Netbeheer Nederland

Slimme keuzes voor een betaalbaar en robuust energiesysteem

Samenvattend document

Inhoud van dit document

1 **Samenvatting** – Samenvattend verhaal over de resultaten van de kwantificeringsfase en de bredere impact van systeeminterventies

2 **Overzicht** – Overzicht en implicaties van de resultaten van de kwantificeringsfase

Inhoud van dit document

- Samenvatting

  Overzicht

Hoofdboodschap | Slimme keuzes voor een betaalbaar en robuust energiesysteem

Aanleiding

De omslag naar een nieuw energiesysteem met groen gas, waterstof, warmte en elektriciteit is cruciaal voor een duurzame, CO2-neutrale toekomst en vermindert de afhankelijkheid van energie-import. Dit vraagt om grootschalige investeringen in het elektriciteitsnet. Omdat de maatschappelijke en economische voordelen van netuitbreiding onmiskenbaar zijn, ligt de nadruk voor netbeheerders in de praktijk op sneller bouwen. De aanzienlijke investeringen leiden echter tot hogere netkosten. Netbeheerders willen deze kosten beperken door investeringen zo doelmatig mogelijk te doen. Dit onderzoek onderzoekt hoe slimme ingrepen het rendement van netuitbreidingen kunnen maximaliseren, zodat de energietransitie voor iedereen zo betaalbaar en rendabel mogelijk blijft.

Maatregelen

Dit onderzoek kijkt naar vijf typen ingrepen:

- Flexibiliteit bij kleinverbruik
- Flexibiliteit bij grootverbruik
- Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik
- Verhoogde technische benutting van het netwerk
- Lokale conversie van wind op zee

Conclusies

- Extra beleid is nodig om de ontwikkeling van warmtenetten, groengasinmenging, elektrolysers voor waterstof en batterijen te versnellen. Als dit uitblijft, lopen we het risico op langdurige vertragingen van de ontwikkeling van deze technologieën op schaal, waardoor de kosten voor het elektriciteitsnet juist zullen stijgen.
- Slimme keuzes en optimaal gebruik van bestaande en nieuwe infrastructuur kunnen de benodigde investeringen in het elektriciteitsnet op land met ~€7-30 miljard verlagen. Dit maakt het ook mogelijk om op kortere termijn meer partijen aan het net aan te sluiten, wat de kosten per aansluiting verlaagt en economische groei stimuleert.
- Om deze besparing in investeringen te realiseren, is een snelle en goed gecoördineerde aanpak nodig. Dit vraagt direct om een gezamenlijke inspanning van overheid, netbeheerders, toezichthouders, consumenten en marktpartijen. Hoe eerder we beginnen, hoe groter het besparingspotentieel.
- Deze systeemverandering vraagt wat van consumenten en bedrijven. Hoewel veranderingen noodzakelijk zijn, is het belangrijk om dit zorgvuldig af te wegen en ondersteunende maatregelen te treffen zodat de energietransitie haalbaar en betaalbaar blijft voor iedereen.

Samenvatting | Naar een nieuw energiesysteem

Het nieuwe energiesysteem bestaat uit groen gas, waterstof, warmte en uit elektriciteit. Die elektriciteit is grotendeels afkomstig van hernieuwbare bronnen: zon en wind. Elektriciteit vormt de ruggengraat van het nieuwe energiesysteem. Om dit goed te laten werken, is uitbreiding van het stroomnet nodig

- Ondanks de voorspelling dat de totale energievraag af zal gaan nemen, zal de vraag naar stroom in ons land in de periode van 2025 tot 2040 ongeveer verdubbelen ten opzichte van het huidige verbruik. Dit betekent dat het netwerk flink moet worden uitgebreid. Volgens de huidige plannen is er een investeringsbehoefte van ongeveer €188 miljard tot 2040 – met zo'n €103 miljard voor uitbreidingen op land en €85 miljard voor het net op zee.
- Hoewel het verduurzamen en uitbreiden van energieopwekking en -transport kosten met zich meebrengt, is het essentieel voor economische groei, productiviteit en welvaart van Nederland. Dit zorgt voor lagere elektriciteitsprijzen voor het bedrijfsleven, stimuleert economische groei en maakt het mogelijk om tot €40 miljard BBP groei per jaar te realiseren door de congestiewachtrij aan te sluiten.
- Een duurzaam energiesysteem dat gericht is op maximale beschikbaarheid van elektriciteit, ook op momenten waarop de opwek uit hernieuwbare bronnen beperkt is, leidt tot een sterke toename van de transportbehoefte. De volatiliteit van hernieuwbare energie vraagt om flexibeler gebruik, zowel door grootverbruikers als door kleinverbruikers. Door vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen en lokaal te organiseren, kan de noodzaak voor grootschalige uitbreiding van het stroomnet deels worden beperkt.
- Naast netversterking is het belangrijk om integraal te kijken naar de meest effectieve energieoplossingen per sector. Slimme en gerichte inzet verlicht de druk op het elektriciteitsnet en maakt uitbreiding efficiënter en kosteneffectiever.
- Hogere investeringskosten zetten de betaalbaarheid van elektriciteit verder onder druk en benadrukken de noodzaak om maatregelen te vinden die deze kosten drukken, en daarmee de energieprijzen beperken. Een slimme combinatie van netuitbreiding, flexibiliteitsoplossingen en regionale energie-optimalisatie is essentieel om het energiesysteem doelmatig, toekomstbestendig en betaalbaar te houden.

Het nieuwe energiesysteem vraagt om nieuw gedrag en een systeemomslag. Om de energiekosten betaalbaar te houden, speelt iedereen een rol:

- Consumenten benutten lokaal opgewekte stroom, laden hun auto's en bufferen warmte wanneer er voldoende transportcapaciteit op het net is.
- Bedrijven investeren in flexibele oplossingen zoals waterstof en warmtebuffers, en kiezen strategisch voor locaties met weinig netbelasting, opdat de maatschappelijke voordelen het grootst zijn – daarmee dragen ze bij aan het systeem en aan de eigen competitieve positie door stroom te gebruiken wanneer de prijzen laag zijn.
- Overheid, netbeheerders en toezichthouder maken integrale ontwerpkeuzes waarbij infrastructuuruitbreiding enkel plaatsvindt op plekken waar de maatschappelijke waarde groot genoeg is; in afstemming met maatschappelijke, ruimtelijke inrichtingskeuzes.

Samenvatting | Scenario's voor aanvullende maatregelen

Dit rapport onderzoekt hoe aanvullende maatregelen de investeringskosten en netbelasting kunnen beperken. Om het baseline-scenario van de netbeheerders in de investeringsplannen te behalen is al additioneel beleid nodig vanuit de overheid, zoals de snelle uitrol van warmtenetten en de inzet van groen gas, conversietechnologieën en batterijen. Dit onderzoek richt zich op extra maatregelen en beleidsinterventies voor het elektriciteitsnet op land die het voor iedereen betaalbaarder kunnen houden.

Om te beoordelen hoe vergaande aanvullende maatregelen de betaalbaarheid kunnen bevorderen zijn vijf interventieclusters uitgewerkt:

- **Flexibiliteit bij kleinverbruik:** Stimuleren van flexibel energiegebruik en energiebesparing bij huishoudens en kleine bedrijven, en de uitrol van warmtenetten.
- **Flexibiliteit bij grootverbruik:** Stimuleren van flexibel energiegebruik en energiebesparing bij grote verbruikers, zoals industrie, logistiek en datacenters.
- **Slimme locatiekeuze:** Afstemming van opwek, energieopslag en (groot)verbruik op strategische locaties.
- **Verhoogde technische benutting:** Optimaal benutten van bestaande infrastructuur door zwaarder belasten en gebruik te maken van redundantie en flexibele contracten.
- **Lokale conversie van wind op zee:** Omzetten van windenergie op zee naar waterstof en warmte, zodat grote verbruikers van stroom dichtbij de opwek vestigen.

De interventieclusters zijn doorgerekend in vier scenario's:

- **Baseline:** bevat al ambitieuze systeeminterventies, zoals snelle realisatie van warmtenetten, groengasinmenging, elektrolysers voor waterstof en batterijen op de juiste locaties
- **Laag:** systeeminterventies die voornamelijk gericht zijn op prikkels, en op het uitbreiden van bestaande (ondersteunings-)mechanismes
- **Midden:** verhoogde 'sturing' en beleid, met beperkte maatschappelijke impact (e.g. met minimaal of geen comfortverlies en/of verhoogde risico's)
- **Hoog:** verregaande 'sturing' en energieplanologisch beleid om maximale betaalbaarheidsimpact te realiseren

De impact van deze aanvullende maatregelen is doorgerekend met modellen per netvlak van de netbeheerders. Voor laag- en middenspanningsnetten (LS/MS) zijn gedetailleerde berekeningen uitgevoerd, terwijl de effecten voor hoog- en extra-hoogspanningsnetten (HS/EHS) zijn gebaseerd op een combinatie van modellen en interne gegevens uit de investeringsplannen. De impact op EHS-net is zeer beperkt omdat EHS-lijnen grotendeels buiten de scope vallen doordat de transportvraag wordt veroorzaakt door EU-connectiviteit.

Samenvatting | Resultaten van de doorrekeningen

Aanvullende maatregelen kunnen de investeringskosten voor ons elektriciteitsnet tot 2040 met 7-30% verlagen. Wanneer alle maatregelen worden ingezet zorgen we met alle gebruikers, marktpartijen, ondernemers en netbeheerders voor:

- **Verminderde piekbelasting:** Door piekmomenten te verlagen en de bestaande infrastructuur beter te benutten, is minder nieuwe capaciteit nodig. In het meest verregaande scenario kan de groei van de piekvermogensvraag tot 60% worden teruggebracht, wat de investeringsopgave verder verlaagt. Dit kan leiden tot een besparing van zo'n 30% van de geplande investeringen op land (circa €103 miljard), waarbij ongeveer 20% wordt behaald in de laag- en middenspanningsnetten en 10% in de hoogspanningsnetten.
- **Versnelde aansluiting:** Door energieopwek en -verbruik nu al dichter op elkaar af te stemmen, kan de wachtrij voor nieuwe aansluitingen vóór 2030 aanzienlijk worden verkort, wat nieuwe economische kansen en toegevoegde waarde biedt.
- **Lagere tarieven en betere concurrentiepositie:** Deze maatregelen beperken de tariefstijgingen voor consumenten (tot wel 22 procentpunt) en voor industriële verbruikers (10-20 procentpunt). Op lange termijn versterkt dit bovendien de concurrentiepositie van Nederland.

De impact van de maatregelen is sterk afhankelijk van de mate van sturing. In lage scenario's is de impact beperkt (~7% kostenreductie van de ~€103 miljard op land), terwijl effectieve combinaties van verschillende typen maatregelen in hogere scenario's meer potentieel verzilveren (tot ~30%).

- **Flexibiliteit bij kleinverbruik:** Alleen financiële prikkels voor flexibiliteit leveren veel minder op (zo'n 5 keer minder) dan gecombineerd met actieve capaciteitssturing, waarbij technische maatregelen zoals slimme netten en demand response-technologieën ondersteunend ingezet worden.Dit vermindert piekbelasting en benut de infrastructuur efficiënter.
- **Flexibiliteit bij grootverbruik:** Alleen prikkels voor het laadgedrag van logistiek en beperkte compensaties voor flexibele industriële processen leveren veel minder besparing op (~4 keer minder) dan wanneer we actief sturen op de vraag naar energie in de logistiek en hogere compensaties bieden voor flexibele industriële energiegebruikers.
- **Slimme locatiekeuze:** Alleen het aanbieden van financiële prikkels middels locatiegebonden tarieven levert minder besparing op (~2 keer minder) dan actief sturen met energieplanologie op waar nieuwe energieproductie of -verbruik wordt gerealiseerd.
- **Verhoogde technische benutting:** Het beperkt verhogen van de belasting, zonder bredere benutting van de redundantie, levert minder besparing op (~4 keer minder) dan het structureel zwaarder belasten van assets (zoals kabels en transformatoren) in combinatie met het breder inzetten van redundantie in het MS-net.

Naarmate hogere scenario's meer investeringskosten besparen, neemt ook de impact op gebruikers toe. Striktere sturing op verbruik en locatie kan het gebruikerscomfort beperken, en een intensiever gebruikt elektriciteitsnet vergroot het risico op storingen en uitval. Dit vraagt om zorgvuldige afwegingen en mitigerende maatregelen te nemen ter ondersteuning van de consument en de industrie.

Samenvatting | Beleidsimplicaties voor een betaalbaar en robuust energiesysteem

Het realiseren van het potentieel van de voorgestelde maatregelen vereist een breed en goed afgestemd beleidskader. Tijdige en duidelijke keuzes zijn cruciaal om netuitbreidingen zo efficiënt mogelijk te maken en de betaalbaarheid van energie voor iedereen te waarborgen. Hierbij is een zorgvuldige afweging nodig tussen kostenvoordelen en de gevolgen voor gebruikers.

- **Flexibiliteit bij kleinverbruik:** Nieuwe nettarieven, capaciteitsbeheer van warmtepompen en laadpalen, en een efficiënter gebruik van zonnepanelen op daken helpen de piekbelasting te beperken. Dit kan tot 35% van de netuitbreidingskosten voor het laagspanningsnet besparen (tot 5% van totale netinvesteringskosten). Daarnaast spelen een versnelde uitrol van warmtenetten en betere isolatie-eisen een belangrijke rol.
- **Flexibiliteit bij grootverbruikers:** Om tot ~5% besparing van de totale investeringsopgave voor het net op land te realiseren, is beleid nodig om energiebehoeften van grootverbruikers, met name elektrische logistiek en industrie, flexibeler in te richten. Dit kan door de logistieke sector tijdsblokgebonden aan te sluiten en door bij industriële spelers in te zetten op bredere maatregelen zoals tariefdifferentiatie, CAPEX-subsidies en gerichte compensaties, waardoor bedrijven gestimuleerd worden om energiegebruik beter te spreiden.
- **Slimme locatiekeuze:** Om ongeveer 5% van de investeringskosten in het middenspanningsnet (MS) te besparen (ongeveer 3% van totale netinvesteringskosten) en tegelijkertijd het risico op hogere kosten voor het hoogspanningsnet (HS) te verminderen, is beleid nodig dat subsidieregelingen (zoals SDE++ en OWE), gedifferentieerde tarieven en energieplanologie combineert. Dit helpt om de locaties voor opslag, opwekking en verbruik optimaal af te stemmen en de transportvraag te beperken.
- **Verhoogde technische benutting:** Door bestaande netcapaciteit intensiever te gebruiken en ongebruikte capaciteit in het MS-net beter te benutten, kan ongeveer 5% van de totale netinvesteringskosten op land worden bespaard. Dit vereist prikkels en flexibiliteit voor netbeheerders, terwijl verhoogde storingsrisico's goed worden afgedekt.
- **Lokale conversie van wind op zee:** Om het risico op hogere netwerkinvesteringen te voorkomen, moet het beleid gericht zijn op het netoptimaal plaatsen van infrastructuur voor de omzetting van elektriciteit naar andere energiebronnen (zoals waterstof) nabij de aanlanding van de windparken op zee, via gerichte energieplanologie (het strategisch plannen van de locaties voor energieopwekking, -opslag en -verbruik).

Samenvatting | Urgentie

Er is snel beleid nodig om te kunnen besparen op de investeringsopgave en waardeverlies te voorkomen. Vertraging van beleid maakt dat een groot aandeel van de baten mogelijk niet kunnen worden gerealiseerd.

- **Directe voordelen:** Snelle actie kan ervoor zorgen dat de wachtrij voor nieuwe aansluitingen al vóór 2030 kan worden beïnvloed, wat op korte termijn al economische kansen voor de maatschappij creëert. De effectiviteit hiervan is echter direct afhankelijk van de snelheid waarmee het beleid wordt uitgevoerd.
- **Dubbele investeringen:** Met name bij warmtenetten en warmtepompen is het van belang om op wijkniveau tijdig de beste oplossing te coördineren. Als dit te lang op zich laat wachten, zijn de eerste investeringen al gedaan en kan dit leiden tot dubbele investeringen in een wijk (warmtenet én een verzwaard elektriciteitsnet voor warmtepompen).
- **Ingroei van maatregelen:** Maatregelen zijn effectiever als de nieuwe status quo nog niet is bereikt, oftewel in een vroeger stadium van de energietransitie. Bijvoorbeeld, locatiesturing is noodzakelijk om in te richten voordat de nieuwe asset zich vestigt, en alternatieve transportrechten zijn gemakkelijker af te sluiten met een nieuwe aansluiting dan bij een bestaande aansluiting.
- **Technische benutting:** Verhoogde belasting en het breder gebruik van redundantie is niet zonder risico. Wel kunnen ze op korte termijn vooral impact maken, omdat het toegepast wordt op bestaande netinfrastructuur. Vertraagde toepassing zou resulteren in minder aansluitingen op korte termijn, lagere economische baten en minder besparingen van MS- en HS-verzwaring op de middellange termijn.
- **Sneller bouwen:** Aangezien de economische en maatschappelijke voordelen van elektriciteitsinfrastructuur de kosten ruimschoots overtreffen, is het vooral van belang om de aanleg ervan te blijven versnellen. Daarom is het belangrijk om ook te kijken naar versnellingsmaatregelen die de netbeheerders in staat stellen om sneller te bouwen, zoals het inkorten van vergunningstrajecten.

Inhoud van dit document

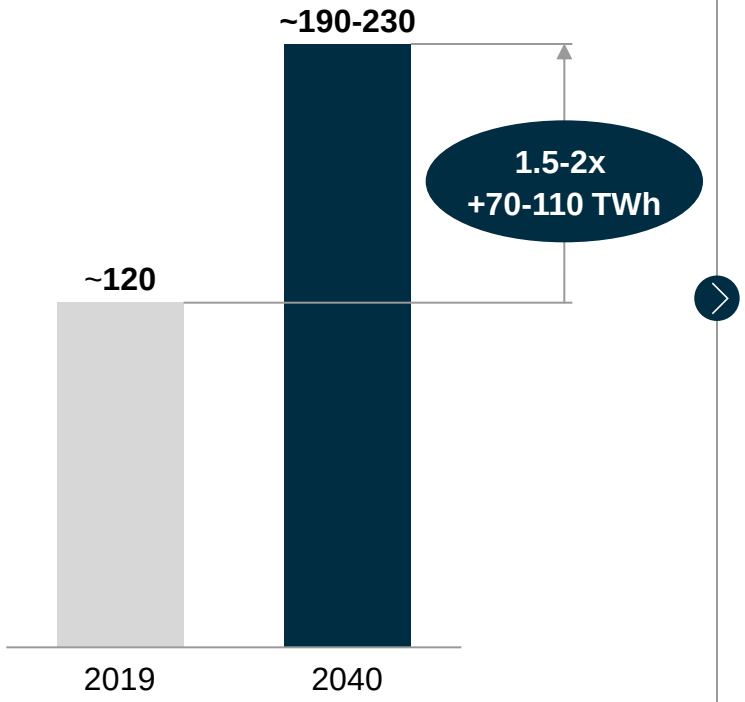
Samenvatting

Overzicht

Baseline investeringsopgave | De toename van de piekvermogensvraag resulteert in een investeringsopgave op land van ~€103 Mld

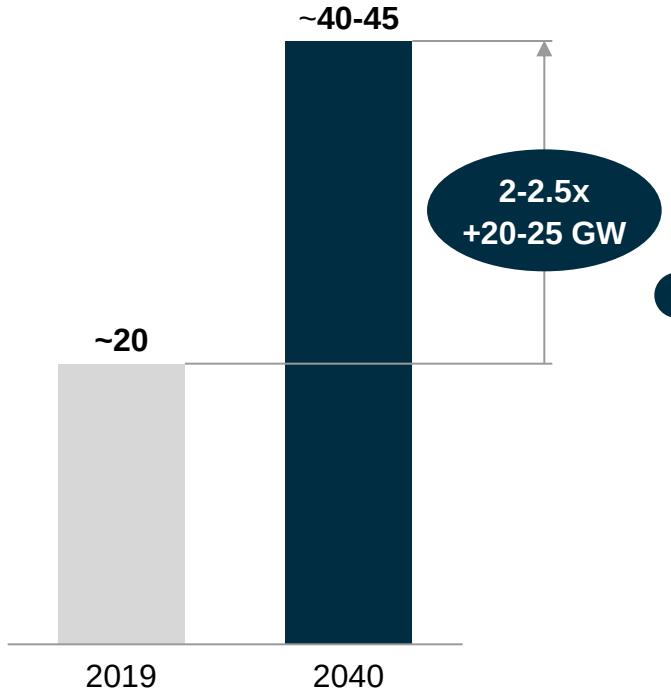
Basiselektriciteitsvraag neemt met factor 1.5-2 toe tot 2040 onder huidige netbenutting

Prognose basiselektriciteitsvraag[1] in 2040 vs referentiejaar 2019 (TWh)



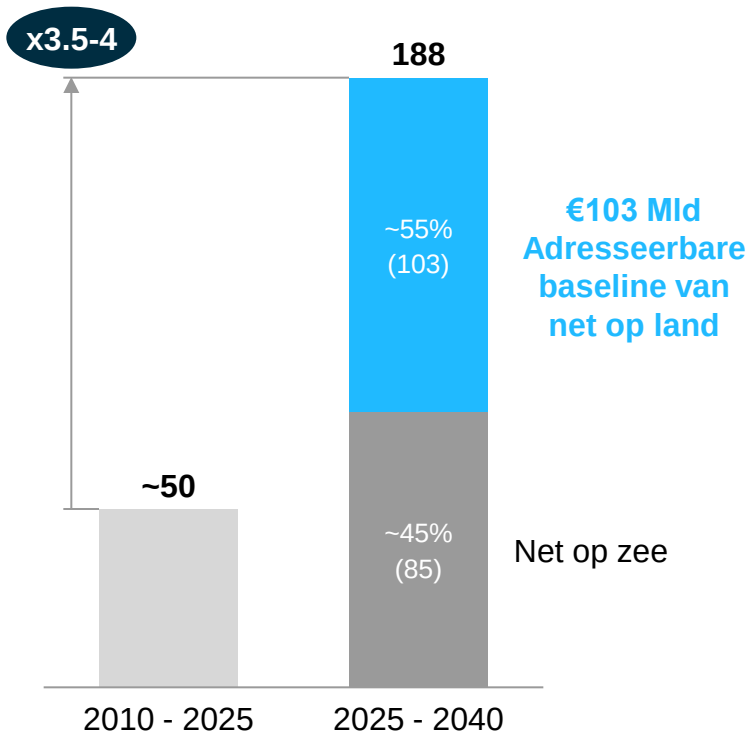
Piekvermogensvraag elektriciteit neemt met factor 2-2.5 toe tot 2040

Prognose piekvermogensvraag elektriciteit in 2040 vs. referentiejaar 2019 (GW, Nationaal Leiderschap scenario)[2]



~€103 Mld cumulatieve CAPEX voor vraag-gedreven netverzwaring (netvlakken op land)

Reële cumulatieve ('25-'40) CAPEX-opgave per netvlak



1. Exclusief flexibele elektriciteitsvraag. 2. Netbeheer Nederland Het energiesysteem van de toekomst: de II3050-scenario's; Bron: Strategy& FIEN+ rapport, PWC 2024; ACM; Netbeheer Nederland ii3050

Benodigde systeemomslag | Een systeemomslag, en vijf onderliggende interventieclusters', zijn nodig om een betaalbare transitie te realiseren

De benodigde systeemomslag voor een betaalbare transitie vergt...



Achter-de-meter consumptie en oplossingen voor piekgebruik voor consumenten:
Overtollige stroom van zon-op-dak wordt gebruikt voor EVs/warmtebuffers, en de teruglevering aan het transportnetwerk op verkeerde momenten wordt geminimaliseerd



Lokaal gebruik van energie in (regionale) industrie en andere bedrijvigheid:
Waardoor ook wind-op-zee lokaal geconsumeerd wordt ondersteund door flexibiliteit en conversie om de variabiliteit van het landelijk netwerk te houden en enkel de 'baseline' te transporteren



Lokale inpassing van flexibiliteit:
Aanpassen van hoeveelheid vraag aan de beschikbaarheid van hernieuwbare opwek (met afschakeling in het uiterste geval), resulterend in een lagere noodzaak tot verzwaring



Een ‘fit-for-purpose’ transportnetwerk:
Met een beperkte capaciteit voor de resterende transportvraag, waar voor incrementele verzwaringen een structurelere afweging gemaakt wordt tussen leveringszekerheid en kosten



Gedragsverandering en energieverbruikinterventies:
Verhoogde bewustwording rond het energieverbruik bij klein- en grootverbruikers, ondersteund door sturing en inzicht van netbeheerders o.b.v. beschikbaarheid van het net

Om de systeemomslag te verwezenlijken zijn 5 'clusters' van systeeminterventies noodzakelijk

- A **Flexibiliteit bij kleinverbruiker**
- B **Flexibiliteit bij grootverbruiker**
- C **Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik**
- D **Verhoogde technische benutting van het netwerk**
- E **Lokale conversie van wind op zee**

Vijf interventieclusters | Om de benodigde systeemomslag te verwezenlijken zijn er vijf 'clusters' van systeeminterventies noodzakelijk

LS *<1 kV*	MS *10-20 kV*	HS *25-150 kV*	EHS *220-380 kV*	Net op zee 550 kV

A

Flexibiliteit bij kleinverbruiker

Prikkels voor kleinverbruikers om vlakker afname- en invoerprofiel te stimuleren/af te dwingen beperkt de noodzaak om laagspanningsnet te verzwaren, met knock-on effecten op het midden- en hoogspanningsnet

Interventies:

1. Flexibiliteit KVs (normering/subsidiëring)
2. Tariefdifferentiatie KV
3. Energiebesparing KV
4. Warmtenetten

B

Flexibiliteit bij grootverbruiker

Ondersteunen van grootverbruikers om hun afname en opwekprofiel beter aan te passen aan het aanbod van energie, om de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

5. Energiebesparing GVs
6. Flexibiliteit GVs
7. Tariefdifferentiatie GVs

C

Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik

Opslag, aanbod en vraag dichter bij elkaar te plaatsen, om het transporteren van energie te minimaliseren, en de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

8. Locatiespecifieke sturing van opslag
9. Prioriteringskader verzwaring en uitbreiding net
10. Tariefdifferentiatie locatiesturing
11. Energiehubs

D

Verhoogde technische benutting van het netwerk

Selectief assets zwaarder belasten en gebruik maken van netredundantie, ondersteund door een ander model rond storingsaansprakelijkheid/-compensatie

Interventies:

12. Redundantie verlagen op het net
13. Innovatieve oplossingen voor asset belasting)

E

Lokale conversie van wind op zee

Optimale inzet (zowel qua locatie als capaciteit) van conversie van wind-op-zee productie; om de hoogspanningsverzwaring te beperken

Interventies:

14. Locatiesturing conversie (incl. waterstof)

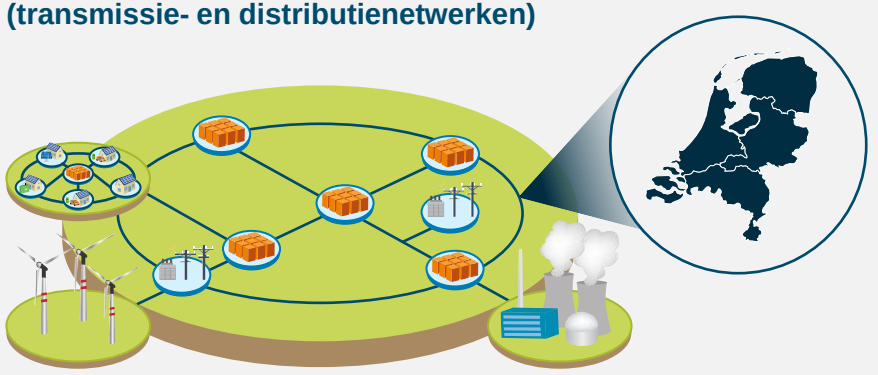
Separate interventies – ***uitwerking door externe partij***

16. Minder wind op zee en meer kernenergie
17. Impact andere systeemkeuzes - achterblijvende vraag

Methodologie | Inschattingen van de impact op de netverzwaring gebaseerd op rekenmodellen van individuele netbeheerders

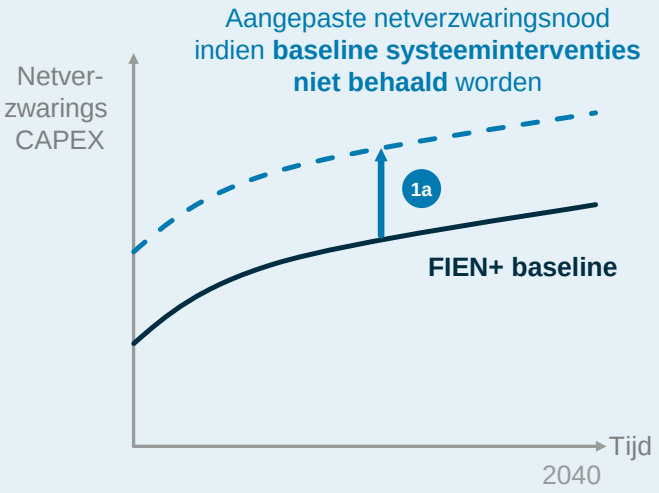
1	2	3	4	5
Load-impact individuele interventies analyseren	**Interventies clusteren per netimpact**	**Netimpact van clusters doorrekenen**	**Systeemimpact kwantificeren**	**Tariefimpact doorrekenen**
EV-laders Zonnepannelen Warmtepompen Energiebesparing Warmtenetten	**(Lokale) netvlak impact (RNB distributienetwerken)**		**Nederlandse energiesysteem (transmissie- en distributienetwerken)**	
Bv. vermogen aan EV-sturing mogelijk in 2030 en 2040, gebaseerd op bestaande marktanalyses en assumpties rond stuurbaarheid publieke en private laadpalen	Bv. bundelen van de kleinverbruiker flexibiliteits-interventies, en de versnelde uitrol van warmtenetten, als cluster om netverzwaring op laagspanning te voorkomen	Bv. netverzwaringsimpact op het laagspanningsnet voor verschillende combinaties van kleinverbruikersflexibiliteit en warmtenet penetratie	Bv. doorrekenen van de 'knock-on' netverzwaring op hogere spanningsniveaus van de LS netverzwarings-impact	Bv. Doorrekenen van de impact op de tarieven met het PwC model gebaseerd op de geconsolideerde systeem-impact van interventieclusters





Baseline interventies | De huidige investeringsplannen bevatten reeds ambitieuze systeeminterventies die aanvullend beleid vergen

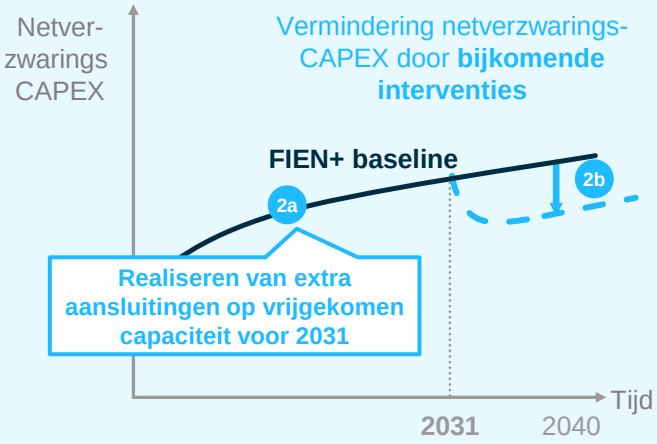
Het 'baseline' scenario doet reeds beroep op ambitieuze systeeminterventies



1a Behalen van baseline objectieven

Baseline aanname	Benodigd beleid om baseline te bereiken
Warmtenetten Een target van 20% adoptiegraad tegen 2050	Doorvoeren warmtewet; concessiezones, opleverdata en extra kostensubsidies om een versnelde uitrol te realiseren
Groen gas 2 BCM target tegen 2030 vastgelegd in Klimaatakkoord	Stimuleren invoeding en locatie-specifieke afname
Opslag Geoptimaliseerde locatieverdeling	Locatie-gebaseerde tarifering en mogelijk planologisch beleid
Opgesteld vermogen conversie ~27GW elektrolyse en power to heat in 2040 aan de kust	Subsidies om businesscase van elektrolyse sluitend te maken en sturend energieplanologiebeleid

Additionele systeem-interventies, bovenop de baseline, leiden tot korte termijn klantaansluitingen en lange termijn verzwaringsimpact

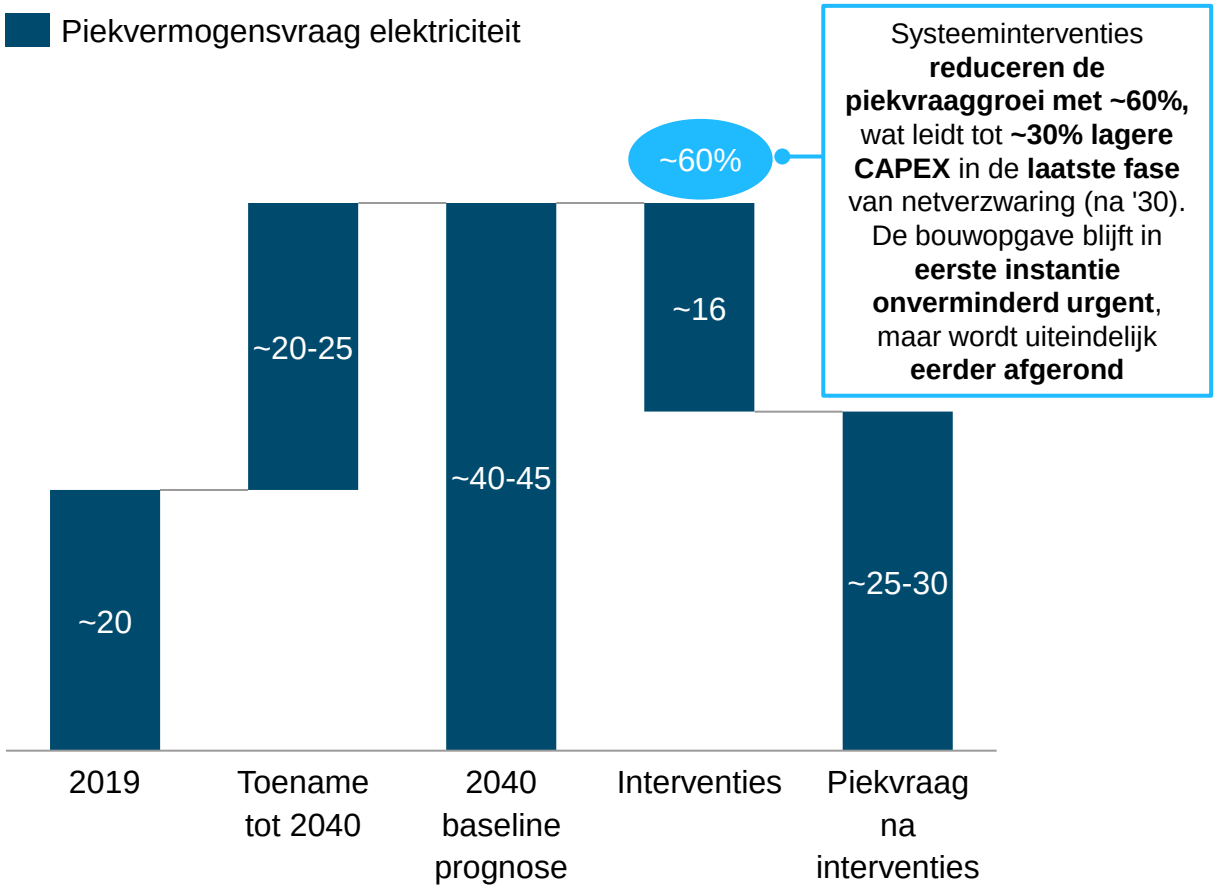


2a Verkleinen maakbaarheidsgat voor 2031

2b Effectieve betaalbaarheidsimpact

Impact (I/III) | Interventies hebben het potentieel om de groei van de vermogensvraag tot ~60% te beperken

Reductie piekvermogensvraag 2040 als gevolg van interventies (GW, hoog scenario)



***Enkele voorbeelden* - Fysieke netverzwaringsimpact in 2040 als gevolg van interventies**

A	Flexibiliteit bij kleinverbruik	~40%	**MINDER KNELPUNTEN OP LS-NETTEN**
B	Flexibiliteit bij grootverbruik	~15%	**MINDER HS/MS-SUBSTATIONS UITBREIDINGEN** (focus op afnameknelpunten)
C	Slimme locatiekeuze	~10%	**MINDER HS/MS-SUBSTATIONS UITBREIDINGEN[1]** (focus op opwekknelpunten)
D	Verhoogde technische benutting	~20%	**KM MINDER KABEL TE VERZWAREN OP MS-NET**
	Knock-on effecten op MS-net	~20%	**REDUCTIE PIEKVERMOGENSVRAAG MS-NET**
	Knock-on effecten op HS/EHS-net	~22%	**REDUCTIE PIEKVERMOGENSVRAAG HS-NET**

1. Voor slimme locatiekeuze enkel effect voor opwek (scenario 1), gegeven optelbaarheid; CAPEX-impact vergeleken met gemiddeld capex kengetal voor HS/MS-substation, in realiteit verschillende type uitbreidingen; Note: Wind-op-zee cluster enkel downside risk; Bron: Strategy& FIEN+ rapport, PWC 2024; Netbeheer Nederland

Impact (II/III) | Lage scenario's hebben een beperkte bruto impact (€6 Mld), terwijl hoge scenario's significant potentieel (€30 Mld) laten zien

Clusters	Bruto impact[1]	LS-net	MS-net	HS-net
A Flexibiliteit bij kleinverbruik	€1-5 Mld	✓		
B Flexibiliteit bij grootverbruik	€1-6 Mld		✓	✓
C Slimme locatiekeuze	€1-3 Mld[2]		✓	✓
D Verhoogde technische benutting	€1-4 Mld		✓	✓
E Lokale conversie van wind op zee	0[3]			✓
F Knock-on impact *(detail volgende pagina)*	€3-13 Mld		✓	✓
Totale impact	€7-30 Mld	✓	✓	✓

2-5x meer potentieel in Hoog scenario

Flexibiliteit bij kleinverbruik– ~5x meer potentieel
Achter-de-meter flexibiliteit (zoals EV, warmtepompen, zon-op-dak) biedt **~5x** meer potentieel dan alleen financiële prikkels omdat zo alle huishoudens gegarandeerd de piekvraag reduceren

Flexibiliteit bij grootverbruik - ~4x meer potentieel
Tijdsblokgebonden laden van logistiek en hoge compensatie voor industriële flexibiliteit levert **~4x** meer impact omdat het voor meer bedrijven met meer vermogen economisch wordt om flexibiliteit te bieden

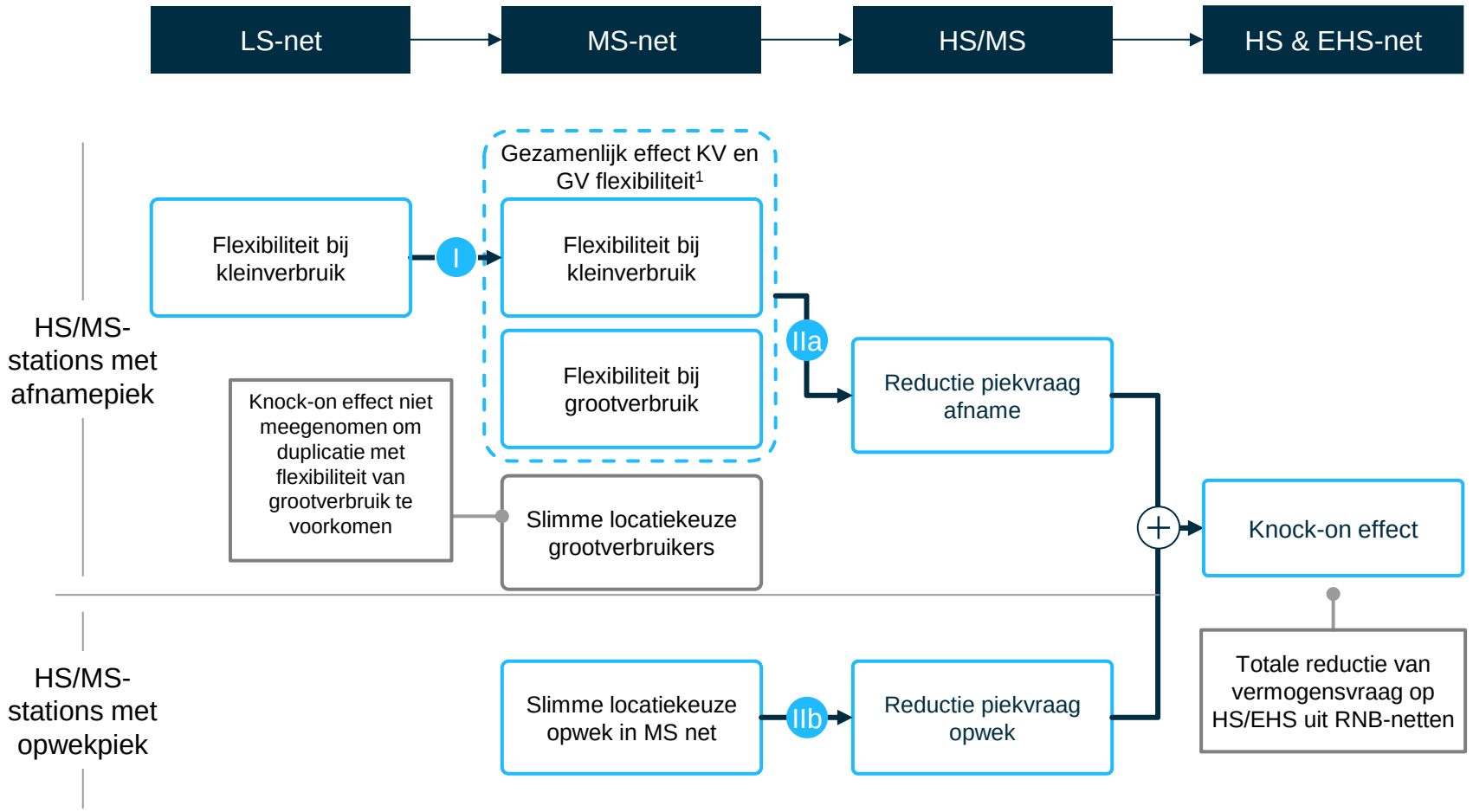
Verhoogde benutting - ~4x meer potentieel
Het belasten van assets boven de huidige limieten en breder gebruik van redundantiecapaciteit (op MS-net), maakt dat er meer vermogen op dezelfde assets kan worden aangesloten, en dit verlaagt het aantal noodzakelijke assetverzwaringen met **~4x** meer

Slimme locatiekeuze - ~2x meer potentieel
Slimme keuze van locaties voor nieuw aangesloten vermogen (opwek en grootverbruik) beperkt benodigde verzwaringen **~2x** sterker dan locatieprikkels via tarieven omdat meer grootverbruikers verplaatsen

1; Bruto impact versus de totale FIEN+ baseline van net op land (€103 Mld) zonder inachtneming van realisatiekosten; 2. Op HS/EHS-netvlakken is er voor slimme locatiekeuze een downside risico bij suboptimaal plaatsen of activeren van batterijen en datacenters; 3. Downside risico door potentieel miljardenverlies door verkeerde locatiekeuze van ~27 GW aan elektrolysers, Power-to-Heat en WoZ, wat de transportvraag verhoogt; Bron: Strategy& FIEN+ rapport, PWC 2024; Netbeheer Nederland

Impact (III/III) - knock-on effecten | Vermogensreductie op lagere netvlakken draagt bij aan de piekcapaciteitsreductie op de hogere netvlakken

Reductie piekcapaciteitsvraag door knock-on effect in GW (exclusief directe impact op netvlak)



I **Knock-on impact op MS**

Capaciteitsreductie door flexibiliteit bij kleinverbruik leidt tot knock-on impact naar het MS-net, omdat hierdoor ook de piekvraag van LS/MS-stations op MS-net lager wordt. Dit resulteert in minder benodigde MS-verzwaring

II **Knock-on impact op (E)HS**

IIa Knock-on impact van gezamenlijk effect van flexibiliteit bij klein- en grootverbruik naar HS/EHS

IIb Knock-on impact van slimme locatie-keuze opwek op MS naar HS/EHS

De piekcapaciteitsreducties zijn optelbaar tussen opwek en afname, gezien dit aangrijpt op verschillende HS/MS-stations waar het de 'root cause' van verzwaring (afname of opwek) addresseert

De vermindering leidt tot minder piekcapaciteitsvraag op het HS/EHS-net, en daarmee tot een lagere investeringsopgave

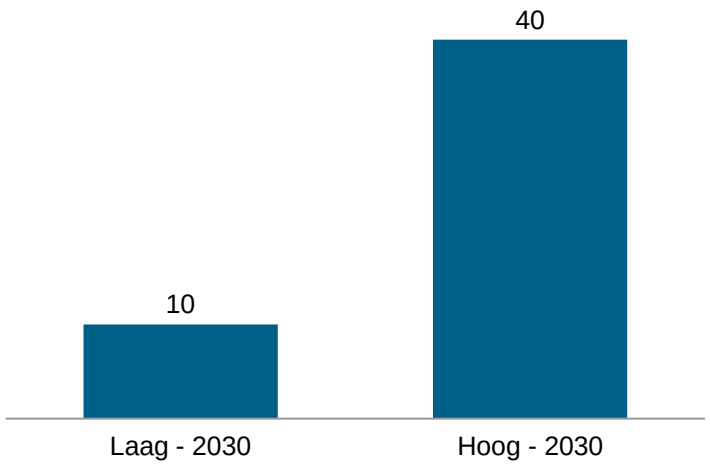
1. Impact van flexibiliteit bij klein- en grootverbruik tegelijk gemodelleerd in Liander-model om netto-impact van beide effecten tegelijk te berekenen;
Bron: Liander MS capaciteitsprognosemodel; Netbeheer Nederland tooling ii3050

Maatschappelijke impact | Systeeminterventies kunnen zowel op de korte als lange termijn bredere maatschappelijke waarde creëren

1 Congestiewachtrij op de korte termijn (tegen 2030) versneld aansluiten

Voor 2030 hebben systeeminterventies het potentieel om de congestiewachtrij versneld op te lossen door vrijgekomen capaciteit (~5-6 GW, ~11 TWh) effectief te benutten. Dit creëert aanzienlijke economische waarde door nieuwe bedrijvigheid mogelijk te maken, met een geschatte bijdrage van ~€10-40 miljard in 2030 (~3-4% van het Nederlandse bbp)

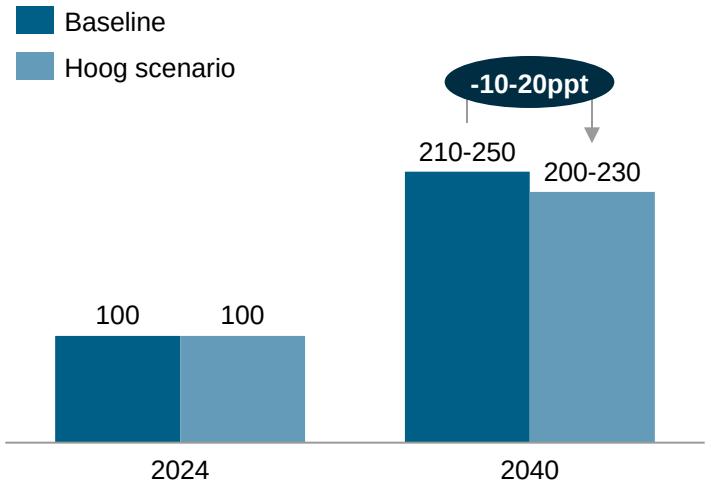
Toegevoegde economische waarde in 2030 (€ Mld)



2 Beperken van de verwachte tariefstijgingen voor consumenten, incl. industriële spelers

De CAPEX-reductie van interventieclusters resulteert in een verlaging van de nettarieven voor grootverbruikers, met een daling van 10-20ppt in 2040. Dit vermindert de prikkel voor herallocatie naar goedkopere regio's, waardoor de toegevoegde economische waarde van deze industrieën voor Nederland behouden blijft

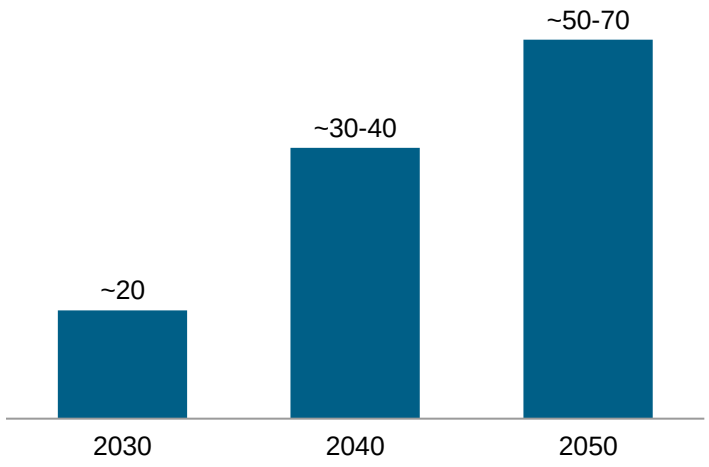
Tariefevolutie voor industriële spelers op het HS- en MS-net in het hoog scenario, % t.o.v. 2024 baseline nettarief



3 Competitieve positie als vestigingslocatie in Europa versterken op de lange termijn

Naast het dalen van de nettarieven door het implementeren van de interventieclusters, heeft Nederland een unieke kans om zijn competitieve positie als vestingslocatie in Europa te versterken dankzij de grootschalige wind-op-zee opwek (~50-70 GW tegen 2050) en de bijbehorende lagere LCOE vs directe buurlanden, wat leidt tot ~10% competitievere elektriciteitskosten t.o.v. andere landen (m.n. DE)

Doelstellingen Rijksoverheid voor wind-op-zee in Nederland (GW)[1]



1. NPE. Bron: RVO; Ecorys; Netbeheer Nederland; Centraal Bureau voor de Statistiek; CE Delft 'Elektrificatie en Vraagprofiel 2030'; FIEN+

Verder onderzoek nodig om bredere impact te valideren

Bredere impact | Om het potentieel te realiseren zijn significante investeringen en mitigerende maatregelen voor consumenten noodzakelijk

A Flexibiliteit bij kleinverbruik

Gerichte investeringen nodig om comfort-verlies bij ingrijpende sturing te mitigeren

EV-laders

- Comfortverlies (voldaan aan laadvraag voor avondladen) door het sterk terugregelen van EV-laders
- Afhankelijk van EV en laadprofiel, kunnen meeste EV's volgeladen worden tegen de ochtend

Warmtepompen

- Geen comfortverlies bij hybride WP, die overschakelen op gas
- Terugregeling van all-e WP naar 50% tijdens piek (Hoog scenario) kan leiden tot afkoeling (1-2 °C), wat volledig kan gemitigeerd worden door bv. investering in buffervaten

B Flexibiliteit bij grootverbruik

Financiële compensatie voor flexibiliseren nodig om netverzwaring te voorkomen

Opportuniteitskosten

- Eerste inschatting wijst erop dat de systeemwaarde van bespaarde netverzwaring opweegt tegen de publieke investeringen in de compensatie om flexibiliteit te ontsluiten
- Ontsluiten van flexibiliteit kent echter grote onzekerheden en vereist verder onderzoek
  - Compensaties kunnen stijgen door benodigde CAPEX-investeringen bij procesdisrupties, m.n. in grote industrieën met geïntegreerde processen
  - Bestaande investeringen met lange afschrijvingstermijnen bemoeilijken daarnaast de timing voor het ontsluiten van flexibiliteit

D Verhoogde technische benutting

Extra storingsrisico kan opgevangen worden door slim afschakelen van GV's

Storingsrisico

- Een verhoogde technische belastingsgrens kan leiden tot een verhoogd storingsrisico, wat kan leiden tot het mislopen van toegevoegde economische waarde
- Door het slim afschakelen van op MS aangesloten grootverbruik, kan de impact op beperkt worden (incl. Impact op bebouwde omgeving). De misgelopen toegevoegde waarde van de grootverbruikers dient wel gecompenseerd te worden

Verder onderzoek nodig naar investeringen in benodigde flexibiliteitscompensaties en storingsrisico – eerste inschattingen wijzen op €3-6 Mld (~10 tot 20% van de baten)

Note: Pagina bevat enkele voorbeelden van bredere impact, uitgebreide beschrijving per cluster kan teruggevonden worden in het gedetailleerde document;

Urgentie (I/II) | Samenhangende implementatie van beleid vanaf 2025 cruciaal met 30% 'at risk' bij vertraagde implementatie

Clusters	Beleid nodig op korte termijn	Impact at stake
A Flexibiliteit bij kleinverbruik	• Toekennen van concessiezones voor warmtenetten • Protocollen om zon-op-dak en publieke EV-laders te flexibiliseren	~15%
B Flexibiliteit bij grootverbruik	• Alternatieve transportcontracten (met tariefkortingen) voor E-logistiek • Voldoende compensatie mechanismen en CAPEX subsidies voor het ontsluiten van flexibiliteit	~25%
C Slimme locatie-keuze	• Sturende energieplanologie voor nieuwe aansluitingen van opwek, opslag en grootverbruikers (incl. datacenters)	~35%
D Verhoogde technische benutting	• Toestaan van verhoogde belastingsgrenzen op assets en het breder gebruik van de MS-redundantie voor opwek en afname capaciteit	~75%
F Knock-on effecten	• Piekcapaciteit vanuit lagere netvlakken (LS/MS) dient tijdig verlaagd te worden om netverzwaring op hogere netvlakken (MS/HS) te vermijden	~30%
Totale impact at stake indien beleid pas wordt ingevoerd na 2030		~30%

NB: Impact van interventieclusters die niet gerealiseerd kan worden als beleid, wordt pas na 2030 ingevoerd
Bron: Netbeheer Nederland

Urgentie (II/II) | 15 beleidsacties te nemen in 2025, zowel qua voorbereiding als implementatie, om de mogelijke impact te realiseren

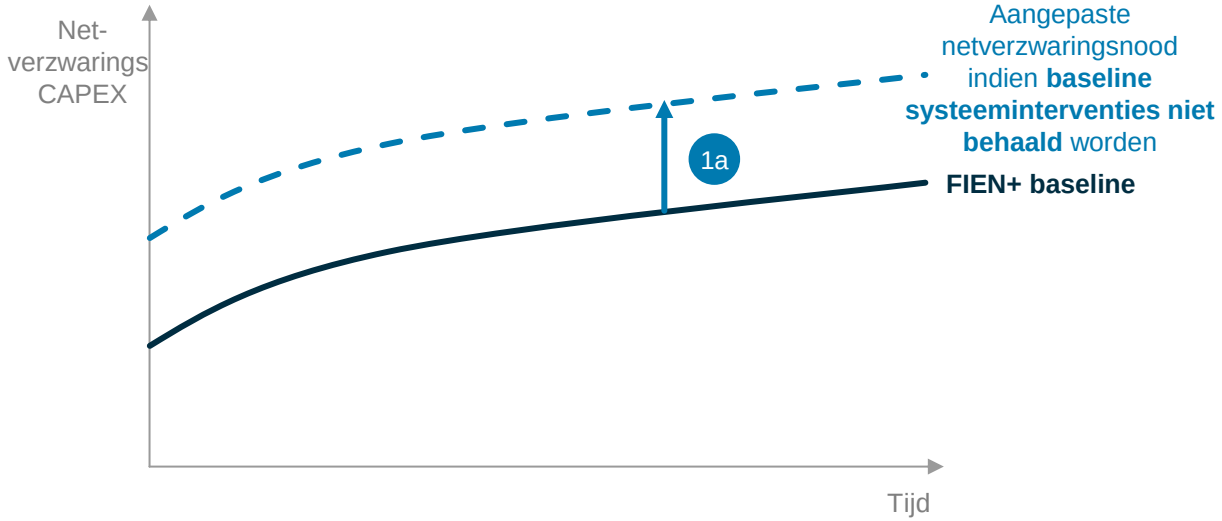
Interventieclusters	Benodigde beleidsacties in 2025 om impact potentieel te realiseren, zowel voorbereiding als implementatie			
A **Flexibiliteit bij kleinverbruik**	1 **Warmtenetten** Invoering van de WCW[1] die uitrol warmtenetten ondersteunt; Uitwerken van subsidiëringskader voor investeringen; Identificatie van concessiezones en implementatieplan incl. opleverdata en verantwoordelijke partijen	2 **KV-tariefstelsel** Ontwikkeling van kleinverbruiker tariefstelsel door ACM (voor invoering in 2028)	3 **Energiebesparing onderzoek** Kosten-baten-analyse door onderzoek naar de impact op netverzwaring, investeringen en maatschappij (voor invoering in 2027)	4 **Netbewust laden** Ontwikkeling van terugregel-standaarden voor publieke en private EV-laders, en implementatie in concessies van publieke EV-laders
B **Flexibiliteit bij grootverbruik**	5 **Non-firm ATO's, bredere compensatie en hernieuware opwek achter de meter** Invoering van alternatieve non-firm- en tijdsblokgebonden contracten om flexibele grootverbruikers te activeren; verhoging van vergoedingen, volumes en looptijden van compensatie-structuren om meer deelname te stimuleren; ontwikkeling van subsidiekader voor RES achter de meter om decentrale opwek en afname aan te moedigen	6 **Energiebesparingsplicht** Invoering van strengere isolatie-eisen voor gebouwen; verlenging van de terugverdientijd voor verduurzamingsmaatregelen om investeringen aantrekkelijker te maken; introductie van een verplichte energie-efficiëntiecheck om verspilling te signaleren en verduurzaming te versnellen		
C **Slimme locatiekeuze**	7 **Capaciteits/overbelastingsanalyse** Gedetailleerde analyse van stationbelasting zodat de optimale locatie van opwek-assets, grootverbruikers en batterijen kan geïdentificeerd worden	8 **Uitbreiding subsidiëringskaders** Uitbreiding van SDE++ en OWE met locatiecriteria zodat opwek, GV, opslag en conversie-assets optimaal ingespast worden binnen het netwerk (invoering in 2026)	9 **Energieplanologisch beleid** Uitwerking van energieplanologisch beleid door lokale overheden gebaseerd op gedetailleerde analyse, met RNBs in adviesrol (invoering in 2026)	10 **Integrale tariefstructuur** Uitwerking van hogere tarieven voor locaties met weinig vrije capaciteit (mogelijk toegepast op aansluitingstarief en transporttarief; invoering in 2026)
D **Verhoogde technische benutting**	11 **Uitbreiden N-1 wetgevend kader** Voorbereiding van een uitgebreid N-1 wetgevend kader opgenomen in Energiewet dat netbeheerders toestaat redundantie breder in te zetten voor afname capaciteit, met invoering gepland voor 2026	12 **Zwaardere asset belasting aanmoedigen** Voorbereiding van ondersteunende maatregelen om netbeheerders te stimuleren transparantie te bieden in de huidige belasting van assets en deze belasting te verhogen op locaties met beschikbare capaciteit, met implementatie gepland voor 2026	13 **Storingscompensatiestructuur opzetten** Herevaluatie van aansprakelijkheid van de netbeheerders voor storingen (bv. door het opzetten van een storingsfonds om economische schade door storingen op te vangen), met invoering van nieuwe storingscompensatiestructuur in 2026	
E **Lokale conversie wind op zee**	14 **Identificatie optimale locaties** Onderzoek naar geschikte locaties voor conversie-assets op basis van aanlandingsgebieden voor wind-op-zee	15 **Uitbreiding subsidiëringskaders en financiële ondersteuning conversie WoZ** Verankering van locatie-eisen voor elektrolysers bij (OWE)-subsidies (KGG) en korting/vrijstelling op nettarieven (netbeheerders), ondersteuning van projecten (OWE, SDE++, IPCEI) en maatwerkafspraken en ander beleid om de industriële vraag naar waterstof te stimuleren		

1. Wet voor Collectieve Warmte

Bijlagen

Baseline interventies (I/II) | De huidige investeringsplannen bevatten reeds ambitieuze systeeminterventies die aanvullend beleid vergen

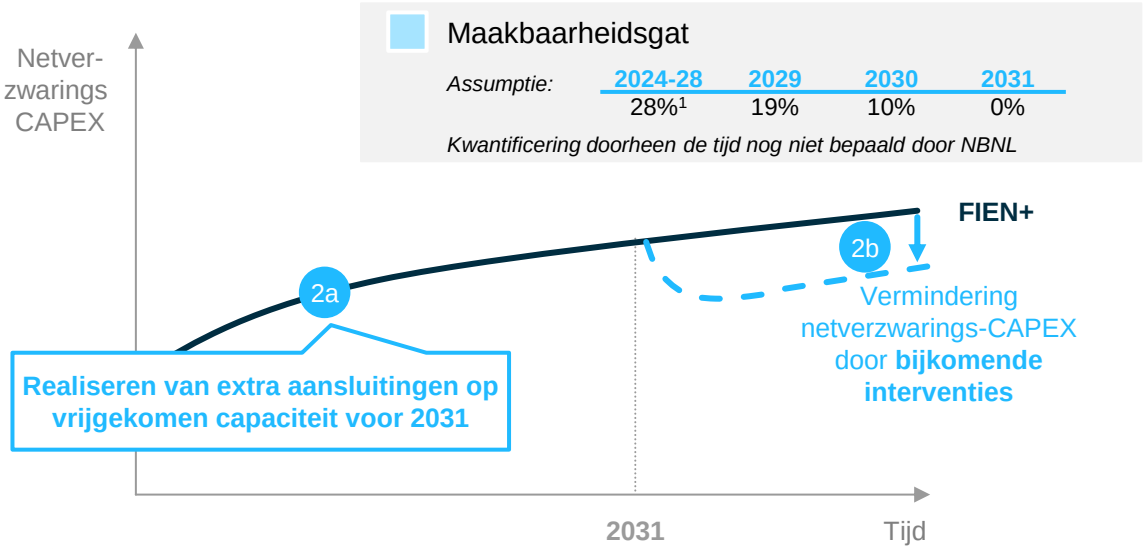
1 Baseline contributie (FIEN+, IPs 2024)



1a Behalen van baseline objectieven

Bijvoorbeeld:
Binnen de cluster *Flexibiliteit bij kleinverbruik*, wordt de adoptiegraad van warmtenetten als input meegenomen, om zo de ambitieuze baseline targets (20% adoptiegraad van warmtenetten) te behalen

2 Additionele interventies



Indien maakbaarheidsgat gedicht

2a Dichten maakbaarheidsgat voor 2031

Bijvoorbeeld: Binnen *Verhoogde technische benutting*, zal de benodigde CAPEX-verzwaring verlagen en het maakbaarheids-gat (deels) dichten indien de belastingsgraad verhoogt

2b Effectieve betaalbaarheidsimpact

Bijvoorbeeld: Stuurbaarheid van apparaten achter de meter kan, bovenop andere interventies, de betaalbaarheid effectief verbeteren na 2031, wanneer het maakbaarheidsgat waarschijnlijk grotendeels is gedicht

1. 28% maakbaarheidsgat voor 2030 uit DNV Maakbaarheidsgat Nederlandse elektriciteitsnet per 2030 (20/02/2024); Bron: DNV 'Maakbaarheidsgat Nederlandse elektriciteitsnet per 2030'

Outside-in inschatting, beperkte input over systeeminterventies ontvangen vanuit FIEN+

Baseline interventies (II/II) | De huidige investeringsplannen bevatten reeds ambitieuze systeeminterventies die aanvullend beleid vergen

	1 Baseline contributie (FIEN+ / IPs 2024) *Focus op meest materiële interventies opgenomen in de baseline*	2 Additionele interventies *Additionele impact op netverzwarings-CAPEX bovenop baseline contributie*
A Flexibiliteit bij kleinverbruik	• **Warmtenetten:** een target van 20% adoptiegraad tegen 2050	• **Stuurbaarheid:** PV, EV-laders (publiek en privaat) en WP • **Energiebesparingsmaatregelen:** Strengere maatregelen • **Warmtenetten:** Verhoogde penetratie naar 2050 toe
B Flexibiliteit bij grootverbruik	• **HS:** marktwerking / prijsgedreven profielaanpassingen opgenomen in prognoses van verbruiksprofielen grootverbruik	• **Piekreductie:** additionele non-firm/flexibele aandelen in geprojecteerde vraagprofielen logistiek, datacenters en industrie, zowel op het MS- als op het EHS/HS-net
C Slimme locatiekeuze	• **Groen gas:** 2 BCM target tegen 2030 vastgelegd in Klimaatakkoord • **Opslag:** Geoptimaliseerde verdeling van opslag (HS en MS) • **Elektrolyse:** Geoptimaliseerde elektrolyse capaciteit op (E)HS-net • **Grootverbruikers:** Geoptimaliseerde verdeling van GV op (E)HS-net[1]	• **Opwek:** sturen van nieuwe aansluitingen en afwijzen van verzwaringsaanvragen op het MS-net waar deze niet passen • **Grootverbruikers:** sturen van nieuwe aansluitingen / afwijzen van verzwaringsaanvragen op het MS-net
D Verhoogde technische benutting	• **HS-redundantie:** aansluiten van opwek capaciteit op het HS-redundantie wordt geaddresseerd in AMvB-afspraken • **HS Asset-belasting:** Dynamic Line Rating wordt reeds toegepast op meest kritische HS en EHS-lijnen	• **Redundantie verlaging + zwaardere belasting assets:** technische belastingsgrens optrekken voor normale en storingssituaties voor lijnen, kabels en de transformatoren in MS- en HS-net; en redundantie op het MS-net verlagen
E Lokale conversie wind op zee	• **Opgesteld vermogen conversie:** ~27GW elektrolyse en power to heat in 2040 (ii3050 nationale drijfveren – basis voor IP TenneT), op 'net-optimale' locaties aan de kust	• **Downside risk/impact:** neerwaarts risico van het uitblijven van slimme locatiekeuze van conversie, of mismatch tussen gerealiseerde volumes van conversie en stroomaanbod (WoZ) en vraag (e/H2-vraag industrie)

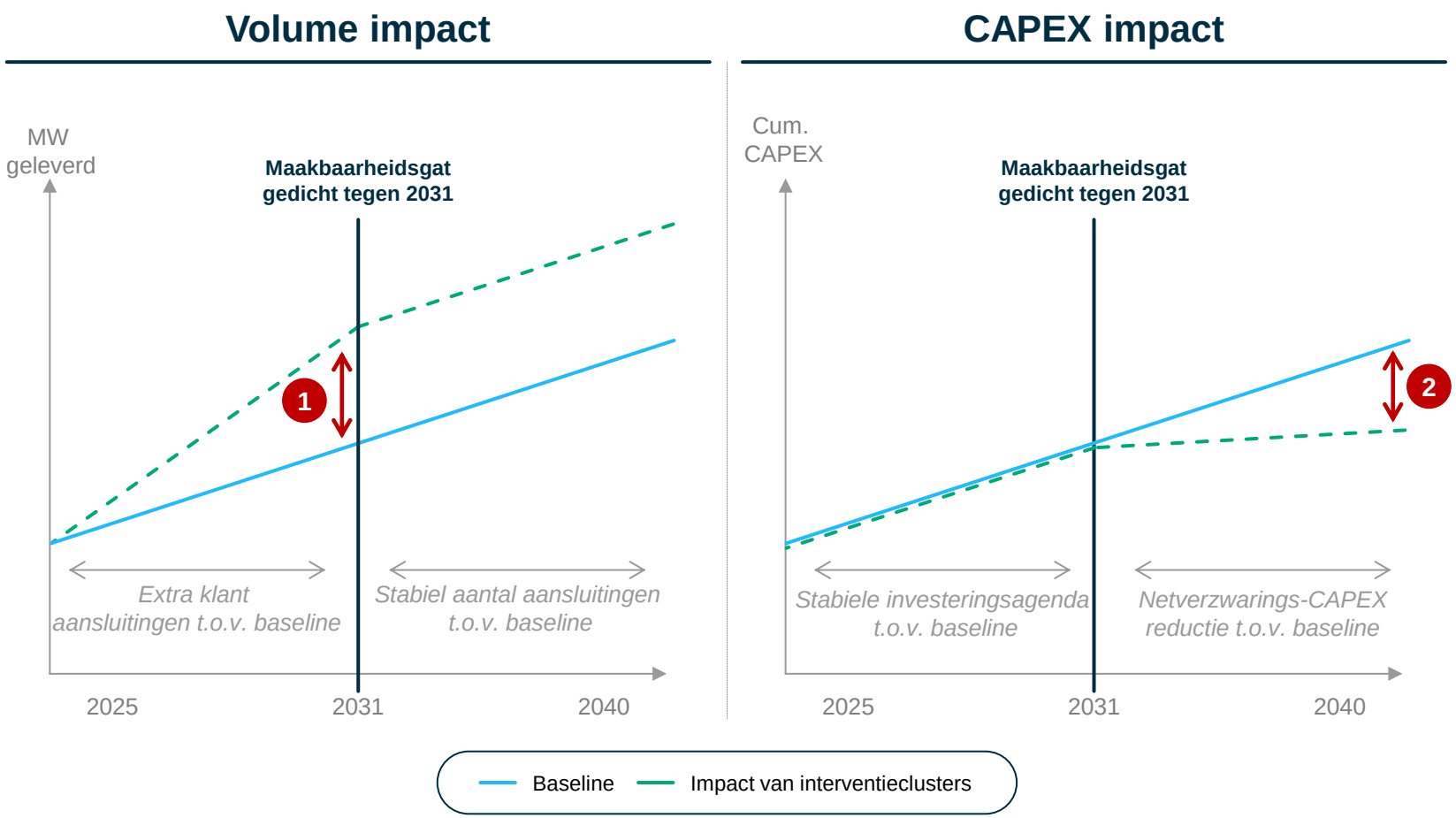
1. Additionele capaciteit van datacenters (volgens prognose van TenneT IP26) kan nog geoptimaliseerd worden adhv additionele interventies;
Bron: FIEN+ rapport Strategy&, PWC 2024

Scenario's interventieclusters | Om scenario impact te realiseren dient er een set aan beleidsinstrumenten geïmplementeerd te worden

Scenario's

	Laag	Midden	Hoog	Beleidsinstrumenten
A Flexibiliteit bij kleinverbruik	• Gebruik van **prikkels** om private EV-laders en warmtepompen te sturen • Aanvullende actieve sturing op **publieke EV-laders** • **Lagere penetratie warmtenetten**, vs. de baseline ambitie (20%)	• **Actieve sturing** van publieke EV-laders en achter de meter (incl. private EV-laders, warmtepompen en zon-op-dak), met beperkte impact consumentcomfort • Baseline penetratie warmtenetten (20%) • Verhoogde **energiebesparingseisen**	• **Actieve sturing** van publieke EV-laders en achter de meter (incl. private EV-laders, warmtepompen en zon-op-dak), met impact consumentcomfort • Hogere penetratie warmtenetten (30%) • Verhoogde **energiebesparingseisen**	• KGG / ACM ontwikkelt financiële prikkels • ACM kent sturingsmandaat toe aan netbeheerders/externe partij • KGG en lokale overheden versnellen en coördineren uitrol van warmtenetten • VRO verscherpt energiebesparingseisen
B Flexibiliteit bij grootverbruik	• Lage compensatie ontsluit **beperkte flexibilisering GVs** in enkele sectoren • **Vrijwillig netbewust laden** logistiek (gebaseerd op prikkels) • Geen additionele energiebesparing utiliteit	• Meer compensatie ontsluit **flexibilisering GVs** in verschillende sectoren • **Verplicht ongegarandeerd laden** logistiek (groot aandeel non-firm) • **Additionele energiebesparing** utiliteit	• Hoge compensatie ontsluit **flexibilisering GVs tot 20%** in alle industriesectoren • **Verplicht tijdsgebonden laden** logistiek (uitschakelen op de piekuren) • **Additionele energiebesparing** utiliteit	• KGG/Netbeheerder stimuleert flex (ATR, flextenders, CAPEX-subsidie) • ACM introduceert tarieven gedifferentieerd in de tijd • ODs handhaven energiebesparingsplicht
C Slimme locatiekeuze	**Scenario 1** • Slimme locatiekeuze voor **opwek:** – Stuurbare assetcategorieën – Nieuwe aansluitingen en verzwaringsaanvragen	**Scenario 2** • Slimme locatiekeuze voor **grootverbruik:** – Stuurbare grootverbruikcategorieën – Nieuwe aansluitingen en verzwarinigsaanvragen		• KGG stuurt opslag achter de meter met subsidies (bv. SDE++) • ACM introduceert tarieven gedifferentieerd naar locatie • KGG/lokale overheden versterken sturende beleid op energieplanologie
D Verhoogde technische benutting	• Algemene verhoging van belastingsgrens van MS- en HS-assets gebaseerd op hoger **technisch belastingspotentieel assets met minimale storingsimpact**	• Verhogen van belastingsgrens MS- en HS-assets **gedifferentieerd overheen locaties** (lage storingskans: belasting 'Hoog' scen., hoge storingskans: belasting 'Laag' scen.) en **lagere redundantie op MS-net**	• Algemene verhoging van technische belastingsgrens van MS- en HS-assets gebaseerd op **lagere redundantie op MS-net en hogere technische belasting assets**, leidend tot **verhoogde storingskans**	• ACM herevalueert storingscriteria als criteria voor netbeheerder compensatie • KGG/ACM dekt toenemende aansprakelijkheid van netbeheerders af • ACM breidt scope afschakelplannen en non-firm contractvormen uit
E Lokale conversie wind op zee	• **Sensitiviteit locatie:** neerwaards risico verzwaringsvraag wanneer dezelfde conversie (elektrolyse/power-to-heat) wordt gerealiseerd op in-land locaties, waardoor het transportvraag opdrijft	• **Sensitiviteit volume:** neerwaards risico op systeemkosten wanneer stimuleringsbeleid leidt tot realisatie van WoZ- en conversievermogen waar geen (economische) vraag voor bestaat	• **Baseline:** realisatie ambities van WoZ en conversie (elektrolyse/power-to-heat) aan de kust, en in gelijke tred met lokale economische vraag naar groene elektronen en H2, om zo aanbodoverschotten te voorkomen	• KGG/lokale overheid stuurt op locaties elektrolyse met energieplanologie • KGG/VRO maakt OWE-subsidie voor elektrolyse conditioneel op gebruik van enkel elektriciteitsoverschotten van lokale bron[1]

Impact – Volume vs. capex | Op korte termijn kan de wachtrij versneld aangesloten worden door de vrijgekomen piekcapaciteit



Interventies zorgen, over de netvlakken heen, voor het reduceren van de piekvraag of het ontsluiten van meer capaciteit op het net. De impact verschilt voor de periode tot '31 en na '31

1 Volume impact tot 2031

Voor 2031, dragen de interventies voornamelijk bij het dichten van het maakbaarheidsgat door meer klanten aansluitingen te realiseren, hierdoor kunnen de netkosten over een groter volume verspreid worden en daalt het nettarief

2 CAPEX impact vanaf 2031

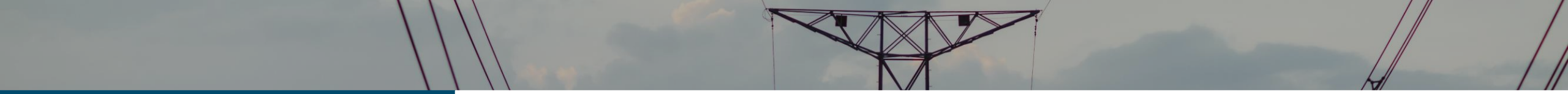
Na 2031, zorgen de interventies voor het vermijden van netverzwaring door eenzelfde aantal klanten aansluitingen te realiseren met een verminderde netverzwaring met een directe impact op daling van nettarieven

Netbeheer Nederland

Netbeheer Nederland

Slimme keuzes voor een betaalbaar en robuust energiesysteem

Gedetailleerd document



Gedetailleerd document

Cluster deep-dives p. 1-73

1. Flexibiliteit bij kleinverbruik p. 3-15
2. Flexibiliteit bij grootverbruik p. 18-31
3. Slimme locatiekeuze p. 32-47
4. Verhoogde technische benutting p. 48-60
5. Lokale conversie van wind op zee p. 62-73

Knock-on effecten p. 74-78

Pagina-nummering in rechteronderhoek op de pagina





Recap | Zes elementen worden uitgewerkt per interventie-cluster

A **Interventiecluster recap** – Recap van de individuele interventies, en overzicht van de interventiecluster geprioriteerd voor netdoorrekening

B **Scenario's** – Overzicht van de scenario's voor de interventiecluster met oplopende netverzwaringsimpact en beleidsmaatregelen

C **Methode doorrekening** – Overzicht van de methode, inclusief de belangrijkste aannames voor het doorrekenen van netvlakimpact

D **Resultaten** – Inzichten rond de (eerste) inschatting van de netverzwaringsimpact van de interventiecluster

E **Bredere impact** – Inzichten in de bredere impact, naast de netverzwaringsimpact, van de interventiecluster

F **Beleidsimplicaties** – Inzichten in de beleidsimplicaties van de eerste doorrekening / eerste inschatting van de netverzwaringsimpact

Deep dive | Flexibiliteit bij kleinverbruik

LS *<1 kV*	MS *10-20 kV*	HS *25-150 kV*	EHS *220-380 kV*	Net op zee 550 kV

1 ***Focus van deze sectie***

Flexibiliteit bij kleinverbruik

Prikkels voor kleinverbruikers om vlakker afname- en invoerprofiel te stimuleren/af te dwingen beperkt de noodzaak om laagspanningsnet te verzwaren, met knock-on effecten op het midden- en hoogspanningsnet

Interventies:

1. Flexibiliteit KVs (normering/subsidiëring)
2. Tariefdifferentiatie KV
3. Energiebesparing KV
4. Warmtenetten

2

Flexibiliteit bij grootverbruik

Ondersteunen van grootverbruikers om hun afname en opwekprofiel beter aan te passen aan het aanbod van energie, om de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

5. Energiebesparing GVs
6. Flexibiliteit GVs
7. Tariefdifferentiatie GVs

3

Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik

Opslag, aanbod en vraag dichter bij elkaar te plaatsen, om het transporteren van energie te minimaliseren, en de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

8. Locatiespecifieke sturing van opslag
9. Prioriteringskader verzwaring en uitbreiding net
10. Tariefdifferentiatie locatiesturing
11. Energiehubs

4

Verhoogde technische benutting van het netwerk

Selectief assets zwaarder belasten en gebruik maken van netredundantie, ondersteund door een ander model rond storingsaansprakelijkheid/-compensatie

Interventies:

12. Redundantie verlagen op het net
13. Innovatieve oplossingen voor asset belasting)

5

Lokale conversie van wind op zee

Optimale inzet (zowel qua locatie als capaciteit) van conversie van wind-op-zee productie; om de hoogspanningsverzwaring te beperken

Interventies:

14. Locatiesturing conversie (incl. waterstof)
15. Bredere benutting net op zee (zon-op-zee)

Fiche #15: Separate, verdere kwalitatieve uitwerking van deprioritering rationale

Separate interventies – ***uitwerking door externe partij***

16. Minder wind op zee en meer kernenergie
17. Impact andere systeemkeuzes - achterblijvende vraag

Flexibiliteit bij kleinverbruik | Samenvatting (I/III)

A

Interventiecluster recap – Het interventiecluster 'Flexibiliteit bij kleinverbruik' zorgt d.m.v. interventies voor een efficiënter gebruik door kleinverbruikers van het toekomstige energiesysteem, door:

- **Een gelijkmatiger verbruik- en opwekprofiel te stimuleren** d.m.v. gerichte sturing van zonnepanelen, publieke en private EV-laders en warmtepompen, door zowel financiële prikkels (bv. gedifferentieerde nettarieven) alsook (bijkomende) actieve sturing
- Het verlagen van de benodigde netinvesteringen door het **verlagen van de elektrische warmtevraag en het voorkomen van dubbele investeringen** door een versnelde uitrol van warmtenetten op locaties waar het de meest competitieve[1] oplossing voor het verduurzamen van warmte is
- Energie te besparen door versnelde en toegenomen uitrol van **isolatie en andere energiebesparende maatregelen**

Voor een beter inzicht in dit cluster wordt een berekening gemaakt van het **aantal knelpunten in het NL LS-net tegen 2040**. Knelpunten ontstaan wanneer het net op bepaalde locaties moet worden versterkt of uitgebreid. Dit kan zich uiten in overbelasting van kabels, MS/LS-stations of combinaties

B

Scenario's – We hebben drie scenario's ontwikkeld om de potentiële netimpact van deze interventies in te schatten; met een **toenemende mate van sturing en reductie van de piekvraag** doorheen de scenario's:

- **Baseline:** IP2024[2], wat voor 2030 betekent ~0.5 mln publieke en ~1.0 mln private EV-laders[2] ,~2.1 mln warmtepompen[3] en ~25 GW aan zon-op-dak, en ambitieuze aannames voor warmtenet-adoptie (20% tegen 2050) en energiebesparende maatregelen (energielabel B voor alle woningen met een all-e warmtepomp), waarvoor bijkomend beleid nodig is
- **Laag scenario – Bijkomende prikkels en lichte maatregelen:** Enkel sturing van publieke EV-laders, naast bestaande (financiële) prikkels om meer flexibel verbruik van private EV-laders, warmtepompen, eigen verbruik en verminderde invoeding van PV te stimuleren; geen additionele maatregelen voor energiebesparing
- **Midden scenario – Extra maatregelen:** Sturing van publieke en private EV-laders, en warmtepompen (hybride en all-e), met een gelimiteerde 'vermogensaftopping' om de consumentenimpact te minimaliseren; verhoogde terugregeling van zon-op-dak met lage opbrengstverliezen, en verhoogde energiebesparingsmaatregelen
- **Hoog scenario – Verregaande sturing:** Sturing van publieke en private EV-laders, en warmtepompen, met een hogere 'vermogensaftopping' en een mogelijk hogere impact op consumentencomfort (hybride en all-e); verhoogde terugregeling van zon-op-dak met beperkte opbrengstverliezen, en verhoogde energiebesparingsmaatregelen

Over deze scenario's heen wordt de **penetratie van warmtenetten (10% - 30%)** gevarieerd, om de netimpact van een versnelde/vertraagde uitrol inzichtelijk te maken

1. Vanuit een financieel en maatschappelijk perspectief; 2. Aantallen gebaseerd op Nationale drijfveren scenario ii3050; 3.Voor totale gebouwde omgeving;

Flexibiliteit bij kleinverbruik | Samenvatting (II/III)

C **Methode doorrekening –** De netverzwaringsimpact inschattingen zijn gebaseerd op een doorrekenmodel gefocust op Liander netten, en vervolgens gevalideerd door andere RNBs en geëxtrapoleerd voor heel Nederland:

- De opgestelde scenario's (met betrekking tot stuurbaarheid, warmtenet-adoptie en andere besparingsmaatregelen) zijn vertaald naar input voor het **Liander doorrekenmodel** waarvan de output het aantal **knelpunten (en dus benodigde netverzwaringsinvesteringen)** is
- De CAPEX-reductie ten opzichte van de baseline is berekend door een **gemiddelde capex per net** toe te passen op het verminderde aantal knelpunten in elk scenario;
- De resulterende netverzwaringsimpact is daarna **geëxtrapoleerd naar LS-impact in Nederland (voor alle RNBs)**, gebaseerd op het aantal woningaansluitingen

D **Resultaten –** Afhankelijk van het gekozen scenario heeft dit interventiecluster een **CAPEX-impact van €1-5 Mld op de baseline van LS, MS, HS en EHS tegen 2040**:

- **Laag scenario:** Flexibiliteit door **alleen prikkels en publieke EV-lader sturing** heeft slechts ~**€1 Mld capex-impact** op de baseline, waarbij er 2-5% minder netten moeten worden verzwaard
  - **De toekomstige effectiviteit van prikkels is onzeker** en afhankelijk van factoren zoals de afstemming van prikkels op daadwerkelijke piekbelasting (bv. mogelijk contraproductieve prikkels door grote hoeveelheden wind-op-zee) en de mate waarin burgers op deze prikkels reageren (bv. perfecte sturing zolang comfort gewaarborgd blijft)
- **Midden scenario**: Door actieve sturing op private EV-laders, warmtepompen en curtailment van zon-op-dak, is de capex-impact op de baseline significant groter (~€3 Mld tegen 2040), wat overeenkomt met **25-30%** minder netten te verzwaren
  - **De kortetermijnimpact** gedreven door sturing publieke EV-laders (vanaf 2025) en curtailment van zon-op-dak tijdens de piek (~75% van groei van PV vindt plaats vóór 2030)
  - **De langetermijnimpact** (na 2030) wordt gedreven door de bijkomende 'achter-de-meter' sturing van warmtepompen en private EV-laders (met de meeste groei na 2030),
- **Hoog scenario:** Een **aanscherping van de actieve sturing** door hogere terugregeling van publieke en private EV-laders, all-e warmtepompen, en hogere curtailment van zon-op-dak, leidt tot een **CAPEX-impact van ~€4Mld** van de baseline tegen 2040**,** waarbij **35-45%** minder netten verzwaard dienen te worden
  - Hierbij wordt zowel **de kortetermijnimpact** (door sturing publieke EV-laders en curtailment van zon-op-dak) en **langetermijnimpact** (warmtepompen en private EV-laders) vergroot
- **Significante impact van veranderde warmtenet adoptie:** Verhogen/verlagen van warmtenet adoptie (tussen 10-30% penetratie) op de meest competitieve locaties, resulteert in een delta van -4%/+4% op het aantal knelpunten van de verschillende scenario's, met ~€0.2-0.4 Mld toename of afname van de CAPEX-impact op de baseline

E **Bredere impact** - De meer verregaande scenario's voor KV flexibiliteit kunnen een **impact hebben op het consumentencomfort; het ondersteunen van investeringen kan het comfortverlies deels mitigeren**

- Bij warmtepompen daalt de temperatuur 0.8-2 °C in het hoge scenario van meeste sturing, met mogelijke mitigerende maatregelen zoals buffervaten, waarvoor met publiek geld subsidie zou kunnen worden verstrekt
- Bij EV-laders zal slechts in beperkte gevallen niet volledig aan de laadbehoefte kunnen worden voldaan, waarbij de laadvraag voor avondladen in normale omstandigheden voldaan zal kunnen worden

Flexibiliteit bij kleinverbruik | Samenvatting (III/III)

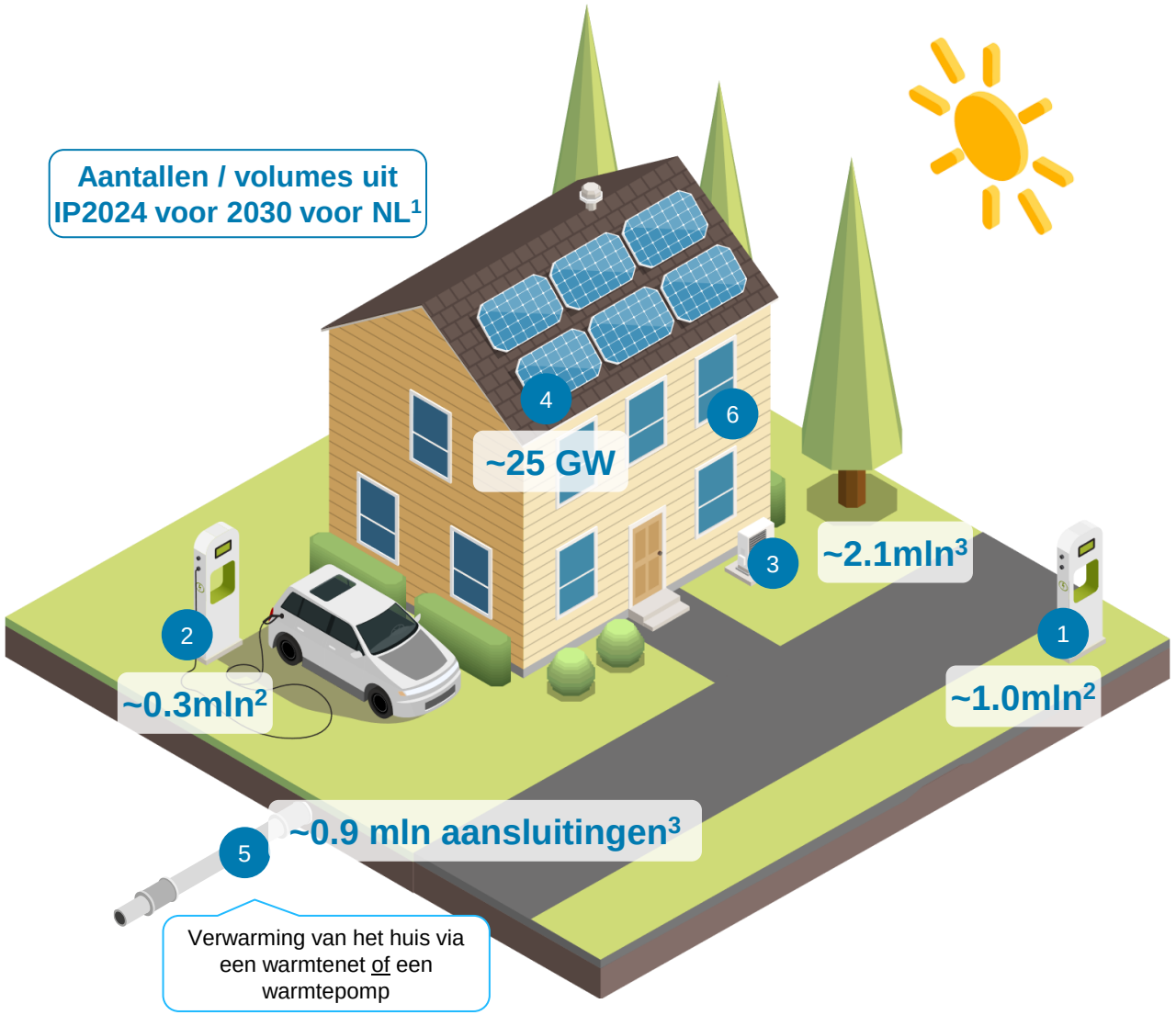
Beleidsimplicaties – Om het geïdentificeerde impactpotentieel van flexibiliteit bij kleinverbruik te verwezenlijken is het noodzakelijk om een cluster aan interventies te implementeren die voorbijgaan aan financiële prikkels.

- **Laag scenario –** Beleid nodig om sturing van publieke EV-laders, sturing met financiële prikkels van private assets en beperkte adoptie van warmtenetten te realiseren
  - Openbreken van concessies **met CPO's om publieke EV-laders** direct aan te sturen in 2025, met een terugregeling
  - De volledige afschaffing van de **salderingsregeling** staat gepland voor 2027. Dit stimuleert huishoudens om (nu al) minder opgewekte energie terug te leveren aan het net en meer achter de meter te verbruiken
  - Het herzien van het **KV-nettariefstelsel**, met variabele piektarieven zoals voorzien in beleid, kan tegen 2028 de transportvraag tijdens drukke periodes verlagen
- **Middenscenario –** Bovenop bovenstaande is voor realisatie van additionele impact in het middenscenario beleid nodig om de uitrol van warmtenetten te versnellen en private assets stuurbaar te maken (EV-laders, warmtepompen en zon-op-dak):
  - Ontwikkelen van communicatieprotocollen, terugregelstandaarden en detaillering van sturingsmechanismes in 2025 en 2026, voorafgaand aan de invoering van sturingsbeleid
  - In 2025, dient de **Wet voor Collectieve Warmte** zo opgesteld te worden dat de investeringen in, en de uitrol van, warmtenetten worden bevorderd. Daarnaast is het noodzakelijk dat concessiegebieden en een implementatieplan worden uitgewerkt in 2025, zodat dubbele investeringen kunnen worden voorkomen
  - **Daarnaast dienen warmtenetten versneld en gecoördineerd uitgerold te worden**, door keuzes te maken voor lokale warmteoplossingen, uitrol- en opleverplanning vast te leggen en subsidiëringskader in te stellen, gericht op **20% adoptie** in 2050
  - **Stuurbaar maken van private EV-laders tegen 2030** via bestaand communicatieprotocol, met mogelijkheid tot 'retrofitting' van bestaande laders
  - **Stuurbaar maken van warmtepompen tegen 2030** (voor hybride en gedeeltelijk voor all-e) waarvoor de uitwerking van een aansturingsprotocol nodig is
  - Verplichten **van gedeeltelijke curtailment van zon-op-dak tegen 2030**, om tijdige terugregeling te verzekeren gezien de kortetermijngroei (voor 2030) en de beperkte mogelijkheid tot 'retrofitting'
  - Het aanscherpen van de **energiebesparingsmaatregelen** verlaagt het gehele profiel doorheen de tijd. De juiste combinatie van maatregelen vereist onderzoek in 2025, en dient uiterlijk tegen 2027 opgenomen te worden in faciliterend, subsidiërend (bv. ISDE) of normerend beleid
  - Naast beleidsuitwerking is ook inzet op goede **handhaving** van deze maatregelen noodzakelijk (bv. indien curtailment via kleinere omvormer, nagaan van werkelijke installatie; Strengere handhaving op energiebesparingsplicht)
- **Hoog scenario –** Maximale impact in hoog scenario vergt additioneel beleid gericht op eerdere en verdergaande sturing vergeleken met het middenscenario, waarbij een trade-off tussen betaalbaarheidsimpact en consumentencomfort moet worden gemaakt, en verdere versnelling en adoptie van warmtenetten:
  - **Uitrol van warmtenetten verder versnellen** door keuzes te maken voor lokale warmteoplossingen, uitrol- en opleverplanning vast te leggen en subsidiëringskader in te stellen, gericht op **30% adoptie** in 2050
  - Uitbreiden van **terugregelingseisen publieke en private EV-laders** naar een verdere terugregeling in 2025, met een mogelijkheid tot volledige terugregeling in extreme pieken
  - Eerder en sterker verplichten **van curtailment van zon-op-dak** in 2025[1]
  - **Verder stuurbaar maken** van all-electric **warmtepompen** tegen 2030 waarvoor de uitwerking van een aansturingsprotocol nodig is

Echter, de **mogelijkheden en invulling van directe sturing** (m.b.t. verplichting vs. vrijwillige inschrijving, nodige vergoeding, etc.) **dient verder onderzocht te worden,** zodat het beleid past binnen het Europese wettelijke kader. Het behalen van de resultaten van het 'Midden' en 'Hoog' scenario zal van deze inzichten en politieke keuzes afhankelijk zijn

1. Doorrekening gemaakt voor beleidsinvoering in 2030, maar PV groei vòòr 2030 vraagt om de nodige urgentie

Interventiecluster recap - huishouden | Kleinverbruikers helpen efficiënt gebruik te maken van het toekomstige energiesysteem



Als kleinverbruikers flexibel zijn wanneer ze energie verbruiken en invoeden vlakt de piekbelasting af. Om dit te realiseren moeten apparaten **stuurbaar zijn.** De aansturing kan gedaan worden door individuen (bv. incentivering via gedifferentieerde nettarieven) of door de netbeheerder. De volgende apparaten worden hierbij meegenomen

1. Publieke EV-laders
2. Private EV-laders
3. Warmtepompen
4. Zonnepanelen

Het installeren van **warmtenetten op strategische locaties zorgt voor minder vraag naar elektriciteit voor warmte**. Een **versnelde uitrol** voorkomt dubbele investeringen (bv. installatie warmtepomp)

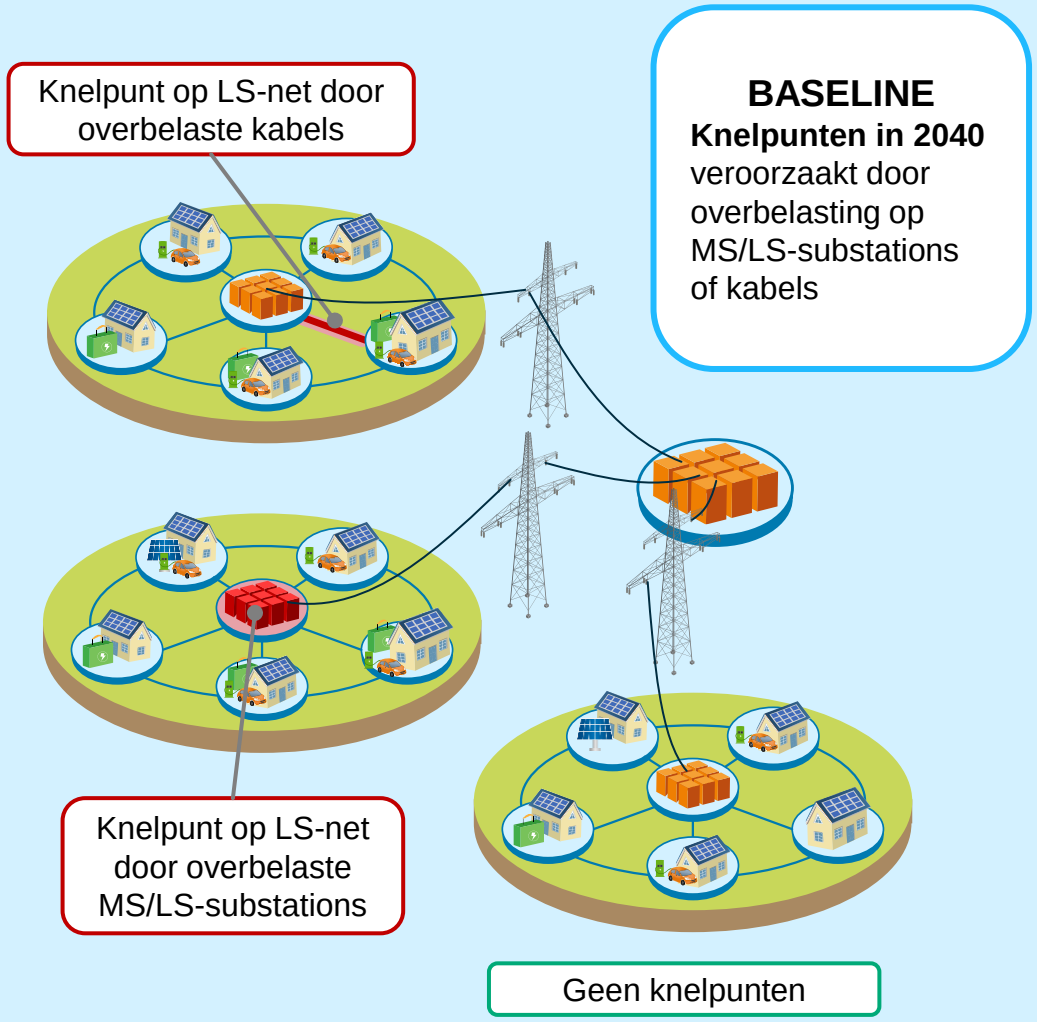
5. Installatie en versnelde uitrol van warmtenetten

Efficiënte installatie van apparaten en een **goede woningisolatie** (bv. cruciaal bij warmtepompen) verminderen het verbruik en daarmee ook piekbelastingen op het laagspanningsnet

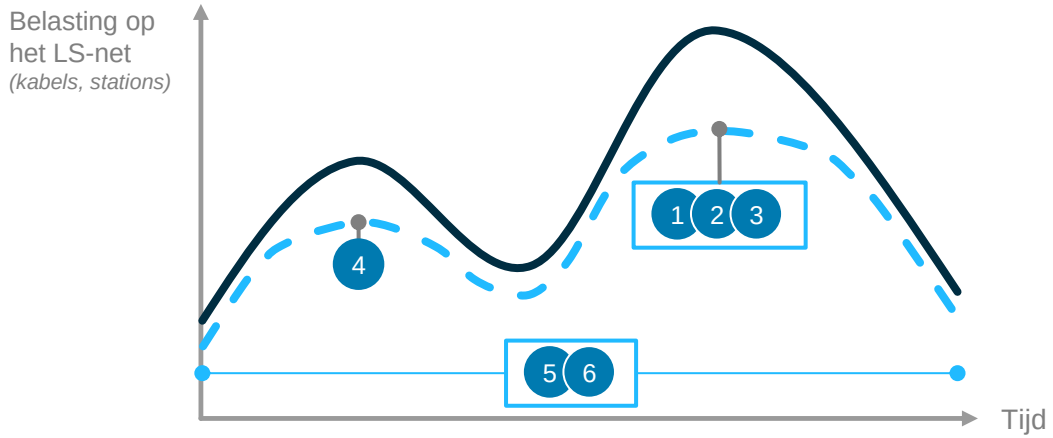
6. Energiebesparing

1. Aantallen gebaseerd op Nationale drijfveren scenario uit Liander, Stedin en Enexis IP2024, effectieve doorrekening op Liander IP2024, en geëxtrapoleerd naar andere RNBs; 2. Geen data over EV-laders voor Stedin en Enexis, dus Liander aantallen geëxtrapoleerd op basis van aantal EV auto's; 3. Voor de totale bebouwde omgeving

Flexibiliteit bij kleinverbruik | Stimuleren van gelijkmatiger verbruik- en opwekprofiel op het LS-net



Het interventiecluster 'Flexibiliteit bij kleinverbruik' zorgt d.m.v. interventies voor een efficiënter gebruik door kleinverbruikers van het toekomstige energiesysteem, door het stimuleren van een gelijkmatiger verbruik- en opwekprofiel:



Legenda:

Nieuw vlakker belastingsprofiel

\# Tijdsgebonden impact

Interventies binnen cluster:

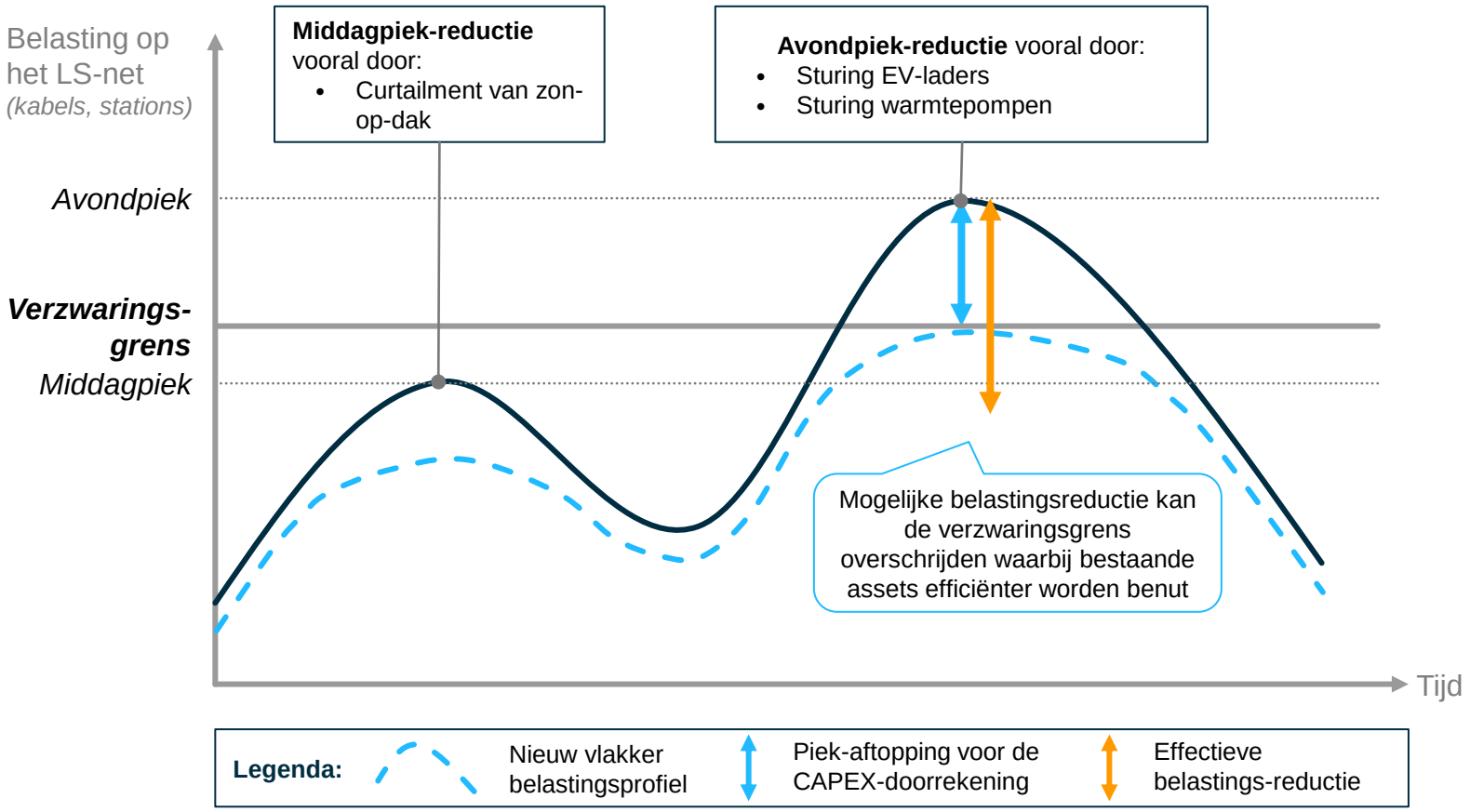
1. Publieke EV-laders
2. Private EV-laders
3. Warmtepompen
4. Zonnepanelen
5. Versnelde uitrol van warmtenetten
6. Energiebesparing

LAAG	MIDDEN	HOOG
2-5%	**25-30%**	**35-45%**
knelpunten in 2040	knelpunten in 2040	knelpunten in 2040

Bron: Doorrekening model Liander

Doorrekeningsmethode – Back-up | De CAPEX-impact wordt enkel berekend op het piekvermogen dat boven andere pieken ligt

Belasting doorheen de tijd op het LS-net



Het doorvoeren van de KV-interventies, zorgt voor een piekaftopping van **verschillende pieken tijdens de dag**:

- **Zon-op-dak curtailment:** vooral impact op de middagpiek
- **EV-laders sturing**: vooral impact op de avondpiek
- **Warmtepompen sturing:** aftopping van verschillende pieken, maar vooral de avondpiek
- **Verhogen warmtenet-adoptie en andere energie-basparingsmaatregelen**: reductie baseload

Om ervoor te zorgen dat we de **juiste hoeveelheid piekreductie** meenemen in de CAPEX-doorrekening, wordt er gecontroleerd dat:

- Er geen nieuwe hoogste piek wordt gecreëerd na piek-aftopping en dus alleen het piekvermogen wordt aangesproken dat boven de andere pieken ligt

De **CAPEX-impact** wordt dus alleen doorgerekend voor **'knelpunten'** op het LS-net die effectief **worden opgelost**

Van de **netten** die verzwaard dienen te worden in de **baseline in 2040**, dienen er uiteindelijk nog:

- ~95-98% in het 'Laag' scenario,
- ~70-75% in het 'Midden'scenario
- ~55-65% in het 'Hoog' scenario

verzwaard te worden na het doorvoeren van de interventies

Bron: Doorrekening model Liander

Scenario's | Scenario's variëren in de mate van sturing, warmtenet-adoptie en andere besparingsmaatregelen (I/II)

	Baseline (IP2024)	LAAG Bijkomende prikkels en lichte maatregelen	MIDDEN Extra maatregelen	HOOG Verregaande sturing
	• FIEN+ baseline	• Sturing van publieke EV-laders • Verandering van gedrag voor private EV-laders, PV en warmtepompen doormiddel van prikkels • Lagere warmtenet-adoptie	• Sturing van publieke & private EV-laders, warmtepompen en zon-op-dak • Zonder comfortverlies voor de burger • Toegenomen energiebesparende maatregelen	• Verregaande sturing van publieke & private EV-laders, warmtepompen en zon-op-dak • Mogelijk comfortverlies voor de burger • Hogere warmtenet-adoptie • Toegenomen energiebesparende maatregelen
Stuurbaarheid – Scope	Geen sturing 2030 IP2024[1] : • ~0.5 mln publieke en ~1.0 mln private EV-laders[2] • ~2.1mln WPs[3] • ~25 GW zon-op-dak	Sturing: • Nieuwe en bestaande publieke EV-laders Verandering burgergedrag door prikkels: • Private EV-laders • WPs • PVs (kleinere omvormer en toenemend eigen verbruik)	Sturing waarbij comfort gewaarborgd blijft: • Nieuwe en bestaande publieke EV-laders • Nieuwe en bestaande private EV-laders • Nieuwe WPs Curtailment met zeer laag opbrengstverlies: • Nieuwe PVs	Sterke sturing: • Nieuwe en bestaande publieke EV-laders • Nieuwe en bestaande private EV laders • Nieuwe WPs Curtailment met beperkt opbrengstverlies: • Nieuwe PVs (mogelijk uitbreiding tot bestaande via softwareaftopping omvormer)
Stuurbaarheid – Beleid	• N/A	• Concessies tussen netbeheerder en Charge Point Operator (CPO), groeiende adoptie • Invoering gediff. nettarieven vanaf 2028 • Afschaffing salderingsregeling vanaf 2027[4]	• Concessies tussen netbeheerder en Charge Point Operator (CPO) vanaf 2025 • Invoering van direct sturingsbeleid vanaf 2030	• Concessies tussen netbeheerder en Charge Point Operator (CPO) vanaf 2025 • Invoering van direct sturingsbeleid vanaf 2030
Warmtenetten	• Warmtenet-adoptie voor **20%** (2050) van de aansluitingen in NL	• Warmtenet-adoptie voor 10% (2050) van de aansluitingen in Nederland	• Warmtenet-adoptie voor 20% (2050) van de aansluitingen in Nederland	• Warmtenet-adoptie voor 30% (2050) van de aansluitingen in Nederland
Andere energiebesparings-maatregelen	• Energielabel B voor nieuwe all-e WP	• Baseline aanhouden	• Verlaging van het piekvermogen van all-e warmtepompen (door bijvoorbeeld verstrengde isolatie-eisen of laag temperatuur afgiftesysteem)	• Verdere verlaging van het piekvermogen van all-e warmtepompen (door bijvoorbeeld verstrengde isolatie-eisen of laag temperatuur afgiftesysteem)

1. Aantallen gebaseerd op Nationale drijfveren scenario uit Liander, Stedin en Enexis IP2024, effectieve doorrekening op Liander IP2024, en geëxtrapoleerd naar andere RNBs; 2. Geen data over EV-laders voor Stedin en Enexis, dus Liander aantallen geëxtrapoleerd op basis van aantal EV auto's; 3. Voor totale bebouwde omgeving; NB: Maatregelen gaan over private warmtepompen en PV; 4. Individuele sturing door prikkels reeds vanaf 2025
Bron: ElaadNL; Agenda Laad Infrastructuur; Paper: Mind the gap – open communication protocols for vehicle grid integration 2020; Paper: Revisiting static charge schedules for electric vehicles as temporary solution to low-voltage grid congestion with recent charging and grid data 2022; Planbureau voor Leefomgeving; Berenschot; Vereniging warmtepompen; Rapport: SDE++ 2022; Nieman Raadgevende ingenieurs

Scenario's – detail | Onzekerheid over toekomstige effectiviteit van prikkels leidt tot verschillende 'Laag scenario' uitkomsten

Conservativiteit van inschatting

Tussenliggende scenario's

Conservatief | Verminderde effectiviteit door conflicterende prikkels

Het II3050-eindrapport stelt dat de elektriciteitsprijs tegen 2050 steeds meer wordt beïnvloed door grote hoeveelheden wind-op-zee

Dit zorgt ervoor dat er een loskoppeling ontstaat tussen het nationale en het lokale prijssignaal:

- Dynamische tarieven (op nationaal niveau) kunnen adverse signalen geven, waardoor lokaal verbruik toeneemt ondanks een gebrek aan lokale opwek
- Dit effect neemt de overhand, gezien dynamische contracten doorgaans sterkere prikkels geven dan nettarieven

Prikkels gericht op netsturing verliezen hierdoor hun effectiviteit in het verminderen van piekbelasting en kunnen de situatie zelfs verslechteren

Huidig doorgerekend Laag scenario

Vanwege de onzekerheid over de effectiviteit van prikkels en het verloop van de ingroei, is de aanname dat de ingroei van adoptie en effectiviteit van sturing door de burger niet verder toeneemt

Dit modelleren we door lineaire te extrapoleren tussen 2034 en 2040 (wat consistent is met het midden en hoog scenario)

Optimistisch | Verdere ingroei van adoptie en effectiviteit

Bij prikkels die zijn afgestemd op lokale pieken én waarbij verbruikers sturen op deze prikkels, zal de verbruiker sturen tot het punt waarop geen comfortverlies optreedt. Dit komt overeen met de terugregelwaarden uit het midden scenario.

Bijvoorbeeld:
Een studie van ElaadNL over *Netbewust laden* veronderstelt dat het haalbaar is om 50% piekreductie te bereiken (17:00-23:00 uur), met een ingroei van 100% voor thuisladen in 2035

Bij een doorrekening tot 2040 resulteert dit in een ~2% net-impact t.o.v. de LS/MS baseline in 2040 (vs. ~1% in huidige laag scenario)

Net-impact:
Verminderde nood aan CAPEX voor netverzwaring door verlaagd aantal knelpunten t.o.v. LS en MS baseline

Niet doorgerekend binnen dit traject

~1%

~2%

Bron: Doorrekening model Liander, Elaad

Resultaten | Significante bruto impact mogelijk door actieve sturing

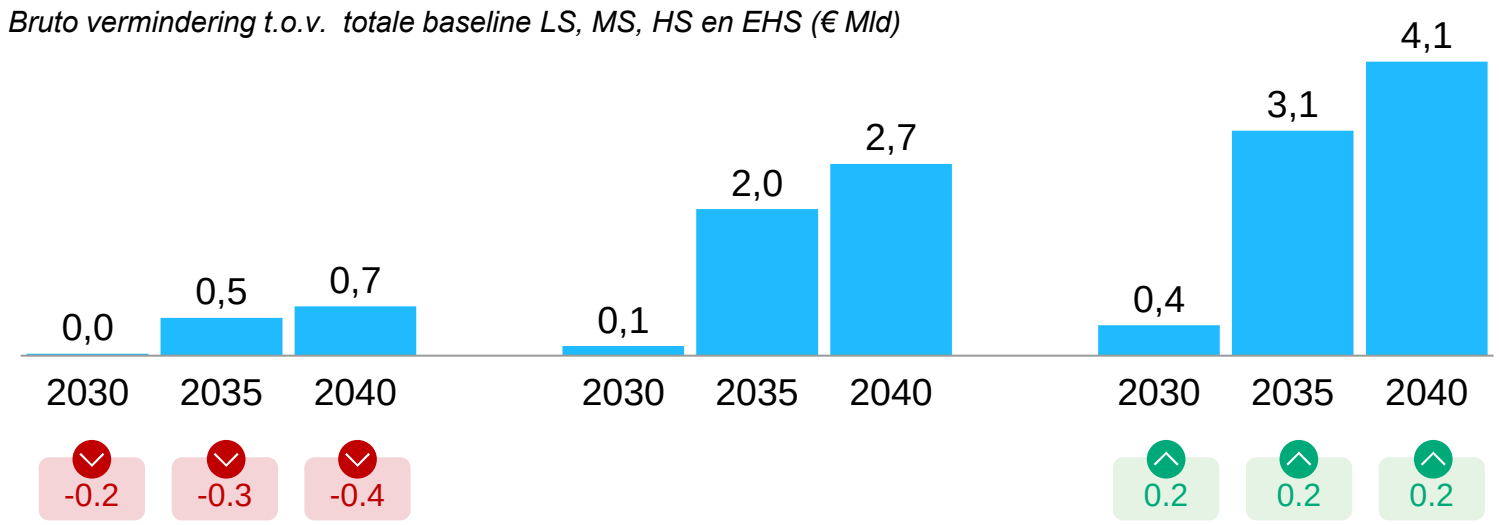
Vermindering van de benodigde netverzwarings-CAPEX vs IP2024 baseline

(cumulatief; exclusief knock-on impact)

LAAG
Bijkomende prikkels en lichte maatregelen

MIDDEN
Extra maatregelen

HOOG
Verregaande sturing



Verhogen / verlagen van warmtenet-adoptie naar **10%** (LAAG scenario) of **30%** (HOOG scenario) in 2050 (vs. 20% in baseline) zorgt voor 4% resp. meer / minder knelpunten

Beleid

- Doorvoeren van het **kleinverbruiker nettarievenstelsel en afschaffing van de salderingswet** voor het stimuleren van gedragsverandering doormiddel van prikkels
- Verplichten van curtailment **van zon-op-dak**, (beleidsopties verder te onderzoeken)
- Openbreken van huidige consessies met **publieke EV-laders** met directe sturing met een terugregeling
- Uitwerken van beleid voor het sturen **van private EV-laders** via het **bestaande communicatieprotocol**, met mogelijke 'retro-fitting'
- **Stuurbaar maken van warmtepompen** (voor hybride en gedeeltelijk voor all-e) – waarvoor de uitwerking van een protocol nodig is

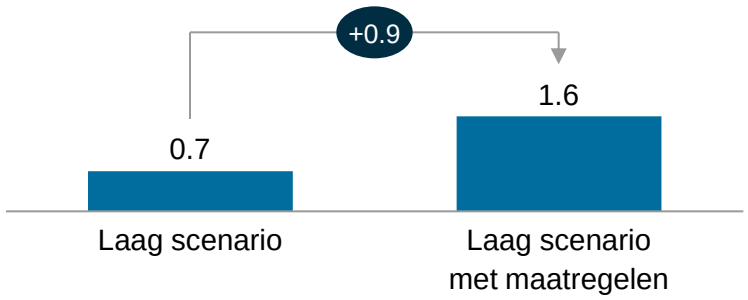
Trade-off maken tussen betaalbaarheidsimpact en consumentencomfort

Resultaten - Sensitiviteit energiebesparende maatregelen | Potentieel in 'Laag' scenario stijgt naar €1.6 Mld capex-impact

Impact van energiebesparende maatregelen t.o.v. 'Laag' scenario

Aannames:
- **Laag scenario** aannames: directe sturing publieke EV-laders en sturing door prikkels op private EV-laders, WP en PV
- **Verlaging van het piekvermogen van all-e WP met ~35%** (door bijvoorbeeld verstrengde isolatie-eisen of laag temperatuur afgiftesysteem)

Vermindering benodigde netverzwarings-CAPEX t.o.v. baseline (cumulatief; €Mld; 2040)

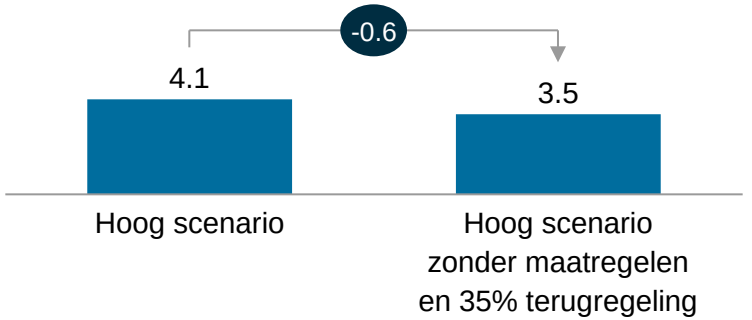


- Energiebesparende maatregelen hebben verdere netverzwarings-reductie van €0.9 Mld

Impact van het niet doorvoeren van energiebesparende maatregelen in het 'Hoog' scenario

Aannames:
- **Hoog scenario** aannames: sterke sturing op EV-laders, PV en WP
- **Energiebesparende maatregelen worden teruggebracht naar 0% piekvermogen reductie van all-e WP** t.o.v. ~35% in Hoog scenario aannames en ~35% terugregeling

Vermindering benodigde netverzwarings-CAPEX t.o.v. baseline (cumulatief; €Mld; 2040)



- Indien geen energiebesparende maatregelen in HOOG scenario (en lagere terugregeling van WP gezien geen na-isolatie) dan € 0.6 Mld minder net-verzwaringsreductie tegen 2040

Andere voordelen van energiebesparende maatregelen:

1. **Algemene daling van energievraag in NL**, gereflecteerd in een reductie van het netprofiel doorheen de tijd
2. Verhoogde energiebesparende maatregelen zorgen voor een **lager aardgas verbruik bij hybride WP**, wat bijdraagt aan het behalen van de klimaatdoelstellingen

NB: zonder warmtenet sensitiviteiten; CAPEX-impact op LS-net, knock-on effecten op MS-, HS- en EHS-net hier niet doorgerekend

Interim resultaten – Lagere baseline aannames | ~€0.2-0.4 Mld downside op LS-net in voorbeelddoorrekeningen

Gegeven de **ambitieuze doelstellingen voor energiebesparing in de baseline** (energielabel B bij installatie van een all-e warmtepomp), worden **twee sensitiviteiten doorgerekend op het 'Laag' scenario** voor het geval deze doelstellingen niet worden gehaald:

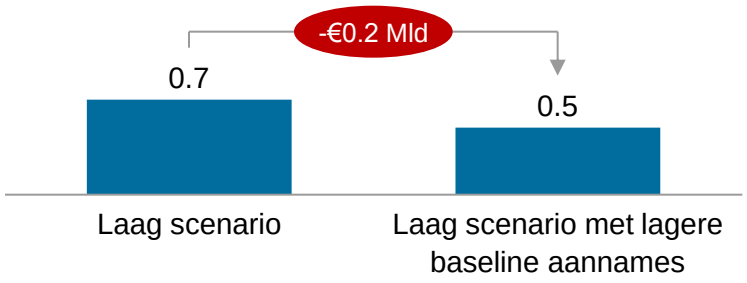
A Laag scenario met ~35% piekvermogen toename voor alle all-e warmtepompen (omgekeerde slag van het toepassen van energiebesparende maatregelen +~35%)

B Laag scenario met piekvermogen toename voor 50% van de woningen tot niveau 1[1] (andere 50% blijven niveau 3[1])

Huidig energielabel landschap te complex om te modelleren

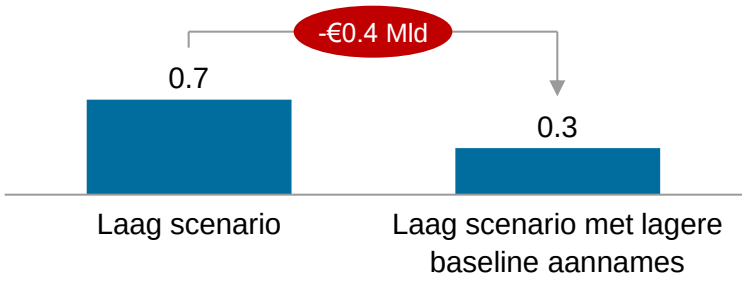
A

Vermindering benodigde netverzwarings-CAPEX t.o.v. baseline (cumulatief; €Mld; 2040)



B

Vermindering benodigde netverzwarings-CAPEX t.o.v. baseline (cumulatief; €Mld; 2040)



1. Nieman Raadgevende Ingenieurs
NB: zonder warmtenet sensitiviteiten; CAPEX-impact op LS-net, knock-on effecten op MS-, HS- en EHS-net hier niet doorgerekend

Bredere impact | Investeringen nodig om impact op consumentencomfort door terugregeling in ingrijpende scenario's te mitigeren

Een inschatting van comfortverlies in het MIDDEN en HOOG scenario:

Warmtepomp

In het doorrekeningsmodel worden zowel hybride als all-electric warmtepompen meegenomen, waarbij **verschillende niveaus van comfortverlies** optreden bij terugregeling:

- **Hybride warmtepomp (~50% van de warmtepompen in 2040)**: Er is geen comfortverlies bij hybride warmtepompen, omdat de warmtepomp overschakelt op gas
- **All-electric warmtepomp (~50% van de warmtepompen in 2040)**:
  - Bij een **terugregeling van 25%** wordt aangenomen dat de max. afkoeling van de woning beperkt blijft tot **0.8-1 °C**[1] tijdens de piek
  - Bij een **terugregeling van 50**% wordt uitgegaan van een afkoeling **tussen 0.8-2 °C**[1]
- Daarnaast kan de consument **verzachtende maatregelen** nemen om comfortverlies te voorkomen, zoals extra verwarmen buiten de piekuren, het verbeteren van de woningisolatie en/of het installeren van een buffervat

Private EV-lader

- Elaad gaat uit van vervullen van volledige laadbehoefte bij terugregeling tot 4kW, terwijl deze bij een verdere terugregeling niet kan worden gegarandeerd en mogelijk leidt tot verlies van consumentencomfort bij verdergaande terugregeling
  - Voor een EV met een gem. verbruik van 16 kWh/100 km (bv. Tesla model Y; meest voorkomende EV in NL), zal tijdens extreme en langdurige (17u-23u) pieken (waarbij effectieve terugregeling tot 4 kW aanhoudt), ongeveer 25 km per uur kunnen geladen worden

Publieke EV-lader

- Elaad gaat uit van vervullen van volledige laadbehoefte bij terugregeling tot 4kW, terwijl deze bij een verdere terugregeling niet kan worden gegarandeerd en mogelijk leidt tot verlies van consumentencomfort bij verdergaande terugregeling
  - Voor een EV met een gem. verbruik van 16 kWh/100 km (bv. Tesla model Y; meest voorkomende EV in NL), zal tijdens extreme en langdurige (17u-23u) pieken (waarbij effectieve terugregeling tot 4 kW aanhoudt), ongeveer 25 km per uur kunnen geladen worden

Sturen op aansluiting als mogelijke mitigatie voor comfortverlies

- Het **piekvermogen wordt afgetopt op aansluitingsniveau**, waardoor **burgers zelf bepalen** welke apparaten ze achter de meter terugregelen
- Zo kunnen burgers hun comfort afstemmen op **persoonlijke voorkeuren**
- Dit **stimuleert ook investeringen** in oplossingen zoals opslag, waarmee gebruikers piekmomenten kunnen opvangen en **vraag en aanbod achter de meter beter kunnen balanceren**

1. Gebaseerd op netbeheerder expertise en TNO studie 'De rol van slimme apparaten bij netcongestie op het LS-net', echter,
   - TNO kijkt naar een gemiddelde winterdag, en schat hier 60% flex van WP in, wat te hoog is voor een écht koude winterdag, wanneer de piek optreedt
   - Zijn er geen studies met specifieke waardes voor 25%/50% terugregeling gepubliceerd en blijven deze waardes dus een inschatting van de realiteit

2. 4 kW als drempelwaarde, met 3 kW als input voor profielgenerator (incl. pooling-effecten etc.) met mogelijke ingroei om 50% piekreductie te bekomen; 3. Gebaseerd op Netbewust laden ElaadNL

Beleidsimplicaties | Verschillende beleidsinstrumenten nodig voor het behalen van de impact in de 3 scenarios

LAAG Bijkomende prikkels en lichte maatregelen	MIDDEN Extra maatregelen	HOOG Verregaande sturing	
	~1%	~3%	~4%
✓	✓	✓	**2025:** Concessies met **directe sturing** voor **publieke EV-laders**
✓	✓	✓	**2025:** **Wet voor Collectieve Warmte** die de uitrol van warmtenetten ondersteunt
	✓	✓	**2025:** **Subsidiëringskader** voor investeringen in **warmtenetten**
✓	✓	✓	**2027:** Volledige **afschaffing salderingregeling**
	✓	✓	**2027:** **Addtioneel beleid** voor **energiebesparende maatregelen**
✓	✓	✓	**2028:** Nieuw **tijdsgebonden nettartiefstelsel voor KV**
	✓	✓	**2030:** **Sturingbeleid private EV-laders**
	✓	✓	**2030:** **Sturingsbeleid PV**
	✓	✓	**2030:** **Sturingsbeleid warmtepompen**

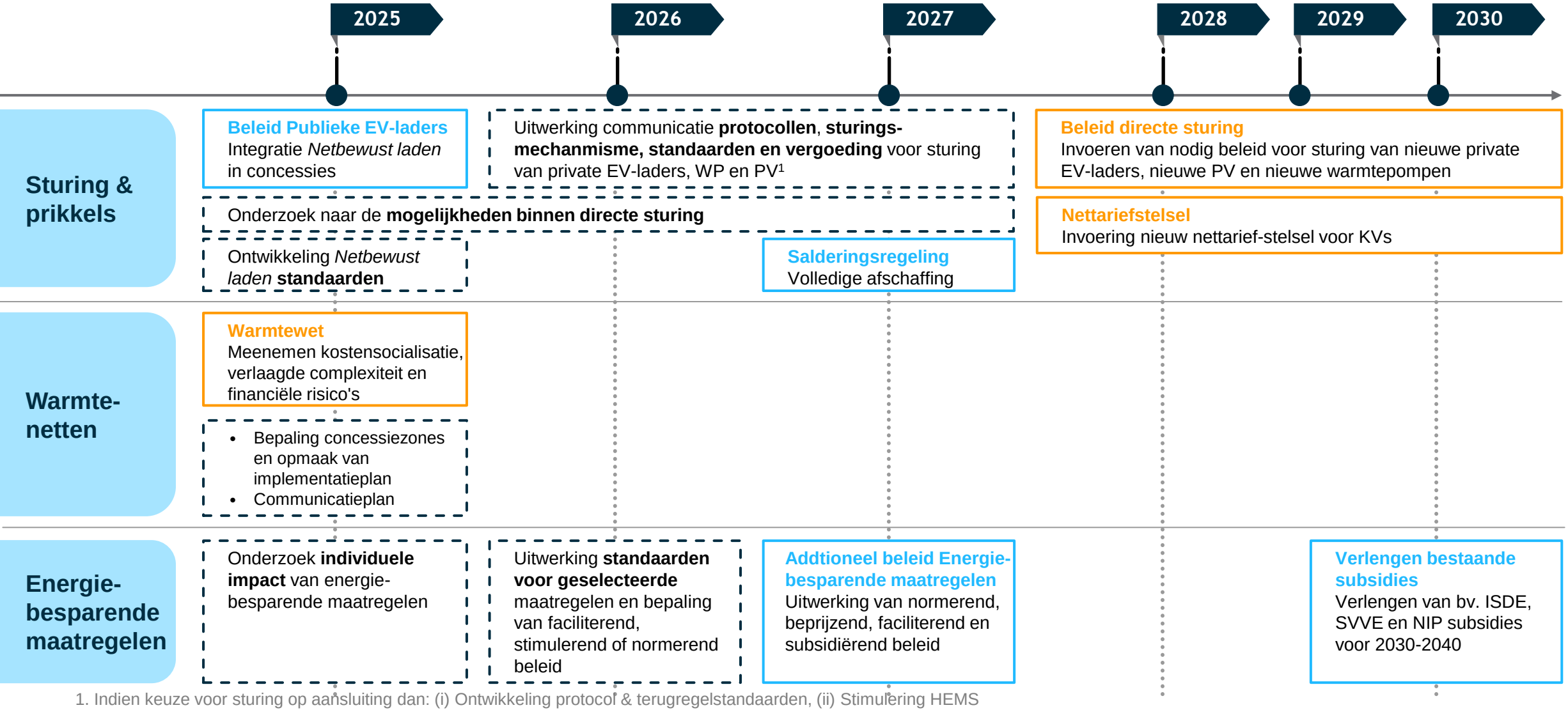
CAPEX-reductie
(cumulatief 2040)

Legenda: **JAAR** van invoeren beleid | # Terug-regelstandaard / objectieven

Legenda: Enkel voorbereiding | Beleid invoering binnen bestaande wet | Beleid invoering in nieuwe wet

Input op beleidsimplicaties – verder uit te werken beleidsacties

Beleidsimplicaties | 2025-2026 inspanningen cruciaal om warmtenetten tijdig uit te rollen en directe sturing voor te bereiden



1. Indien keuze voor sturing op aansluiting dan: (i) Ontwikkeling protocol & terugregelstandaarden, (ii) Stimulering HEMS

2 Deep dive | Flexibiliteit bij grootverbruik

LS *<1 kV*	MS *10-20 kV*	HS *25-150 kV*	EHS *220-380 kV*	Net op zee 550 kV

1 Flexibiliteit bij kleinverbruik

Prikkels voor kleinverbruikers om vlakker afname- en invoerprofiel te stimuleren/af te dwingen beperkt de noodzaak om laagspanningsnet te verzwaren, met knock-on effecten op het midden- en hoogspanningsnet

Interventies:

- 1 Flexibiliteit KVs (normering/subsidiëring)
- 2 Tariefdifferentiatie KV
- 3 Energiebesparing KV
- 4 Warmtenetten

Focus van deze sectie

2 Flexibiliteit bij grootverbruik

Ondersteunen van grootverbruikers om hun afname en opwekprofiel beter aan te passen aan het aanbod van energie, om de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

- 5 Energiebesparing GVs
- 6 Flexibiliteit GVs
- 7 Tariefdifferentiatie GVs

3 Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik

Opslag, aanbod en vraag dichter bij elkaar te plaatsen, om het transporteren van energie te minimaliseren, en de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

- 8 Locatiespecifieke sturing van opslag
- 9 Prioriteringskader verzwaring en uitbreiding net
- 10 Tariefdifferentiatie locatiesturing
- 11 Energiehubs

4 Verhoogde technische benutting van het netwerk

Selectief assets zwaarder belasten en gebruik maken van netredundantie, ondersteund door een ander model rond storingsaansprakelijkheid/-compensatie

Interventies:

- 12 Redundantie verlagen op het net
- 13 Innovatieve oplossingen voor asset belasting)

5 Lokale conversie van wind op zee

Optimale inzet (zowel qua locatie als capaciteit) van conversie van wind-op-zee productie; om de hoogspanningsverzwaring te beperken

Interventies:

- 14 Locatiesturing conversie (incl. waterstof)
- 15 Bredere benutting net op zee (zon-op-zee)

Fiche #15: Separate, verdere kwalitatieve uitwerking van deprioritering rationale

Separate interventies – ***uitwerking door externe partij***

- 16 Minder wind op zee en meer kernenergie
- 17 Impact andere systeemkeuzes - achterblijvende vraag

2 Flexibiliteit bij grootverbruik | Samenvatting (I/IV)

A **Interventiecluster recap –** Het interventiecluster 'Flexibiliteit bij grootverbruik' zorgt voor efficiënter gebruik van het net en daarmee een efficiënter toekomstig energiesysteem

- Interventies die aangrijpen op het efficiënter gebruik van het net door grootverbruikers zijn:
  - **Gerichte flexibiliteit** van transportvraag door aftopping of verschuiving piekvraag ten tijde van een piek op het betreffende station, gestimuleerd met verschillende interventies zoals een combinatie van alternatieve transportrechten, gedifferentieerde nettarieven, flexcompensatie en/of subsidie voor het bieden van flexibilisering
  - Sterkere inzet op **energiebesparing**, o.a. door middel van handhaving van de energiebesparingsplicht die het gehele verbruik, en daarmee ook de piek, helpt afvlakken
- **Scope impact op MS-net:** 3 voornaamste sectoren in scope zijn de elektrificerende industrie, de logistiek en EV-laden op werk, en de utiliteit (o.a. publieke gebouwen en kantoren). Overige vermogensvraag wordt grotendeels gedreven door vraag uit het LS-net en enkele GV-aansluitingen buiten de scope van de interventie (zoals datacenters)
- **Scope impact op HS-net:** piekvermogensvraag van grootverbruikers op het HS-netvlak bestaat uit 2 voorname sectoren: de grootste is de elektrificerende industrie, bestaande uit chemie en raffinage, en daarnaast een kleiner aandeel van datacenters, op basis van prognoses uit het ii3050 nationaal scenario's en lopende aanvragen bij TenneT
  - TenneT houdt in de baseline investeringsplannen bovendien rekening met verbruiksprofielen met prijsgestuurde demand response, waarbij grootverbruikers minder stroom vragen als de stroomprijs hoger is
- TenneT geeft aan dat er impact van vraagsturing door de staalindustrie direct op de netverzwaringsopgave in het EHS-netwerk is, omdat marginale verzwaringen te grote investeringsbeslissingen betreffen om met flexibiliteit te kunnen voorkomen, en omdat EU-marktinvloeden en flows een deel van de niet-adresseerbare EHS-investeringen bepalen

B **Scenario's –** We hebben drie scenario's ontwikkeld met een toenemende mate van sturing, en resulterende impact op bedrijfsprocessen en netverzwaringsimpact:

- **Baselinescenario:** geen flex in IP baseline van RNBs op het MS-net, maar wel prijsgedreven demand response aangenomen in TenneT IP op HS
  - **MS:** zonder flexibilisering is er in 2040 is er capaciteitsoverschrijding voorzien op de meeste HS/MS-stations in Nederland, waardoor veel daarvan een uitbreiding vereisen
  - **HS:** prognose houdt rekening met prijsgedreven demand response, waarbij de industrie minder stroom vraagt als de prijs hoog is – dit leidt tot meer onzekerheid over flex
- **Laag scenario:** beperkte compensatie voor industriële vraagflexibiliteit, en weinig sturende maatregelen
  - **MS:** laagste maximale flexcompensatie, adoptie van netbewust laden logistiek, geen additionele energiebesparingsmaatregelen
  - **HS:** laagste maximale flexcompensatie, op ~50% van grens MS-scenario's, omdat de impact is beperkt tot hogere netvlakken, geen flexibilisering ontsloten bij datacenters
- **Middenscenario:** hogere compensatie voor industriële vraagflexibiliteit, meer sturing op alternatieve contracten voor logistiek, en inzet op extra energiebesparing
  - **MS:** gemiddelde maximale flexcompensatie, inzet op ongegarandeerd laden logistiek (grotendeels non-firm aangesloten), extra energiebesparingsbeleid (+5% besparing)
  - **HS:** gemiddelde maximale flexcompensatie (~50% van MS-grenswaarde), geen flexibilisering ontsloten bij datacenters
- **Hoog scenario:** hoogste compensatie voor industriële vraagflexibiliteit maakt het voor meer industrie economisch, verplichte afspraken met logistiek en datacenters
  - **MS:** hoge maximale flexcompensatie, volledig tijdsblokgebonden laden logistiek (tot ~150 uur per jaar afschakelen), extra energiebesparingsbeleid (+10% besparing)
  - **HS:** hoge maximale flexcompensatie (~50% van MS-grenswaarde), flexibilisering ontsloten bij datacenters verplichte deelname aan alternatieve contracten of structureel congestiemanagement
- **Piekverschuiving:** in alle scenario's bestaat in de modellering voldoende restruimte in het overblijvende vermogen na flexibilisering om het geflexibiliseerde stroomverbruik te compenseren op andere momenten

2 Flexibiliteit bij grootverbruik | Samenvatting (II/IV)

C **Methode doorrekening –** De netverzwaringsimpact inschattingen zijn gebaseerd op een Liander-doorrekenmodel voor het MS-net en TenneT inschattingen voor het HS-net:

- **MS-methode**: impact doorgerkend met een model van Liander en dus een scope van Liander-netten, geëxtrapoleerd voor de andere RNB's
  - We kwantificeren het effect van een **lagere grootverbruikerspiekvraag** door de interventies op de benodigde piekcapaciteit van een station
    - We kwantificeren het potentieel van vraagsturing grootverbruikers zonder onderscheid tussen **beleidsmechanismen die dit realiseren**
    - Impact gedreven door **effect op de piekvraag** op een station, ongeacht of dit komt door energiebesparing, eenzijdige afschakeling tijdens de piek, of verschuiven van de piek
  - We analyseren de **industrieën aangesloten op Liander-netten**, en houden t.b.v. **extrapoleerbaarheid naar andere RNB's** Liander-specifieke datacenters buiten scope
  - De opgestelde scenario's zijn vertaald naar load-profielen met x% afvlakking van het piekvermogen die als **inputs** voor het Liander-doorrekenmodel dienen
  - Het Liander-model berekent de **geprojecteerde capaciteitsoverschrijding** de stations in 2030, 2035 en 2040
  - Met bespaarde piekvermogens overschrijding worden uitbreidingen uitgespaard, bestaande uit: **HS/MS-stations, MS-kabels en MS/MS-stations**
    - Ruimte tot de capaciteitspiek verschilt per station, en de impact van flexibilisering hangt af van de vermogens, profielen en flex van de aangesloten grootverbruikers
    - Flexibilisering van grootverbruikers kan enkel stationsverzwaring eruit halen als de impact op de stationspiek voldoende is om capaciteitsuitbreiding te voorkomen
    - Wanneer de stationspiek in te grote mate wordt gedreven door pieken op het onderliggend net, kan met flexibilisering de capaciteitsverzwaring niet worden voorkomen
  - De CAPEX-reductie ten opzichte van de baseline is berekend o.b.v. **CAPEX kengetallen per assettype** maal het aantal verminderde uitbreidingen
  - De resulterende CAPEX-impact wordt met een factor **geëxtrapoleerd naar Enexis- en Stedin-gebieden** o.b.v. het totale vermogen van alle HS/MS-stations in scope
- **HS-methode:** Scenario's van flexibiliteit zijn vastgesteld o.b.v. opportuniteitskosten per scenario en met een TenneT-kengetal vertaald naar CAPEX-impact
  - **Industriescenario's** van toenemende flexibilisering gebaseerd op opportuniteitskosten a.d.h.v. Ecorys-rapport over toegevoegde waarde van per sector
  - **Datacenter-scenario's** flexibilisering enkel in hoog scenario, omdat datacenters naar verwachting niet prijssensitief zijn, en enkel flexibiliseren bij inzet op flexibiliseringsbeleid van een meer verplichtende aard in het hoogste scenario, zoals verplicht non-firm aansluiten of verplichte deelname aan congestiemanagement
  - Vertaling van piekvermogen naar CAPEX-impact door vermenigvuldiging met TenneT kengetal per vermogen voorkomen piekvraag, gebaseerd op totale CAPEX voor HS-net en HS/EHS-koppelstations gedeeld door de totale capaciteitsgroei (CAPEX exclusief investeringen op HS/MS-stations voor RNBs en exclusief EHS-lijnen)

D **Resultaten (I/II) –** Ontsluiten van bovenkant van **CAPEX-impact van €1.5-5.5 Mld van investeringsopgave net op land** tegen 2040 vergt focus op non-firm aansluiten van elektrificerende logistiek, grotere flexcompensatie om meer industrieën over de opportuniteitskostendrempel te brengen en sturend beleid op het ontsluiten van flexibiliteit bij datacenters:

- **Laag €1.5 Mld** CAPEX-reductie, gedreven door netbewust laden van logistiek en werkladen op MS, en beperkte industriële vraagflexibilisering op MS en HS
  - **MS:** Grootste impact gedreven door netbewust laden van logistiek en werkladen omdat netbewust laden zonder sturend beleid op reguliere contracten al veel piekflex kan ontsluiten. Veel industrieën niet economisch te flexibiliseren tegen lage compensatie, enkel voor e-boilers en keramiekproducenten overstijgt dit de opportuniteitskosten
  - **HS:** Beperkte flexibilisering potentieel te ontsluiten bij chemie en raffinage tegen lage maximum compensatie, datacenters bieden geen flexibiliteit
- **Midden ~€2.5 Mld** CAPEX-reductie, gedreven door (op selectieve piekmomenten) ongegarandeerd laden van logistiek en werkladen op MS, en meer industriële vraagflexibilisering op MS en HS
  - **MS:** Inzet op grotendeels non-firm contracten als standaard voor logistiek kan additionele flexibiliteit ontsluiten door het merendeel van de laadmomenten buiten de piek te verschuiven. Voor verschillende industrieën (o.a., papier en voedingsmiddelen) maakt hogere max vergoeding het economisch aantrekkelijk om flexibiliteit te bieden. Energiebesparing van 5% in industrie en utiliteit levert een beperkte aditionele impact
  - **HS:** Beperkte flexibilisering potentieel te ontsluiten bij chemie en raffinage tegen lage maximum compensatie, datacenters bieden geen flexibiliteit

2 Flexibiliteit bij grootverbruik | Samenvatting (III/IV)

D **Resultaten (II/II) –** Ontsluiten van bovenkant van **CAPEX-impact van €1.5-5.5 Mld van investeringsopgave net op land** tegen 2040 vergt focus op non-firm aansluiten van elektrificerende logistiek, grotere flexcompensatie om meer industrieën over de opportuniteitskostendrempel te brengen en sturend beleid op het ontsluiten van flexibiliteit bij datacenters:

- **Hoog €5.5 Mld** CAPEX-reductie, door tijdsblokgebonden laden van logistiek en werkladen op MS, en maximale vraagflexibilisering van industrie (MS en HS) en datacenters (HS)
  - **MS:** Logistiek kent een grootste CAPEX-impact wanneer contracten volledig worden geflexibiliseerd met non-firm ATO's, met maximaal 150u/j afschakeling. De meeste industrieën kunnen economisch flexibiliseren bij hoge maximale vergoeding, waardoor impact in hoge scenario disproportioneel stijgt. Energiebesparing van 10% in industrie en utiliteit levert beperkte additionele impact
  - **HS:** Grotere flexibilisering potentieel te ontsluiten bij chemie en raffinage tegen lage maximum compensatie, ook datacenters bieden flexibiliteit

E **Bredere impact –** Om de industrie en logistiek te flexibiliseren, is financiële compensatie voor procesaanpassingen en -disrupties nodig. Eerste inschattingen wijzen op een positieve cost-benefit (netto waarde geschat op 60-70% van baten) tussen de bespaarde netverzwaring en de compensatie, maar **verder onderzoek is nodig naar de benodigde compensatie:**

- Realisatie van netverzwaringsimpact van **flexibilisering vergt financiële incentives** voor grootverbruikers om procesaanpassingen te compenseren of faciliteren
- Cumulatieve verzwaringsimpact moet worden vergeleken met de jaarlijkse (flexcompensatie, tariefkorting voor non-firm ATO's) of incidentele (CAPEX-subsidies) **compensaties over de levensduur** van de netwerk-asset
- Compensatierange van naar schatting ongeveer 30-40% van totale baten inclusief knock-on impact van MS naar HS-net, waardoor de interventies kostenefficiënt mogelijk zijn
  - **Op MS** wordt de compensatierange gedreven door de verdeling van interventies, gebaseerd op non-firm ATO's voor logistiek, en industrieflex met flexcompensatie en CAPEX-subsidies
  - **Op HS** wordt de compensatierange gedreven door flexcompensatie op basis van opportuniteitskosten voor industrie, en compensatie tegen het scenario-maximum voor datacenters
  - Hogere verzwaringsimpact per vermogen op **MS** (inclusief knock-on impact) biedt meer ruimte voor compensatie dan directe impact op **HS**
- Compensatieniveau's nodig om flexibiliteit te ontsluiten kennen **echter grote onzekerheid en vereisen verder onderzoek**
  - Compensaties kunnen hoger uitvallen omdat CAPEX-investeringen sterk afhangen van het type productieproces en de assets die worden overgedimensioneerd, vooral in grote industrieën met geïntegreerde processen
  - Een verdere onzekerheid is dat de timing van impact afhankelijk is van de timing van historische investeringsbeslissingen met lange afschrijvingstermijnen

F **Beleidsimplicaties (I/II) – Inzet van verschillende sturende beleidsmechanismen en hogere compensatie in periode 2025-2027 nodig om maximale potentieel te realiseren:**

- Verschillende mechanismes mogelijk om flexibiliteit tegen compensatie te ontsluiten, waarbij de beste (combinaties van) oplossingen per industrie verschillen:
  - **Alternatieve contracten:** korting op aansluit- en transportcontract om een aandeel en/of tijdsblok van het contract non-firm te maken, waardoor levering niet gegarandeerd is
  - **Flexcompensatie:** locatiespecifieke financiële incentive door netbeheerders om op gerichte momenten flexibiliteit te bieden
  - **Ondersteuning procesverandering:** CAPEX-subsidie om flexibiliteit te ontsluiten, o.a. productieproces aanpassen, overdimensioneren, RES achter de meter met opslag
  - **Tariefdifferentiatie:** hogere transporttarieven tijdens piekmomenten om het verschuiven van de transportvraag naar momenten met lagere tarieven te stimuleren
  - **Geplande afschakeling:** geplande afschakeling van grootverbruikers tijdens (zeer weinig voorkomende) extreme piekmomenten

2 Flexibiliteit bij grootverbruik | Samenvatting (IV/IV)

F

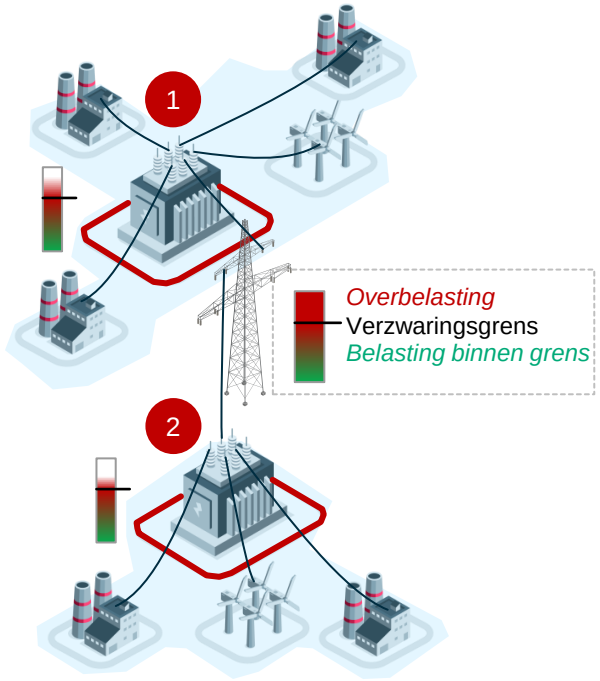
Beleidsimplicaties (II/II) – Inzet van verschillende sturende beleidsmechanismen en hogere compensatie in periode 2025-2027 nodig om maximale potentieel te realiseren:

- **In alle scenario's** geldt dat vraagflexibiliteit systeemkosteneffectief kan zijn, mits zeer tijds- en locatiegericht wordt ingezet op meer flexibiliteit met compensatie
  - Impact is volledig **tijd- en locatiegebonden**, afhankelijk van het samenvallen met de betreffende capaciteitspiek op het station
    - Dit vereist dat netbeheerders zeer gericht kunnen inzetten op een combinatie van bovenstaande interventies om specifieke knelpunten te voorkomen
    - De locatie- en tijdsgerichte ontsluiting van flex en kostengebaseerde compensatie daarvoor vergt zorgvuldige afweging binnen de regels voor staatssteun, die bepalen dat compensatie niet hoger mag zijn dan de werkelijke kosten
  - **Piekverschuiven** kent veelal lagere opportuniteitskosten dan **piekaftoppen** dus beleidsmechanismen die dit ontsluiten kunnen de compensatie kosteneffectiever maken
  - Realisatie van verzwaringsimpact vereist dat flexibiliteit **structureel** en **zeker gecommitteerd** is voor netbeheerders om netinvesteringsbeslissingen op te baseren
- **Laag scenario –** beperkt ingrijpen leidt tot bescheiden impact op de netverzwaringsopgave
  - Inzet op **netbewust laden door logistiek en werkladen** vanaf 2025 heeft significante systeemimpact en vergt geen ingrijpende sturing
  - **Industriële flexibiliteit** tegen lage compensatie op MS, en ongeveer de helft daarvan op HS betekent dat bedrijven met lage opportuniteitskosten in scope zijn. Dit neemt gericht knelpunten weg door tegen 2025 beperkte aanpassingen te maken aan bestaande en minder ingrijpende beleidsmechanismen, zoals alternatieve contracten en flexcompensatie, met een lage maximale vergoeding
- **Midden scenario –** meer sturend beleid op flexibilisering, en hogere compensatie hiervan, ontsluit meer industrie en daarmee meer impact
  - **Alternatieve contracten logistiek**: brede uitrol vanaf 2025 van grotendeels non-firm contracten elektrificerende logistiekbedrijven en opladen op werk bieden een effectieve maatregel om netverzwaring te voorkomen, omdat de opportuniteitskosten van een ander moment laden ruim lager liggen dan de marginale netverzwarings-CAPEX
  - **Industriële flexibiliteit** tegen hogere compensatie op MS, en ongeveer de helft daarvan op HS neemt meer knelpunten weg omdat meer industrie wordt ontsloten met grotere inzet op dezelfde, bredere inzet op beleidsmechanismen (bijvoorbeeld ook ondersteuning procesverandering en tariefdifferentiatie, stapelen van alternatieve contractvormen) en met hogere maximale vergoeding
  - **Energiebesparing door industrie en utiliteit** heeft een bescheiden impact en vergt bredere inzet op handhaving door de omgevingsdiensten tegen 2026
- **Hoog scenario –** zeer sturend beleid op flexibilisering en aanverwante hoge compensatie om dit voor veel partijen economisch haalbaar te maken ontsluit grote impact
  - **Alternatieve contracten logistiek**: uitrol van volledig tijdsblokgebonden contracten, met korting op de nettarieven, tegen 2027 biedt een effectieve maatregel om maximale netverzwaring te voorkomen
  - **Industriële flexibiliteit** tegen hoogste compensatie op MS, en ongeveer de helft daarvan op HS en brede inzet op bovenstaande beleidsmechanismen kan relatief de meeste knelpunten wegnemen omdat meer spelers o.b.v. opportuniteitskosten worden ontsloten. Dit vergt aanpassingen aan wettelijk kaders en maximale vergoeding voor alternatieve contracten, flexcompensatie en SDE++ subsidies tegen 2025, en eventuele inzet op tariefaanpassingen en beleid op incidentele geplande afschakeling tegen 2027
  - **Datacenters op HS** kunnen tot flexibiliseren wanneer naast compensatie ook wordt ingezet op verplichtend flexibiliseringsbeleid, omdat prikkel alleen niet volstaat
  - **Energiebesparing door industrie en utiliteit** heeft een bescheiden impact en vergt verplichting van maatregelen met een langere terugverdientijd dan de huidige 7 jaar tegen 2025, en bredere inzet op handhaving door de omgevingsdiensten tegen 2026

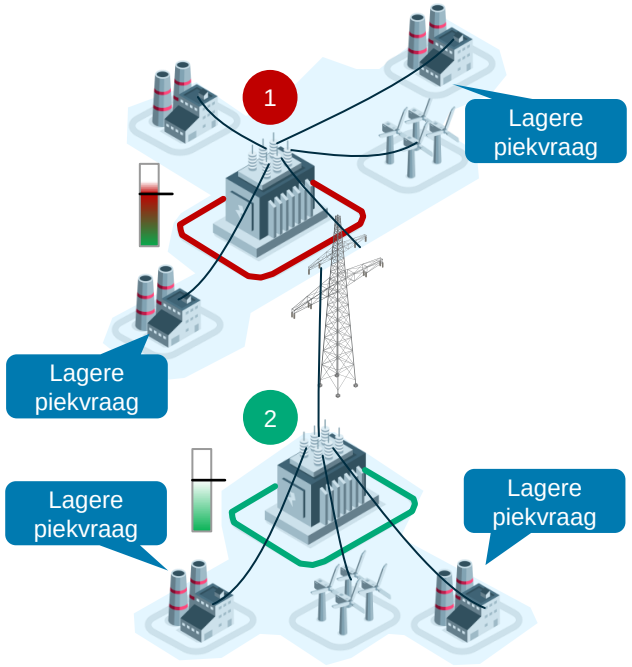
NB: CAPEX-impact verwijst naar de vermindering van de benodigde investeringen voor netverzwaring in vergelijking met de baseline, dankzij een afname in het aantal nodige uitbreidingen

Interventiecluster recap | Grootverbruikers helpen efficiënt gebruik te maken van het toekomstige energiesysteem

Baseline overbelasting:
Beide illustratieve HS/MS-stations vergen verzwaring



Vraagsturing vermindert belasting:
Eén van beide illustratieve verzwaringen voorkomen



Rationale

- Verschillende interventies stimuleren grootverbruikers om hun piekvraag te verlagen, omdat zij energie besparen, piekvraag verschuiven, of de piekvraag wegnemen door bijvoorbeeld eigen zonnepanelen en een batterij achter de meter
- Daardoor vlakt het vraagprofiel af in de piekmomenten en wordt de totale piekvraag op HS/MS-stations lager
- Zo neemt het aantal stations met een geprojecteerde overschrijding van de piekcapaciteit af: station 2 blijft binnen de overbelastingsgrens, maar station 1 niet
- De netverzwaringsopgave neemt af gezien er nu niet 2, maar slechts 1 station moet worden verzwaard / bijgebouwd

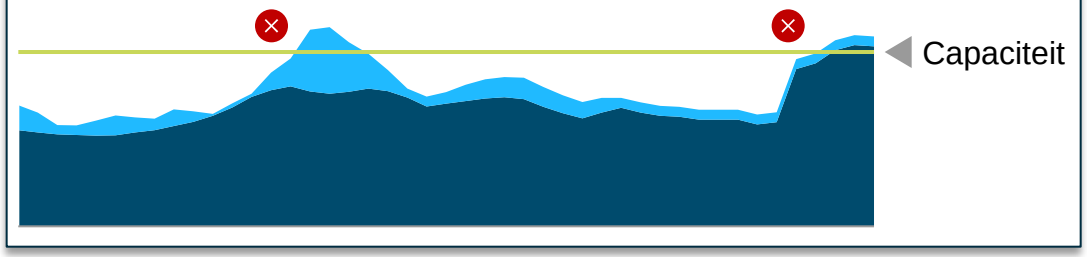
Interventiecluster recap | Verschil in capaciteitsoverschrijdingen leidt voor sommige stations tot het uitsparen van verzwaring

Illustratief

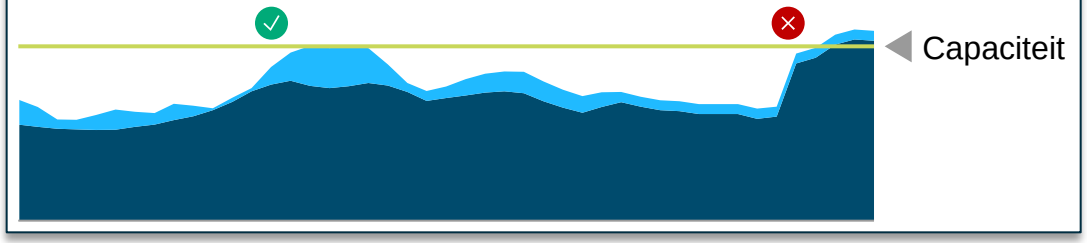
Station 1

Wanneer de stationspiek wordt gedreven door onderliggend net kan met flexibilisering de capaciteitsverzwaring niet worden voorkomen

Baseline | HS/MS-station met piek gedreven door onderliggend netvlak



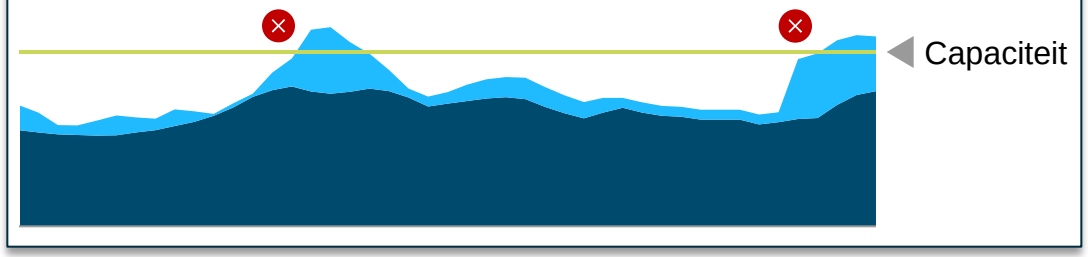
Flexibilisering | Verzwaring van station wel nodig ondanks flex



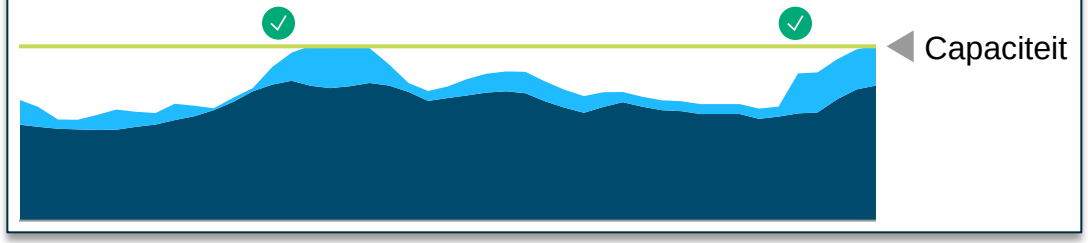
Station 2

Wanneer de piek wordt gedreven door GVs kan met flexibilisering de capaciteitsverzwaring wel worden voorkomen

Baseline | HS/MS-station met piek gedreven door Grootverbruikers



Flexibilisering | Verzwaring van station niet nodig door flex



Vermogensvraag uit onderliggend netvlak | GV vermogensvraag | Piekcapaciteit HS/MS-station | Knelpunt | Knelpunt voorkomen

Scenario's | Scenario's variëren in de mate van flexibilisering industrie & logistiek en in handhaving van energiebesparingsplicht

		Baseline (IP2024 – FIEN+)	LAAG	MIDDEN	HOOG
MS Flexibilisering Industrie	Economisch om een aandeel van vermogen te flexibliseren wanneer de compensatie groter is dan de opportuniteitskosten	• Geen flexibilisering	• Flexibiliteit in industrie wordt ontsloten tegen lager compensatieniveau • ~5% gem flex ontsloten	• Flexibiliteit in industrie wordt ontsloten tegen compensatieniveau op financiele grens • ~10% gem flex ontsloten	• Flexibiliteit in industrie wordt ontsloten tegen hoger compensatieniveau • ~20% gem flex ontsloten
MS Flexibilisering Logistiek	Piekverschuiving door het moment van opladen aan te passen op de piek van het net. Toenemende flex. d.m.v. sturend beleid	• Geen flexibilisering	• Stimuleren netbewust / slim laden[2] – gedeeltelijke afvlakking van piek	• Ongegarandeerd laden voor groot deel van profiel[3] • Maximale terugregelduur 150u/jaar	• Tijdsblokgebonden contracten[4] • Maximale afschakelduur 150u/jaar
MS Energiebesparing Utiliteit	Enkel rekening gehouden met toenemende energie-besparing, geen flex	• Energiebesparing o.b.v. staand beleid	• Geen extra handhaving van energiebesparingsplicht	• Additionele handhaving energiebesparingsplicht en andere maatregelen • 5% additionele energiebesparing	• Additionele handhaving energiebesparingsplicht en andere maatregelen • 10% additionele energiebesparing
HS Flexibilisering Industrie	Economisch om een aandeel van vermogen te flexibliseren wanneer de compensatie groter is dan de opportuniteitskosten	• Prijsgedreven demand response beïnvloed het verbruiksprofiel in prognoses	• Flexibiliteit in industrie wordt ontsloten tegen lager compensatieniveau • Daarmee ~10% mogelijk ontsloten	• Flexibiliteit in industrie wordt ontsloten tegen compensatieniveau op financiele grens • Daarmee ~10% mogelijk ontsloten	• Flexibiliteit in industrie wordt ontsloten tegen hoger compensatieniveau • Daarmee ~20% mogelijk ontsloten
HS Flexibilisering Datacenters	Flexibiliseren allen bij inzet op flexibiliseringsbeleid van een meer verplichtende aard bovenop compensatie	• Prijsgedreven demand response beïnvloed het verbruiksprofiel in prognoses	• Geen flexibiliteit ontsloten	• Geen flexibiliteit ontsloten	• Flexibiliteit tegen hogere compensatie in combinatie met alternatieve contracten of deelname aan congestiemanagement • Daarmee ~20% mogelijk ontsloten

1. De financiële grens voor congestiemanagement ligt rond €18.000 per MW transportcapaciteit per jaar. Achtergrondrapport, 2023. 2. Ordegrootte impact slim laden in Elaad Outlook Personenauto's, 2024. 3. Ordegrootte impact ongegarandeerd laden in Nationale Agenda Laadinfrastructuur, Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit, 2022 4. 'Hoog' scenario o.b.v. maatregel tijdsgebonden contracten o.b.v. Elaad Q&A E-trucks 2024. Bron: CE Delft, Beleid voor grootschalige batterijsystemen en afnamenetcongestie

Scenario's - methode | 3 stappen om tot de opportuniteitskosten van flexibiliteit voor industrie en datacenters te komen op MS en HS

1 Kosten per MWh naar kosten per kW voor elke industrie

Totale omzet van een industrie gedeeld door de MWh stroom die daarvoor wordt gebruikt



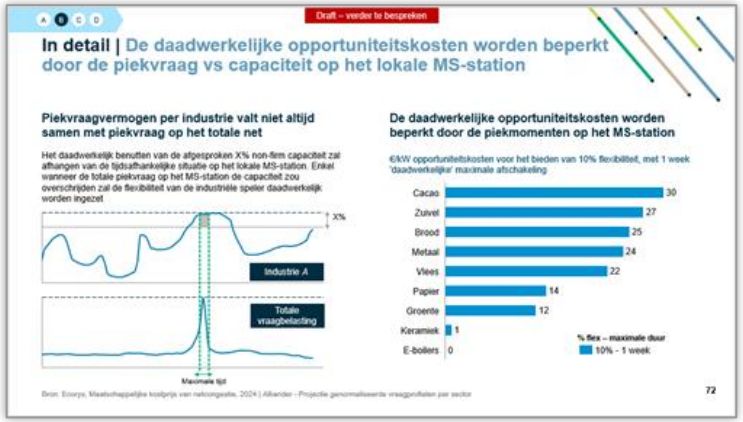
2 Kosten van MWh in bovenste x% van profiel voor elke industrie

Kosten van het aandeel van het totale verbruik in de bovenste x% van het verbruiksprofiel



3 Daadwerkelijke 'value-at-stake', o.b.v. piekbelasting op het station

Overlap van verbruik in bovenste x% én de piek op het station waardoor capaciteit wordt beperkt



Voor een industrie wordt het economisch om een % gecontracteerd vermogen te flexibiliseren als de compensatie groter is dan de opportuniteitskosten
NB. Ten behoeve van traceerbaarheid en uitlegbaarheid van opportuniteitskosten is gekozen om zowel procesbeperkingen als piekverschuiving niet op te nemen, omdat voor beide geen data beschikbaar is om een transparante vergelijking tussen sectoren te maken

- Procesbeperkingen maken dat de opportuniteitskosten een onderschatting zijn, omdat af- en opschakelen overgangstijd kost, of omdat gedeeltelijke afschakeling niet mogelijk is zonder verlies van productkwaliteit of een volledige batch
- Piekverschuiving maakt dat opportuniteitskosten een overschatting zijn, omdat de industrie in de realiteit mogelijk de 'verloren' productie door afschakeling kan compenseren met additionele productie op momenten buiten de piek, én daarbij een lagere gemiddelde stroomprijs realiseren

Bron: Ecorys, Maatschappelijke kostprijs van netcongestie, 2024; Liander - Projectie genormaliseerde vraagprofielen per sector

Resultaten doorrekening | Significante bruto impact mogelijk door flexibilisering van logistiek, industrie en datacenters op MS en HS

Vermindering van de benodigde netverzwarings-CAPEX vs IP2024 baseline

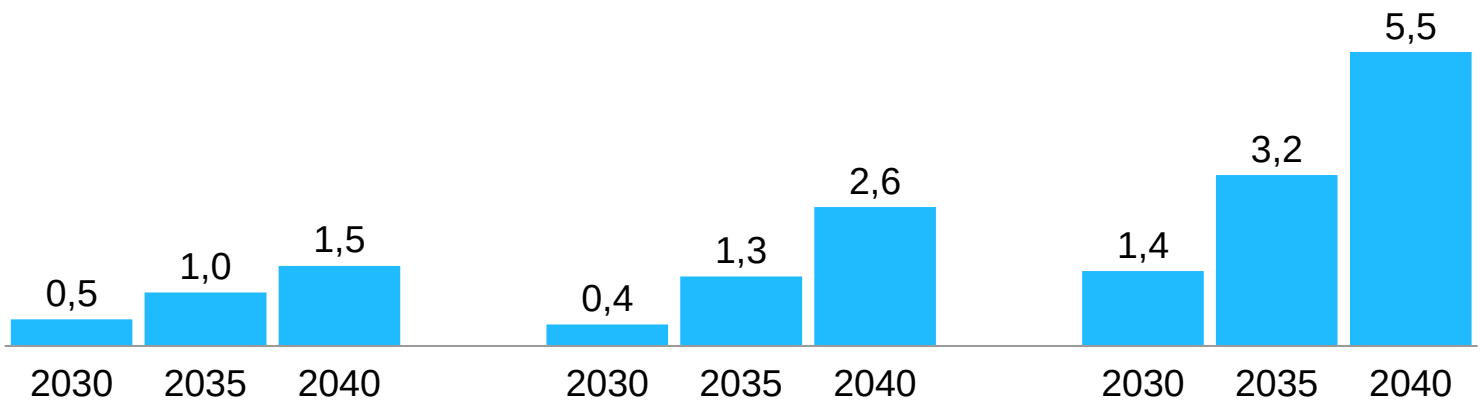
(cumulatief; exclusief knock-on impact)

LAAG
Beperkte sturing en compensatie

MIDDEN
Gemiddelde sturing en compensatie

HOOG
Verregaande sturing en compensatie

Bruto vermindering t.o.v. totale baseline LS, MS, HS en EHS (€ Mld)



Inzichten MS

- **Logistiek:**
  - Grote bijdrage aan de totale impact door de grotere mogelijkheid om het moment van laden gedeeltelijk of geheel te verschuiven naar buiten de piek
  - Bijdrage neemt toe met de scenario's naarmate de mate van sturing en compensatie toeneemt
- **Industrie:**
  - Flexibilisering neemt toe met de scenario's naarmate de compensatie toeneemt
  - Moment van flex cruciaal voor impact: alternatieve contracten met tijdsblokbeperking efficiënter dan met non-firm vermogensbeperking
- **Energiebesparing**:
  - Beperkte impact van energiebesparing in industrie en utiliteit

Inzichten HS

- **Industrie:**
  - Flexibilisering neemt toe met de scenario's naarmate de compensatie toeneemt
- **Datacenters:**
  - Enkel flex in hoog scenario omdat verplichtende mechanismen nodig zijn bovenop prijsprikkels

Bron: Liander modellering, NBNL basisdocument, RNB IP's

Bredere impact - MS voorbeeld | Systeemwaarde bespaarde netverzwaring lijkt op te wegen tegen compensatie, maar verder onderzoek nodig

Flexibilisering vergt financiële incentives voor grootverbruikers om procesaanpassingen te compenseren

Om de industrie en logistiek te flexibiliseren, is financiële compensatie voor procesaanpassingen en -disrupties nodig.

- Realisatie van netverzwaringsimpact van **flexibilisering vergt financiële incentives** voor grootverbruikers om procesaanpassingen te compenseren of faciliteren
- Cumulatieve verzwaringsimpact moet worden vergeleken met de jaarlijkse (flexcompensatie, tariefkorting voor non-firm ATO's) of incidentele (CAPEX-subsidies) **compensaties over de levensduur** van de netwerk-asset

Eerste inschattingen wijzen op een positieve cost-benefit (netto waarde geschat op 60-70% van baten) tussen de bespaarde netverzwaring en de compensatie, maar **verder onderzoek is nodig naar de benodigde compensatie vanwege enkele onzekerheden:**

- Compensaties kunnen **hoger uitvallen** omdat CAPEX-investeringen sterk afhangen van het type productieproces en de assets die worden overgedimensioneerd, vooral in grote industrieën met geïntegreerde processen
- Een verdere **onzekerheid** is dat de timing van impact afhankelijk is van de timing van historische investeringsbeslissingen met lange afschrijvingstermijnen
- Kosten van flexibiliteit kunnen **lager uitvallen** omdat grootverbruikers een lagere gemiddelde stroomprijs realiseren bij het verschuiven van het verbruik naar buiten de piek

Verschillende mechanismes mogelijk om grootverbruikers te compenseren voor het bieden van flexibiliteit

	Compensatiemechanisme	Kosten
1	**Non-firm ATO's** Stimulering van flexibiliteit door korting op nettarief voor het non-firm aandeel van het gecontracteerd vermogen	• Korting op non-firm contract per jaar • Cumulatieve impact is korting voor alle jaren van de levensduur van de uitgespaarde net-asset
2	**Flexcompensatie** Compensatie voor inkomstenverlies / lagere efficiëntie als gevolg van piekverschuiving	• Compensatie voor omzetverlies **per moment** van flexibilisering • Cumulatieve impact van **alle momenten** tijdens levensduur van de uitgespaarde net-asset
3	**CAPEX-investering** Subsidie gericht op kapitaalinvesteringen om flexibiliteit te ontsluiten, zoals overdimensionering, opslag of procesoptimalisatie	• Eenmalige investering voor overdimensionering *(overdimensionering van andere assettypes niet meegenomen)* • Cumulatieve impact is de eenmalige investering

NB: Verder onderzoek nodig naar compensaties, met name voor CAPEX-subsidies

Beleidsimplicaties | Meer ingrijpende sturing met beleids-mechanismes kan grotere flexibiliteit en energiebesparing ontsluiten

Interventies GVs		Beperkte sturing	Ingrijpende sturing
6 Energiebesparing		• Bestaande aanscherping **energiebesparingsplicht** grootverbruikers van terugverdientijd 5 jaar naar 7 jaar met bestaande handhaving	• Meer handhaving van aangescherpte **energiebesparingsplicht** door middelen hiervoor te alloceren aan Omgevingsdiensten
7 Flexibiliteit	Alternatieve contracten	• Kostengebaseerde compensatie voor flexibiliteit – **Alternatieve contractstructuren** (CBCs en non-firm ATO's) met bestaande vergoedingen vooral van toepassing op nieuwe aansluitingen	• Waardegebaseerde compensatie voor flexibiliteit – Incentives voor inzet op **alternatieve contractstructuren** (CBCs en non-firm ATO's) voor bestaande en nieuwe aansluitingen door hogere vergoeding
	Flexcompensatie	– Huidige inzet op **flextenders** met bestaande vergoeding, vooral van toepassing op grote vermogens met beperkte gederfde inkomsten	– Verhogen vergoeding, scope en tijdsduur **flextenders** om meer industrieën te ontsluiten voor langere tijd
	Ondersteuning procesverandering	• Subsidie (bv. SDE++) voor **RES achter de meter** bij GV's om vraagpiek met lokale energieopwek op te vangen • *Geen **CAPEX-subsidies** voor flexibilisering*	• Subsidie (bv. SDE++) voor **RES achter de meter** bij GV's om vraagpiek met lokale energieopwek op te vangen • Introduceren **CAPEX-subsidies** voor grootverbruikers om te investeren in flex (overdimensioneren, buffers)
	Afschakelen – tijdens pieken	• *Geen **geplande afschakeling***	• Incalcureren (gedeeltelijke) **geplande afschakeling** voor flexibiliteit tijdens zeer weinig frequente hoogste pieken
8 Tariefdifferentiatie (tijd)		• Differentiatie o.b.v. statische tijdsblokken met beperkte granulariteit, bijvoorbeeld **time of use differentiatie** • Sturing beperkt door relatief kleine tariefverschillen • Evt. compensatie voor bestaande gebruikers	• Meer granulaire en dynamische **differentiatie** om optimale effecten te sorteren, bijvoorbeeld **real time pricing** • Grotere verschillen tussen hoge en lage tarieven om meer sturende incentives te creëren • Geen compensatie voor bestaande aansluitingen

Beleidsimplicaties | Verschillende beleidsinstrumenten nodig voor het behalen van de impact in de 3 scenarios

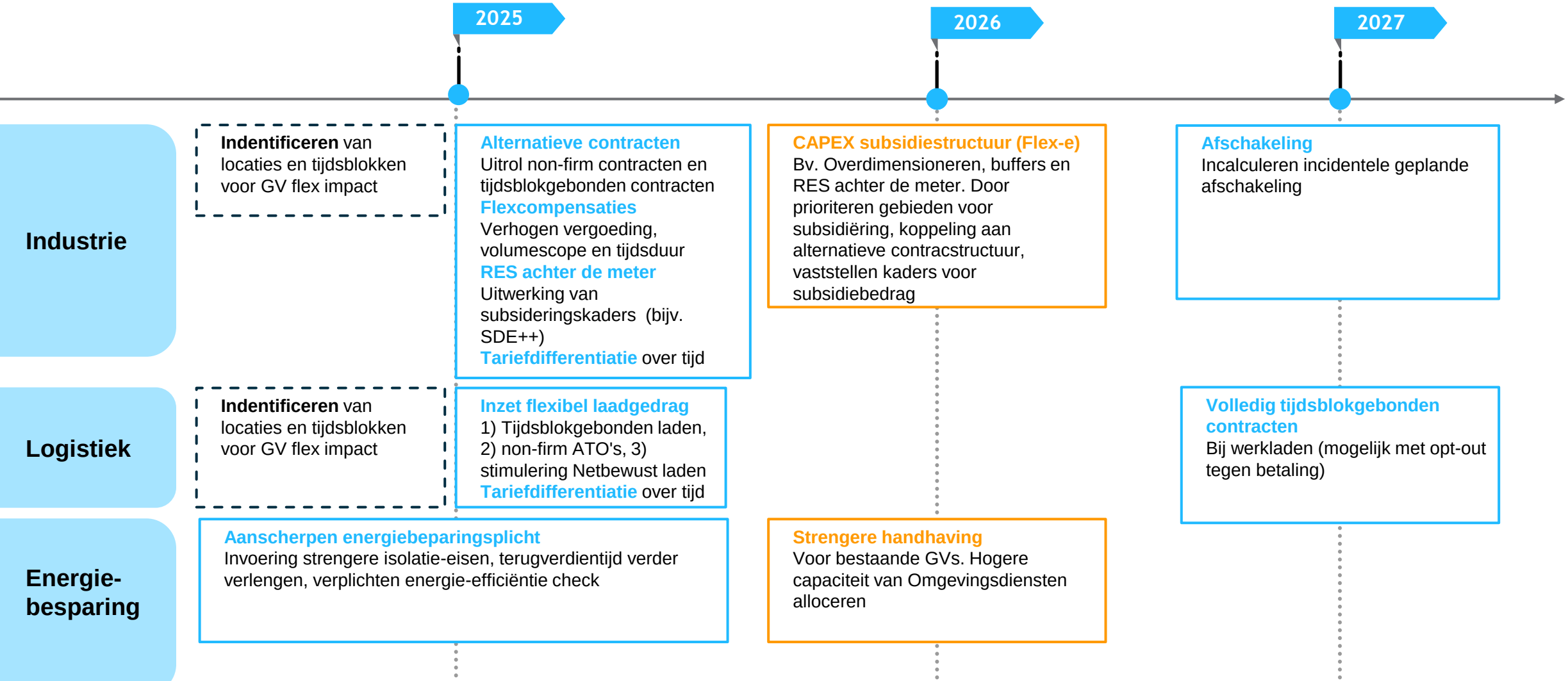
LAAG	MIDDEN	HOOG	
~1%	~2%	~5%	**CAPEX-reductie** (cumulatief 2040)
Bestaande vergoedingen op nieuwe aansluitingen →	→	Hogere vergoeding voor bestaande & nieuwe aansluitingen	**2025**: Uitrol **alternatieve contracten** voor industrie en logistiek
Bestaande vergoedingen op grote vermogens →	→	Hogere vergoeding, scope en tijdsduur	**2025:** Industrie-specifieke aanpassingen aan wettelijk kader voor **flexcompensatie**
✓	✓	✓	**2025:** Grootschalige inzet op **flexibel laadgedrag e-logistiek**
Bestaande plicht & terugverdientijd van 5 naar 7 jaar →	→	Aanscherping plicht & allocatie Omgevingsdiensten	**2025:** **Aanscherpen** van bestaand wettelijk kader **energiebesparingsplicht**
Beperkte vergoeding →	→	Hogere vergoeding voor meer bedrijven	**2025-26:** Uitbreiden **SDE++/Flex-e subsidies** voor **CAPEX voor procesveranderingen** om flex te bieden en **RES achter de meter**
		✓	**2026:** Strengere **handhaving energiebesparingsplicht** door hogere capaciteit bij Omgevingsdiensten
		✓	**2027:** Beleid en tariefstelsel voor infrequente, **geplande afschakeling**
		✓	**2027:** Inzet op **volledig tijdsblokgebonden contracten** in werkladen

Legenda: **JAAR** van invoeren beleid ✓ Sturing op beleid in scenario

Legenda: Enkel voorbereiding | Beleid invoering binnen bestaande wet | Beleid invoering in nieuwe wet

Input op beleidsimplicaties – verder uit te werken beleidsacties

Beleidsimplicaties | 2025-2027 inspanningen cruciaal om flexibiliteits-prikkels tijdig uit te rollen en energiebesparingsmaatregelen voor te bereiden



3 Deep dive | Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik

LS <1 kV	MS 10-20 kV	HS 25-150 kV	EHS 220-380 kV	Net op zee 550 kV

1 Flexibiliteit bij kleinverbruik

Prikkels voor kleinverbruikers om vlakker afname- en invoerprofiel te stimuleren/af te dwingen beperkt de noodzaak om laagspanningsnet te verzwaren, met knock-on effecten op het midden- en hoogspanningsnet

Interventies:

- 1 Flexibiliteit KV (normering/subsidiëring)
- 2 Tariefdifferentiatie KV
- 3 Energiebesparing KV
- 4 Warmtenetten

2 Flexibiliteit bij grootverbruik

Ondersteunen van grootverbruikers om hun afname en opwekprofiel beter aan te passen aan het aanbod van energie, om de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

- 5 Energiebesparing GVs
- 6 Flexibiliteit GVs
- 7 Tariefdifferentiatie GVs

Focus van deze sectie

3 Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik

Opslag, aanbod en vraag dichter bij elkaar te plaatsen, om het transporteren van energie te minimaliseren, en de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

- 8 Locatiespecifieke sturing van opslag
- 9 Prioriteringskader verzwaring en uitbreiding net
- 10 Tariefdifferentiatie locatiesturing
- 11 Energiehubs

4 Verhoogde technische benutting van het netwerk

Selectief assets zwaarder belasten en gebruik maken van netredundantie, ondersteund door een ander model rond storingsaansprakelijkheid/-compensatie

Interventies:

- 12 Redundantie verlagen op het net
- 13 Innovatieve oplossingen voor asset belasting)

5 Lokale conversie van wind op zee

Optimale inzet (zowel qua locatie als capaciteit) van conversie van wind-op-zee productie; om de hoogspanningsverzwaring te beperken

Interventies:

- 14 Locatiesturing conversie (incl. waterstof)
- 15 Bredere benutting net op zee (zon-op-zee)

Fiche #15: Separate, verdere kwalitatieve uitwerking van deprioritering rationale

Separate interventies – ***uitwerking door externe partij***

- 16 Minder wind op zee en meer kernenergie
- 17 Impact andere systeemkeuzes - achterblijvende vraag

3 Slimme locatiekeuze | Samenvatting (I/IV)

A

Interventiecluster recap – Het interventiecluster 'Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik' zorgt ervoor dat opslag, aanbod en vraag in zones met voldoende capaciteit en/of dichter bij elkaar worden geplaatst, om het transporteren van energie te minimaliseren, en de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

- Interventies die deze sturing op opslag, aanbod en vraag ondersteunen met betrekking tot beleid zijn:
  - **Slimme locatiekeuze van opslag:** Prioriteren van netvlakken / locaties door de netbeheerder waar opslag nodig is en normeren / stimuleren van de aansluiting van opslag op deze locaties door KGG / RVO
  - **Prioriteringskader verzwaring en uitbreiding net:** Het opstellen van een energieplanologisch beleid, waarbij gebieden worden ingedeeld op basis van hun geschiktheid voor specifieke assets of grootverbruikers en waarop dan gestuurd wordt
  - **Tariefdifferentiatie locatiesturing:** ACM maakt het mogelijk voor netbeheerders om transporttarieven te differentiëren tussen gebieden, om de locatiekeuze van nieuwe transportgebruikers te beïnvloeden
  - **Energiehubs:** Het opzetten van clusters waar opwek en/of verbruik en opslag achter de meter worden samengebracht onder één aansluiting, waarbij de aansluitcapaciteit strategisch wordt beperkt tot onder de piekcapaciteit van het cluster, specifiek gericht op locaties met netoverbelasting
- **Scope:**
  - **Netvlakken**: **MS-, HS- en EHS-net**
  - **Asset scope**: **stuurbare grootverbruikers** (industrie-vraag, power-to-heat vraag en de vraag in de gebouwde omgeving) en **stuurbare opwek** (PV, wind en kleine elektriciteitscentrales)
  - **Type aansluitingen:** nieuwe capaciteitsaansluitingsaanvragen en verzwaringsaanvragen voor zowel voor grootverbruik alsook opwek die plaatsvinden tussen 2026 (invoer van sturingsbeleid) en 2040

3 Slimme locatiekeuze | Samenvatting (II/IV)

B

Scenario's – Gegeven de beschikbare data en het impactpotentieel van Slimme locatiekeuze van grootverbruik en opwek-assets op het MS-net, hebben we de doorrekeningsanalyse toegespits op het MS-net en hierbij 2 scenario's uitgewerkt (1) De slimme locatiekeuze van opwek-assets (2) De slimme locatiekeuze van grootverbruik. Additioneel hebben we inzichtelijk gemaakt wat het suboptimaal inpassen van systeembatterijen op het MS- en HS-net – wel geoptimaliseerd in de baseline - van mogelijk kostenrisico met zich meebrengt.

Baseline scenario (2040):

- In de baseline is volgende inpassing reeds opgenomen:
  - **Optimale inpassing van opslag** (MS/HS/EHS). Een suboptimale inpassing van systeembatterijen zou een risico op additionele netverzwaringskosten van enkele miljarden met zich meebrengen
  - Optimale inpassing **van opwek-assets** (HS), door een beperkt aantal alternatieve locatie-opties is de impact van slimme locatiekeuze beperkt
  - Optimale inpassing van **grootverbruik** (HS/EHS), waarbij netverzwaringsaanvragen en klantaanvragen voor nieuwe aansluitingen van datacenter niet gestuurd kunnen worden. Voor de inpassing van bijkomende datacenters op het HS-net bestaat er een risico op additionele investeringskosten indien deze datacenters niet ingepast worden binnen bestaande clusters en additionele EHS-verzwaring nodig is
  - **Optimale inpassing van conversie van wind-op-zee** (HS/EHS; power-to-heat en elektrolyse) met opnieuw risico op hogere verzwaringskosten wanneer dit niet wordt gerealiseerd
  - **Invoeding van 2 bcm biogas** (MS/HS)
  - Alsook wordt er reeds rekening gehouden met **curtailment van PV en wind** (3-15 TWh voor 2040[1])
- **Voor de doorrekening van de twee scenario's op het MS-net, gaan we uit van het II3050 Nationaal leiderschap-scenario** (waarop de RNB IP2024's gebaseerd zijn), waar we kijken naar de belasting op het grootste deel van de landelijke HS/MS-substations en waarvoor ~10% overbelast is door opwek, ~30% door afname, ~45% een dubbel (zowel opwek als afname) knelpunt heeft en ~15% onderbelast is

- **Scenario 1:** geïsoleerd effect van sturing van opwek-assets aangesloten op HS/MS-substations met opwek-knelpunten (zowel stations met enkel opwek-overbelasting alsook stations met zowel afname- als opwek-overbelasting)
- **Scenario 2**: geïsoleerd effect van sturing van grootverbruikers aangesloten op HS/MS-substations met afname-knelpunten (zowel stations met enkel afname-overbelasting alsook stations met zowel afname- als opwek-overbelasting

1. Curtailment energieverlies over verschillende scenario's in 2040, Nationaal leiderschap heeft gemiddelde curtailment t.o.v. andere scenario's; Precieze hoeveelheid die uiteindelijk afgeschakeld wordt is pas bekend na uitvoeren van de netberekening; Totale hoeveelheid PV capaciteit is 123 GW en voor wind 66 GW in 2040 voor Nationaal leiderschap-scenario

3 Slimme locatiekeuze | Samenvatting (III/IV)

C **Methode doorrekening –** Deze doorrekening richt zich op de modellering van de overbelasting van HS/MS-substations en het berekenen van stuurbare opwek en GV capaciteit:

- **We focussen op HS/MS-substations gegeven dat we hiervoor informatie hebben uit de doorrekening van de II3050 tool chain en bestaande II3050-data** (Nationaal Leiderschap) over de belasting per uur per HS/MS-substation, de totale belasting in Nederland per assetcategorie en de verdeling van assetcategorieën over de HS/MS-stations
- We starten van de **baseline overbelasting** op deze stations en bekijken de **root cause van de piek overbelasting**: ~10% is overbelast door opwek, ~30% door afname, ~45% heeft een dubbel knelpunt en ~15% is onderbelast in 2040. Dit komt neer op een totale opwek-overbelasting van 15-20 GW en 25-30 GW voor afname
- We bepalen hoeveel van de overbelasting **'stuurbare, nieuwe aansluitingen'** zijn (bv. een zonnepark dat wordt bijgeplaatst in 2035 voor opwek, en een datacenter dat wordt bijgeplaatst in 2035 voor afname) – dit leidt tot **~2-3 GW** aan stuurbare capaciteit voor opwek en **~2-2.5 GW** voor grootverbruik in **2040**
- We houden bij het verplaatsen van load, rekening met **beperkingen qua ruimtelijke inpassing** (fysieke ruimte rondom individuele stations als ook voldoende vrije opwekcapaciteit binnen regio's) en de **vrije capaciteit** binnen het systeem op stationsniveau
- Binnen deze restricties lossen we overbelasting van HS/MS-substations op doormiddel van regionale locatiesturing, dit leidt tot **het vermijden van uitbreidingen** wat wordt vertaald naar **CAPEX-reductie t.o.v. de baseline**, waarbij het type **van uitbreiding wordt bekeken per asset categorie**

D **Resultaten –** Slimme locatiekeuze van opwek / afname leidt tot een overbelastingsvermindering van ~2-3 GW / ~2-2.5 GW wat zich vertaalt naar een reductie van van €2-3 Mld / €1.5-2 Mld t.o.v. De FIEN+ baseline op LS, MS, HS en EHS tegen 2040

- **Scenario 1 – Slimme locatiekeuze van opwek**: €2-3 Mld CAPEX-reductie t.o.v. de FIEN+ baseline door het verminderen van ~2-3 GW aan opwek-overbelasting over ~50% van totaal aantal HS/MS-substations met een opwek-knelpunt en ~25% van het totale aantal HS/MS-substations
  - Op een kleiner aantal substations wordt capaciteit 'weggestuurd', maar op de substations die aangesproken worden, kunnen relatief grote hoeveelheden gestuurd worden. Dit komt doordat de opwek vaak geconcentreerd is op specifieke HS/MS-substations (bv. zoals bij grootschalige zonneparken die slechts op een beperkt aantal HS/MS-substations zijn aangesloten)
  - Er is voldoende regionale vrije capaciteit om ~2/3 van de opwek-capaciteit te sturen. Voor ~1/3 van de stuurbare opwek in Groningen en Drenthe, is er onvoldoende regionale capaciteit om binnen de provincie te accommoderen. Hiervoor kan eventueel gestuurd worden naar bv. Overijssel, Friesland of Flevoland, zodat het sturen naar de drukke randstad voorkomen kan worden
- **Scenario 2 – Slimme locatiekeuze van GV-verbruik:** €1.5-2 Mld CAPEX-reductie t.o.v. FIEN+ baseline door het verminderen van ~2-2.5 GW aan afname-overbelasting over ~70% van totaal aantal HS/MS-substations met een opwek-knelpunt en ~50% van het totale aantal HS/MS-substations
  - Op een aanzienlijk aantal substations wordt capaciteit 'weggestuurd', hoewel het stuurbare aandeel per substation relatief klein blijft. Dit is te verklaren door de brede spreiding van GV-verbruik over verschillende substations in Nederland, en een klein toenemend aandeel tussen 2026 en 2040
  - Voldoende regionale vrije capaciteit om ~80% van de GVs te sturen. Voor ~20% aan stuurbare opwek in Noord-Brabant en Flevoland, is er onvoldoende regionale capaciteit om binnen de provincie te accomoderen. Hiervoor kan eventueel gestuurd worden naar resp. bv. Limburg en Zeeland en bv. Overrijsel en Gelderland, zodat het sturen naar de drukke randstad voorkomen kan worden

E **Bredere impact** – Sturing op locatie van opwek en GV heeft een impact op het **vestigingsklimaat en de implementatie van verduurzamingsprojecten,** versnelt de realisatie van opwek-assets door wachtrijen te verkorten, kan elektrificatie bij GVs vertragen (door binnen ingrijpend energieplanologisch beleid, verzwaringsaanvragen te weigeren in regio's met afname-overbelasting), en stimuleert economische groei en werkgelegenheid in regio's met vrije opwek-capaciteit

3 Slimme locatiekeuze | Samenvatting (IV/IV)

F

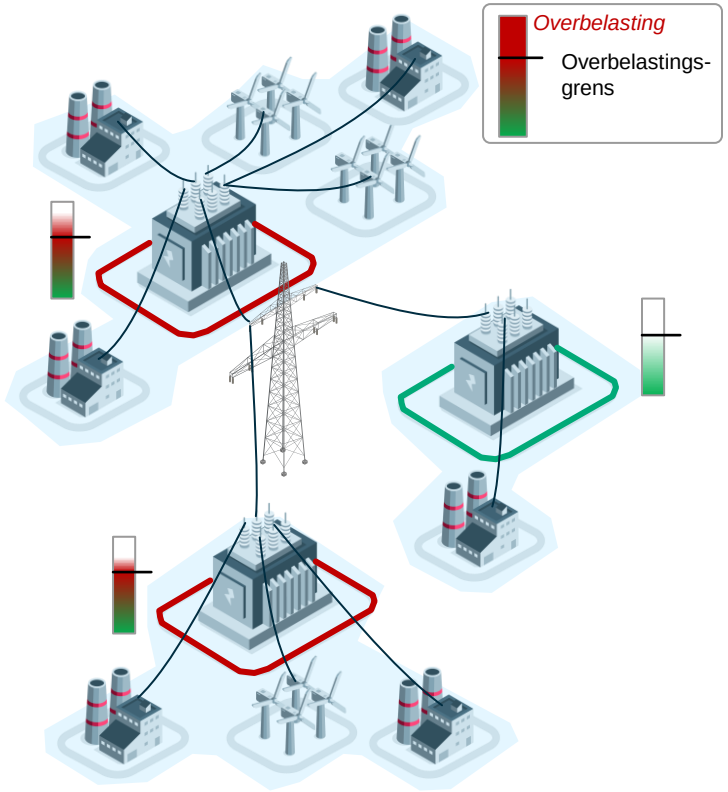
Beleidsimplicaties (I/II) – Bij slimme locatiekeuze is het nodig, naast het voorzien van de juiste prikkels (bv. subsidies), om de locaties van nieuwe energiehubs strategisch planologisch te sturen om het potentieel van slimme locatiekeuze op het MS-net te bereiken en het downside risico op het HS-net te mitigeren. Voorafgaand is een analyse van regionale belasting op stationsniveau essentieel voor de doorvoering van het beleid.

- Voor de vertaalslag naar beleid is het essentieel om rekening te houden met de **elasticiteit van slimme locatiekeuze voor opslag-, opwek-assets en grootverbruikers**
  - Fysieke beperkingen en financiële gevoeligheid voor sturingsincentives verschillen per asset: opslag eenvoudiger te sturen dan opwek; GVs zijn het minst stuurbaar
- Voorafgaand aan de inzet op locatiesturend beleid is in 2025 een analyse van regionale overbelasting op stationsniveau cruciaal om te bepalen waar capaciteit beschikbaar is en aansluitingen moeten worden vermeden om overbelasting of kostenineffici ënte netverzwaring te voorkomen
- **Versterking van reeds bestaand beleid om de baseline-aannames over ruimtelijke** inpassing op optimale locaties van systeembatterijen, elektrolysers en biogas te behalen:
  - Uitbreiden van SDE++-subsidieregeling (die CO2-reductieprojecten, waaronder opwek en opslag financieel ondersteunt) en OWE-subsidieregeling (elektrolyse) met locatie-eisen of locatie-gedifferentieerde mate van ondersteuning (bv. relatief meer subsidiëring op locaties met vrije capaciteit) tegen 2025; vereist EU-inzet i.v.m. staatssteunregels
  - Ondersteunen door ACM bij investeringen van netbeheerders om de **invoeding van biogas en groen gas** te faciliteren. Uitbreiden van beleidsinstrument om biogas en groen gas strategisch te integreren in industriële clusters, zoals moeilijk elektrificeerbare processen (bv. industrieën met hoge temperatuur), om knelpunten te ontlasten
- **Scenario 1 – Slimme locatiekeuze van opwek:** verdere **slimme locatiekeuze van opwek-assets** bovenop de baseline vergt additionele aanpassingen van de financiële incentives en energieplanologisch beleid tegen 2026
  - **Opwek heeft doorgaans een lagere sturingselasticiteit dan opslag**, omdat (i) nieuwe aansluitingsaanvragen gebonden zijn aan specifieke locatievereisten (zoals voldoende ruimte voor zonneparken of kleine centrales, en geschikte windomstandigheden voor onshore wind), en (ii) verzwaringsaanvragen minder makkelijk stuurbaar zijn
  - Verder **aanscherpen van locatie-eisen of prikkels in subsidieregelingen** bovenop baseline kan opwek-assets effectiever sturen richting netoptimale ruimtelijke inpassing
  - Naast bestaande maatregelen kan de ACM de **integrale tariefstructuur herzien** door tarieven te differentiëren op basis van locatie, zodat nieuwe aansluitings- of verzwaringsaanvragen worden gestimuleerd richting locaties met minder impact op het net
  - Daarnaast kunnen **energiehubs** ingericht worden waarbij nieuwe aansluitingen worden beperkt tot een **lagere aansluitcapaciteit dan de maximale piekcapaciteit**, bijvoorbeeld een 100 MW windpark dat wordt aangesloten op een 60 MW aansluiting
  - Het voeren van een strategisch **energieplanologisch beleid** door lokale overheden en mogelijke adviesrol voor RNBs, (o.a. energievisies, omgevingsplannen en vergunningen), waarbij gebieden met veel **beschikbare opwek-capaciteit prioriteit** krijgen voor de toewijzing van nieuwe hernieuwbare energieprojecten, terwijl in gebieden met **weinig of geen vrije opwek-capaciteit** geen extra hernieuwbare energie mag worden bijgeplaatst
- **Scenario 2 – Slimme locatiekeuze van grootverbruik: slimme locatiekeuze van grootverbruikers** bovenop de baseline vergt additionele aanpassingen van de financiële incentives en energieplanologisch beleid tegen 2026
  - Grootverbruikers hebben doorgaans een **lage elasticiteit** omdat (i) ze zich vaak vestigen nabij bestaande industrieclusters met goede infrastructuur zoals toegangswegen, (ii) ze ruimte nodig hebben, en (iii) verzwaringsaanvragen moeilijker te sturen zijn
  - Sturen van grootverbruikers, net zoals bij opwek-assets, met **subsidieregelingen**, de ontwikkeling van **energiehubs, gedifferentieerde tariefstructuur**, en opstellen van **strategisch energieplanologisch beleid door lokale overheden**, (o.a. energievisies, omgevingsplannen en vergunningen), waarbij gebieden met beschikbare afname-capaciteit prioriteit krijgen voor de toewijzing van nieuwe GV-aansluitingen, terwijl in gebieden met weinig of geen vrije afname-capaciteit geen nieuwe GV-aansluitingen worden goedgekeurd
  - **Het strategisch invoeden van biogas en groen gas** in industriële clusters kan verder knelpunten ontlasten

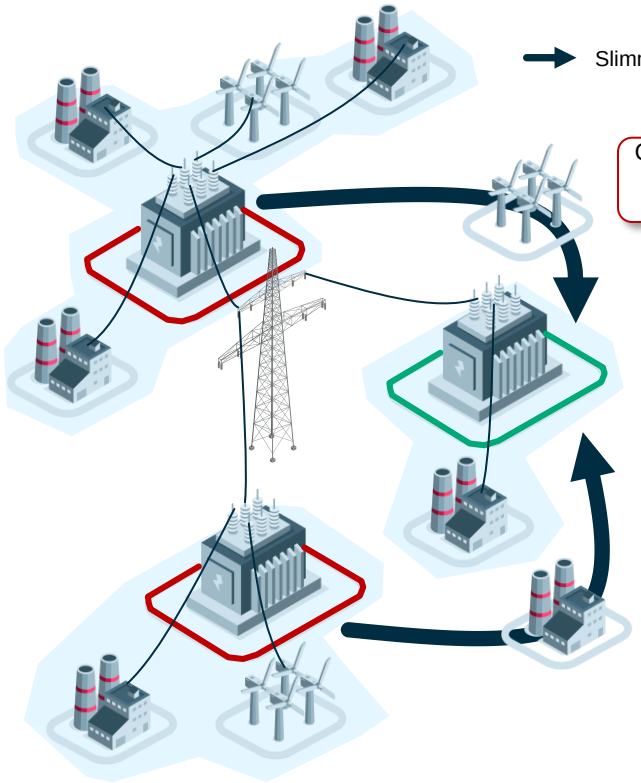
Vervolgstappen zijn nodig om de analyse van regionale stationsbelasting uit te voeren en de mogelijkheden voor gedifferentieerde tarifiëring op basis van deze analyse te verkennen

Cluster recap | Slimme locatiekeuze van opwek, opslag en grootverbruik om de asset belasting te herverdelen, en resulterende verzwaring te verminderen

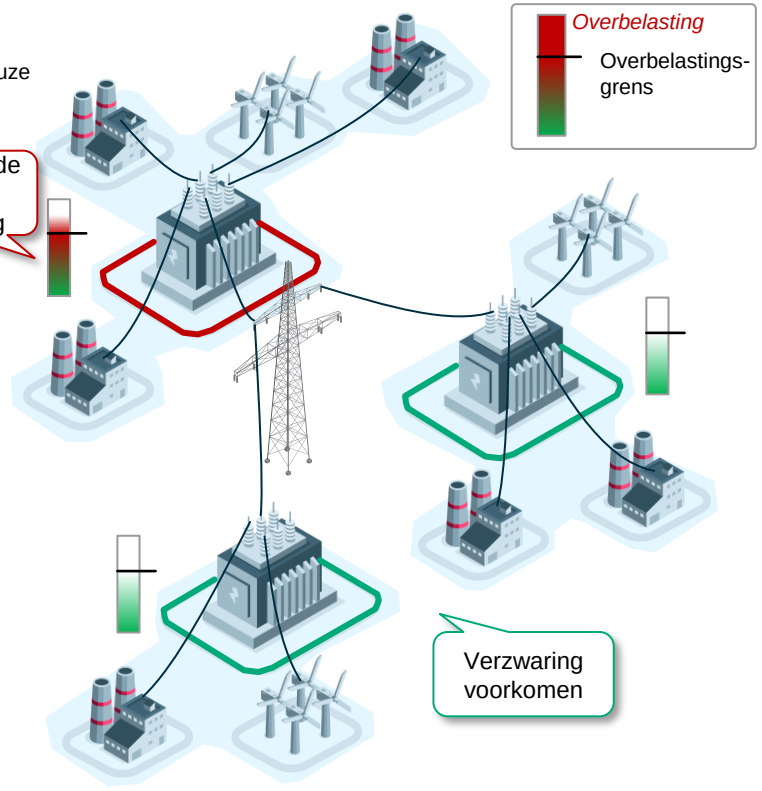
1 Baseline belasting/verzwaring:
Overbelasting leidend tot verzwaring op HS/MS-substations zonder locatiekeuze interventies



2 Slimme locatiekeuze interventies:
Verschuiven opwek of grootverbruik assets



3 Verminderde belasting/verzwaring:
Resulterende, verminderde belasting & resulterende verzwaring van HS/MS- substations



Scenario's | Het potentieel van slimme locatiekeuze van opwek en grootverbruik wordt bekeken in 2 separate scenario's

Baseline

Scope

FIEN+ baseline, met:
1. Optimalisatie van locatie van opslag (MS)
2. Optimalisatie van locatie van wind-op-zee conversie (HS/EHS; power-to-heat, elektrolyse)
3. Biogas / groen gas, met ambiteuze adoptie-ambities (MS/HS; 2bcm biogas inmenging tegen 2030)
4. Curtailment PV en wind[1]

Beleid

- SDE++-subsidieregeling ter ondersteuning van CO2-reductie projecten (voor bv. elektrolyse, opslag als deel van bredere hernieuwbare energie projecten) *(mogelijke uitbreiding naar locatiecriteria om baseline te bereiken)*
- SDE++ stuurt ook aan op aansluitcapaciteit van 50% voor nieuwe zonneparken
- OWE-subsidieregeling voor grootschalige productie van H2 via elektrolyse *(mogelijke uitbreiding naar locatiecriteria om baseline te bereiken; Zie cluster E voor verdere uitwerking)*
- ACM ondersteunt netbeheerders bij investeringen om de invoeding van groen gas mogelijk te maken *(mogelijke uitbreiding naar locatiecriteria om baseline te bereiken)*
- Locatiestuing op systeembatterijen nodig om baseline te bereiken[2]

Scenario 1
Slimme locatiekeuze opwek

Slimme locatiekeuze van stuurbare opwek aangesloten op het middenspanningsnet:
- Opwek-capaciteit bijgekomen tussen 2026 (invoer van sturingsbeleid) en 2040
- Stuurbare opwek-assets op MS-net:
  - PV: veld, gebouwen (geen huishoudens)
  - Wind: onshore
  - Kleine elektriciteitscentrales: gas, waterstof

Scenario 2
Slimme locatiekeuze GVs

Slimme locatiekeuze van stuurbare GV-verbruik aangesloten op het middenspanningsnet:
- GV-capaciteit bijgekomen tussen 2026 (invoer van sturingsbeleid) en 2040
- Stuurbare GV-assets op MS-net:
  - Industriën (datacenter, voeding, papier, landbouw, overig)
  - Industrie power-to-heat (voeding, papier)
  - Gebouwen
  - Warmtepompen (all-e, hybride)

Minimale beleidsinstrumenten voor impact zijn weergegeven. Inzetten van meerdere instrumenten zou versterkend effect hebben

KGG/ACM maakt energiehubs mogelijk waar een beperkte aansluitcapaciteit (vs. de totale piek capaciteit) wordt voorzien (bv. 40 MW windpark op 20 MW aansluiting)

KGG/ACM maakt energiehubs mogelijk waar een beperkte aansluitcapaciteit (vs. de totale piek capaciteit) wordt voorzien voor een groep van GVs, die onderling afspraken maken

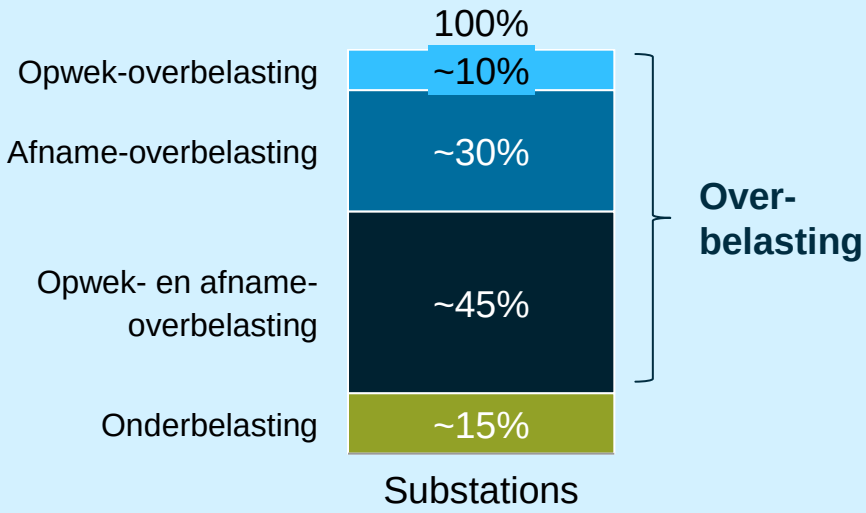
Herzien van integrale tariefstructuur: tarieven gedifferentieerd naar locatie om aanvragen van nieuwe/zwaardere aansluitingen te sturen richting locaties met minder netimpact

Lokale overheden maken structurerend beleid op energieplanologie met het optimaliseren van het energiesysteem als prioritair criterium

1. Curtailment energieverlies over verschillende scenario's in 2040, Nationaal leiderschap heeft gemiddelde curtailment t.o.v. andere scenario's; Precieze hoeveelheid die uiteindelijk afschakeld wordt is pas bekend na uitvoeren van de netberekening; Totale hoeveelheid PV capaciteit is 123 GW en voor wind 66 GW in 2040 voor Nationaal leiderschap-scenario; 2. Onderzoek DNVGL

Baseline (2040) overbelasting | Groot deel van de HS/MS-substations hebben een opwek én afname knelpunt

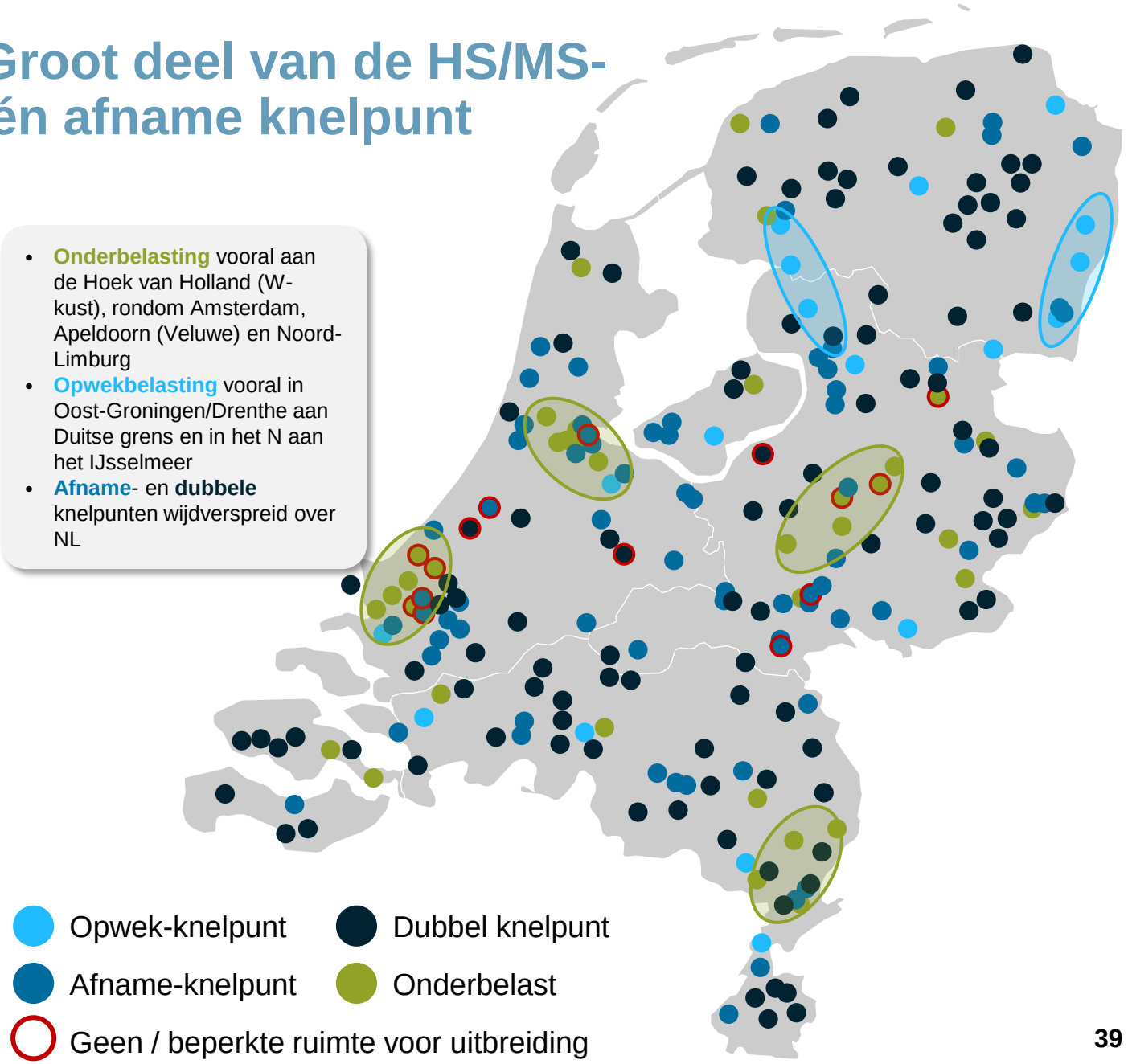
substations (HS/MS, excl. EHS) in 2040



Baseline: Knelpunten op HS/MS-substations met:

1. Locatieoptimalisatie van **opslag** (MS)
2. Locatieoptimalisatie van **wind-op-zee conversie** (HS/EHS; power-to-heat, power-to-hydrogen, elektrolyse)
3. **Biogas / groen gas**, met ambiteuze adoptie-ambities (MS/HS; 2bcm biogas inmenging tegen 2030)
4. **Curtailment** PV en wind

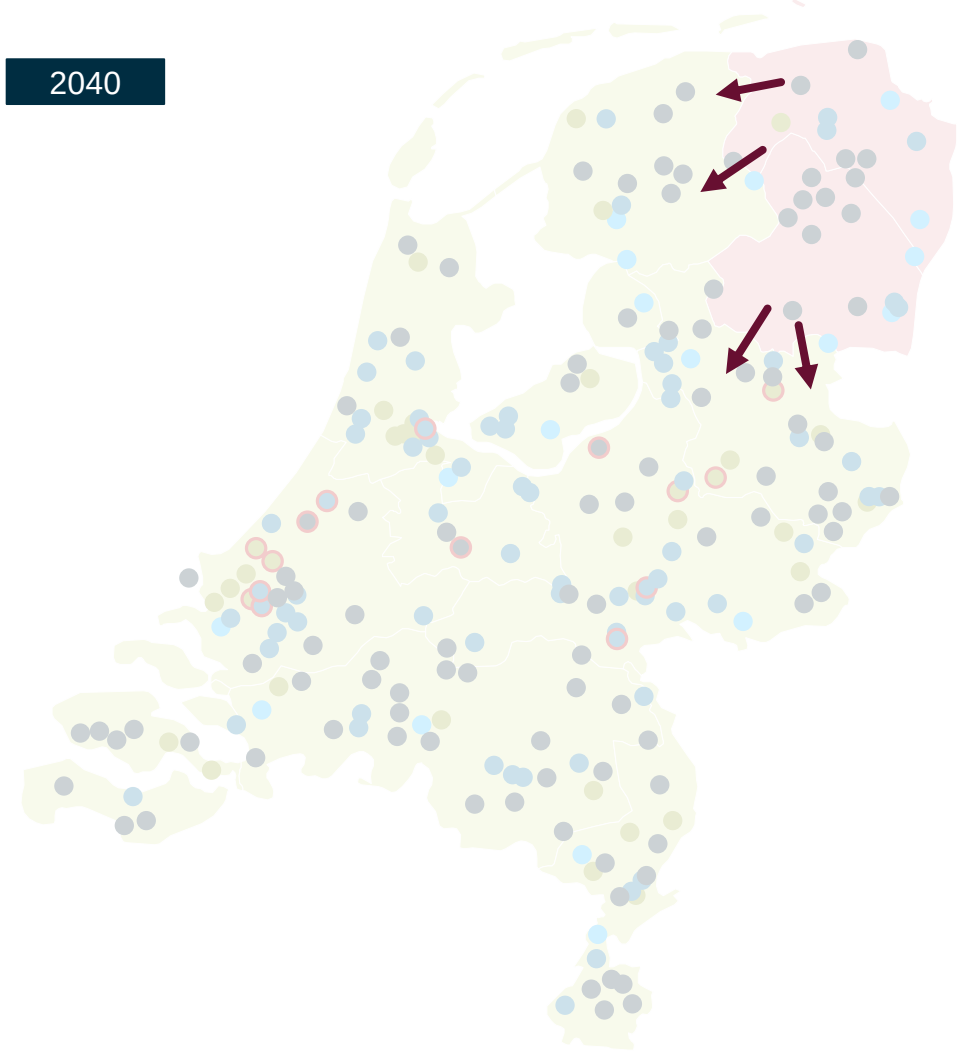
- **Onderbelasting** vooral aan de Hoek van Holland (W-kust), rondom Amsterdam, Apeldoorn (Veluwe) en Noord-Limburg
- **Opwekbelasting** vooral in Oost-Groningen/Drenthe aan Duitse grens en in het N aan het IJsselmeer
- **Afname**- en **dubbele** knelpunten wijdverspreid over NL



NB: Berekend op 231 HS/MS-substations waarvoor data beschikbaar is van de 250 HS/MS-substations, waarvan een deel buiten scope (klantstation)
Bron: ii3050 tooling

Back-up – Lokale inpassing (I/II) | Voldoende regionale capaciteit om 2/3 van het opwek vermogen te verplaatsen, overige 1/3 naar omliggende regio's

2040



INZICHTEN

- **Voldoende regionale vrije capaciteit** om **2/3 van het vermogen opwek-capaciteit** te sturen naar onderbelaste stations (voor opwek)
- Voor **1/3 van het vermogen** aan stuurbare opwek (in Groningen en Drenthe) is er **onvoldoende regionale capaciteit** om binnen de provincie te accomoderen
  1. Mogelijke verplaatsing naar andere omliggende provincies:
     - Verplaatsing **naar Overijssel**
     - Verplaatsing **naar Friesland**, met nog ~0,1 GW vrije opwekcapaciteit na optimalisatie van opwek binnen de provincie
     - Verplaatsing naar het noorden (onderbelasting) of het zuiden (afname-knelpunten) van **Flevoland**
  2. Indien deze stuurbare opwek **niet kan gestuurd worden** naar omliggende provincies zal de **capex-besparing niet kunnen worden verwezenlijkt**
- Er zijn geen vereisten om te sturen naar de **randstad in noordelijke en oostelijke provincies** om de stuurbare capaciteit te accomoderen

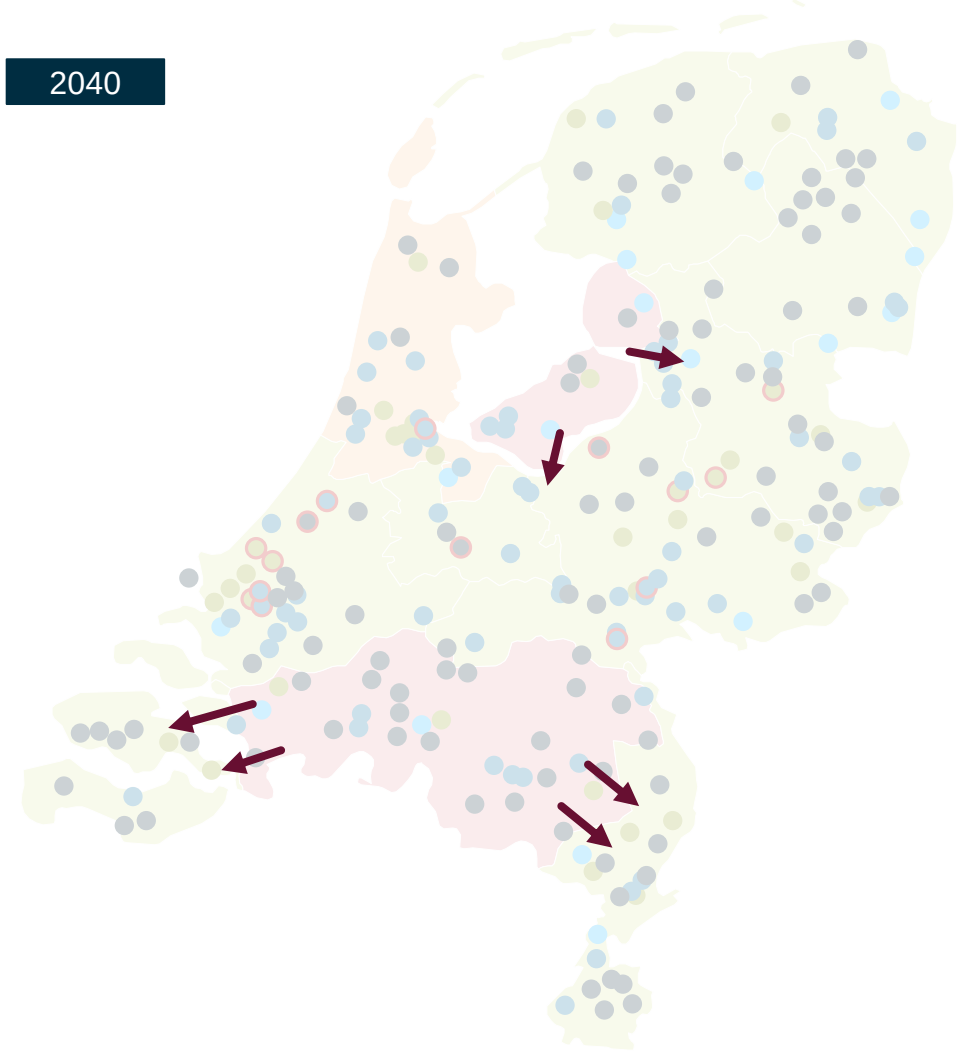
Legenda:

- Opwek-knelpunt
- Dubbel knelpunt
- Geen / beperkte ruimte voor uitbreiding
- Afname-knelpunt
- Onderbelast

Bron: ii3050 tooling

Back-up – Lokale inpassing (II/II) | Voldoende regionale capaciteit om ~80% van GV vermogen te verplaatsen, overige ~20% naar omliggende regio's

2040



INZICHTEN

- **Voldoende regionale vrije capaciteit** om **~80% van benodigde GV** te sturen naar onderbelaste stations (voor afname)
- Voor ~**20% van het vermogen** aan stuurbare GV's (Noord-Brabant en Flevoland) is er **onvoldoende regionale capaciteit** om binnen de provincies te accomoderen
  1. Mogelijke verplaatsing naar andere omliggende provincies:
     - **Noord-Brabant**: verplaatsing naar net over de grens in **Limburg of Zeeland**, waar voldoende onderbelaste stations beschikbaar zijn
     - **Flevoland**: Verplaatsing naar **Overrijsel** of **Gelderland**
  2. Indien dit aandeel aan stuurbaar GV **niet kan gestuurd worden** naar omliggende provincies zal de **CAPEX-impact niet kunnen verwezenlijkt worden**
- Er zijn geen vereisten om te sturen naar de **randstad in noordelijke en oostelijke provincies** om de stuurbare capaciteit te accomoderen

Legenda:

- Opwek-knelpunt
- Dubbel knelpunt
- Geen / beperkte ruimte voor uitbreiding
- Afname-knelpunt
- Onderbelast

Bron: ii3050 tooling

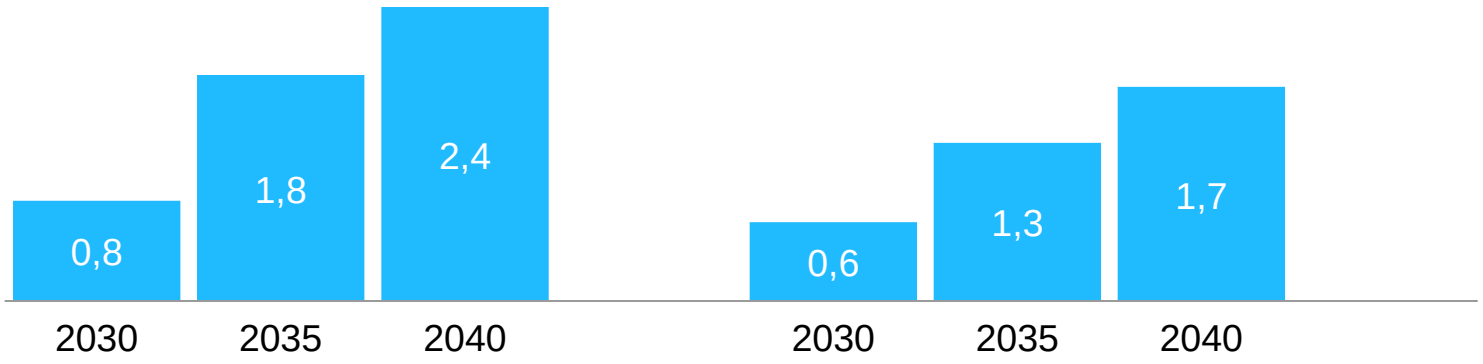
Resultaten – MS-net | Significante bruto impact mogelijk door sturen van opwek en GV-verbruik op MS

Vermindering van de benodigde netverzwarings-CAPEX vs IP2024 baseline
(cumulatief; exclusief knock-on impact)

Scenario 1
Slimme locatiekeuze opwek

Scenario 2
Slimme locatiekeuze GVs

Bruto vermindering t.o.v. totale baseline LS, MS, HS en EHS (€ Mld)



Geen besparingsimpact op HS omdat de locaties in de baseline geoptimaliseerd zijn

Interventiecluster inzichten

- Voor substations met opwek-knelpunten en substations met afname-knelpunten wordt er resp. **opwek- / afname-capaciteit weggestuurd**
- Voor **50%** van de opwek en **30%** van de afname knelpunten is er **geen stuurbare capaciteit om de overbelasting te verhelpen**

NB: Berekend op HS/MS-substations waarvoor data beschikbaar is, waarvan een deel buiten scope (klantstation); Bron: ii3050 tooling

Downside risico – HS-net | Geen upside potentieel van het locatiesturen van GV, opwek en batterijen gegeven reeds optimale verderling in baseline

	TenneT inputs op IP24 (baseline) aannames	Mogelijke upside / downside van resp. meer / onvoldoende locatiekeuze
Groot-verbruik	• Locatietoewijzing voor **nieuwe grootverbruiker-aansluitingen** (vooral datacenters ~3 GW op HS-net tegen 2040) gebeurd volgens klantaanvragen en de bijkomende capaicteit kan verder geoptimaliseerd worden door inpassing in bestaande industrieclusters waar het EHS-net reeds voorzien is • **Conversie-assets** (zoals elektrolyse 17 GW en power-to-heat 10 GW tegen 2040) **aan de kust** zijn al geoptimaliseerd binnen het VAWOZ-programma[2], dat sturing biedt voor hun locatietoewijzing	Upside potentieel van het netoptimaal inpassen van nieuwe **datacenters** **€0.3 Mld** netverzwaringsimpact *Analyse op volgende slides*
Opwek	• Optimalisatie van locaties voor (mogelijk) **nieuwe kerncentrales** is noodzakelijk, • Beperkt potentieel voor slimme locatiekeuze van **hernieuwbare opwek-assets** (4 GW WoL[3] en 4 GW zon-op-land[4] tegen 2040) vanwege reeds gerealiseerde optimalisatie binnen de regionale energiestrategieën[5] en een relatief laag aantal aansluitingen	*Locatiesturing kernenergie reeds uitgewerkt in een separaat traject*
Opslag	• Locatie van **systeembatterijen** (17 GW op MS- en HS-net tegen 2040) reeds geoptimaliseerd op het HS-net in TenneT IP24 (baseline)	Downside potentieel van het niet netoptimaal plaatsen van **systeembatterijen** **€2.5 Mld** netverzwaringsimpact *Analyse op volgende slides*

1. Structureel verminderen industrie geanalyseerd in een apart traject; 2. VAWOZ = Programma Verbindingen Aanlanding Wind Op Zee; 3. 15 GW in totaal, waarvan 25% op HS-net; 4. 41 GW Zon op land en zee, waarvan op zee relatief Klein aandeel en 10% van zon op land op HS-net aangesloten; 3. 10 stations op het hoofdnet waar WoL wordt voorzien, waarvan er op 6 reeds grote windparken zijn aangesloten en 4 stations worden verder onderzocht in de regionale energiestrategieën. Verdere slimme locatiekeuze zal dus relatief lage impact bereiken;
Bron: Tennet; Windstats

Beleidsimplicaties | Slimme locatiekeuze van grootverbruikers vraagt om meer ingrijpende beleidsinstrumenten dan opwek en opslag assets

Incentiveren → *Sturen*

Asset	Subsidies gebonden aan locaties (incl. energiehubs)	Herzien integrale tariefstructuur	Sturende energieplanologie
OPSLAG	✓ Stimuleren nieuwe opslag achter de meter zorgt voor lagere capaciteit **nieuwe opwekaansluitingen**	✓ Lagere aansluitingstarieven voor **nieuwe opslag** voor de meter, zorgt voor verschuiving van opslag	✓ Lagere aansluitingstarieven voor **nieuwe opslag** voor de meter, zorgt voor verschuiving van opslag
OPWEK		✓ Hogere nettarieven op specifieke locaties zorgt voor slimme locatiekeuze van **nieuwe opwekaansluitingen**	✓ Slimme locatiekeuze voor **nieuwe opwekaansluitingen** Niet toekennen lokale verzwaring voor **bestaande opwekaansluitingen**
GROOT-VERBRUIK			✓ Slimme locatiekeuze voor **nieuwe grootverbruikaansluitingen** Niet toekennen lokale verzwaring voor **bestaande aansluitingen**

Elasticiteit van slimme locatiekeuze[1]: *Hoog* → *Laag*

Legenda:
- ✓ Slimme locatiekeuze voor **nieuwe** aansluitingen
- ✓ Slimme locatiekeuze voor **nieuwe en bestaande** aansluitingen

1. Geldt voor merendeel van assets in categorie, maar met mogelijk uitzonderingen (bv. datacenters in GV zijn relatief elastisch)

Beleidsimplicaties | Ingrijpendere beleidsinstrumenten nodig voor effectieve locatiekeuzes van opwek en GV-verbruik

		Baseline	Scenario 1 Slimme locatiekeuze opwek	Scenario 2 Slimme locatiekeuze GVs
		Minimale beleidsinstrumenten voor impact zijn weergegeven. Inzetten van meerdere instrumenten zou versterkend effect hebben		
Beleid	Subsidies	• **SDE++-subsidieregeling** ter ondersteuning van **CO2-reductie projecten** (voor bijvoorbeeld elektrolyse, opslag als deel van bredere hernieuwbare energie projecten) en aansturing op het **aansluiten op 50% voor nieuwe zonneparken** • **OWE-subsidieregeling** voor grootschalige productie van H2 via elektrolyse[1] • ACM ondersteunt netbeheerders bij investeringen die nodig zijn om de **invoeding van groen gas** mogelijk te maken. Verwachting om tegen 2027 een nieuwe methode in te voeren waarmee de vergoeding van de kosten van netbeheerders wordt bepaald. Vóór die tijd, kunnen netbeheerders deze benodigde investeringen aangeven bij de ACM • Om de baseline te bereiken kunnen de SDE++-subsidieregeling, OWE-subsidieregeling en de ACM ondersteuning voor de invoeding van groen gas[2] uitgebreid worden met **locatie-specifieke criteria**		
	Energiehubs		• KGG/ACM maakt **energiehubs** mogelijk waar een beperkte aansluitcapaciteit (vs. de nodige piek capaciteit) wordt voorzien (bv. 40 MW windpark op 20 MW aansluiting)	• KGG/ACM maakt **energiehubs** mogelijk waar een beperkte aansluitcapaciteit (vs. de nodige piek capaciteit) wordt voorzien voor een groep van GVs, die onderling afspraken maken
	Herzien integrale tariefstructuur		• Herzien van **integrale tariefstructuur door de ACM**: tarieven gedifferentieerd naar locatie om aanvragen van nieuwe/zwaardere aansluitingen te sturen richting locaties met minder netimpact	
	Sturende energie-planologie	• **Slimme locatiekeuze op systeembatterijen** cruciaal om negatief effectief te vermijden en baseline te bereiken (subsidiëring niet wenselijk gezien netverzwaring goedkoper is)	• Lokale overheden maken **structurerend beleid op energieplanologie** met **het optimaliseren van het energiesysteem** als prioritair critearia (o.a. energievisie, omgevingsplannen en vergunningen) door gebieden in te delen op basis van hun nood aan assets / grootverbruikers	
Asset Scope	Opslag	✓		
	Opwek		✓	
	Grootverbruikers			✓
	WoZ Power-to-X	✓		
	Biogas / groen gas	✓		

1. Zie cluster E: conversie-op-zee voor gedetailleerde uitwerking; 2. Dit beleidinstrument kan mogelijk uitgebreid worden met als doel het biogas en groen gas strategisch te integreren in industriële clusters, zoals sectoren met moeilijk elektrificeerbare processen (bijvoorbeeld industrieën met hoge temperatuurvereisten), om bepaalde knelpunten te ontlasten; 3. Onderzoek DNVGL naar de haalbaarheid van batterijen voor CM

Beleidsimplicaties | Verschillende beleidsinstrumenten nodig voor het effectief sturen van opwek-assets en grootverbruikers

MS SCENARIO 1 Locatiekeuze opwek	MS SCENARIO 2 Locatiekeuze GVs	HS Realisatie baseline	
2%	2%	-	**CAPEX-reductie** (cumulatief 2040)
		Voorkomen kostenrisico	
✓	✓	✓	**2026:** Locatiespecifieke criteria in bestaande subsidiëringskaders voor opslag- en conversieassets, en elektrificatie industrie (SDE++, OWE)
✓	✓	✓	**2026:** **Stimulering energiehubs** (bv. geen wachtrijen, voordeliger aansluittarief)
✓	✓	✓	**2026:** Locatiegebaseerde differentiatie van de **tariefstructuur** op MS en HS-aansluitingen
✓	✓	✓	**2026:** **Energieplanologisch beleid** voor grote opwek, opslag en afname, o.a. systeembatterijen, kerncentrales, zon en wind op land, elektrolysers en datacenters

Legenda: **JAAR** van invoeren beleid

Om volledig potentieel aan stuurbare opwek / grootverbruik te bereiken is een energieplanologisch beleid nodig

Legenda: Enkel voorbereiding | Beleid invoering binnen bestaande wet | Beleid invoering in nieuwe wet

Input op beleidsimplicaties – verder uit te werken beleidsacties

Beleidsimplicaties | 2025-2026 inspanningen cruciaal om baseline objectieven te bereiken en tijdig te sturen op opwek, opslag en GV

Opslag en conversie

2025

- **Identificatie van optimale locaties** voor het aansluiten van systeembatterijen en conversie-assets
- Uitwerking van **subsidiëringskaders** (SDE++, OWE) met locatie-criteria voor opslag en conversie-assets op basis van deze analyse
- Mogelijk vastleggen van geïdentificeerde locaties **in energieplanologisch beleid** m.n. elektrolysers en systeembatterijen in lijn met voorziene regionalisatie van batterijen en elektrolyse aan de kust (VAWOZ)

2026

Invoering locatie-specifieke criteria in subsidiëringskaders
- Aanscherping van **SDE++- en OWE-subsidieregeling met locatie-criteria** voor het toekennen van subsidies
- Mogelijk invoering van **nieuw subsidiëringskader** gefocust op de slimme locatiekeuze van opslag en/of conversie-assets

Invoering en handhaving energieplanologisch beleid
- **Enkel toestaan** van systeembatterijen op de **geselecteerde locaties**

Groen gas

2025

- **Identificatie van locaties / industrieclusters** met significante potentiële upside voor de invoeding van groen gas
- Uitwerking van **wettelijk kader voor het faciliteren van netbeheerderinvesteringen**

2026

Invoering subsidiëringskader
- **Formalisering** van stimulerend beleid door ACM, rekening houdende met de geselecteerde locaties / industrie-clusters

Opwek & Groot-verbruik

2025

- **Gedetailleerde analyse** op stationbelasting, nodige netverzwaring en optimale locatiekeuze van opwek-assets en grootverbruikers
- Onderzoek naar en inzichtelijk maken van de verschillen in kosten tussen **verschillende aanlandingsvarianten** van WoZ
- Uitbreiding van **subsidiëringskaders** (bv. SDE++) met locatie-criteria voor opwek en grootverbruik op basis van deze analyse
- Integratie van inzichten op slimme locatiekeuze in lokaal **energieplanologische beleid** m.n. kernenergie en datacenters op HS, zon en wind op MS
- Identificatie van **locaties voor energiehubs** en uitwerking beleidskader

2026

Invoering locatie-specifieke criteria in subsidiëringskaders
- **Aanscherping van SDE++-subsidie** voor hernieuwbare energieprojecten

Invoering en handhaving energieplanologisch beleid
- **Slimme locatiekeuze** voor nieuwe aansluitingen en verzwaringsaanvragen

Stimulering energiehubs
- **Aansluiten van aanvragen in de wachtrij** binnen energiehubs met beperktere aansluiting per hub

NB: Gedifferentieerde tarieven op basis van vrije capaciteit op locaties is (wettelijk) onmogelijk en daarom niet opgenomen in dit overzicht

4 Deep dive | Verhoogde technische benutting van het netwerk

LS <1 kV	MS 10-20 kV	HS 25-150 kV	EHS 220-380 kV	Net op zee 550 kV

1 Flexibiliteit bij kleinverbruik

Prikkels voor kleinverbruikers om vlakker afname- en invoerprofiel te stimuleren/af te dwingen beperkt de noodzaak om laagspanningsnet te verzwaren, met knock-on effecten op het midden- en hoogspanningsnet

Interventies:

- 1 Flexibiliteit KVs (normering/subsidiëring)
- 2 Tariefdifferentiatie KV
- 3 Energiebesparing KV
- 4 Warmtenetten

2 Flexibiliteit bij grootverbruik

Ondersteunen van grootverbruikers om hun afname en opwekprofiel beter aan te passen aan het aanbod van energie, om de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

- 5 Energiebesparing GVs
- 6 Flexibiliteit GVs
- 7 Tariefdifferentiatie GVs

3 Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik

Opslag, aanbod en vraag dichter bij elkaar te plaatsen, om het transporteren van energie te minimaliseren, en de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

- 8 Locatiespecifieke sturing van opslag
- 9 Prioriteringskader verzwaring en uitbreiding net
- 10 Tariefdifferentiatie locatiesturing
- 11 Energiehubs

4 *Focus van deze sectie*

Verhoogde technische benutting van het netwerk

Selectief assets zwaarder belasten en gebruik maken van netredundantie, ondersteund door een ander model rond storingsaansprakelijkheid/-compensatie

Interventies:

- 12 Redundantie verlagen op het net
- 13 Innovatieve oplossingen voor asset belasting)

5 Lokale conversie van wind op zee

Optimale inzet (zowel qua locatie als capaciteit) van conversie van wind-op-zee productie; om de hoogspanningsverzwaring te beperken

Interventies:

- 14 Locatiesturing conversie (incl. waterstof)
- 15 Bredere benutting net op zee (zon-op-zee)

Fiche #15: Separate, verdere kwalitatieve uitwerking van deprioritering rationale

Separate interventies – *uitwerking door externe partij*

- 16 Minder wind op zee en meer kernenergie
- 17 Impact andere systeemkeuzes - achterblijvende vraag

4 Verhoogde technische benutting | Samenvatting (I/IV)

A **Interventiecluster recap –** Het interventiecluster 'Verhoogde technische benutting' zorgt d.m.v. interventies voor extra ontsluiting van capaciteitsaanbod en het efficiënter gebruiken van het huidige net door:

- **Het zwaarder belasten van assets** door het optrekken van de belastingsgrens in zowel normale (normaal schakeling) als in storingsituaties (verschakelde toestand) (bv. door implementatie van regelbare distributietransformatoren)
- **De redundantie op het net te verlagen** kan een deel van de redundante capaciteit worden ingezet om zowel klein- als grootverbruikers vast aan te sluiten
- **Het implementeren van innovatieve oplossingen (bv. real-time monitoring) om asset belasting in kaart te brengen** en af te wegen welke assets zwaarder belast kunnen worden, zorgt ervoor dat er meer aansluitingsvragen gehonoreerd kunnen worden op het huidige middenspanningsnet

De interventies hebben als scope **de lijnen, kabels en transformatoren op het hoog- en middenspanningsnet**

- **Focus op MS-net**, waarbij er zowel wordt gekeken naar het breder benutten van de redundantie als het zwaarder belasten van MS-kabels en HS/MS-transformatoren
- **Focus op het HS-net,** waarbij er wordt gekeken naar het zwaarder belasten van HS-kabels, HS-lijnen en transformatoren aan de hand van Dynamic Line Rating (voor lijnen) en Dynamic Thermal Rating (voor kabels en transformatoren). De HS-redundantie is out of scope gezien de complexiteit van het ringnet (extra impact potentieel mogelijk eenmaal bredere benutting MS-redundantie uitvoerig getest is)
- **LS- en EHS-net out of scope,** 1) omdat het LS-net geen redundantie heeft en het verhogen van de belastingsgrenzen dezelfde piekvraag beïnvloedt als het cluster 'Flexibiliteit bij kleinverbruik' waardoor dit tot een dubbeltelling van de impact zou leiden; 2) EHS-lijnen worden reeds maximaal belast aan de hand van Dynamic Line Rating, waardoor er geen extra potentieel is

B **Scenario's –** We hebben drie scenario's ontwikkeld om de potentiële netverzwaringsimpact van deze interventies in te schatten; met een toenemende (gedifferentieerde) technische belastingsgrens, en resulterende impact op het storingsrisico en netverzwaringsimpact doorheen de scenario's:

- **Baseline MS-net:** Netbeheerders hanteren momenteel een technische belastingsgrens van 100% in normaal schakeling en een verhoogd percentage in verschakelde toestand. Op het MS-net verschilt dit percentage tussen RNBs
- **Baseline HS-net:** TenneT belast reeds enkele kritische HS-lijnen zwaarder aan de hand van Dynamic Line Rating. Daarnaast is het ook toegestaan om op de HS-redundatie opwek capaciteit aan te sluiten (vastgelegd in AMvB-afspraken tussen TenneT en ACM)
- **Laag scenario – Beperkte extra belasting:** Netbeheerders belasten assets beperkt zwaarder met een beperkte impact op het storingsrisico
- **Midden scenario – Gedifferentieerde belasting:** Netbeheerders kunnen naast het zwaarder belasten van hun assets ook de redundantienormen verlagen op het MS-net. Dit doen ze gedifferentieerd over locaties en tijdstippen door een inschatting te maken van de relatie tussen extra belasting / redundantie verlagen en storingskansen; het verhoogde storingsrisico wordt opgevangen door het uitbreiden van afschakelplannen en non-firm contractvormen
- **Hoog scenario – Uniforme zware belasting:** Netbeheerder belasten assets uniform zwaarder (2-3x meer verhoging vs laag scenario) en verlagen uniform de redundantienormen op het MS-net, met een hoger storingsrisico tot gevolg dat wordt opgevangen door het uitbreiden van afschakelplannen en non-firm contractvormen

4 Verhoogde technische benutting | Samenvatting (II/IV)

C

Methode doorrekening – De netverzwaringsimpact inschattingen zijn gebaseerd op een Stedin doorrekenmodel voor het MS-net en TenneT inschattingen voor het HS-net:

- **MS-impact methode –** In 4 stappen wordt het aantal vermeden kabels en transformatoren berekend, evenals de daaruit volgende impact op MS netverzwarings-CAPEX:
  - **Stap 1: Aantal te verzwaren middenspanningskabels** - Het doorrekenmodel van Stedin berekent voor de baseline en alle scenario's het aantal te verzwaren middenspanningskabels waaruit het aantal vermeden km kabelverzwaringen kan berekend worden. Het model richt zich enkel op de overbelasting in verschakelde toestand, gebaseerd op de aanname dat overbelasting vooral in deze situatie voorkomt. Het oplossen hiervan draagt daardoor bij aan het oplossen van overbelasting in normaal schakeling
  - **Stap 2: Extrapolatie naar te verzwaren HS/MS-transformatoren** - Het aantal vermeden verzwaringen van middenspanningskabels wordt geëxtrapoleerd naar het aantal vermeden verzwaringen van transformatoren in de HS/MS-substations
  - **Stap 3: Vermeden netverzwarings-CAPEX in Stedin MS-net -** De CAPEX-reductie ten opzichte van de baseline is berekend door een gemiddelde CAPEX per km voor MS-kabels en een gemiddelde CAPEX per HS/MS-station toe te passen op het verlaagd aantal te verzwaren kabels/stations (en dus verminderd aantal netverzwaringsinvesteringen) in elk scenario
  - **Stap 4: Extrapolatie resultaten naar Nederland -** De resulterende netverzwaringsimpact is daarna geëxtrapoleerd naar impact in Nederland (voor alle MS-netten van de RNBs), gebaseerd op het aantal km middenspanningskabel
- **HS-impact methode –** In 3 stappen is de potentiële capaciteitsverhoging en impact op de HS netverzwarings-CAPEX berekend:
  - **Stap 1: Maximale capaciteitsuplift van individuele kabels, lijnen en transformatoren** – De potentiële capaciteitsverhoging door verhoogde belasting is onderzocht: lijnen, kabels en transformatoren kunnen beperkte extra belasting aan via Dynamic Line Rating (voor lijnen) of Dynamic Thermal Rating (voor kabels en transformatoren). Daarnaast is er nog extra potentieel bij transformatoren door het herverdelen van de transportcapaciteit naar onderbelaste trafo's.
  - **Stap 2: Maximale capaciteitsuplift op systeemniveau** – Om de impact op systeemniveau van interventies op individuele assets te berekenen, is gekeken naar het percentage assets waarop deze interventies toepasbaar zijn. Dit toont aan dat verhoogde asset-belasting op systeemniveau een capaciteitsverhoging oplevert. Daarnaast kan de herverdeling van transportcapaciteit op transformatoren een extra capaciteitsuplift brengen
  - **Stap 3: Vrijgekomen capaciteit en vermeden CAPEX -** De resulterende CAPEX-impact is berekend o.b.v. de meest conservatieve van twee methodes:
    - Bottom-up toepassen van de capaciteitsimpact op het piekvermogen vemenigvuldigd met de besparingswaarde per vermogen
    - Top-down toepassen van de capaciteitsimpact op de FIEN+ baseline op het HS-net

4 Verhoogde technische benutting | Samenvatting (III/IV)

D

Resultaten – Door het optrekken van de belastingsgrenzen en het verlagen van de redundantie (enkel op MS-net) kan er **op korte termijn capaciteit vrijkomen voor extra klantaansluitingen; op de lange termijn kan er significante CAPEX-impact gerealiseerd worden** indien er wordt gekozen voor het 'Midden' of 'Hoog' scenario:

- **Laag scenario:** het conservatief opvoeren van de technische belastingsgrenzen leidt tot een beperkte vrijgekomen capaciteit voor klantaansluitingen op de korte termijn; op de lange termijn is er ook een beperkte hoeveelheid vermeden netverzwaring en daardoor ook een beperkte netverzwarings-CAPEX impact van €0.8 Mld t.o.v. FIEN+ baseline voor netvlakken op land in 2040
- **Midden-scenario:** door gedifferentieerd de technische belastingsgrens op te voeren kan er op korte termijn (2030) extra capaciteit vrijkomen voor klantaansluitingen; op de lange termijn worden er ook meer verzwaringen vermeden op plaatsen waar de storingskans laag is, wat leidt tot een netverzwarings-CAPEX impact van €1.6 Mld t.o.v. FIEN+ baseline voor netvlakken op land in 2040
- **Hoog scenario:** wanneer de technische belastingsgrens uniform verder wordt opgetrokken (2-3x meer verhoging vs laag scenario) wordt er significante extra capaciteit vrijgemaakt voor extra klant-aansluitingen; op de lange termijn worden er ook meer verzwaringen vermeden in vergelijking met het 'Laag' scenario, waardoor er ook een significante netverzwarings-CAPEX is van €2.9 Mld t.o.v. FIEN+ baseline voor netvlakken op land in 2040
- **Extra potentieel –** Nadat de asset-belasting verhoogd is op de geselecteerde assets en de redundantie op het MS-net breder wordt ingezet, kunnen deze interventies breder uitgerold worden naar assets die momenteel buiten scope zijn (bv. kunstof HS-kabels aangelegd voor 2010, HS-redundantie, etc.)

E

Bredere impact - Het verhogen van de belastingsgrens brengt, in het meest verregaande scenario, een hoger storingsrisico met zich mee. Inzichten moeten worden opgebouwd binnen de netbeheerders om dit (lokaal) risico op verhoogde storingen in te schatten. De impact hiervan kan mogelijks (deels) opgevangen kan worden door het selectief afschakelen van op MS aangesloten grootverbruik, om de impact op de bebouwde omgeving te beperken.

- **Zwaardere belasting van assets:** hogere belasting kan het storingsrisico verhogen in het geval van de meer verregaande sturing – verder onderzoek is nodig om de relatie tussen het verhoogd storingsrisico en zwaardere asset-belasting in kaart te brengen
- **Breder inzetten van redundantie op het MS-net:** redundantie op het MS-net wordt nu al ingezet tijdens onderhoud met een maatschappelijk aanvaard risico op onderbrekingen. Bij bredere toepassing in de toekomst neemt de ruimte voor het inplannen van de bouwopgave op het MS-net af en zullen onderhoudswerken minder flexibel ingepland kunnen worden, waardoor netbeheerders, op plaatsen met een beperkte redundantie, deze werken slimmer zullen moeten inplannen

4 Verhoogde technische benutting | Samenvatting (IV/IV)

F

Beleidsimplicaties – Voorbereiding en implementatie van beleidskader in 2025-2026 is nodig om korte termijnspotentieel met directe impact op te congestiewachtrijen te realiseren

- **In alle scenario's -** Over de scenario's heen is het belangrijk om, in samenwerking met de netbeheerders, **de bestaande (lokale) afschakelplannen en non-firm contractvormen uit te breiden in 2025-2026**. Dit stelt de netbeheerders in staat om storingsituaties op te vangen door klanten (bv. met een non-firm contract waarbij verbruikers enkel worden afgeschakeld op momenten met een verhoogd storingsrisico) tijdelijk af te schakelen en de schade te beperken
- **Laag scenario -** Om minstens de impact van het 'Laag' scenario te waarborgen, is het belangrijk om in 2025 **prikkels in te voeren die zowel bestaande als nieuwe initiatieven van netbeheerders voor verhoogde transparantie rond asset belasting bevorderen**, met als doel zwaardere asset belasting mogelijk te maken
- **Midden en hoog scenario -** In 2025 moeten maatregelen worden voorbereid en in 2026 geïmplementeerd om het significante impactpotentieel van de 'Midden' en 'Hoog' scenario's te realiseren:
  - De prikkels voor de (bestuurlijke) **aansprakelijkheid voor het verhoogde storingsrisico** van netbeheerders dienen geherevalueerd te worden. Hierbij is het belangrijk om de huidige structuur voor storingscompensatie te herzien en waar nodig aan te passen, bv.:
    - KGG kan, in samenwerking met ACM en netbeheerders, een storingsfonds aanleggen. Dit fonds kan dienen om economisch geleden schade voor verbruikers of opwekkers, als gevolg van het verhoogde storingsrisico, te vergoeden. Daarnaast kan KGG met de ACM regulatorische oplossingen onderzoeken
    - ACM kan, in samenwerking met netbeheerders, de kosten voor het verhoogde storingsrisico van de netbeheerders meenemen in de berekening van de nettarieven
  - ACM dient, naast het ontwikkelen van ondersteunend beleid en richtlijnen in samenwerking met KGG, de netcode aan te passen om het breder gebruik van de redundantie en het zwaarder belasten van assets expliciet toe te staan aan. Zo krijgen netbeheerders de ruimte om zelfstandig te bepalen welke assets ze zwaarder willen belasten en waar ze de redundatie willen verlagen, op basis van een eigen **inschatting van de relatie van storingsrisico en extra belasting**
  - KGG heeft gepland om in 2025 een nieuwe Energiewet en Energiebesluit te publiceren, gericht op het breder benutten van redundantie voor opwek. Om de bredere impact van deze maatregel te ontsluiten, heeft KGG de opportuniteit om de **Energiewet uit te breiden naar het breder benutten van de redundantie voor afname**
  - KGG, ACM en de netbeheerders dienen samen te werken om externe bottlenecks te identificeren die het potentieel van zwaardere asset-belasting of breder gebruik van de redundantie beperken (bv. Europese normen (EMC) voor zwaardere asset-belasting van HS-lijnen). In samenspraak dienen ze te bekijken hoe ze deze bottlenecks kunnen aanpakken om zo zoveel mogelijk potentieel te kunnen ontsluiten

Als vervolgstap is een gedetailleerde analyse vereist van de relatie tussen een verhoogde asset-belasting en het verhoogde storingsrisico. Dit is essentieel om de economische risico's, veroorzaakt door een verhoogde asset-belasting, nauwkeurig te kunnen inschatten en een passende storingscompensatiestructuur te ontwikkelen

Interventiecluster recap | Interventiecluster leidt tot meer beschikbare transport-capaciteit op het MS- en HS-net

2 interventies om bestaande net zwaarder te gaan belasten

1 Redundantie verlagen op het net

- Draagt bij aan de verhoogde technische benutting van het net doordat (een deel van de) risicocapaciteit wordt ingezet om **klein- en grootverbruikers firm aan te sluiten**
- Daarbij kunnen netbeheerders **locaties en tijdstippen prioriteren** waar redundantie het best kan afgebouwd worden op basis van de ingeschatte (beperkte) kans op storingen

2 Innovatieve oplossingen voor asset belasting

- Draagt bij aan de verhoogde technische benutting door **huidige belasting in kaart te brengen** en af te wegen welke **assets zwaarder belast** kunnen worden
- Daarbij worden bestaande en nieuwe initiatieven van netbeheerders voor het uitrollen van **innovatieve kaders (bv. real-time monitoring)** aangemoedigd om te bepalen welke assets er zwaarder belast kunnen worden

Kwantificeren van de impact op de HS en MS transport-capaciteit adhv 3 scenario's

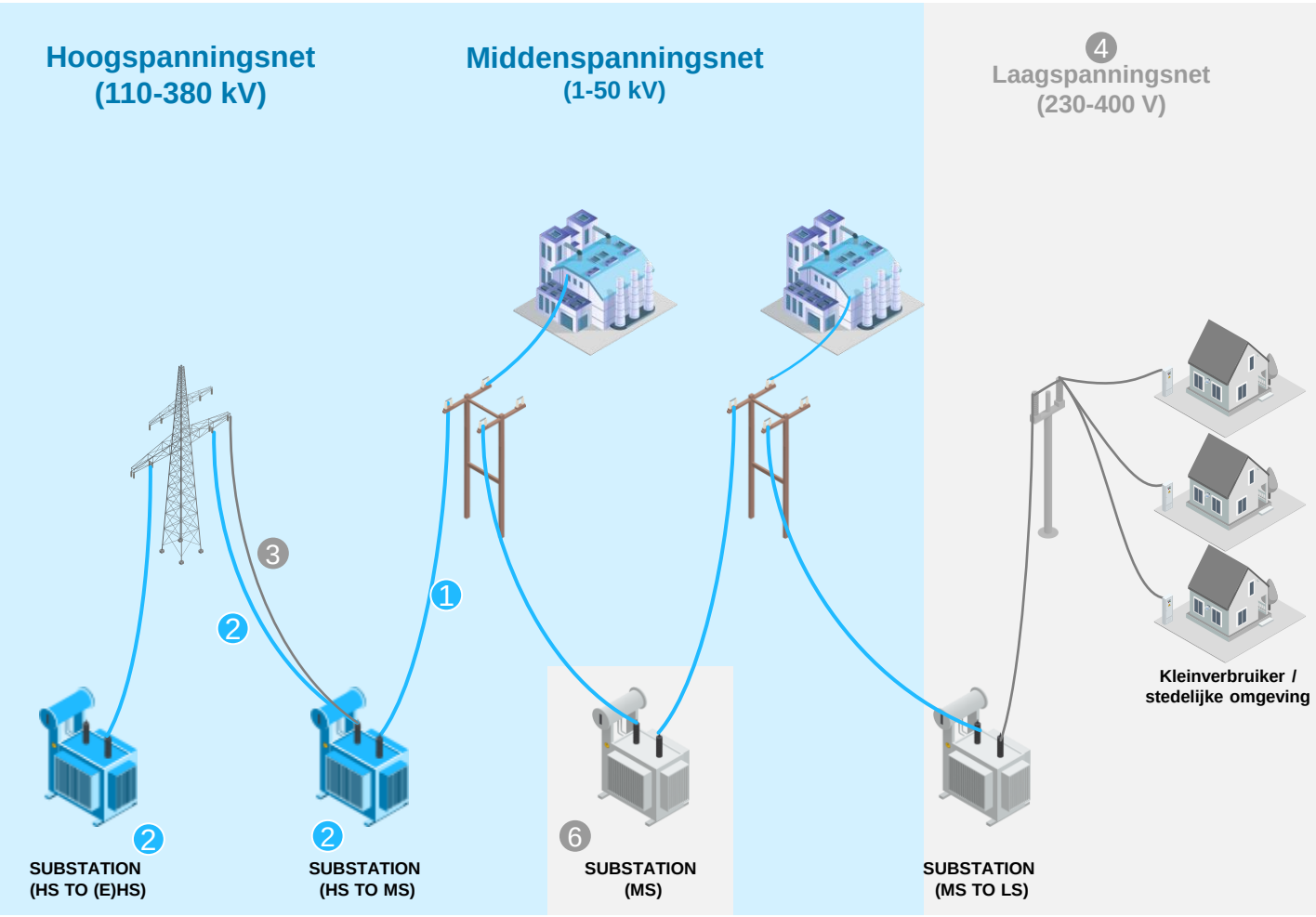
Focus op HS- en MS-net, aangezien LS-net geen redundantie capaciteit heeft en de piekvraag reeds geaddreseerd wordt door flexibiliteit bij kleinverbruik

Focus op HS-kabels, HS-lijnen, HS-trafo's, HS/MS-trafo's en MS-kabels, aangezien andere assets zoals schakelstations niet zwaarder belast kunnen worden

Focus op 3 scenario's, waarbij slimmere belasting ('Laag' naar 'Hoog') van assets wordt aangemoedigd door beleids-interventies (bv. subsidies, afdekken aansprakelijkheid)

Interventiecluster recap | Doorrekenen van HS- en MS-net impact aan de hand van Stedin en TenneT berekeningen

CLUSTER FOCUS



In scope – HS- en MS-net incl. lijnen, kabels en transformatoren

1 HS/MS-trafo's en MS-kabel meegenomen in MS-impact

Doorrekenen van vermeden aantal km kabelverzwaring en aantal HS/MS-trafo's vs. de baseline door het zwaarder belasten van assets en het verlagen van de redundantie a.d.h.v. Stedin MS Risicomodel

2 HS-trafo's, HS-kabels en HS-lijnen meegenomen in HS-impact

Inschatten van vermeden netverzwaringsCAPEX door het zwaarder belasten van kabels, lijnen en transformatoren op het HS-net a.d.h.v. TenneT expert inschattingen en berekeningen

Out of scope – HS-redundantie, EHS- en LS-net en schakelstations

3 HS-net redundantie meegenomen in AMvB-1[1] afspraken

Verlaging van de redundantie voor opwek op het HS-net wordt reeds geaddresseerd a.d.h.v. AMvB-afspraken tussen TenneT en ACM, mogelijks meer potentieel voor afname capaciteit als upside

4 LS-net meegenomen in flexibiliteit bij kleinverbruik

Er is geen redundantie aanwezig op het LS-net en het verhogen van de belastingsgrenzen beïnvloedt dezelfde piekvraag als het cluster 'Flexibiliteit bij kleinverbruik'

5 Geen extra belasting mogelijk op EHS-net

Er is geen zwaardere asset-belasting potentieel op het EHS-net, gezien de meest kritische EHS-lijnen reeds extra belast worden aan de hand van Dynamic Line Rating

6 Schakelstations niet zwaarder belastbaar

Schakelstations, in MS-substations en HS/MS-substations, worden reeds belast aan de maximale toelaatbare belasting in de baseline waardoor deze niet extra belast kunnen worden

1. Algemene Maatregel van Bestuur

Scenario's | Van selectieve belasting en redundantieverlaging tot uniforme zwaardere belasting van assets

		LAAG	MIDDEN	HOOG
Scope	Asset belasting	✓	✓	✓
	Redundantie[1]		✓	✓
	Beschrijving	• Netvlakken in scope: MS- en HS-net • Netbeheerders breiden huidige initiatieven uit voor het creëren van transparantie rond huidige belasting om assets conservatief zwaarder te belasten met beperkte impact op storingen	• Netvlakken in scope: MS- en HS-net • De asset belasting wordt gedifferentieerd overheen locatie en tijd doordat netbeheerders een inschatting maken van de relatie tussen extra belasting en storingskansen • De redundatienormen worden aangepast op geselecteerde locaties met lage storingskansen • Bestaande afschakelplannen en non-firm contractvormen uitbreiden als ondersteuning om verhoogd storingsrisico op te vangen	• Netvlakken in scope: MS- en HS-net • Assets worden uniform zwaarder belast aan de hand van real-time monitoring met een hoger storingsrisico tot gevolg • De redundatienormen (bv. N-1 veiligheidsnorm) worden uniform aangepast met een hoger storingsrisico tot gevolg • Afschakelplannen en non-firm contractvormen zoals ondersteunende interventies om verhoogd storingsrisico op te vangen
Beleidsopties	KGG		• *Alle voorgestelde beleidsopties van het lage scenario* • KGG/ACM herbekijkt de toenemende (bestuurlijke) aansprakelijkheid van netbeheerders voor het verhoogde storingsrisico (bv. storingscompensatie structuur, storingsfonds, etc.)	• *Alle voorgestelde beleidsopties van het midden scenario*
	ACM	• ACM voorziet prikkels voor netbeheerders om verhoogde transparantie op asset belasting aan te moedigen (bv. als deel van de kwalitatieve beoordelingscriteria voor het bepalen van toegestane omzet) • ACM herziet daarnaast bestaande prikkels die risicovermijding belonen	• *Alle voorgestelde beleidsopties van het laag scenario* • ACM laat de netbeheerders toe om op dagelijkse basis zelf in te schatten welke assets ze selectief zwaarder belasten en waar ze de redundantie verlagen • ACM breidt, in samenwerking met netbeheerders, de scope voor afschakelplannen en non-firm contractvormen uit	• *Alle voorgestelde beleidsopties van het laag en midden scenario* • ACM herevalueert hoe storingsminuten, als onderdeel van kwaliteitsregulering, de compensatie van netbeheerders beïnvloeden, om het verlagen van redundantie niet financieel af te straffen • ACM past, samen met netbeheerders, netcodes aan om verlaagde redundantie toe te laten

✓ Uniform overheen assets ✓ Gedifferentieerd in tijd en locatie

1. Redundantie op HS/EHS-net out of scope

Scenario's – Interventies voor HS-assets | Verschillende acties mogelijk om zwaardere asset belasting mogelijk te maken

1 Lijnen	Assetbelasting verhogen (Dynamic Line Rating)	Optimaliseren van kabelbelasting op basis van real-time omgevings- en operationele omstandigheden (bv. temperatuur, windsnelheid) om op gunstige momenten van lage temperatuur en veel wind hoger te kunnen belasten dan de conservatieve statische rating
2 3 Kabels en transformatoren	Assetbelasting verhogen (Dynamic Thermal Rating)	Benutten van inherente capaciteit van gridassets, zoals trafo's of kabels, voorbij hun conservatieve technische specificaties, terwijl men binnen veilige operationele limieten blijft. Geavanceerde monitoringtools, predictieve modellen, sensoren en dynamische prestatiebeoordelingen worden momenteel ontwikkelt en getest om operators in staat te stellen om tijdelijk de benutting van asset te verhogen zonder degradatie te veroorzaken of de betrouwbaarheid in gevaar te brengen
3 Transformatoren	Transportcapaciteit herverdelen	Balanceren en herverdelen van energie loads over grid assets, door identificeren van onderbenutte transformatoren en substations, en het strategisch verplaatsen van loads om de druk op overbelaste componenten te verminderen

Resultaten | Tot ~3% bruto impact op verzwarings-CAPEX in 2040, voornamelijk door vermeden verzwaring op MS-net

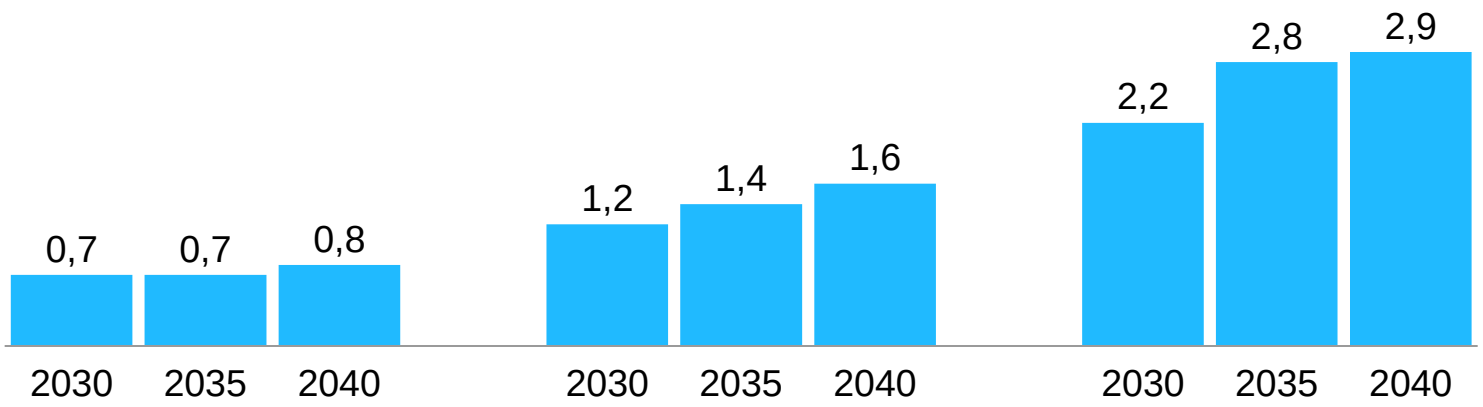
Vermindering van de benodigde netverzwarings-CAPEX vs IP2024 baseline
(cumulatief; exclusief knock-on impact)

LAAG
Beperkte extra belasting

MIDDEN
Gedifferentieerde belasting

HOOG
Verregaande sturing

Bruto vermindering t.o.v. totale baseline LS, MS, HS en EHS (€ Mld)



Inzichten mate van impact

2% impact verschil 'Hoog' en 'Laag' scenario
Significant optrekken van de belastingsgrens in het 'Hoog' scenario vermijdt 3x meer verzwaringen vs. laag scenario

Daling % delta tussen '30 en '40
Doordat overbelasting toeneemt kunnen % minder verzwaringen voorkomen worden met het optrekken van de belastingsgrens

Impact voornamelijk van MS-kabels
~2/3 van de vermeden CAPEX-impact komt van MS-kabels, CAPEX-impact op HS-net is kleiner

Inzichten volume-impact

Tot 2031 draagt dit cluster bij aan het verkleinen van het **maakbaarheidsgat** door vrijgekomen capaciteit te gebruiken voor het realiseren van extra **klantaansluitingen** (zie sectie rond systeemimpact voor meer detail)

Cumulatieve CAPEX impact (in Mld) t.o.v. reële FIEN+ baseline.; Bron: Stedin MS Risocomodel; TenneT; NBNL basisdocument

Bredere impact | Het verhogen van de belastingsgrens brengt, in het meest verregaande scenario, een hoger storingsrisico met zich mee

Het verhogen van de belastingsgrens brengt, in het meest verregaande scenario, een hoger storingsrisico met zich mee

Beide manieren van verhoogde technische benutting hebben potentieel maatschappelijke nadelen:

- **Zwaardere belasting van assets:** hogere belasting kan het storingsrisico verhogen in het geval van de meer verregaande sturing – verder onderzoek is nodig om de relatie tussen het verhoogd storingsrisico en zwaardere asset-belasting in kaart te brengen

- **Breder inzetten van redundantie op het MS-net:** redundantie op het MS-net wordt nu al ingezet tijdens onderhoud met een maatschappelijk aanvaard risico op onderbrekingen. Bij bredere toepassing in de toekomst neemt de ruimte voor het inplannen van de bouwopgave op het MS-net af en zullen onderhoudswerken minder flexibel ingepland kunnen worden, waardoor netbeheerders, op plaatsen met een beperkte redundantie, deze werken slimmer zullen moeten inplannen

Maatschappelijke kosten van hogere storingskansen geschat op max. ~15% van de baten, maar verder onderzoek is nodig

De impact hiervan kan mogelijks (deels) worden opgevangen door het selectief afschakelen van op MS aangesloten grootverbruik, om de impact op de bebouwde omgeving te beperken

- Dankzij de sterke vermaasdheid van het HS- en MS-net hoeft bij storingen niet al het verbruik te worden afgeschakeld en kunnen deze worden opgevangen worden door selectieve groepen grootverbruikers af te schakelen (eventueel met non-firm ATO of flexibiliseringsremuneraties)
- Het merendeel van de verbruikers (incl. gebouwde omgeving) kan via alternatieve routes van elektriciteit worden voorzien
- De implicaties voor het deel van de verbruikers dat wordt afgeschakeld bij storing moet worden gemitigeerd. Dit kan door afschakeling te rouleren – dus niet alle verbruikers voor de volledige storingsduur – en door de kosten te compenseren

Eerste inschattingen wijzen uit dat de compensatiekosten voor een verhoogde storingskans ongeveer 15% van de baten van het uitsparen van netverzaring uitmaken. Inzichten moeten worden opgebouwd binnen de netbeheerders om het (lokaal) risico op verhoogde storingskansen in te schatten en om zo de kosten van deze maatregel beter te begrijpen

1. Gebaseerd op analyse van 77 Liander HS/MS-stations, in lijn met cluster voor flexibiliteit bij grootverbruik; Bron: Liander; Ecorys; Stedin

Beleidsimplicaties | 2025-2026 inspanningen zijn cruciaal om impact op korte termijn te realiseren

LAAG Beperkte extra belasting	MIDDEN Gedifferentieerde belasting	HOOG Uniform zware belasting	CAPEX-reductie (cumulatief 2040)	1 Bredere inzet redundantie	2 Zwaardere asset belasting
			~1%		
			~2%		
✓	✓ ✓	✓ ✓	~3%	**2025:** Aanpassen **Energiebesluit** om afname capaciteit op redundantie mogelijk te maken	**2025:** Identificeren van **externe bottlenecks** voor verhoogde asset-belasting
✓	✓ ✓	✓ ✓		**2025:** Aanpassen **netcodes** om redundantie eisen te reduceren	**2025**: Onderzoek naar **relatie verhoogde asset-belasting en storingsrisico**
✓	✓ ✓	✓ ✓		**2026:** Invoeren nieuw **Energiebesluit** en aagepaste **netcodes**	**2025:** Uitwerken van maatregelen voor het **aanmoedigen van belasting transparantie**
✓	✓ ✓	✓ ✓			**2026:** Uitrollen **nieuwe netcode** om RNBs toe te staan belastingsgrenzen te verhogen
	✓ ✓	✓ ✓			**2026:** Uitrollen **nieuwe storingscompensatie-structuur** voor opvangen verhoogd risico

Legenda: **JAAR** van invoeren beleid

Legenda: Enkel voorbereiding | Beleid invoering binnen bestaande wet | Beleid invoering in nieuwe wet

Input op beleidsimplicaties – verder uit te werken beleidsacties

Beleidsimplicaties | 2025-2026 inspanningen zijn cruciaal om impact op korte termijn te realiseren

Beleid voor hoog scenario



Redundantie

Uitbreiden en invoeren N-1 wetgevend kader voor opwek
- Invoeren van geplande nieuwe Energiewet en Energiebesluit in 2025 voor de uitbreiding van N-1 wetgevend kader voor opwek

- **Aanpassen van netcode** om daling van de vereiste redundante capaciteit mogelijk te maken en vrijgekomen capaciteit te gebruiken om verbruikers aan te sluiten

Uitbreiden en invoeren N-1 wetgevend kader voor afname
- Aanpassen van Energiebesluit om breder gebruik van de redundantie voor afname mogelijk te maken

Invoeren van nieuwe netcode
- Uitrollen van nieuwe redundantie vereiste om bredere benutting van redundante capaciteit toe te staan

Assets zwaarder belasten

- **Uitwerken van maatregelen** die transparantie van asset belasting aanmoedigen, met als doel verhoogde belasting mogelijk te maken
- **Uitwerken van een ondersteunend kader** dat bepaald waar en wanneer netbeheerders assets zwaarder kunnen gaan belasten
- **Aanpassen van netcode** om explictiet toe te staan om belastings-grenzen te definiëren boven de door de fabrikant vastgelegde grenzen
- **Identificeren van externe bottlenecks (bv. EMC normen)** om verhoogde asset-belasting mogelijk te maken

Normeren maatregelen voor transparantie van asset belasting
- **Aanscherpen van prikkels** om netbeheerders aan te moedigen om asset belasting in kaart te brengen

Uitrollen nieuwe netcode en sturend kader voor asset belasting
- **Opvolgen en herevalueren van nieuwe netcode en sturend kader** om zwaardere asset belasting mogelijk te maken

Storings-risico

- **Herevalueren van aansprakelijkheid van netbeheerders** en de huidige structuur voor storingscompensatie
- **Gedetaillerde analyse** van het effect van overbelasting op het storingsrisico om inschatting te maken van de maatschappelijke kost
- **Uitbreiden van het wetgevend kader** rond lokale afschakelplannen en nieuwe non-firm contractvormen

Uitrollen van nieuwe structuur voor storingscompensatie
- **Opzetten van een storingsfonds / doorrekening in nettarieven** voor het opvangen van het verhoogde storingsrisico

Uitrollen ondersteunend beleid
- **Formaliseren van lokale afschakelplannen en nieuwe non-firm contractvormen** om verhoogd storingsrisico te kunnen opvangen

5 Deep dive | Lokale conversie van wind op zee

LS *<1 kV*	MS *10-20 kV*	HS *25-150 kV*	EHS *220-380 kV*	Net op zee 550 kV

1 Flexibiliteit bij kleinverbruik

Prikkels voor kleinverbruikers om vlakker afname- en invoerprofiel te stimuleren/af te dwingen beperkt de noodzaak om laagspanningsnet te verzwaren, met knock-on effecten op het midden- en hoogspanningsnet

Interventies:

1 Flexibiliteit KVs (normering/subsidiëring)
2 Tariefdifferentiatie KV
3 Energiebesparing KV
4 Warmtenetten

2 Flexibiliteit bij grootverbruik

Ondersteunen van grootverbruikers om hun afname en opwekprofiel beter aan te passen aan het aanbod van energie, om de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

5 Energiebesparing GVs
6 Flexibiliteit GVs
7 Tariefdifferentiatie GVs

3 Slimme locatiekeuze voor opwek, opslag en gebruik

Opslag, aanbod en vraag dichter bij elkaar te plaatsen, om het transporteren van energie te minimaliseren, en de verzwaring van het middenspannings- en hoogspanningsnet te beperken

Interventies:

8 Locatiespecifieke sturing van opslag
9 Prioriteringskader verzwaring en uitbreiding net
10 Tariefdifferentiatie locatiesturing
11 Energiehubs

4 Verhoogde technische benutting van het netwerk

Selectief assets zwaarder belasten en gebruik maken van netredundantie, ondersteund door een ander model rond storingsaansprakelijkheid/-compensatie

Interventies:

12 Redundantie verlagen op het net
13 Innovatieve oplossingen voor asset belasting)

5 *Focus van deze sectie*

Lokale conversie van wind op zee

Optimale inzet (zowel qua locatie als capaciteit) van conversie van wind-op-zee productie; om de hoogspanningsverzwaring te beperken

Interventies:

14 Locatiesturing conversie (incl. waterstof)

15 Bredere benutting net op zee (zon-op-zee)

Fiche #15: Separate, verdere kwalitatieve uitwerking van deprioritering rationale

Separate interventies – ***uitwerking door externe partij***

16 Minder wind op zee en meer kernenergie

17 Impact andere systeemkeuzes - achterblijvende vraag

5 Lokale conversie van wind op zee | Samenvatting (I/III)

A **Interventiecluster recap –** Het interventiecluster 'Lokale conversie van wind op zee' is gericht op het **optimaliseren van de systeemkostenimpact van conversie in relatie tot de ontwikkeling van grote volumes energieopwek met wind op zee**, de verduurzaming van de industrie en de verzwaring van het landelijke HS- en EHS-net

- Het nieuwe energiesysteem kent **frequente elektriciteitsoverschotten**[1] door volatiliteit van hernieuwbare opwek, o.a. door grote vermogens wind-op-zee en zon-PV, dit leidt tot een flexibiliteitsbehoefte om aanbod en vraag op elkaar aan te sluiten met een portfolio aan flexibiliteitsmiddelen
- De flexibiliteitsvraag om elektrische overschotten op te vangen groeit potentieel van zo'n 5 TWh in 2019 naar uiteindelijk **gemiddeld 225 TWh in 2050**
- Het ii3050 NAT-scenario voorziet in flexibele vraag uit conversie (27GW in 2040), batterijen (42GW), demand response (5GW), interconnectie (15GW) en curtailment
- De uitdaging is om op een **kostenefficiënte** manier om te springen met de overschotten door volumes, locaties en timing van inzet van **vraag en aanbod op elkaar aan te sluiten** en structurele energieverliezen te beperken
- Systeemkosten zijn minimaal wanneer het **volume van energieproductie goed aansluit bij de energievraag** – voor zowel elektriciteit als H2 – en de locatie van flexibele elektriciteitsvraag goed aansluit bij de productie, en dus **netoptimaal wordt ingepast** nabij aanlanding van wind op zee om onnodig transport te voorkomen

B **Scenario's –** Drie scenario's om de sensitiviteit **van 1) locatiekeuzes, 2) volumes en 3) activatiegedrag** van conversie-assets op systeemkosten te schatten

- **Baseline scenario** – NPE gaat uit van **50GW opgesteld vermogen wind op zee** in 2040 om naast de basisvraag te voldoen aan flexibele vraag via **27GW conversie** naar H2 en warmte op locaties aan de kust – op locaties die voor TenneT optimaal zijn voor het net – om daarmee te voldoen aan de verduurzamingsvraag van de industrie
- **Sensitiviteit locatie** – Scenario waarbij dezelfde vermogens worden gerealiseerd, maar **suboptimaal worden ingepast in het elektriciteitsnet**, en daarmee transportbehoefte over het EHS/HS-net boven de basisvraag veroorzaakt
- **Sensitiviteit volume** – Scenario waarbij de **flexibele energievraag** (H2/e-vraag boven basiselektriciteitsvraag) **achterblijft bij de gerealiseerde productievermogens** (WoZ en H2), waardoor systeemkosten toenemen omdat energieproductie (WoZ of elektrolyse) structureel niet rendabel is zonder subsidiëring
  - Realisatie van additioneel vermogen **WoZ boven basisvraag** leidt tot systeeminefficiëntie wanneer er geen kostenefficiënte vraag voor bestaat, namelijk wanneer 1) lokale flexibele vraag achterblijft én 2) de niet-lokale flexibele vraag de additionele transportkosten over het net op land niet legitimeert
  - Realisatie van elektrolyse leidt tot **kosteninefficiënties** wanneer er geen markt voor bestaat, namelijk 1) er geen lokale vraag is, óf 2) deze niet competitief is vs import
- **Sensitiviteit activatiegedrag** – Scenario waarbij de 27GW lokale conversie-assets (elektrolysers en power-to-heat) **op elk moment worden toegestaan te activeren**, en als gevolg daarvan mogelijk concurreren met de basisvraag naar elektriciteit en/of de transportbehoefte opdrijven door te draaien op niet-lokale opwek (bijvoorbeeld zon-op-land of import via hoofdtransportnet)

1. Overschot wordt gedefinieerd als productie boven de basisvraag naar elektriciteit – dat betekent niet dat er geen flexibele vraag bestaat

5 Lokale conversie van wind op zee | Samenvatting (II/III)

C **Methode –** We doen **top-down scenario analyses** om risico's op hogere systeemkosten in te schatten van het **loslaten van baseline-aannames** op locatie-inpassing, volumes van WoZ-productie en H2-productie vs elektriciteits-/H2-vraag, en gedrag van conversie-assets

- **Sensitiviteitsanalyses** worden gedaan o.b.v. externe bronnen en inschatting van uiterste randgevallen omdat er geen bestaande scenario's of modellen voorhanden zijn om de sensitiviteit van baseline-aannames op de investeringsopgave van TenneT te modelleren

D **Resultaten –** Groot neerwaarts systeemkostenrisico van het loslaten van baseline-aannames van locatie, volume en dispatching van conversie-assets

- **Baseline scenario** – TenneT investeringsplan dimensioneert het (E)HS-net op land op een basisvraag van 40 GW naar elektriciteit in 2040, waaraan wordt voldaan met WoZ en RES op land
  - Prognoses laten zien dat tegen 2040 ongeveer ~40GW WoZ nodig is, bovenop binnenlandse opwek, om aan de basisvraag voor elektriciteit in NL te voldoen
  - TenneT dimensioneert tot ~40GW WoZ de landelijke elektriciteitsinfrastructuur primair op de basisvraag, en niet op de productie van WoZ. Wanneer de productie van WoZ een korte periode voor de vraag uit wordt opgeschaald, kan dit met curtailment worden opgelost en leidt dit niet tot extra infrastructuurverzwaring
  - Het NPE voorziet in een additionele 10GW WoZ (totaal 50GW) in combinatie met grote vermogens conversie aan de kust (27GW, waarvan 15-20GW elektrolyse)
- **Sensitiviteit slimme locatiekeuze** – suboptimale inpassing van conversievermogen diep in het net leidt tot **additionele transportvraag** en daarmee systeemkosten
  - Transport naar elektrolysers of andere conversie diep in het net **kost het systeem enkele miljarden**, o.b.v. piektransportvraag van +10GW WoZ-vermogen boven basisvraag
- **Sensitiviteit volume** - Realisatie van additioneel **WoZ-vermogen boven basisvraag zonder conversievraag** leidt tot inefficiëntie wanneer er geen vraag voor bestaat
  - Uitblijven van **conversievermogen bij volle inzet van de extra 10GW WoZ** – bijvoorbeeld omdat lokale elektrolyse niet kostencompetitief is – betekent dat ~10GW WoZ-vermogen ofwel gecurtaild wordt, ofwel de transportvraag opdrijft
  - Realisatie van **meer WoZ waar geen vraag voor bestaat** leidt tot structureel meer curtailment, waardoor de business case onrendabel wordt
  - Realisatie van meer **WoZ waar enkel niet-lokale vraag voor bestaat** – bijvoorbeeld een elektriciteitsvraag in Duitsland – is wel het meest efficiënt elektrisch te transporteren, maar leidt tot **additionele transportkosten**
- **Sensitiviteit activatiegedrag** – zonder voorwaarden activeren van flexibele conversie-assets leidt tot **systeemkosten voor transport** en inefficiënt gebruik van elektronen
  - Activeren met binnenlandse opwek of import – wanneer er weinig lokaal aanbod uit WoZ is – kan de **transportbehoefte op het (E)HS-net opdrijven**
  - Als conversie-assets concurreren met de basisvraag naar elektriciteit kan dit de elektriciteitsprijs opdrijven of **basisvraag kannibaliseren**

5 Lokale conversie van wind op zee | Samenvatting (III/III)

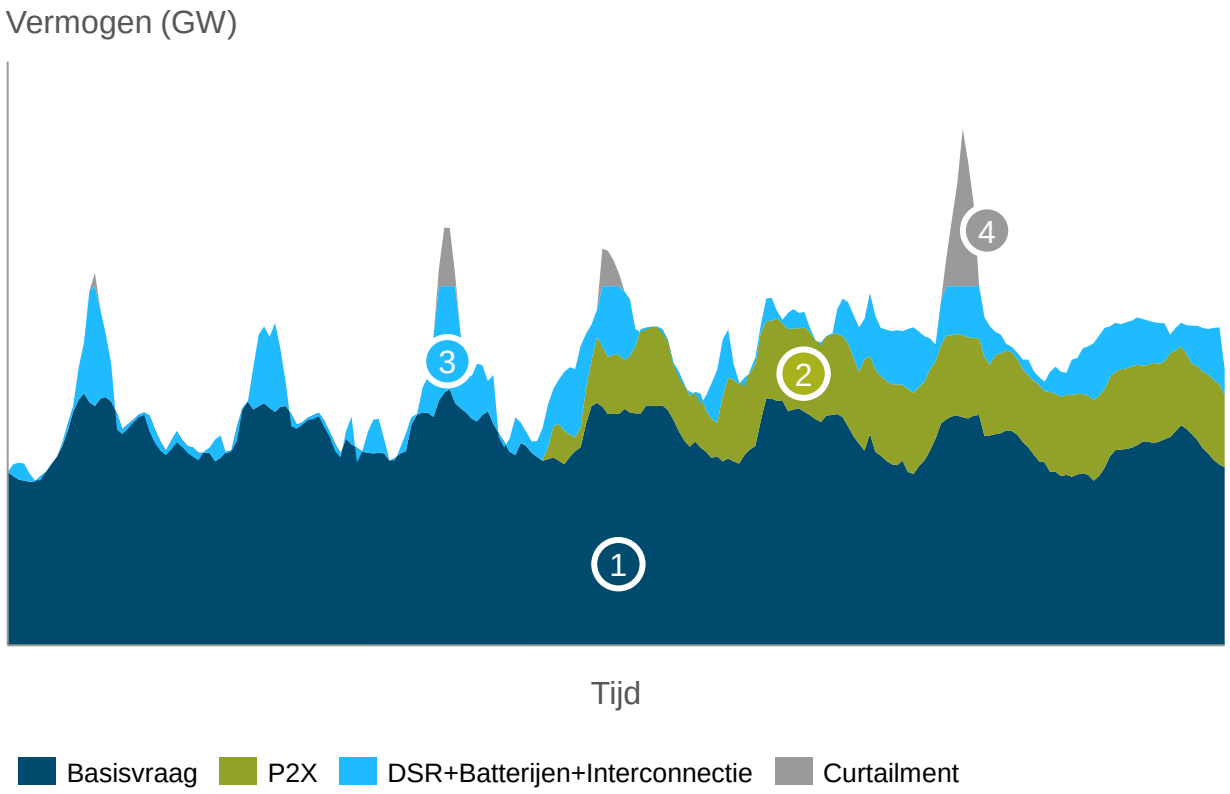
E

Lokale conversie van wind op zee – Sturend beleid is nodig om conversie-assets op de juiste locaties en volumes te realiseren, en systeemoptimaal te activeren

- **Sensitiviteit locatie** – Beleid nodig om **optimale locatie-inpassing** van conversievermogen bij aanlanding WoZ te verzekeren, tegen 2025:
  - Gebruiken KGG en lokale overheden sturende **energieplanologie** om conversie-assets netoptimaal te plaatsen – door het vaststellen van locatieprioritering en versnellen van vergunningverlening
  - Maakt KGG OWE-stimulering van elektrolyse **conditioneel op netoptimale plaatsing,** ACM/netbeheerders doen dit voor vrijstelling of korting op nettarieven
- **Sensitiviteit volume** – Stimulerend beleid nodig om beperkt (~2GW) **voor de vraag uit te investeren** in WoZ en elektrolyse voordat de business case sluitend is
  - KGG **stimuleert het beperkt voorlopen van het WoZ-elektriciteitsaanbod** op de vraag (bv. via contracts-for difference) om verduurzaming van de vraag (m.n industrie) niet te vertragen, mits dit in lijn is met de ontwikkeling van de verwachte stroomvraag
  - KGG zet in op **stimulering** (o.a. met OWE/CfDs) voor elektrolyse om doelstellingen van 8-12 GW in 2035 en 15-20 GW in 2040 te realiseren, mits er een markt voor is. Start met tijdige operationele ondersteuning en investeringssteun in 2027, 2030 op resp. de doelen van 2035, 2040 te halen.
- **Sensitiviteit activatiegedrag** – Beleid nodig om te voorkomen dat conversie-assets op **verkeerd moment activeren** en de stroomprijs of transportvraag HS/EHS opdrijven
  - Netbeheerders maken vanaf 2027 afspraken over de koppeling van netbelasting en afname voor conversie-assets, bijvoorbeeld met deels non-firm contracten of afspraken over structurele deelname aan congestemanagement, om transportvermogen te kunnen afschakelen wanneer dit additionele transportvraag dreigt te veroorzaken door vraag naar elektriciteit uit binnenlandse opwek/import ten tijde van weinig WoZ-productie
- Als vervolgstap is een gedetailleerd onderzoek nodig naar de impact van de locatie- en activatie-eisen op de investeringscase voor elektrolysers, om vast te stellen of additionele compensatie binnen OWE nodig is om dit te kunnen mitigeren

Interventiecluster recap | Volatiele overschotten van WoZ-opwek kunnen leiden tot inefficiënties voor het energiesysteem

Wind op zee – load-profiel (schematisch)



Impact systeemkosten

1. Basisvraag elektriciteit – stabiel beslag op (E)HS-net, niet kosteneffectief te vervangen
2. Flexibele elektriciteitsvraag voor conversie aan de kust (P2X) – geen beslag (E)HS-net
3. Flexibele elektriciteitsvraag export en batterijen – legt additioneel beslag op (E)HS-net
4. Curtailment – geen transportbehoefte, maar wel waardeverlies van ongebruikte hernieuwbare energie

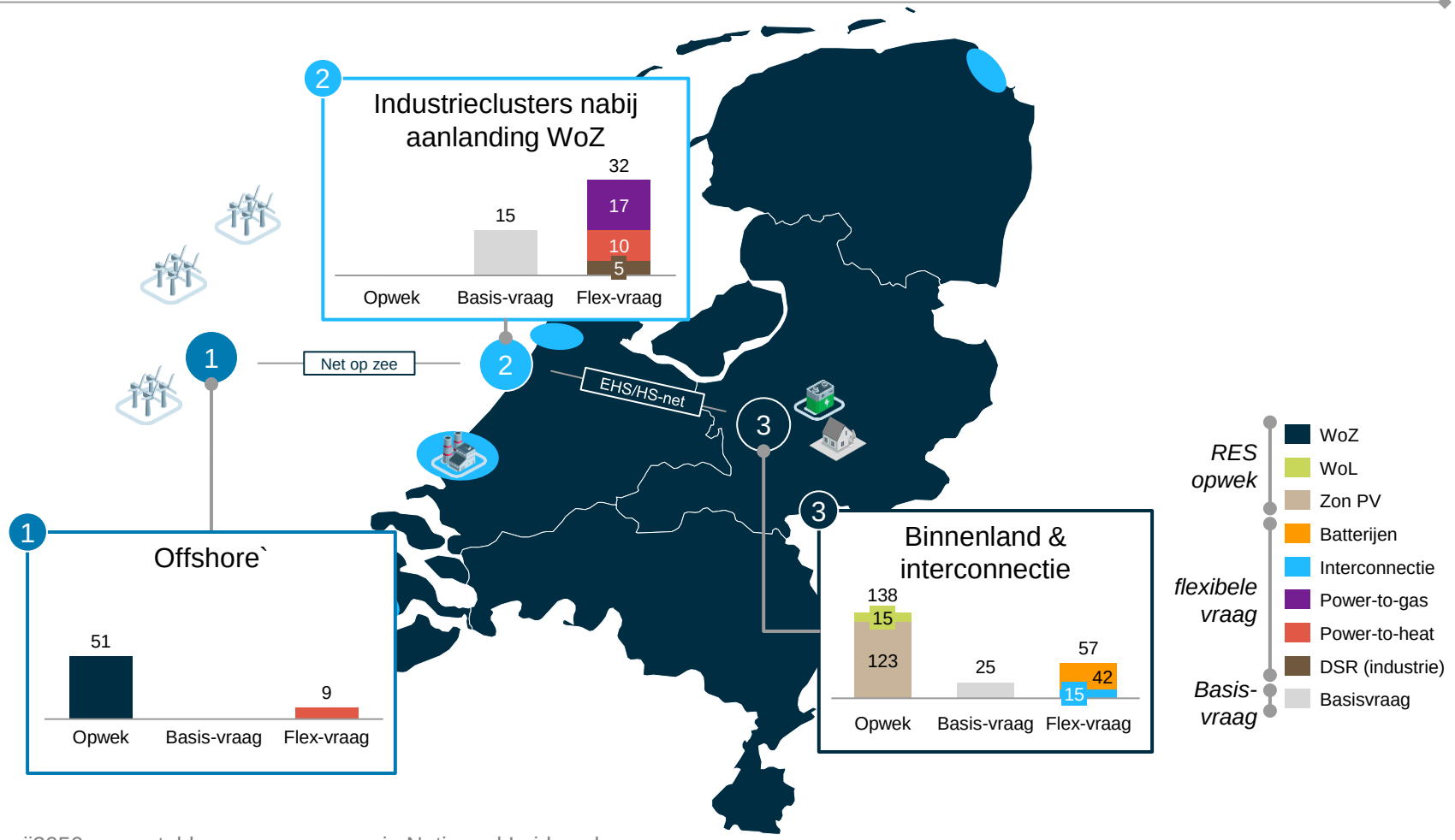
Resulterende energiesysteemvragen

- Bestaat er een markt voor additionele WoZ boven de basisvraag?
- Voor lokale flexibele vraag (conversie):
  - Is er een markt voor lokaal geproduceerde groene H2 / warmte?
  - Wat is de optimale locatiekeuze voor opgesteld conversievermogen?
  - Wat is systeemoptimaal activatiegedrag voor conversievermogen?
- Voor niet-lokale flexibele vraag: legitimeert de business case voor flexibele vraag transportkosten?

Scenario's - Baseline | In scenario Nationaal Leiderschap wordt uitgegaan van 27GW conversie nabij aanlanding WoZ

Opgesteld vermogen (GW)

NAT-scenario 2040
RES opwek, basisvraag, flexibele vraag



Bron: ii3050, opgesteld vermogen, scenario Nationaal Leiderschap

Door volatiliteit van aanbod ontstaan situaties van aanbodoverschot ten opzichte van de basisvraag, met name bij maximale wind-op-zee

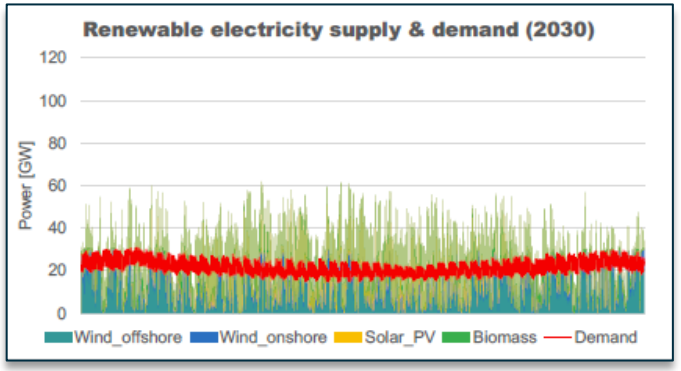
Een deel van de aanbodpiek wordt gecurtaild, om zo netverzwaring uit te sparen tegen minimaal verlies (<5% productie, met waarde €0 op dat moment)

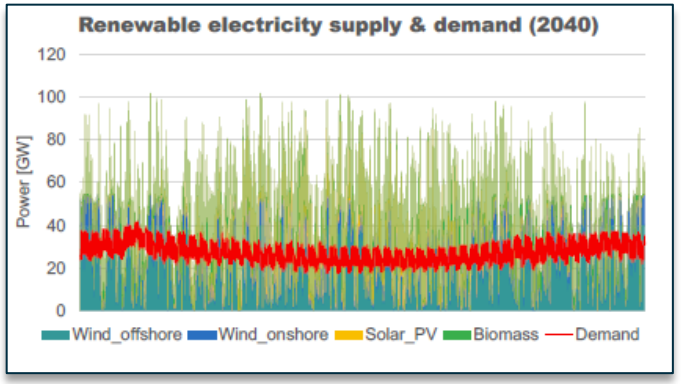
Aangeland aanbod dat de basisvraag overstijgt wordt ingezet voor flexibele vraag, zoals power to gas aan de kust (2), of batterijen/export (3) dieper in het land

De transportbehoefte van flexibele vraag verschilt: conversie aan de kust (2) vergt minder transport dan batterijen of export dieper in het land (3)

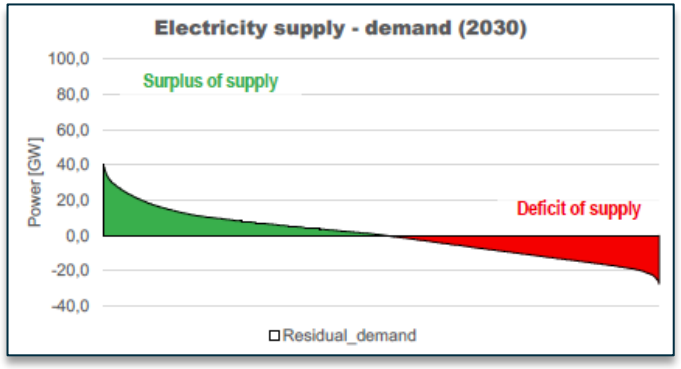
Scenario's - Baseline | In het scenario Nationaal Leiderschap wordt uitgegaan van 27GW conversievermogen in 2040

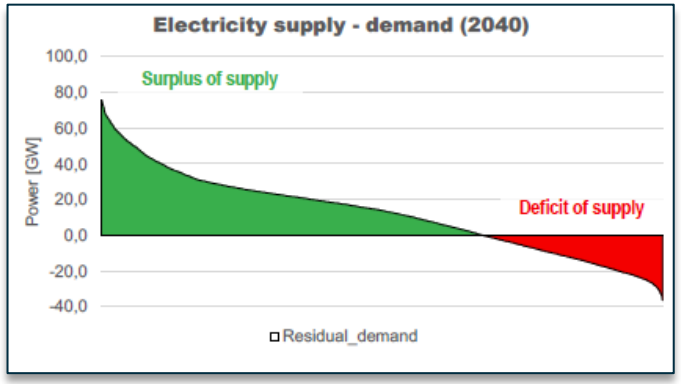
Volatiliteit neemt toe met het aandeel hernieuwbare opwek





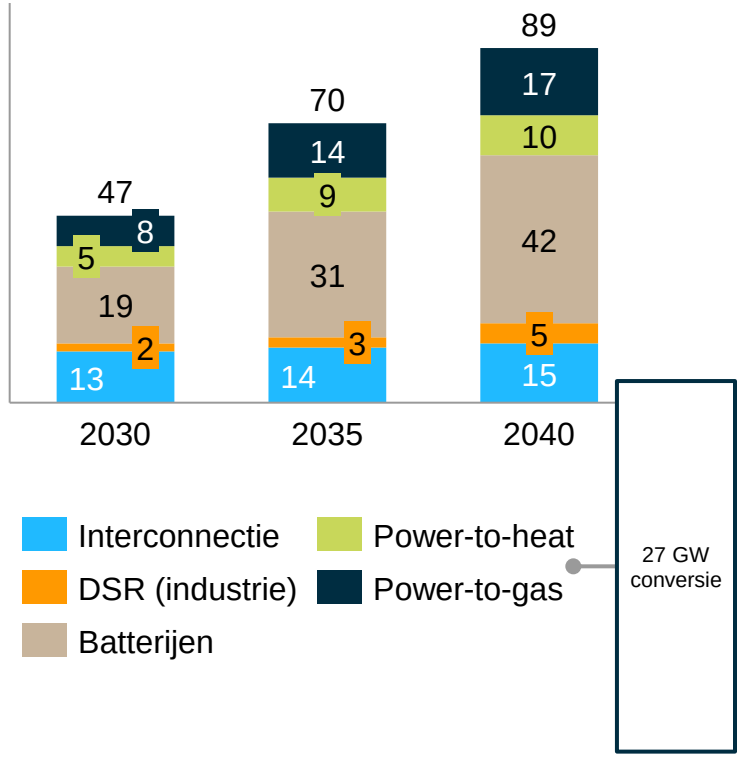
Dit leidt tot frequente elektriciteitsoverschotten





Vraagflexibiliteit wordt ingezet om opwekpieken te absorberen

Opgesteld flexibel vermogen ND/NAT-scenario (GW)

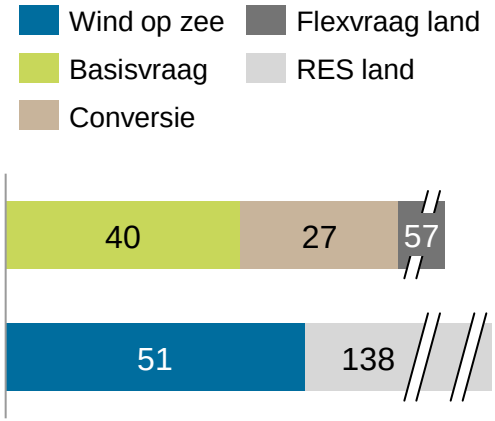


Bron: Netbeheer Nederland ii3050 scenario's

Scenario's | We vergelijken de impact van conversievermogen en locatiekeuze met de baseline nationale drijfveren

NPE gaat uit van 50GW opgesteld vermogen wind op zee in 2040 om naast de basisvraag te voldoen aan flexibele vraag via 27GW conversie naar H2 en warmte op locaties aan de kust, om daarmee te voldoen aan de verduurzamingsvraag van de industrie

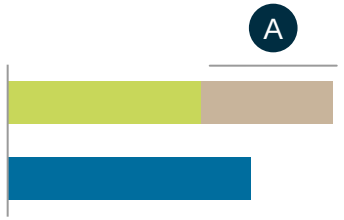
Opgesteld vermogen (GW)
NAT-scenario 2040
RES opwek, basisvraag, flexibele vraag



Sensitiviteit locatie

Scenario met dezelfde vermogens hernieuwbare opwek, maar **niet bij aanlandingspunten aan de kust** en daarmee suboptimaal voor het elektriciteitsnet, waarmee een transportbehoefte over het EHS/HS-net boven de basisvraag wordt veroorzaakt

A Loslaten van locatiesturing en realiseren van conversie, dieper in het net leidt tot extra transportbehoefte



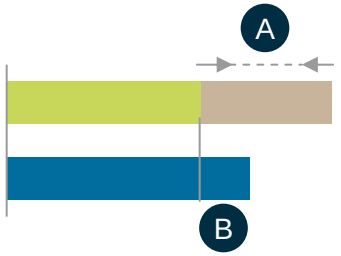
Sensitiviteit volume

Scenario waarin de **flexibele energievraag** (conversievraag boven de basisvraag) achterblijft bij de **productiecapaciteit** (WoZ)

A Minder lokale conversievermogens leiden tot een afname van de lokale vraag naar stroom uit WoZ

B1 WoZ-vermogens boven basisvraag moeten vaker worden gecurtailed wanneer er te weinig vraag is

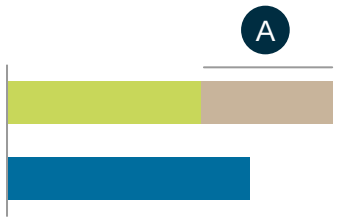
B2 WoZ-vermogens vergen additionele transportbehoefte op het (E)HS-net wanneer er enkel niet-lokale vraag is



Sensitiviteit activatie

Hetzelfde vermogen (27GW) lokale conversie-assets (elektrolysers en P2H) **op elk moment kunnen activeren**, waardoor ze concurreren met de basisvraag naar elektriciteit en/of de transportbehoefte opdrijven door gebruik van niet-lokale opwek (bv. zon-op-land of import via hoofdtransportnet)

A Conversie-assets vergroten transportbehoefte door te activeren met niet-lokale vraag (zon PV, import) en maken zo dat meer netverzwaring nodig is



Bron: Netbeheer Nederland ii3050 scenario's

Scenario's | Drie scenario's kennen downside risk voor systeemkosten wanneer conversie suboptimaal wordt ingezet

Sensitiviteit locatie

Verkeerd inpassen van conversievermogens in het binnenland leidt tot **enkele miljarden additionele systeemkosten** t.o.v. de baseline van optimale inpassing

Baseline: additioneel vermogen WoZ bovenop voorziening om aan basisvraag te voldoen

×

Investeringskosten: Gemiddelde kosten per W WoZ-vermogen dat additioneel transport over HS-net drijft (TenneT)[1]

=

Downside risk: Kosten additionele netverzwaring

Sensitiviteit volume

Realisatie van additioneel vermogen boven basisvraag leidt tot **systeeminefficiëntie wanneer er geen kostenefficiënte vraag** voor bestaat

Realisatie van **meer WoZ waar geen vraag voor bestaat** leidt tot structureel meer curtailment, waardoor de business case verslechtert en publiek geld nodig is om WoZ-doelen te halen (tot 30-50% hogere LCOE)[1]

Realisatie van meer **WoZ waar enkel niet-lokale vraag voor bestaat** is wel het meest efficiënt elektrisch te transporteren, maar drijft additionele transportkosten

Bouwen van **meer conversievermogen waar geen H2-/warmtevraag voor bestaat** is geen kostenefficiënte manier om netverzwaring uit te sparen, omdat de kosten hoger zijn (€2.2-3.1/W)[2] dan de bespaarde verzwaring

In een uiterst geval waarbij **wél maximaal WoZ** wordt gebouwd en er **wél H2-vraag** is, maar **géén conversie**, zouden de totale energiesysteemkosten met 40-50% kunnen toenemen[1]

Externe studie – details volgende pagina's

Sensitiviteit activatiegedrag

Zonder voorwaarden activeren van flexibele conversie-assets leidt tot **systeemkosten voor transport en inefficiënte inzet elektronen**

Activeren van conversie-assets op **momenten van een lokaal aanbodtekort** van WoZ-opwek betekent dat deze stroom vragen die is opgewekt in het binnenland/import; dit leidt tot een hogere transportbehoefte op het (E)HS-net op piekmomenten en daarmee tot netverzwaring

Als conversie-assets **concurreren met de basisvraag** naar elektriciteit kan dit de elektriciteitsprijs opdrijven of basisvraag die afhankelijk is van goedkope stroom (zoals industrie of huishoudens) van de markt verdringen

1. North Sea Power Hub reports; 2. TNO, Evaluation of the levelized cost of hydrogen based on proposed elektrolyser projects in the Netherlands

Externe studie | NSWPH toont dat een uiterst geval van mismatch tussen WoZ-vermogen en flexibele vraag de systeemkosten opdrijft

4 scenario's met constante WoZ-opstelcapaciteit vergelijken systeemimpact met en zonder conversie		Relatieve jaarlijkse systeemkosten[1]	Curtailment WoZ	Rationale
Twee scenario's waarin WoZ volledig via elektriciteitsnet wordt geïntegreerd	1 Weinig netverzwaring, focus op flexibiliteit op korte termijn	100%	18%	• Relatief hoge kosten voor flexibiliteitsmiddelen, netverzwaring en H2-import • Hogere noodzaak voor curtailment door beperkingen in het netwerk
	2 Versterken elektriciteitsnetwerk	98%	17%	
Twee scenario's met een gecombineerde integratie op het elektriciteitsnet en met conversie (P2X)	3 Transmissie over elektriciteitnet met conversie naar H2	73%	4%	• Additionele kosten P2X-realisatie (ontwikkeling elektrolyse en ombouw industrie voor warmteconversie) • Lagere kosten voor elektriciteitsnetverzwaring, flexibiliteitsmiddelen en H2-import • Minder waardeverlies door curtailment van WoZ-opwek
	4 Transmissie over elektriciteitnet met conversie naar H2 en industriële warmte	67%	4%	

Meest vergelijkbaar met ND/NAT scenario waar TenneT IP vanuit gaat

1. Infrastructuurkosten (CAPEX en OPEX Elektriciteit en Gas, inclusief energiesysteemdiensten), LCOE (CAPEX en OPEX, voor H2-productie vs. import, elektriciteit)
Bron: North Sea Power Hub reports

Beleidsimplicaties | Realisatie conversievermogen vergt structurerend beleid op locatie en gedrag, en financiële steun om op te schalen

Sensitiviteit locatie

Doel: Optimale inpassing van conversievermogen bij aanlanding WoZ, om transport van elektronen te verminderen

Beleidsmechanismen:

- KGG en lokale overheden gebruiken sturende **energieplanologie** voor netoptimale ruimtelijke inpassing van conversie-assets
- KGG stelt eisen voor **netoptimale plaatsing** aan conversieprojecten die in aanmerking komen voor OWE-subsidie

Sensitiviteit volume

Doel: Sluitend maken van business case van WoZ en conversie-assets om de geambieerde volumes iets eerder te realiseren dan dat de marktvraag bestaat (~2GW voor de vraag uit bouwen van aanbod)

Beleidsmechanismen:

- KGG **stimuleert het beperkt voorlopen van het WoZ-elektriciteitsaanbod** op de vraag (bv. via contracts-for difference) om verduurzaming van de vraag (m.n industrie) niet te vertragen, mits dit in lijn is met de ontwikkeling van de verwachte stroomvraag
- KGG **stimuleert** (o.a. via OWE/CfDs) elektrolyse/P2H, mits deze na opschaling structureel kostencompetitief kunnen voldoen aan de lokale H2-/warmtevraag

Sensitiviteit activatiegedrag

Doel: Verzekeren dat conversie-assets enkel activeren wanneer lokale overschotten van WoZ-opwek bestaan, opdat ze geen impact op net- of stroomprijs hebben

Beleidsmechanismen:

- Netbeheerders sluiten conversie-assets aan op **non-firm transportcontracten** of maken afspraken over verplichte deelname aan **structureel congestiemanagement**, zodat transportvermogen afgeschakeld kan worden wanneer deze tot additionele transportvraag van stroom uit het binnenland zouden leiden ten tijde van lage WoZ-productie

Beleidsimplicaties | Inzet op subsidie en locatiesturing in 2025 nodig om doel van 3-4 GW elektrolyse in 2030 op netoptimale locatie te realiseren

Locatie (Downside risk)	Volume (Downside risk)	Activatiegedrag (Downside risk)	CAPEX-impact (cumulatief 2040)
✓			**2025:** Energieplanologie KGG en lokale overheden stellen i.s.m. netbeheerders vast welke locaties prioriteit krijgen voor conversie-assets in energievisie
	3-4 GW In 2030		**2025:** Ondersteuning van grootschalige elektrolyseprojecten met subsidies om 3-4 GW doelstelling te halen (OWE, SDE++, IPCEI)
✓			**2025:** KGG en lokale overheden definiëren netoptimale ruimtelijke inpassing van conversie-assets in omgevingsplannen en versnellen vergunningverlening
✓			**2025:** Aanlandingsgebieden VAWOZ meenemen in mapping van RED III versnellingsgebieden
	✓		**2025:** Maatwerkafspraken en ander beleid om de industriële vraag naar waterstof te stimuleren (bv. energie-investeringsaftrek voor ondernemers)
✓			**2025:** Opnemen van locatie-eisen voor elektrolysers bij (OWE)-subsidie (KGG) en korting/vrijstelling nettarieven (netbeheerders)
	✓		**2025:** Inzet op combinatie-tenders voor windenergie en elektrolyseprojecten om synergie te creëren
		✓	**2027:** Netbeheerders sluiten conversie-assets aan op non-firm transportcontracten of maken afspraken over structureel congestiemanagement
	8-12 GW In 2035		**2027:** Operationele ondersteuning en investeringssteun om grootschalige elektrolyse te versnellen om 8 – 12 GW in 2035 te halen (OWE, SDE++, IPCEI)
✓			**2030:** KGG en lokale overheden wijzen strategische gebieden onshore en offshore aan voor grootschalige waterstofproductie en opslag, geïntegreerd met de transportinfrastructuur en vraag
	15-20 GW In 2030		**2030:** Operationele ondersteuning en investeringssteun om grootschalige elektrolyse te versnellen om 15 – 20 GW in 2040 te halen (OWE, SDE++, IPCEI)

Legenda: JAAR van invoeren beleid | # Doelen

Gedetailleerd document

Cluster deep-dives **p. 1-73**

1. Flexibiliteit bij kleinverbruik p. 3-15
2. Flexibiliteit bij grootverbruik p. 18-31
3. Slimme locatiekeuze p. 32-47
4. Verhoogde technische benutting p. 48-60
5. Lokale conversie van wind op zee p. 62-73

Knock-on effecten **p. 74-78**

Pagina-nummering in rechteronderhoek op de pagina

Knock-on effecten | Samenvatting

A **Knock-on capaciteitsimpact –** De systeeminterventies op lagere netvlakken resulteren in een verminderde piekcapaciteitsvraag op de hogere netvlakken (voor zowel MS, als HS/EHS), en een verlaagde investeringsopgave om in deze piekcapaciteit te voorzien:

- Van de HS/MS-stations die we adresseren met systeeminterventies worden er naar verwachting **~80% verzwaard** in 2040 door toenemende piekcapaciteit
- De piekcapaciteitsvraag kan zowel gedreven zijn door afname (elektrificatie van de vraag of nieuwe aansluitingen), als opwek (nieuwe capaciteit/aansluitingen)
- Systeeminterventies op onderliggende netvlakken kunnen de piekcapaciteitsvraag reduceren en ~10-50% van de verzwaringen addresseren
  - **Flexibiliteit bij kleinverbruik op LS:** heeft het potentieel om de piekvraag te verlagen, resulterend in 5-25% minder assets te verzwaren
  - **Flexibiliteit bij grootverbruik op MS:** hebben het potentieel om de piekvraag te verlagen, resulterend in 5-15% minder assets te verzwaren
  - **Slimme locatiekeuze opwek:** heeft het potentieel om de piekvraag te verlagen, resulterend in 5-10% minder assets te verzwaren

B **CAPEX-impact –** De potentiële piekcapaciteitsreductie resulteert in een **additionele verlaging van de investeringsopgave met 2-12%**

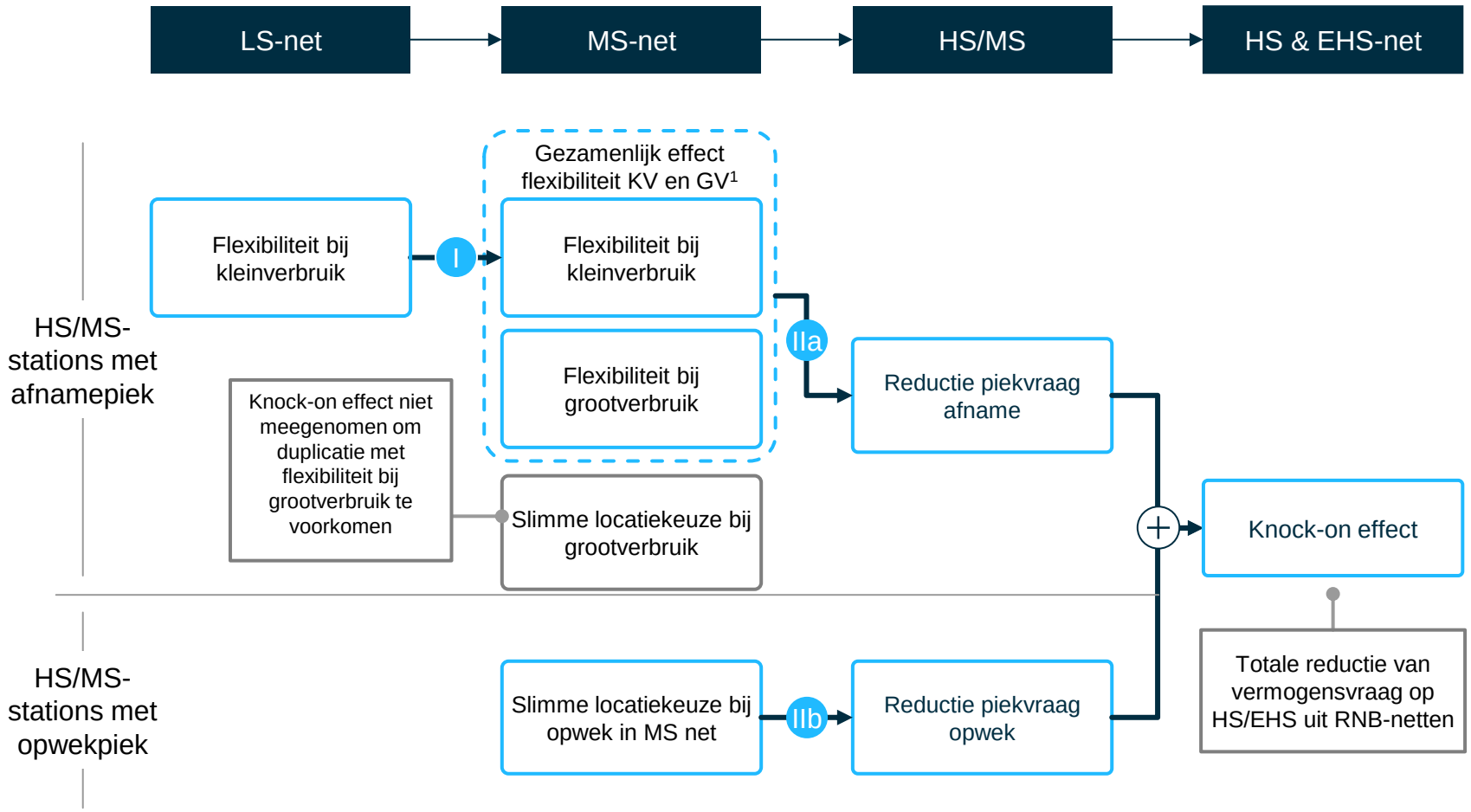
- **LS naar MS:** Kleinverbruik flexibiliteit op het LS-netvlak heeft het potentieel om de investeringsopgave met 1-7% te verlagen
  - Elke bespaarde uitbreiding heeft een CAPEX-waarde op basis van de reductie van benodigde assets: HS/MS-stations, MS/MS-stations, MS-kabels
- **MS naar HS:** de interventies op LS en MS hebben het potentieel om de investeringsopgave met 1.5-6% te verlagen
  - De vertaling van de piekcapaciteitsreductie naar de investeringsopgave is gebaseerd op de TenneT investeringsopgave en onderliggende capaciteitsgroei van transformatoren

C **Piekvraag vs. baseload –** De systeeminterventies vlakken het profiel en de piekcapaciteit af, **zonder impact te hebben op de 'baseload'** van de elektriciteitsvraag

- In de baseline groeit de verwachte piekvermogensvraag met 100% van ~20 GW naar ~40-45 GW in 2040
- De maximale interventie-impact op de piekvermogensvraag in het 'Hoog' scenario is een vermindering van ~50% van de loadgroei tot 2040
- Toch blijft de piekvermogensvraag ook in het hoogste scenario boven de basisvraag, en heeft deze geen impact op de baseload:
  - De LS/MS vraag- en locatiekeuze-interventies focussen op het afvlakken van het vraagprofiel door piekaftopping en piekverschuiving; hierdoor wordt de stroomvraag efficiënter verdeeld over de beschikbare netcapaciteit, en wordt deze beter benut
  - Systeeminterventies grijpen aan op het reduceren van de vermogensgroei (+20-25 GW tot 2040) én het beter benutten van het bestaande net (20 GW geïnstalleerde capaciteit, die momenteel maar gemiddeld voor 40-50% gebruikt wordt)

Knock-on effecten | Vermogensreductie op lagere netvlakken draagt bij aan de piekcapaciteitsreductie op de hogere netvlakken

Reductie piekcapaciteitsvraag door knock-on effect in GW (exclusief directe impact op netvlak)



I Knock-on impact op MS

Capaciteitsreductie van flexibiliteit bij kleinverbruik leidt knock-on impact naar het MS-net
Dit resulteert in minder benodigde MS-verzwaring

II Knock-on impact op (E)HS

IIa Knock-on impact van gezamenlijk effect van flexibiliteit bij klein- en grootverbruik naar HS/EHS

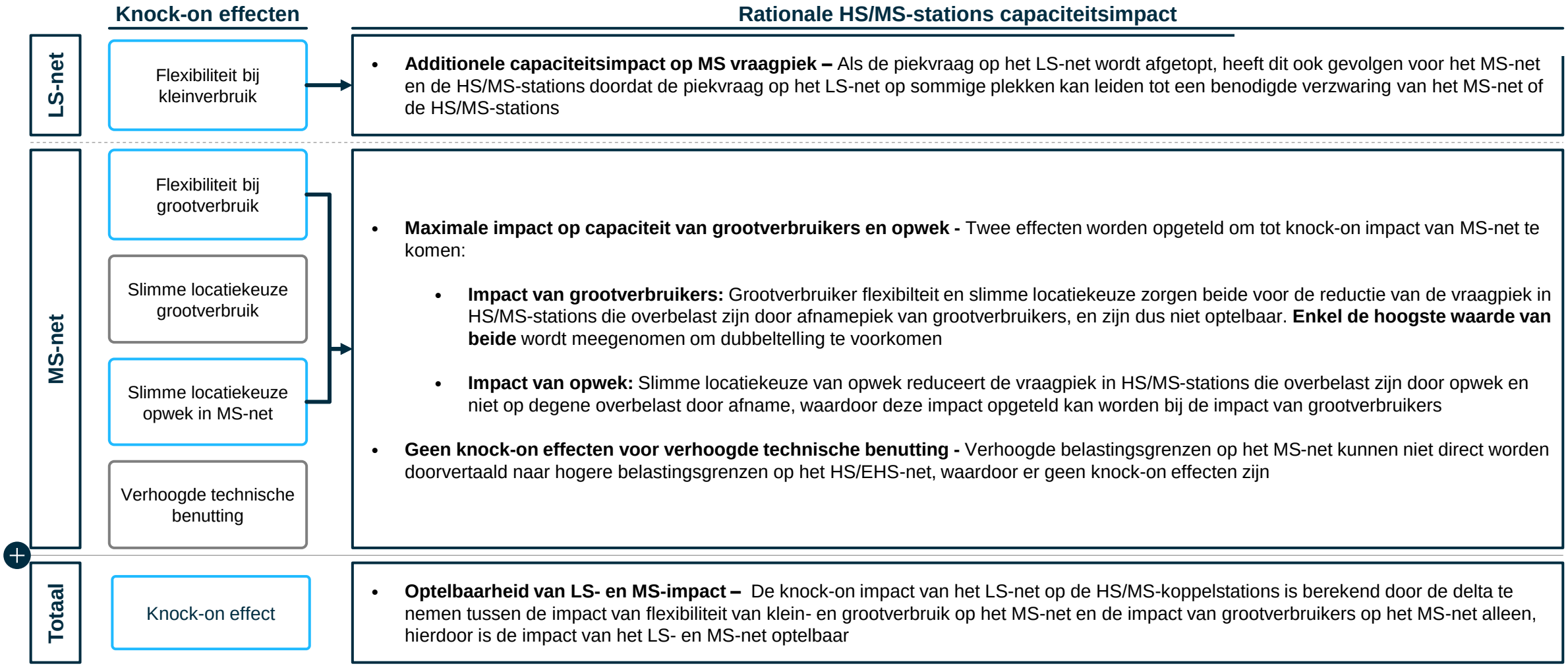
IIb Knock-on impact van slimme locatie-keuze opwek op MS naar HS/EHS

De piekcapaciteitsreducties zijn optelbaar tussen opwek en afname, gezien dit aangrijpt op verschillende HS/MS-stations waar het de 'root cause' van verzwaring (afname of opwek) addresseert

De vermindering leidt tot minder piekcapaciteitsvraag op het HS/EHS-net, en daarmee tot een lagere investeringsopgave

1. Impact van vraagsturing KV en GV tegelijk gemodelleerd in Liander-model om netto-impact van beide effecten tegelijk te berekenen;
Bron: Liander MS capaciteitsprognosemodel; Netbeheer Nederland tooling ii3050

II Knock-on impact op HS | Knock-on effect van interventies op LS/MS op HS

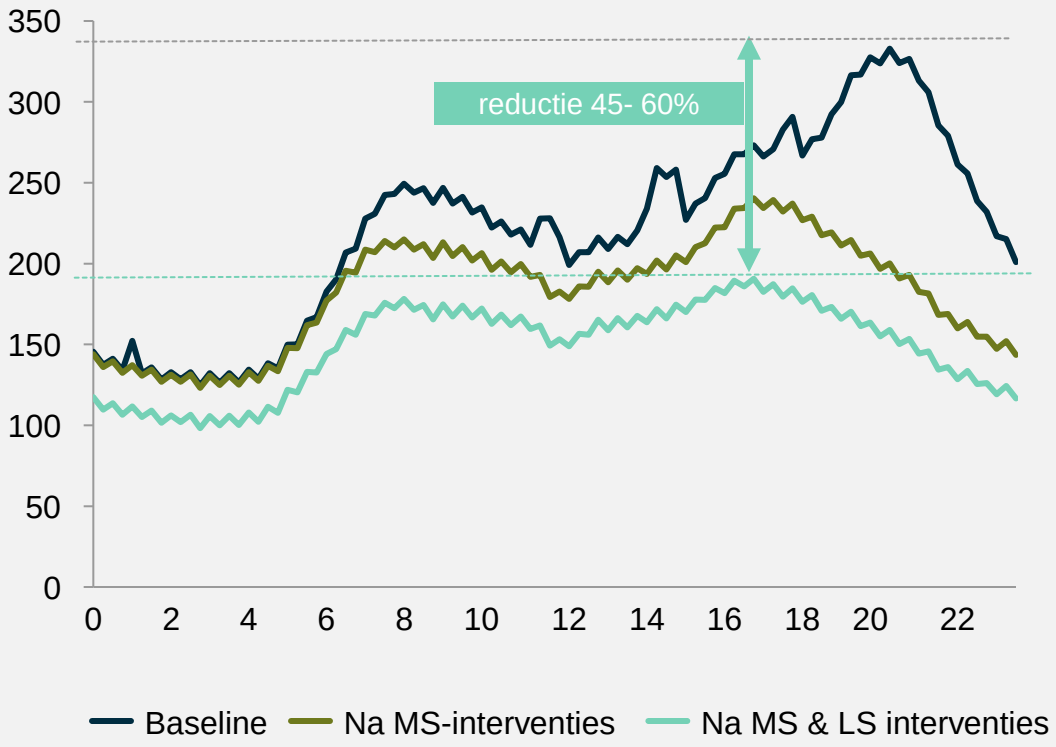


Bron: Liander MS capaciteitsprognosemodel; Netbeheer Nederland tooling ii3050

Knock-on effecten – Profiel | Loadimpact van systeeminterventies vlakt het profiel/de piek af, zonder impact op de baseline vraag

Voorbeeld: belasting tijdens 1 dag op een HS/MS-substation

In kVA, voor 24 uren



- Voorbeeldprofiel van één HS/MS-substation, waarbij de piek- en basisvraag relatief **dicht bij elkaar** liggen
- Gerealiseerde reductie door LS- en MS-interventies resulteert niet in een verschuiving van de piek, maar een **afvlakking van het profiel**

Inzichten

- De LS/MS-interventies focussen op het **afvlakken van het vraagprofiel** door reduceren van de pieken
- De **piekvraag vermindering** gedreven door deze LS/MS-systeem-interventies, vlakt het loadprofiel af, en blijft boven de basisvraag

Bron: Liander MS capaciteitsprognosemodel

Netbeheer Nederland

Thank you