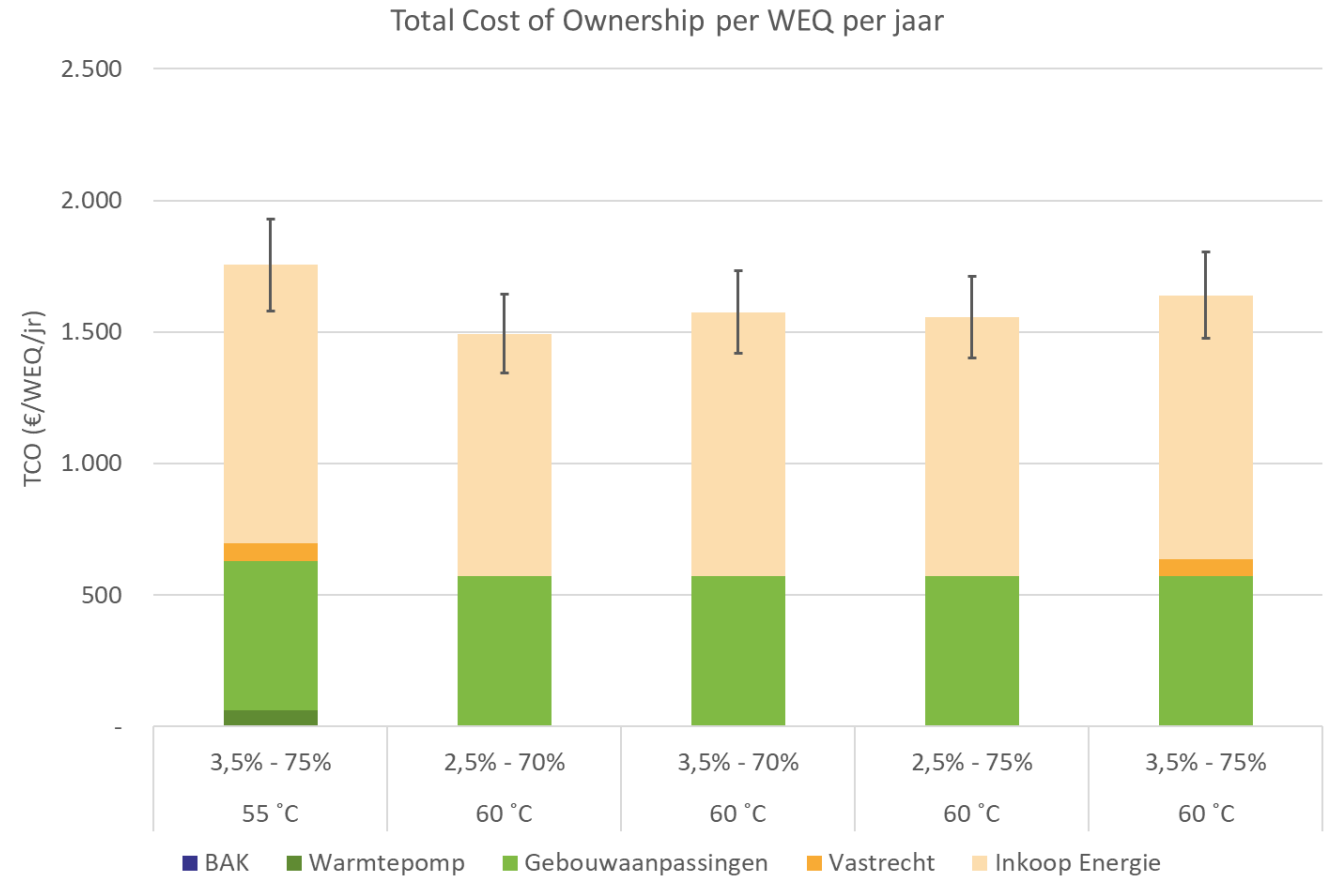
Total Cost of Ownership – warmtenet (2/3)

- De eindgebruikerskosten bestaan verder enkel uit gebouwaanpassingen en inkoop van energie. De gebouwaanpassingen bestaan uit isolatie tot minimaal label B en aanpassen van het afgiftesysteem in de helft van de woning zodat het geschikt is voor lage temperatuur verwarming.
- Het verhogen van het rendement van het warmtebedrijf betekent dat die kosten doorrekenen in de BAK, het vastrecht of het warmtetarief. Hier zie je dit terug in hogere kosten voor vastrecht en/of inkoop van energie.
- Het verhogen van de inzet van de piekbron verhoogt de TCO, omdat aardgas duurder is per GJ dan de TEO/WKO bron.



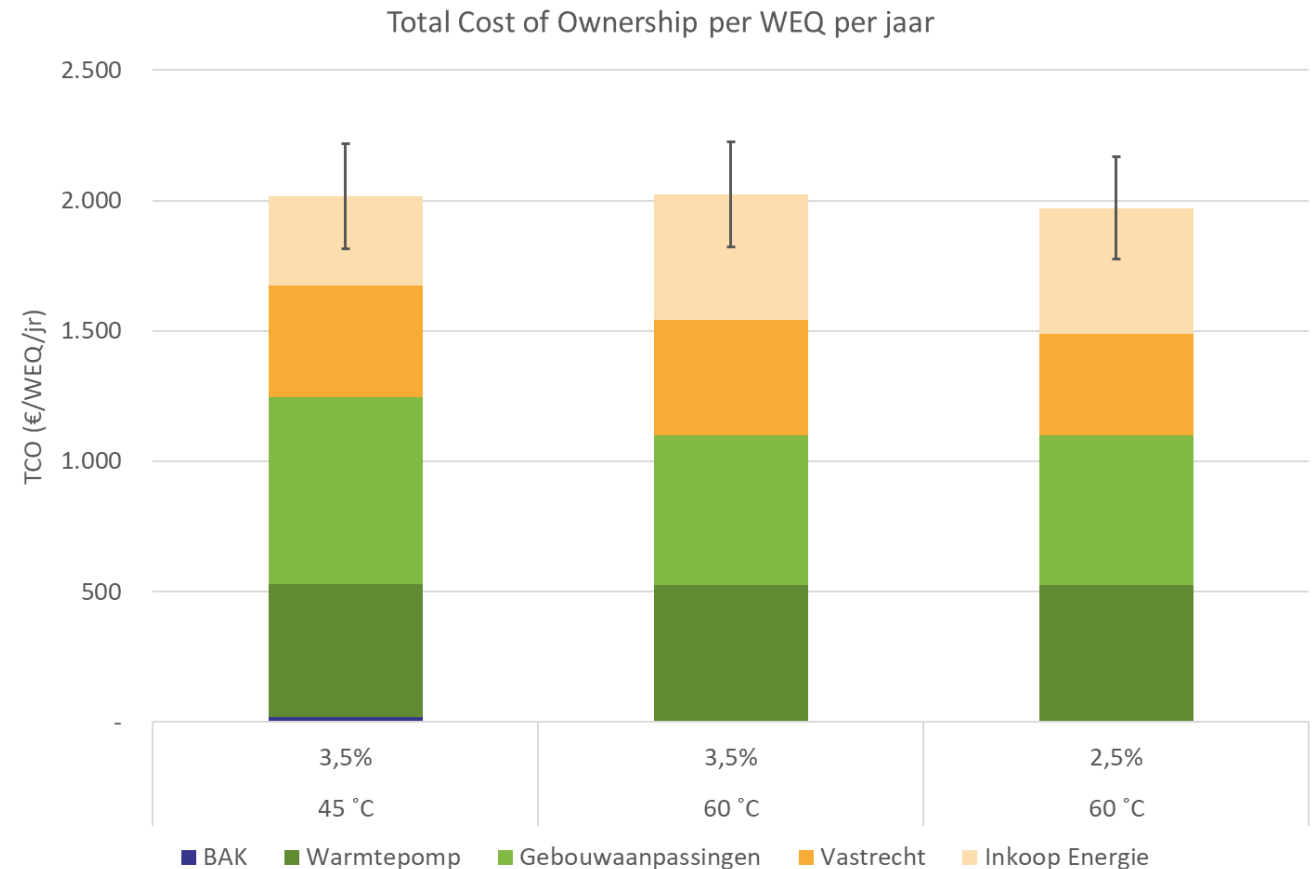
Total Cost of Ownership – warmtenet (3/3)

- De TCO van het net op 55 graden is iets hoger door
 - extra kosten voor de tapwaterinstallatie bij de afnemer
 - er iets hogere kosten zijn voor de inkoop van energie omdat het systeem in zijn geheel iets minder efficiënt is met een extra warmtepomp.



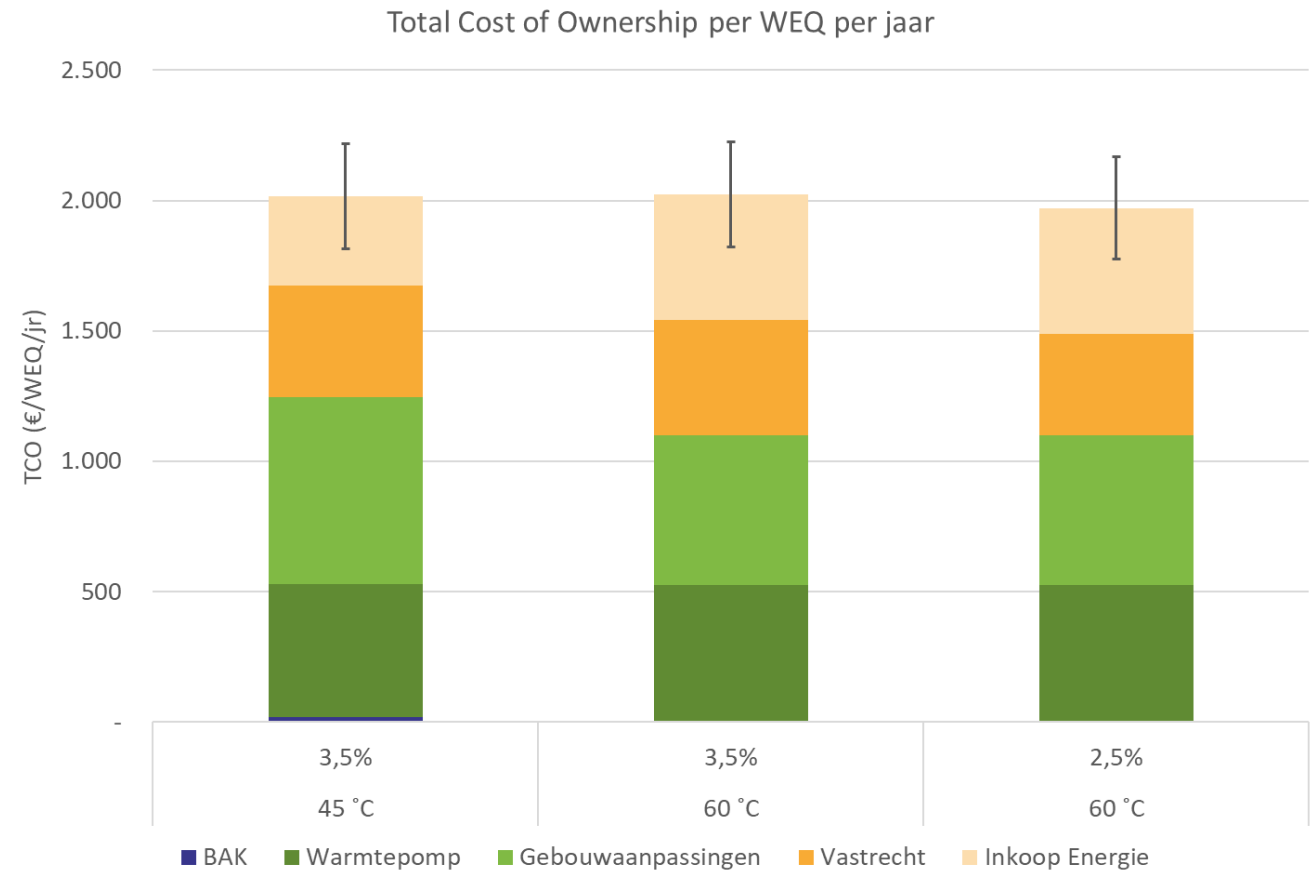
Total Cost of Ownership – bronnet (1/3)

- In de grafiek staan de totale nationale kosten van het 45 en 60 graden-bronnet in Oog in Al. De percentages onderaan geven het rendement van het warmtebedrijf aan.
- In de berekening nemen we de bijdrage aansluitkosten (BAK) als sluitpost. We nemen aan dat deze altijd minimaal gelijk is aan de subsidie die je hiervoor kunt krijgen. We zien dat de business case sluit zonder een grotere BAK. In tegenstelling tot bij het warmtenet wordt er wel in elke variant een vastrecht gerekend.



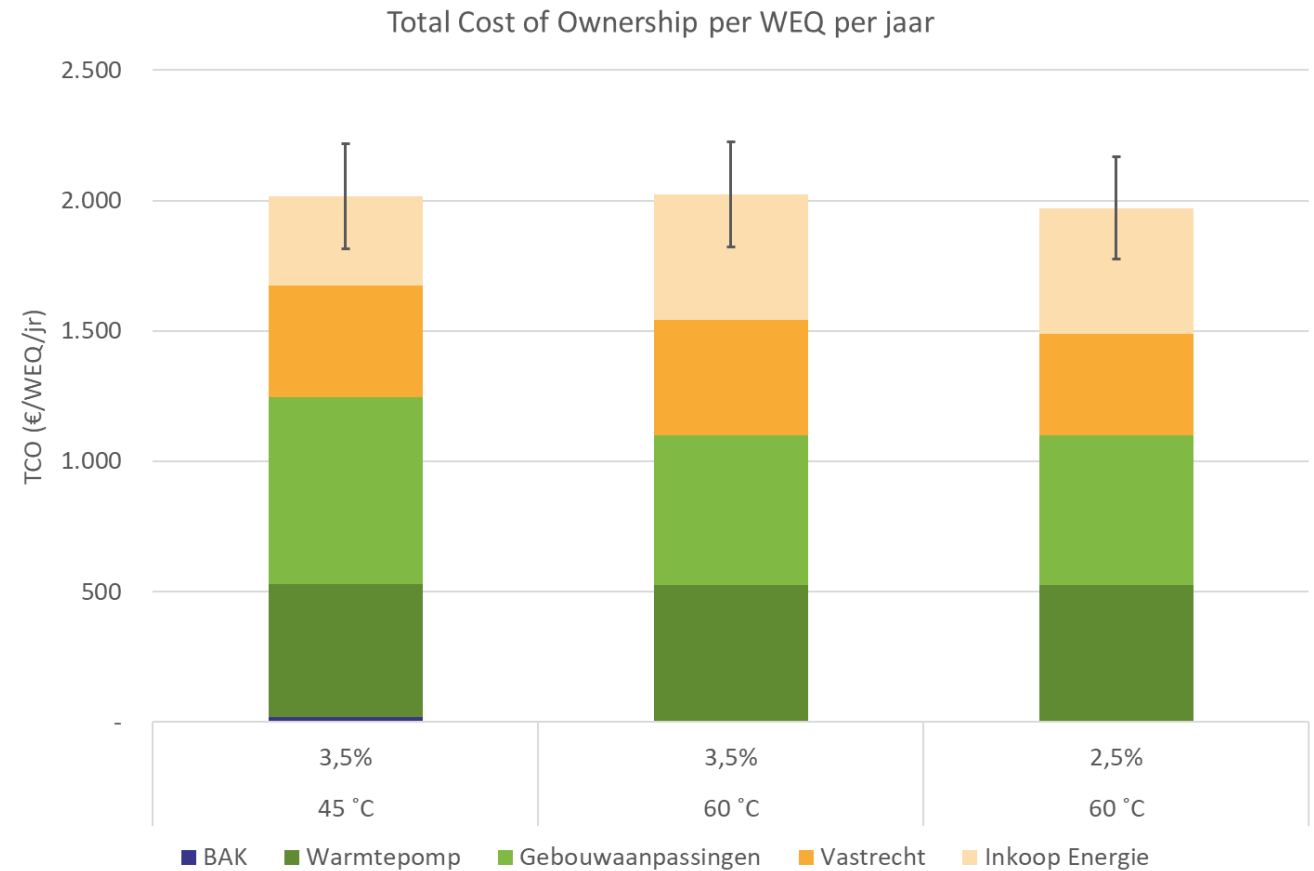
Total Cost of Ownership – bronnnet (2/3)

- De eindgebruikerskosten bestaan verder uit gebouwaanpassingen en inkoop van energie. De gebouwaanpassingen bestaan uit isolatie tot minimaal label B en aanpassen van het afgiftesysteem in de helft van de woning zodat het geschikt is voor lage temperatuur verwarming.
- Het verhogen van het rendement van het warmtebedrijf betekent dat die kosten doorrekenen in de BAK, het vastrecht of het warmtetarief. Hier zie je dit terug in een hoger vastrecht.



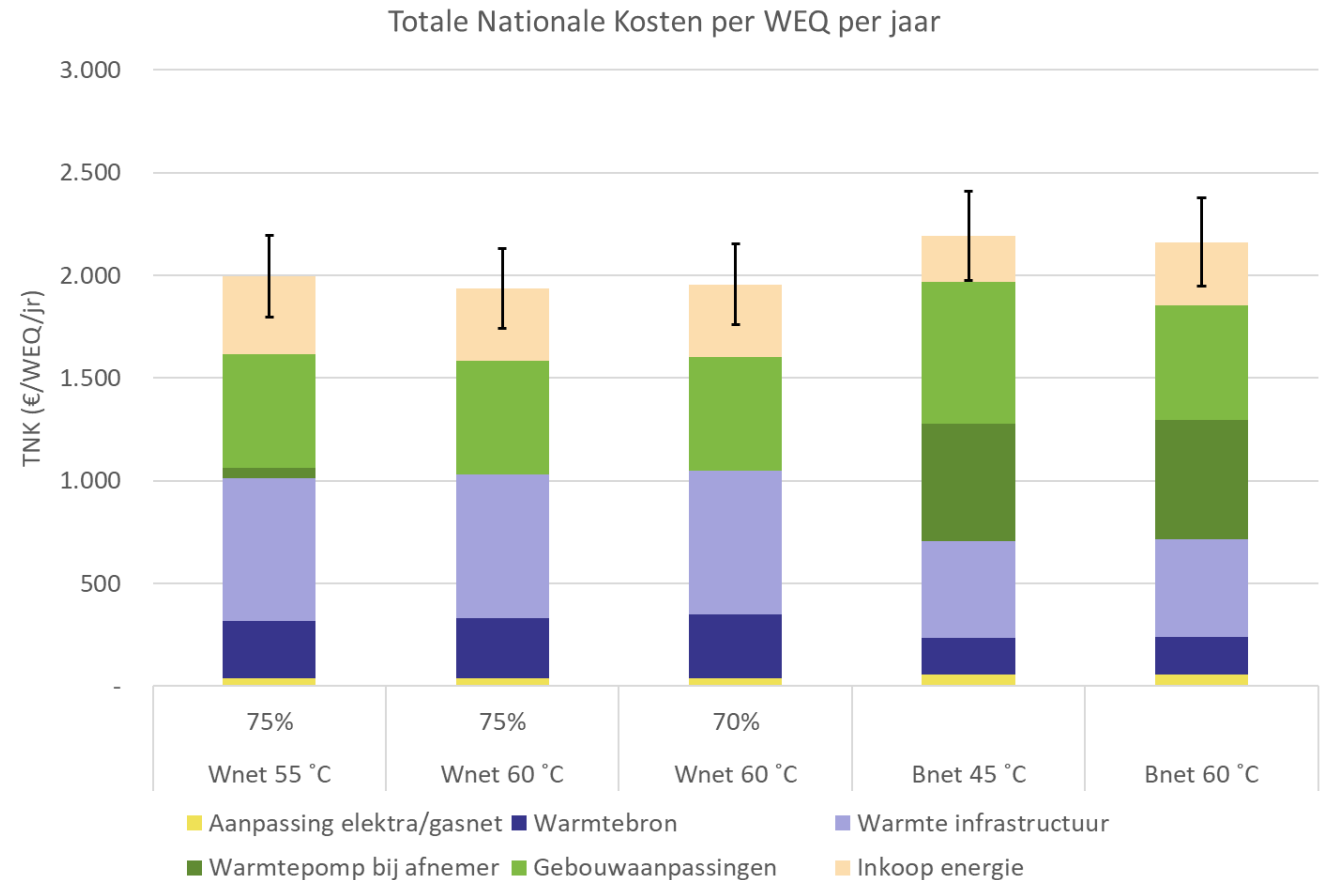
Total Cost of Ownership – bronnnet (3/3)

- De TCO van het net op 45 graden is iets hoger, dan het systeem op 60 graden bij 3,5% rendementseis, door
 - De hogere kosten voor het isoleren
 - Deze kosten niet opwegen tegen de lagere kosten voor de warmtepomp en minder inkoop van energie



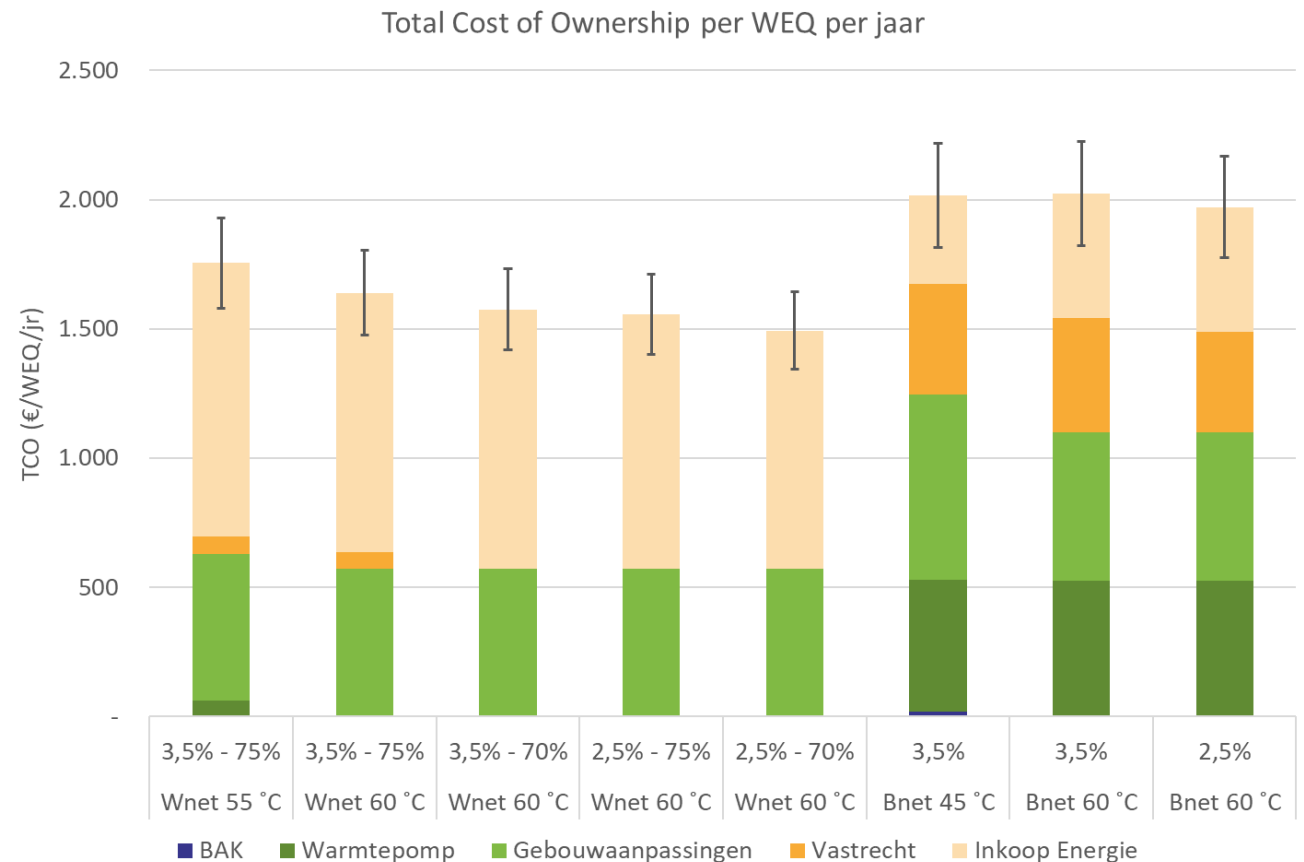
Totale Nationale kosten – warmtenet/bronnet

- In de grafiek staan de totale nationale kosten van het warmtenet en bronnet. Van het warmtenet zie je de varianten met 70% en 75% inzet van de piekbron.
- De kosten verschillen niet significant tussen het warmtenet en bronnet.



Total Cost of Ownership – warmtenet/bronnet

- In de grafiek staan de total cost of ownership van het warmtenet en bronnet. De percentages onderaan geven het rendement van het warmtebedrijf aan. Van het warmtenet zie je de varianten met 70% en 75% inzet van de piekbron.
- De kosten verschillen wel significant tussen
 - Bronnet 60 graden 3,5% - warmtenet 60 graden 3,5% met 70% inzet piek
 - Bronnet 60 graden 2,5% - warmtenet 60 graden 2,5% met 70% en 75% inzet piek
 - Bronnet 45 graden 3,5% - warmtenet 60 graden 2,5% met 70% en 75% inzet piek, en warmtenet 60 graden 3,5% met 70% inzet piek



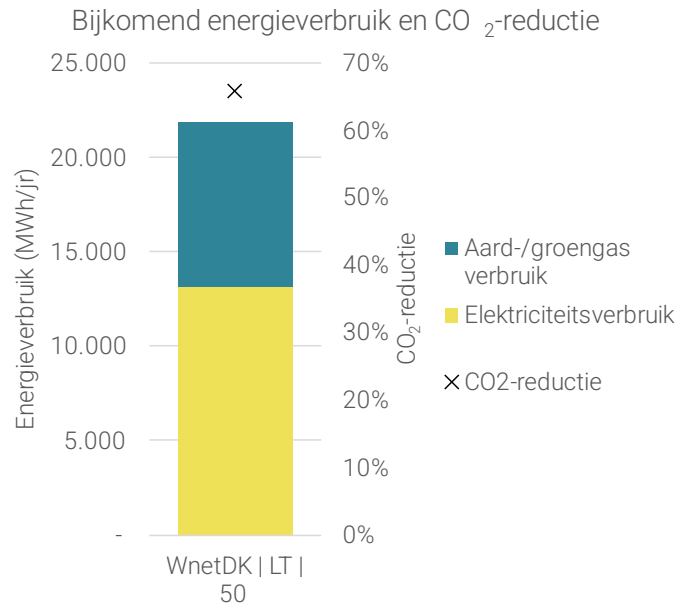
Toelichting – Resultaten energiecriteria

Bijkomend energieverbruik en CO₂-reductie

Het **energieverbruik** is al het gas- en elektriciteitsverbruik dat per jaar moet worden ingekocht voor de warmteoplossing. Dit is exclusief het elektraverbruik dat nodig is voor koken, verlichting en overige huishoudelijke apparaten.

De **CO₂-reductie** is berekend ten opzicht van de aardgasreferentie waarbij er geen isolatiemaatregelen worden toegepast. Voor de CO₂-uitstoot van elektriciteit wordt er uitgegaan van een prognose voor 2030 uit de KEV.

Het energieverbruik en de CO₂-reductie is berekend voor een jaar waarin alle aansluitingen zijn gerealiseerd.



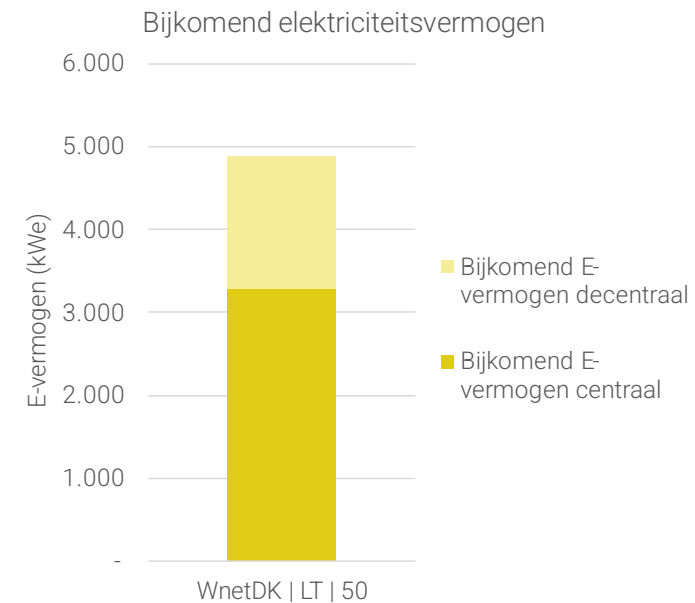
Bijkomend elektriciteitsvermogen

Het bijkomend elektriciteitsvermogen is al het vermogen dat extra nodig is voor de warmteoplossing. Dit is exclusief het vermogen dat nodig is voor koken, verlichting en overige huishoudelijke apparaten.

Decentraal vermogen is vermogen dat nodig is bij de woning zelf. Bijvoorbeeld bij een individuele lucht-waterwarmtepomp.

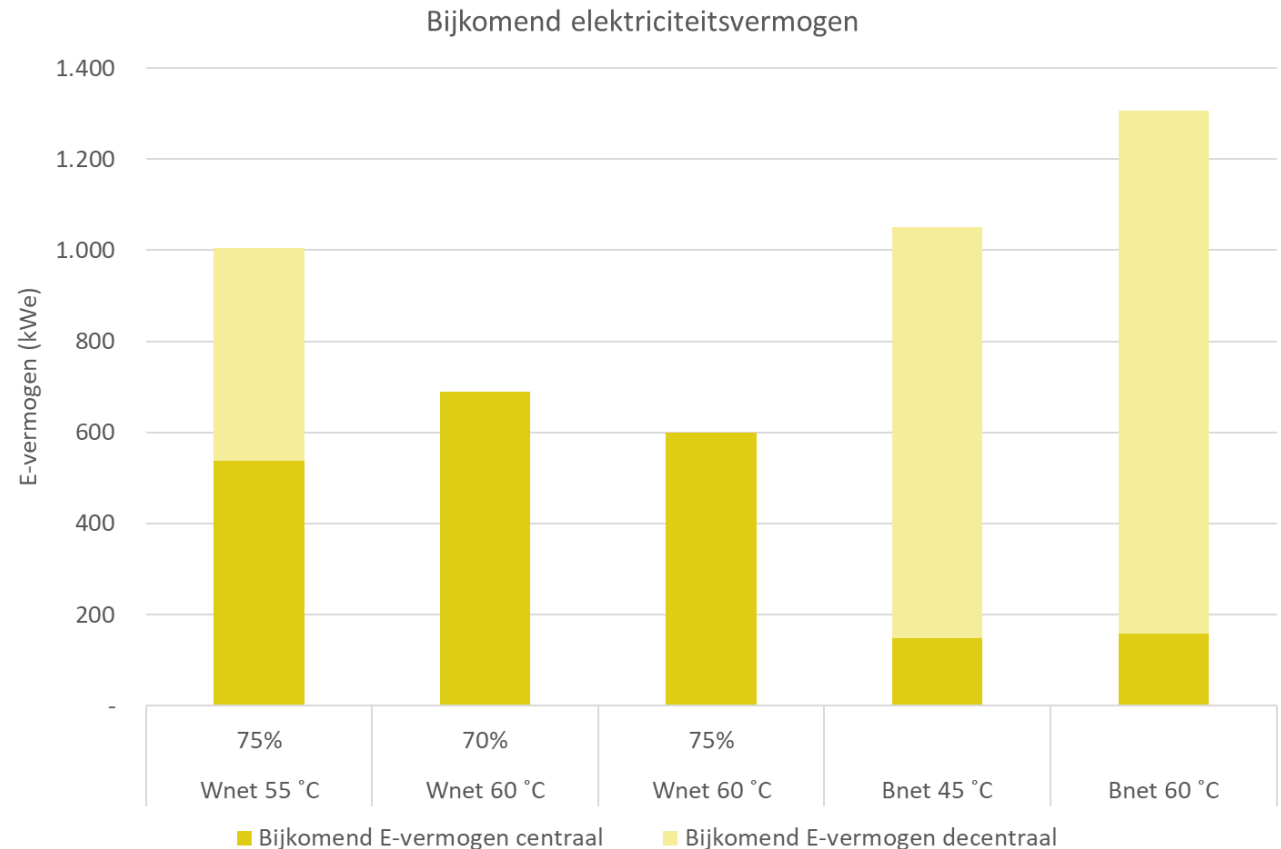
Centraal vermogen is vermogen dat nodig is op centraal niveau. Bijvoorbeeld voor centrale warmtepompen die een warmtenet voeden.

Het vermogen is berekend voor een jaar waarin alle aansluitingen zijn gerealiseerd.



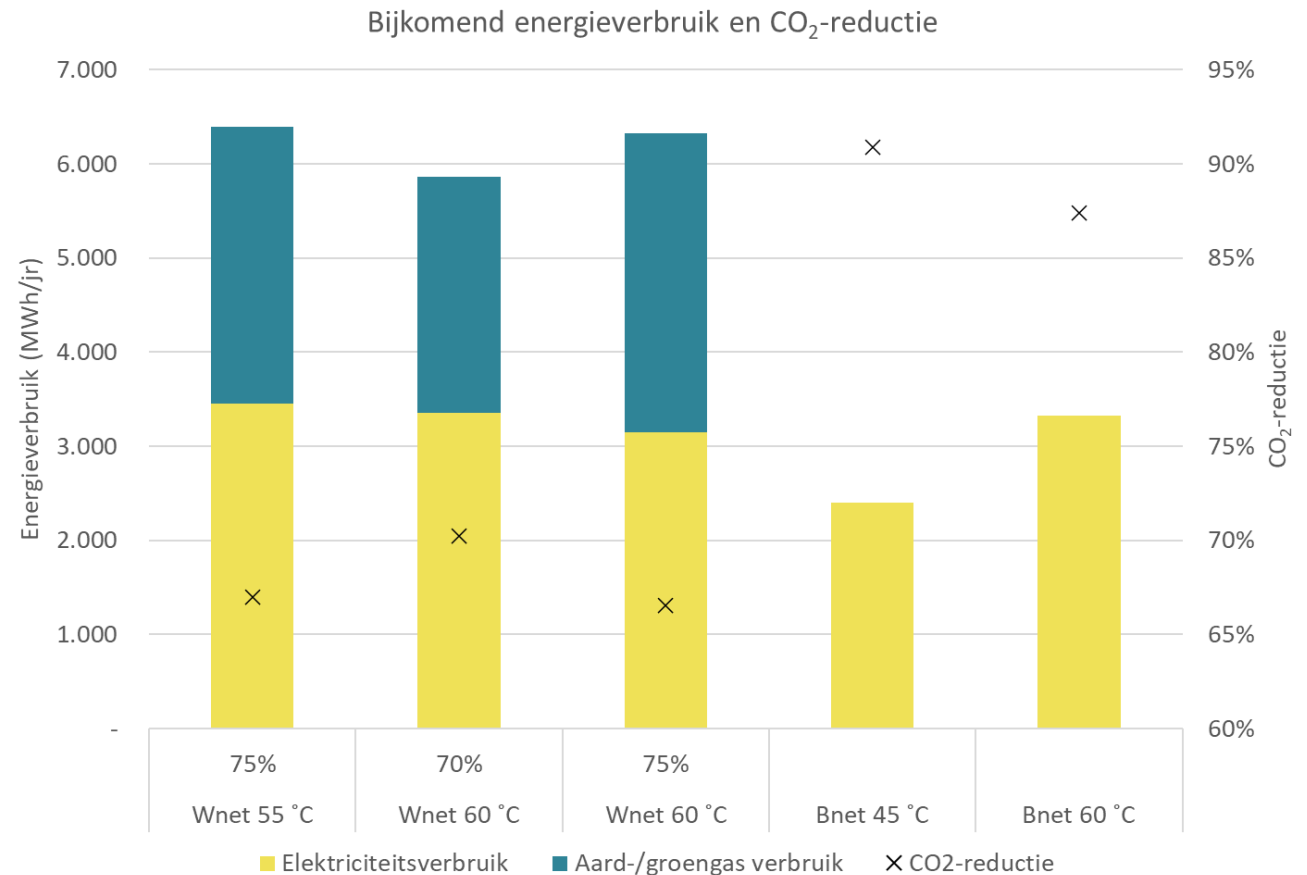
Duurzaamheid

- Het gaat hier om het totale aansluitvermogen dat de gebouwen nodig hebben. Bij een bronnet heeft elk gebouw een voldoende grote elektriciteitsaansluiting nodig om een warmtepomp te kunnen gebruiken op piekvermogen (decentraal). Het totale vermogen is dan de som van al deze vermogens en het vermogen voor bron en het rondpompen in de bronnetleidingen.
- Bij het MT-warmtenet wordt het piekvermogen van de centrale warmtepomp bepaald met een gelijktijdigheidsfactor (hoe meer aansluitingen hoe groter deze factor), omdat niet iedereen precies gelijktijdig een (piek)vraag heeft. Hierdoor is het totale vermogen niet simpel een som, maar dus met een factor die dit dempt. Bij 55 graden hebben de woningen ook een vermogen nodig voor de tapwaterinstallatie.



Duurzaamheid

- Het elektriciteitsverbruik tussen het 60 graden warmtenet en bronnet verschilt niet veel. Bij het bronnet wordt 100% van de warmtevraag voorzien door elektriciteit. Bij het warmtenet is dit ongeveer 80% van de totale warmtevraag (afhankelijk van aandeel dat de basisbron invult). Het elektriciteitsverbruik zou dan minder moeten zijn dan bij het bronnet, echter moet er in het warmtenet bij de centrale warmtepomp een hogere temperatuur worden gemaakt dan 60 graden omdat er warmteverlies is bij de transport naar de woningen (in de woningen wil je 60 graden afgifte). Ook is de COP dan net iets lager. Dit zorgt ervoor dat er weer meer elektriciteit wordt verbruikt.



Duurzaamheid

- In het warmtenet wordt een deel van de warmtevraag ingevuld door aardgasverbruik door de piekinstallatie.
- In de rechter y-as van de grafiek lees je af hoeveel CO₂-reductie er is ten opzicht van gebruik van HR cv-ketels. Bij het bronnet wordt dit bepaald door hoe duurzaam de elektriciteitsmix is. Bij het warmtenet is de reductie lager omdat er ook aardgas wordt gebruikt.

