



Planbureau voor de Leefomgeving

KORTE MODELBESCHRIJVING NEV-RS

Notitie

PBL

31 oktober 2019

PBL

Colofon

Korte modelbeschrijving NEV-RS

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2019

PBL-publicatienummer: 3870

Contact

bert.daniels@pbl.nl, hans.elzenga@pbl.nl

Auteurs

Jeroen Peters en Cees Volkers

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Jeroen Peters en Cees Volkers (2019), Korte modelbeschrijving NEV-RS, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

Leeswijzer	4
1 Korte modelbeschrijving	5
1.1 Wat zit er in?	6
1.2 Werking	7
1.3 Beschrijving van de data, modellen en tools	9
I.3.1 Statistische invoer	9
I.3.2 Modellen voor de eindgebruikssectoren	10
I.3.3 Modellen voor energieaanbod	12
I.3.4 Consistentie	13
I.3.5 Resultaat	14
I.3.6 Potentieelverkenningen	15
1.4 Belangrijkste invoergegevens	15
1.5 Beperkingen en verdere ontwikkeling	16
2 Referenties	17

Leeswijzer

Sinds 2019 wordt voor de berekeningen tbv de Klimaat- en Energieverkenning (KEV), de opvolger van de Nationale Energieverkenning (NEV), gebruikt gemaakt van het Nationaal Energieverkenning Rekensysteem (NEV-RS). Het rekensysteem is sinds 2014 gebruikt voor de Nationale Energieverkenning (NEV).

In 2018 is het NEV-RS van het Energieonderzoekcentrum Nederland (ECN) overgenomen door het PBL Planbureau voor de Leefomgeving. Waar voorheen het accent lag op het energiebeleid wordt in de KEV ook het klimaatbeleid meegenomen. Zo gaat de KEV ook in op de activiteiten buiten het energiesysteem waarbij broeikasgassen vrijkomen, zoals de landbouw en het landgebruik.

Een aantal modelleringswerkzaamheden werd al door PBL in het kader van de NEV uitgevoerd zoals de scenarioberekeningen voor de sector mobiliteit, niet-energie gerelateerde landbouwactiviteiten en landgebruik (ism Wageningen University & Research). Daarnaast berekent het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) mede op basis van NEV-RS resultaten, niet-CO₂ broeikasgasemissies (methaan, lachgas en gefluoreerde broeikasgassen).

Dit document beschrijft de situatie van de modelomgeving zoals deze begin 2018 bij het PBL is geïmplementeerd en wordt bijvoorbeeld nog melding gemaakt van data conversieslagen. Aangezien de KEV voortbouwt op de NEV, maar wel een andere rol heeft dan de NEV, zal het rekeninstrumentarium de komende tijd worden doorontwikkeld en zal deze beschrijving doorlopend worden geactualiseerd.

1 Korte modelbeschrijving

Het Nationale EnergieVerkenning RekenSysteem (NEV-RS) is een systeem dat de samenhang en communicatie tussen een verzameling modellen beheert die ontwikkeld zijn voor het maken van projecties voor het Nederlandse energiegebruik en de daaraan gerelateerde (sectorale) emissies voor broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen. Het zorgt er voor dat modellen gebruik maken van geharmoniseerde invoergegevens, en zorgt tevens voor correcte uitwisseling van gegevens tussen afzonderlijke modellen. Op deze manier borgt het een onderling consistent resultaat. Versiebeheer en navolgbaarheid van invoergegevens zorgen voor reproduceerbaarheid van de resultaten^{1,2}.

De oorsprong van het NEV-RS ligt in de vroege jaren '80. Toen ontwikkelde het toenmalige Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) het energiemodel SELPE³ voor integrale studies op het gebied van de energievoorzieningsproblematiek, ter ondersteuning van het energiebeleid in Nederland. Indertijd lag de nadruk op de technische en economische aspecten van het energieaanbod. De energievraag per sector, op basis van economische ontwikkelingen en energieprijzen werd door externe partijen aangeleverd.

Al snel bleek het noodzakelijk om bepaalde onderdelen van de energievoorziening separaat te modelleren. Er kwamen modellen voor de raffinagesector, warmtekrachtkoppeling, de centrale elektriciteitsvoorziening en energieprijzen. Daarnaast kwamen er sectorale modellen voor de bepaling van de energievraag. Om de steeds omvangrijker uitwisseling van gegevens tussen de modellen in goede banen te leiden werd in de midden jaren '90 het NEV-RS ontwikkeld².

Het rekensysteem wordt toegepast in een breed scala van beleidsondersteunende producten en wordt steeds geactualiseerd. In het verleden zijn er verschillende studies met het NEV-RS uitgevoerd zoals de '*Referentieramingen energie en emissies*'^{4,5}. De kennis hieruit is tevens ingezet voor het '*Optiedocument energie en emissies*'^{6,7,8}. Sinds 2014 wordt het gebruikt voor de jaarlijkse Nationale Energieverkenning (NEV)⁹⁻¹², en met ingang van 2019 voor de jaarlijkse Klimaat- en energieverkenning (KEV).

Resultaten uit het NEV-RS worden ook gebruikt voor diverse energierelateerde datarapportages, waarbij het CBS zorgt voor de historische datareeksen en het NEV-RS de bijbehorende gegevens voor toekomstige zichtjaren produceert.

1.1 Wat zit er in?

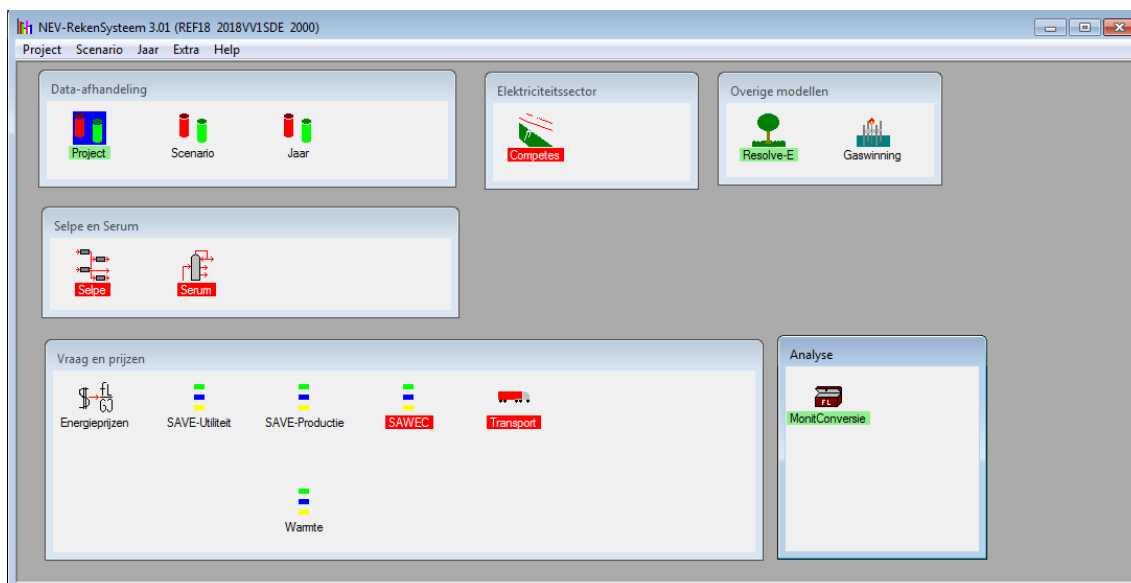
Het NEV-RS bestaat uit onderling gekoppelde modellen, conversietools en databases. Gezamenlijk geven deze een beeld van de energiehuishouding in Nederland en de daaraan gerelateerde (sectorale) emissies voor broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen.

De modellen en tools die op dit moment deel uitmaken van NEV-RS zijn:

- Energieprijzen: energieprijzen van gas en elektriciteit
- Transport-Conversie: conversie van de gegevens vanuit de transportmodellen richting het NEV-RS
- Gas- en Oliewinning: winning van gas en olie op Nederlands grondgebied en het bijbehorende verbruik van energie
- SAWEC: woninggebonden energieverbruik
- EVA: elektriciteitsverbruik van huishoudelijke apparaten
- SERUM: energieverbruik en emissies van de raffinagesector
- SAVE-Services: energieverbruik van de dienstensector
- SAVE-Productie: energieverbruik van industrie en landbouw, inclusief de inzet van conventionele decentrale warmte-/krachtinstallaties in alle sectoren.
- Warmte: warmtelevering van en naar de industriële sectoren en de landbouw
- COMPETES: elektriciteitsproductie, elektriciteitsprijzen, CO₂-emissies en handel in elektriciteit tussen individuele Europese landen
- Resolve-E: inzet en productie van hernieuwbare energie
- SELPE: controle of alle individuele modellen een consistente dataset hebben aangeleverd
- Monit-Conversie: het omzetten van gedetailleerde resultaten op proces- en sectorniveau naar elke gewenste indeling, tevens de berekening van de besparingen volgens het Protocol Monitoring Energiebesparing (PME)
- Economiemodel/huishoudboekje: verzamelen en analyseren van alle door de individuele modellen aangeleverde investeringen en bedienings- en onderhoudskosten in energieverbruikende processen

De gebruiker kan vanuit een interface de verschillende modellen aanroepen (Figuur 1.1). Berekeningen worden per project (bijvoorbeeld de Klimaat- en Energieverkenning) beheerd. Elk project bevat een volledige kopie van alle gegevens die in het NEV-RS gebruikt worden. Hierdoor kan tegelijkertijd aan verschillende projecten worden gewerkt.

De transportmodellen vallen niet onder het NEV-RS. Dat komt omdat vanouds de transportprojecties bepaald werden bij het PBL en zijn voorgangers. Wel maakt het NEV-RS gebruik van deze projecties, die daartoe omgezet moeten worden in het format van het NEV-RS.



Figuur 1.1: NEV-RS gebruikersinterface.

Binnen het modellensysteem worden gegevens over bijvoorbeeld energieprijzen, energievraag en -aanbod, productiecapaciteit en investeringen tussen de modellen onderling uitgewisseld.

Het NEV-RS bevat historische gegevens uit de CBS-statistieken en berekent het toekomstig gebruik van energie in Nederland vanuit scenario's met daarin bepaalde macro-economische, demografische en technologische ontwikkelingen en beleidsmaatregelen. De modellen in het NEV-RS simuleren de impact van de beleidsmaatregelen.

De modellen zijn geprogrammeerd in verschillende soorten software: MS-Office (Excel, Access), AIMMS, GAMS en @RISK.

AIMMS¹³ en GAMS¹⁴ zijn pakketten voor het modelleren en oplossen van optimalisatieproblemen. AIMMS wordt binnen het NEV-RS ook gebruikt voor een aantal simulatiemodellen en rekensheets/conversietools. Het @RISK¹⁵ pakket wordt ingezet voor de onzekerheidsanalyse¹⁶ die onder andere in het kader van de Klimaat- en Energieverkenningen wordt uitgevoerd.

Het NEV-RS gebruikt Access-databases voor de uitwisseling van gegevens tussen de verschillende modellen. Zo blijven de gegevens waarmee de modellen rekenen consistent. Daarnaast hebben de afzonderlijke modellen vaak ook eigen databases, met gegevens die alleen voor het betreffende model relevant zijn.

1.2 Werking

Vaste volgorde van doorrekening

Bij de integrale doorrekening van het Nederlands energiesysteem worden de modellen in een specifieke volgorde toegepast. Dat komt doordat modellen vaak gegevens gebruiken die eerst door andere modellen moeten worden gegenereerd. Om bijvoorbeeld de elektriciteitsproductie te kunnen doorrekenen moet eerst de elektriciteitsvraag zijn berekend. Figuur 1.2 geeft een overzicht van de modellen met bijbehorende sectoren of onderwerpen uit het NEV-RS met de onderlinge gegevensstromen.

Databases

De gegevens in het NEV-RS zijn gestructureerd in 3 niveau's:

- Op projectniveau zijn de metagegevens vastgelegd (definitie van processen en sectoren met de samenhang daartussen) in de *projectdatabase*.
- Op scenarioniveau worden de (invoer)gegevens vastgelegd die voor het hele scenario van toepassing zijn. Voorbeelden hiervan zijn de jaarlijkse energie- en CO₂-prijzen en de inflatie. Dit gebeurt in de *scenariodatabase*.
- Op jaarniveau worden de resultaten van de individuele modellen bewaard met betrekking tot de inzet van bepaalde technieken en energiestromen tussen sectoren. Dit gebeurt in de *jaardatabase*.

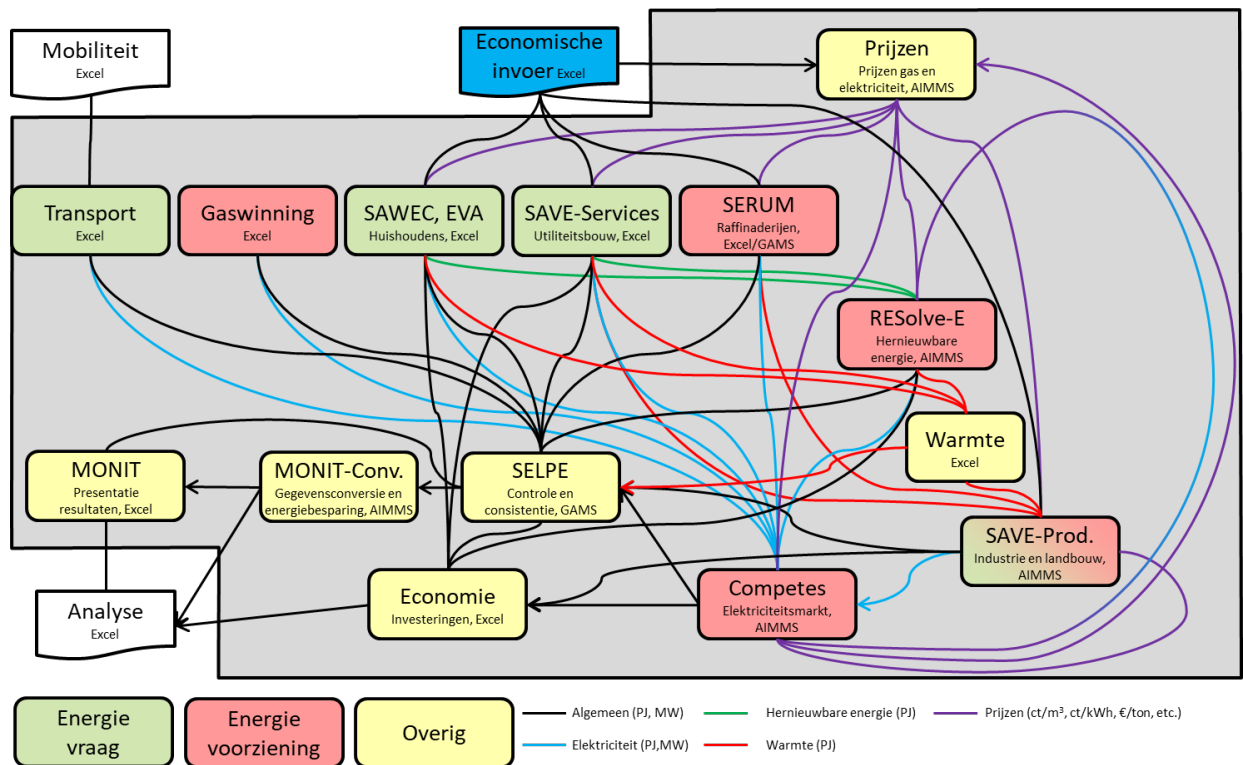
Start van een nieuw project

Bij de start van een nieuw project (bijvoorbeeld de Klimaat- en Energieverkenning van een bepaald jaar) wordt eerst het NEV-RS gereed gemaakt voor een nieuwe berekening. De databases 'project', 'scenario' en 'jaar' worden opgeschoond en de meest actuele modelversies die onderdeel uitmaken van het NEV-RS worden gekoppeld aan de gebruikersinterface.

Een typische complete run doorloopt de volgende stappen:

- Energieprijzen levert gegevens over tariefcomponenten voor elektriciteit en aardgas.
- COMPETES bepaalt een initiële groothandelselektriciteitsprijs (prijzen per uur en gemiddelden).
- Energieprijzen vertaalt de initiële elektriciteitsprijs in eindgebruikersprijzen voor de overige modellen.
- Daarna kunnen parallel Gas- en oliewinning, SERUM, SAVE-Services, SAWEC/EVA, Transport-conversie worden opgestart.
- Vervolgens komen RESolve-E, Warmte, SAVE-Productie en COMPETES aan de beurt. Dit gaat in een iteratief proces. De iteratieslag tussen SAVE-Productie, RESolve-E en COMPETES resulteert steeds in een nieuwe elektriciteitsprijs en andere opgestelde vermogens voor hernieuwbare elektriciteit en WKK. Door de modellen meerdere keren te draaien convergeert het systeem naar een evenwicht tussen elektriciteitsprijzen en opgesteld vermogen van hernieuwbaar en WKK.
- Vervolgens worden achter elkaar SELPE en MONIT-Conversie gedraaid en worden alle resultaten verzameld in MONIT
- Energieprijzen draait om de definitieve elektriciteitsprijs te verwerken.
- Als laatste draaien dan nog Economiemodel/huishoudboekje, onzekerheidsanalyse en – alleen als ook resultaten voor luchtverontreiniging nodig zijn - de NO_x- en SO₂-modellen.

Gedurende de iteratie van RESolve-E, Warmte, SAVE-Productie en COMPETES kunnen eventueel ook berekeningen met SAWEC, SERUM en SAVE-Services opnieuw worden uitgevoerd. De invloed van de elektriciteitsprijs op de uitkomst van deze modellen is echter veel geringer dan bij SAVE-Productie. Bij geringe verschillen in de elektriciteitsprijs worden deze modellen daarom niet opnieuw gedraaid. Ook op andere onderdelen kan de volgorde incidenteel afwijken van de hier getoonde standaardvolgorde.



Figuur 1.2 Overzicht van modellen en sectoren

1.3 Beschrijving van de data, modellen en tools

Deze paragraaf geeft een korte beschrijving van de rol die de verschillende deelmodellen, tools en data spelen. Voor de grotere modellen worden aparte, uitgebreidere modelbeschrijvingen gepubliceerd.

1.3.1 Statistische invoer

1.3.1.1 Energie

De (openbare) energiestatistieken van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en Eurostat worden ingelezen in MONIT. Dit betreft de gerealiseerde statistieken vanaf 1990¹ tot en met de meest recent gerapporteerde gegevens. Daarnaast worden ook andere openbare bronnen gebruikt, voor emissies en prijzen.

Het betreft de volgende onderdelen:

- Energiebalans volgens CBS definitie
- Energiebalans volgens Eurostat definitie
- Productiemiddelen elektriciteit (CBS)
- Elektriciteitsproductie en -inzet (CBS)
- Hernieuwbare energie (CBS)
- Broeikasgasemissies
- Energieprijzen

De gehele energiebalans voor Nederland, inclusief aanvullende details voor onder andere biomassa, zonne-energie en warmte, wordt ingelezen en omgezet naar het formaat dat door het NEV-RS kan worden gebruikt.

¹ Dit geldt voor een deel van de gebruikte statistieken. Er zijn ook statistieken die pas beschikbaar zijn vanaf een later jaar.

1.3.1.2 Prijzen

Het prijzenmodel genereert gemiddelde en marginale (eindgebruikers)energieprijzen voor elektriciteit en aardgas, die zijn uitgesplitst naar prijscomponent. Deze informatie wordt gebruikt in andere modellen voor berekening van bijvoorbeeld de rentabiliteit van besparingsmaatregelen, en voor berekening van de energiekosten per sector. Het gaat hierbij om zowel historische prijsinformatie als geraamde toekomstige prijzen voor gebruik door onder de modellen SAWEC, SAVE-Services, SAVE-Productie, RESolve-E, COMPETES en SERUM.

1.3.1.3 Demografische, economische en fysieke invoer

Demografie en economie bepalen in belangrijke mate – via de groei van activiteiten waarvoor energie nodig is – de vraag naar energie.

De bevolkings- en huishoudensprognoses zijn afkomstig van het CBS, en zijn mede bepalend voor het economische beeld. Naast de economische groei worden ook de groei van de werkgelegenheid, de arbeidsproductiviteit en andere macro-economische kernvariabelen, zoals de particuliere consumptie, de overheidsconsumptie, de investeringen, de uitvoer, de invoer en de koopkracht bepaald¹⁷. Deze ontwikkelingen worden afgeleid van de scenario's uit de studie Welvaart en Leefomgeving (WLO)¹⁸. Daarnaast wordt in NEV-kader nauwkeuriger gekeken naar de economische ontwikkelingen in de eerstkomende jaren, op basis van de meest recente prognoses van het CPB voor het lopende en het komende jaar uit het Centraal Economisch Plan (CEP).

Voor sommige sectoren worden fysieke grootheden afgeleid van het economische en demografische beeld, voor andere sectoren worden zelfstandige projecties opgesteld aan de hand van informatie uit de betreffende sectoren.

I.3.2 Modellen voor de eindgebruikssectoren

De vraagmodellen vertalen de economische en demografische ontwikkeling, samen met energieprijzen, beleid en technische ontwikkeling naar de vraag naar energie.

- SAWEC (woninggebonden energiegebruik)
- EVA (elektriciteitsverbruik door huishoudelijke apparaten)
- SAVE-Services (energieverbruik voor de dienstensector)
- Transport conversiemodule (prepareren van mobiliteitsgegevens voor het NEV-RS)
- SAVE-Productie (energieverbruik van industrie en landbouw)

1.3.2.1 SAWEC

SAWEC (Simulatie en Analyse model voor verklaring en voorspelling van het Woninggebonden Energieverbruik en CO₂-emissie)²¹ simuleert de ontwikkeling van het gebouwgebonden energiegebruik van huishoudens. Het is erop gericht om de manier waarop allerlei factoren invloed hebben op het energiegebruik van woningen zo realistisch mogelijk te benaderen. Belangrijke factoren hiervoor zijn: kosten en baten (energieprijzen, investeringskosten), aantal woningen en bewoners, buitentemperatuur, thermische eigenschappen van constructies, aankoop van energiezuinige apparatuur en stookgedrag, beleid. SAWEC kan hiermee de ontwikkeling van de gas-, elektriciteits- en warmtevraag van de gehele woningvoorraad schatten, met een onderverdeling naar de meest voorkomende woningklassen en energiebesparende maatregelen.

1.3.2.2 EVA

Het Elektriciteitsverbruik van Apparaten (EVA)^{22,23} rekenmodel berekent het toekomstig elektriciteitsverbruik door apparaten en verlichting in woningen. De ontwikkeling van apparaatbezit en de verbruiksnormen voor apparaten zijn hiervoor belangrijke factoren.

1.3.2.3 SAVE-Services

Het SAVE-Services model ('SAVE')^{19,24-26} simuleert de toekomstige ontwikkeling van het energieverbruik en energiebesparing van utiliteitsgebouwen in Nederland. Het is erop gericht om de manier waarop allerlei factoren invloed hebben op het energiegebruik zo realistisch mogelijk te benaderen, zoals: de hoeveelheid gebouwen (vierkante meters), demografische en economische factoren (bijv. aantallen werknemers), investeringskosten van maatregelen en de energieprijzen, de gemiddelde buitentemperatuur en het beleid. Het model simuleert hierbij het investeringsgedrag van eigenaren van gebouwen en bepaalt zo welke energie-technische maatregelen zij naar verwachting zullen toepassen. SAVE schat de gas- en elektriciteitsvraag van de hele bouwvoorraad in op basis van de meest voorkomende bouwtypes en energiebesparende maatregelen. In SAVE zit de gehele utiliteitsbouw, zowel gebouwen uit de dienstensector als industriële gebouwen.

1.3.2.4 Transport-conversiemodule

PBL gebruikt een aantal modellen voor de energiemodellering van mobiliteit op nationale schaal die vanouds geen onderdeel uitmaken van het NEV-RS maar daaraan wel gegevens leveren^{27,28}. In onderstaande tekstbox worden deze kort benoemd. De transport-conversiemodule van het NEV-RS zet de aangeleverde gegevens om in de formats waar het NEV-RS mee werkt (bijvoorbeeld sectorindeling, zichtjaren), zodat de andere modellen deze gegevens als invoer kunnen gebruiken²⁷.

Voor de ramingen en onzekerheden van verkeer en vervoer maakt PBL gebruik van diverse modellen die in eigen beheer zijn ontwikkeld¹⁶:

- KOTERPA voor de samenstelling van het personenautowagenpark naar leeftijd en brandstof.
- TREVA bevat de samenstelling van het vrachtverkeer naar leeftijd.
- Rekenmodel autobussen bevat de samenstelling, energiegebruik en emissies voor autobussen.
- POSEIDON voor het energiegebruik en emissies van de zeevaart en de vloot in en rond Nederland.
- POTAMIS met de samenstelling en energiegebruik en emissies van de binnenvaartvloot.
- MEPHISTO voor het energiegebruik en emissies mobiele werktuigen

PBL gebruikt tevens een aantal rekenmodellen die door andere organisaties worden aangeboden:

- LMS voor de groeiprognozes personenmobiliteit over land: auto, trein, bus, tram, metro, fietsen en lopen.
- DYNAMO voor de omvang van het personenautopark.
- CARbonTAX bevat nieuwverkopen van personenauto's naar brandstof en CO₂-uitstoot.
- BasGOED groeiprognoze goederenvervoer in, van en naar Nederland over weg, water, spoor en door de lucht.
- VERSIT+ bevat emissiefactoren voor wegverkeer per voertuigcategorie en wegtype.
- Aeolus geeft zicht op de groei van de luchtvaart op Nederlands luchthavens.

1.3.2.5 SAVE-Productie

SAVE (Simulatie en Analyse Van Energiegebruik)-Productie ^{25,29} berekent het energiegebruik en energiebesparing voor de Nederlandse industrie en landbouw, met daarin de effecten van energiebeleid. Ook berekent het capaciteit van en productie door decentrale warmtekoppeling voor industrie en landbouw maar ook voor de raffinaderijen en de dienstensector. Save-productie is dus zowel bij de berekening van energievraag als energieaanbod betrokken.

Capaciteit en productie van WKK zijn erg gevoelig voor de elektriciteitsprijzen, en beïnvloeden die prijzen zelf ook. Daarom is SAVE-productie onderdeel van een iteratieve *loop* waarbinnen SAVE-productie samen met Resolve-E en COMPETES convergeert naar een evenwicht op de elektriciteitsmarkt.

SAVE-productie is een simulatiemodel dat is ontworpen om de werkelijk te verwachten ontwikkeling van het energiegebruik en de toepassing van technieken zo goed mogelijk te benaderen, en om daarbij rekening te houden met allerlei factoren zoals economische ontwikkeling, beleid, energieprijzen, en investeerdersgedrag.

1.3.3 Modellen voor energieaanbod

Een vijftal modellen in het NEV-RS draagt zorg voor de productie en omzetting van energie en het bewaken van de balans tussen vraag en aanbod.

- Gas- en oliewinningsmodel
- SERUM (raffinagesector)
- COMPETES (elektriciteitssector op uurbasis)
- Resolve-E (hernieuwbare energie).
- Warmtemodel (warmtelevering industrie en energiesector)

Gas- en oliewinning en de raffinagesector zijn hierbij nauwelijks afhankelijk van de ontwikkelingen in de binnenlandse energievraag of andere ontwikkelingen in binnenlandse sectoren. Daarom kunnen de betreffende modellen tegelijkertijd met de vraagmodellen draaien. Dat geldt niet voor COMPETES en Resolve-E; deze zijn voor hun invoer grotendeels afhankelijk van de ontwikkelingen in de andere sectoren.

1.3.3.1 Gas- en oliewinning

Het olie- en gaswinningsmodel³⁰ is een rekensheet dat op basis van historische cijfers en prognoses van de gas- en oliewinning het eigen verbruik van de olie- en gaswinning en de verliezen van gastransport en -distributie berekent. De projecties voor de totale gas- en oliewinning komen rechtstreeks uit het jaarlijkse Delfstoffen-rapport van TNO. Voor projecties van gasproductie uit Groningen worden relevante beleidsstukken (Kamerbrieven, verslagen Kamerdebatten, Ministeriële mededelingen) gebruikt.

1.3.3.2 SERUM

Het Static ESC Refinery Utility Model (SERUM)³¹⁻³³ berekent voor de Nederlandse raffinagesector het energieverbruik en de emissies van CO₂, SO₂ en NO_x. Het model is een optimalisatiemodel dat de werkelijk te verwachten uitkomsten voor energie en emissies berekent. Het model is namelijk vergelijkbaar met de soort modellen die bedrijven zelf gebruiken om hun processen te optimaliseren.

Daarbij houdt het model rekening met veranderingen in de beschikbaarheid van diverse typen ruwe olie of beschikbare raffinagetechnologieën en met meer economische of beleidsgestuurde veranderingen in de productspecificaties (zwavelgehalte), emissiestandaarden aan processen, de omvang van de productvraag (binnenlands/export) en de olieprijs per type ruwe olie (crude). Ook kan het model effecten van nieuwe technologieën (bijvoorbeeld energiebesparingsopties) doorrekenen.

1.3.3.3 COMPETES

COMPETES is een model van de Europese elektriciteitsmarkt, en berekent de elektriciteitsproductie, elektriciteitsprijzen, handel in elektriciteit, welvaartseffecten en CO₂ emissies voor de individuele Europese landen. Het geeft resultaten op uurbasis. Belangrijke invoerparameters zijn de vraag naar elektriciteit, de productie van elektriciteit uit zon en wind en de ontwikkeling van de brandstof- en CO₂-prijzen en de omvang van de netwerkverbindingen tussen de verschillende landen. Specifiek voor Nederland houdt het model ook rekening met het opgestelde vermogen aan decentrale WKK-eenheden uit Save-productie

COMPETES kan zowel de efficiënte inzet van centrales bepalen door het jaar heen als de optimale investeringen in productiecapaciteit en in netwerkverbindingen tussen landen.

Met het model kunnen verschillende elektriciteitsmarkten worden geanalyseerd: de day-ahead markt (de markt voor fysieke levering op enig uur van de volgende dag), de intra-day markt voor handel in elektriciteit tot 90 minuten voor levering en de markt voor reservecapaciteit. Daarnaast kan ook vraagresponso worden meegenomen, waarbij het verbruik van elektriciteit afhankelijk is van de prijs.

COMPETES wordt ook gebruikt voor beleidsanalyses zoals minimumprijzen voor CO₂, sluiting van kolencentrales en het Klimaatakkoord en voor elektriciteitsmarktstudies, bijvoorbeeld naar de kosten van het inpassen van elektriciteitsproductie uit zon en wind, het effect op de markt van vergoedingen voor productiecapaciteit en de optimale verdeling van hernieuwbare elektriciteitsproductie over Europa.

1.3.3.4 RESolve-E

RESolve-E³⁴ is een simulatiemodel dat per jaar de verwachte investering in en energieproductie door hernieuwbare opties in Europa en Nederland berekent (binnen het NEV-RS alleen voor Nederland).

RESolve-E kan voor Nederland een kwantitatieve inschatting maken van de hoeveelheid hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en groen gas uit biomassa voor toekomstige zichtjaren, en het berekent tevens het beslag op middelen uit de SDE+-regeling.

1.3.3.5 Warmtemodel

Het warmtemodel vult exogeen de warmtevoorziening van de industriële sectoren (SAVE-productie) in: Hoeveel warmte krijgen de verschillende sectoren geleverd en hoeveel warmte leveren deze sectoren aan anderen (zowel binnen als buiten de industrie). Voor afvalverbranding bepaalt dit model welk gedeelte een warmtenet voor de gebouwde omgeving in gaat en welk gedeelte naar de industrie gaat. Het model houdt ook rekening met de centraal geproduceerde hernieuwbare warmte. Uiteindelijk kan een balans worden gemaakt waarbij het tekort aan warmte door de centrale elektriciteitssector (COMPETES) wordt opgelost.

I.3.4 Consistentie

1.3.4.1 SELPE

Het Statistisch ESC Lineair Programmerings Energiemodel (SELPE)^{3,36} vormt vanouds de kern van het modelinstrumentarium. Het model controleert de gegevens uit de verschillende sectormodellen op consistentie. Als de resultaten van de andere modellen niet helemaal leiden tot een evenwicht tussen vraag en aanbod kan SELPE de elektriciteitsvoorziening in evenwicht brengen. Voor een berekening zijn een groot aantal invoergegevens nodig waaronder de finale vraag naar energie en eventuele beleids- en aanbodrestricties.

1.3.4.2 Energiebesparing

MONIT-Conversie draagt zorg voor de omzetting van de resultaten van SELPE naar de indeling en definities van MONIT, en desgewenst naar andere uitvoerformaten (energiebalansen). Ook berekent MONIT-conversie de primaire energiebesparing volgens het Protocol Monitoring Energiebesparing, en de finale energiebesparing. Dit gebeurt op basis van aangeleverde gegevens uit de deelmodellen en het resultaat van SELPE.

I.3.5 Resultaat

Het NEV-RS levert een uitgebreid en gedetailleerd beeld van het Nederlandse energiesysteem. Het laatste zichtjaar waarvoor de projecties berekend kunnen worden is momenteel 2050, maar kan uitgebreid worden met meer jaren. Een groot deel van de informatie is centraal beschikbaar via het MONIT-systeem, maar rechtstreeks vanuit de deelmodellen is vaak nog meer detailinformatie beschikbaar.

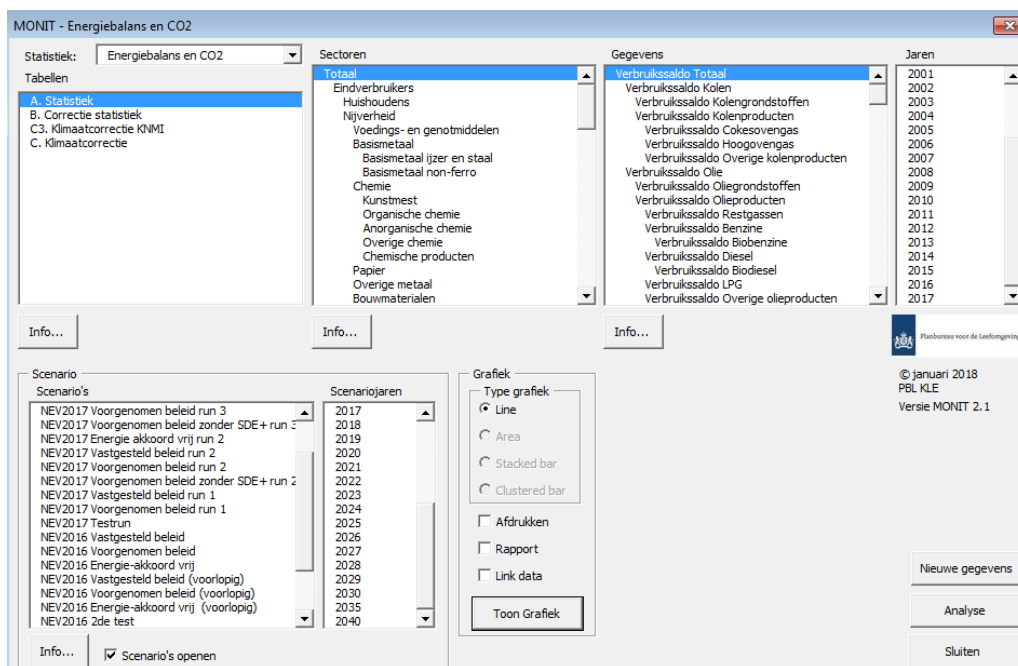
MONIT

Het Monitoring of National energy use Information and Trend Anaysis (MONIT) systeem³⁷ zorgt voor opslag en presentatie van de resultaten.

Het systeem ontsluit historische en toekomstige energie- en emissieontwikkelingen voor Nederland en sluit daarbij meestal aan bij de bestaande indelingen van CBS en Eurostat. Het systeem dekt het nationale en sectorale energieverbruik inclusief bijbehorende emissies van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen. Naast sectoren en energiedragers geeft het systeem inzicht in het finale gebruik van elektriciteit, warmte, warmtekrachtkoppeling, primair energieverbruik en de indirecte CO₂-emissies van elektriciteitsgebruik. Voor de analyse van de trends in energiegegevens worden de energiebalansen en statistische gegevens tevens gecorrigeerd voor variaties in temperatuur (warmtedagen in Nederland).

De volgende (sectorale) statistieken worden gepresenteerd:

- Energiebalans en CO₂ (conform CBS)
- Energiebalans (conform Eurostat)
- Hernieuwbare energie
- Productiemiddelen elektriciteit
- Elektriciteit productie en inzet
- Broeikasgasemissies
- Emissies luchtverontreinigende stoffen
- Energieprijzen



Figuur 1.2: Gebruikersinterface NEV-RS MONIT

I.3.6 Potentieelverkenningen

OPERA

OPERA (Option Portfolio for Emission Reduction Analysis) is geen onderdeel van het NEV-RS, maar gebruikt resultaten ervan wel als invoer. Waar het NEV-RS laat zien hoe het energiesysteem zich ontwikkelt gegeven bepaald beleid kan OPERA berekenen met welke technologiemijs Nederland tegen de laagst mogelijke kosten bepaalde (combinaties van) doelen voor emissies en energie in een bepaald jaar kan halen. OPERA is een integraal optimalisatiemodel voor het Nederlandse energiesysteem, de bijbehorende broeikasgasemissies en – optioneel – luchtverontreinigende emissies.

OPERA gebruikt de energiebalans uit het NEV-RS, de informatie op procesniveau uit SELPE en de ontwikkeling van energierelevante grootheden (staalproductie, mobiliteitsvraag enzovoort). Deze bepalen in OPERA de vraag naar producten en activiteiten waaraan het systeem moet voldoen. De gebruiker kan de resultaten van OPERA ook vergelijken met die van het NEV-RS, en zodoende bepalen wat de gevolgen zijn van bepaalde beleidsdoelen voor de kosten van het energiesysteem en de inzet van technologieën. Daarnaast maakt OPERA ook gebruik van de gegevens uit Competes voor de uitwisseling van elektriciteit met het buitenland.

1.4 Belangrijkste invoergegevens

Het NEV-RS als geheel maakt gebruik van breed scala aan gedetailleerde invoergegevens. De beschrijvingen van de afzonderlijke deelmodellen gaan hier dieper op in. Hier volgt alleen een – niet uitputtende – lijst van gegevens die in het NEV-RS vertegenwoordigd zijn.

- Handelsprijzen van aardgas, olie, steenkool
- CO₂-prijzen in het emissiehandelssysteem
- Economische en fysieke ontwikkeling van sectoren in industrie, landbouw, diensten en overheid

- Demografische ontwikkelingen: bevolkingsomvang en huishoudensamenstelling
- Aantallen woningen en gebouwen, onderverdeeld naar diverse types
- Ontwikkeling van de transportvraag in personenkilometers en tonkilometers, onderverdeeld naar modaliteiten
- Beschikbare technologieën voor energiebesparing, voor energieomzetting en voor opwekking van hernieuwbare energie, met gegevens over potentieel, investeringen, bedienings- en onderhoudskosten, rendementen, besparingen en gebruik en productie van energiedragers
- Opgesteld vermogen voor elektriciteitsopwekking
- Gegevens over beleid: subsidiepercentages, verplichtingen en standaarden, convenanten, tarieven voor energiebelastingen met informatie over het domein waarvoor dit beleid geldt.
- Historische reeksen voor energiegebruik, prijzen en emissies
- Verwachte ontwikkeling van de gemiddelde buitentemperatuur volgens de KNMI-scenario's

1.5 Beperkingen en verdere ontwikkeling

In de loop van de jaren is het systeem gebruikt voor een breed scala aan rapportages waarbij de onderliggende modellen in veel gevallen voor maatwerk zijn bewerkt en/of uitgebreid. Dit heeft tot gevolg gehad dat het systeem als geheel fors in omvang is toegenomen en is voorzien van koppelingen tussen modellen op diverse niveaus, die niet allemaal voor de huidige rapportages worden gebruikt. Verdere beperkingen hangen vooral samen met de beperkingen van de afzonderlijke modellen, die worden daarbij besproken.

In de komende periode zal het systeem verder worden doorontwikkeld. Jaarlijks vindt een inventarisatie plaats van wensen en vereisten voor toekomstige functionaliteit van het modelinstrumentarium. Dat kan aanpassingen vergen bij afzonderlijke modellen maar ook wijzigingen die gevolgen hebben voor de gehele berekeningscyclus binnen het NEV-RS.

Eind 2019 start PBL ook een traject waarin het in kaart brengt aan welke eisen het NEV-RS de komende tien jaar moet voldoen, en wat dat betekent voor de verdere ontwikkeling van het NEV-RS

2 Referenties

- 1 ECN (1993). NEV-Rekensysteem - Definitiestudie, W.G. Van Arkel & Volkers, C. H., ECN-I--93-055, Petten.
Internet: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/1993/i93055.pdf>.
- 2 ECN (2006). NEV-RekenSysteem Technische beschrijving, Volkers C.H., ECN-E--06-042, Petten.
Internet: <ftp://ftp.ecn.nl/pub/www/library/report/2006/e06042.pdf>.
- 3 ECN (1982). Beschrijving van SELPE een model van de Nederlandse energievoorziening, Boonekamp P.G.M, ESC-17, Petten.
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ESC-17>.
- 4 ECN/PBL (2010). Referentieraming energie en emissies 2010-2020, B.W. Daniëls & Kruitwagen, S., ECN-E—10-004, Amsterdam/Bilthoven.
Internet: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/2010/e10004.pdf>.
- 5 PBL/ECN (2012). Referentieraming energie en emissies: actualisatie 2012. Energie en emissies in de jaren 2012, 2020 en 2030, Martijn Verdonk & Wetzels, W., Bilthoven/Amsterdam.
Internet:
http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_2012_Referentieraming-energie-en-emissies-2012_500278001.pdf.
- 6 ECN/MNP (2006). Optiedocument energie en emissies 2010-2020, B.W. Daniëls & Farla, J. C. M., ECN-C--05-105 MNP-773001038, Petten/Bilthoven.
Internet: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/c05105.pdf>.
- 7 ECN (2010). Actualisatie Optiedocument 2009. Opties voor het verminderen van broeikasgasemissies, energiegebruik en luchtverontreiniging, Smekens, K. E. L., ECN-E--10-011, Amsterdam.
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--10-011>.
- 8 ECN (2011). Actualisatie Optiedocument 2010. RR2010-SV en NREAP, Smekens, K. E. L., P. Kroon & Plomp, A. J., ECN-E--11-023, Amsterdam.
Internet: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/e11023.pdf>.
- 9 ECN/PBL/CBS/RVO (2014). Nationale Energieverkenning 2014, Hekkenberg, M. & Verdonk, M., Amsterdam/Bilthoven.
Internet: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2014-nationale-energieverkenning-2014_01364.pdf.
- 10 ECN/PBL/CBS/RVO (2015). Nationale Energieverkenning 2015, Schoots, K. & Hammingh, P.,
Internet: <http://www.pbl.nl/publicaties/nationale-energieverkenning-2015>.
- 11 ECN/PBL/CBS/RVO (2016). Nationale Energieverkenning 2016, Schoots, K., Hekkenberg, M. & Hammingh, P., Amsterdam/Bilthoven.
Internet: <http://www.pbl.nl/publicaties/nationale-energieverkenning-2016>.
- 12 ECN/PBL/CBS/RVO (2017). Nationale Energieverkenning 2017, K. Schoots, M. Hekkenberg & Hammingh, P., ECN-O--17-018, Den Haag.
Internet: <http://www.pbl.nl/publicaties/nationale-energieverkenning-2017>.
- 13 AIMMS v. 3x (Amsterdam).
Internet: <https://aimms.com/>
- 14 GAMS (Frechen Duitsland).

- Internet: <https://www.gams.com/>
15 @RISK (Palisade, Ithaca, NY, USA).
Internet: <http://www.palisade.com/>
- 16 (2018). Achtergronddocument onzekerheden Nationale Energieverkenning 2017, ECN, ECN-E--17-049, Amsterdam.
Internet: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/ecn-pbl-2017-achtergronddocument-onzekerheden-nev-2017_3202.pdf.
- 17 PBL (2015). Demografie en Economie in de NEV2015, Eric Drissen, 2395,
Internet: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-demografie-en-economie-in-de-nationale-energieverkenning-2015_2395.pdf.
- 18 PBL/CPB (2015). Nederland in 2030-2050: twee referentiescenario's – Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving, Ton Manders & Clemens Kool, 1689, Den Haag.
Internet: <https://www.wlo2015.nl/>.
- 19 PBL (2018). Concept korte modelbeschrijving SAVE-Services, Planbureau voor de Leefomgeving, 3385, Den Haag.
Internet: Concept interne PBL-Notitie.
- 20 PBL (2017). Overige broeikasgasemissies in de Nationale Energieverkenning 2017, C.J. Peek, 3197, Den Haag.
Internet: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/pbl-2017-Overige-broeikasgasemissies-in-de-nationale-energieverkenning-2017_3197.pdf.
- 21 PBL (2018). Concept korte modelbeschrijving SAWEC, Planbureau voor de Leefomgeving, 3387, Den Haag.
Internet: Concept interne PBL-Notitie.
- 22 ECN (1995). SAVE-module huishoudens - De modellering van energieverbruiksontwikkelingen, Boonekamp P.G.M, ECN-I--94-045,
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-I--94-045>.
- 23 PBL (2018). Concept korte modelbeschrijving EVA, Planbureau voor de Leefomgeving, 3393, Den Haag.
Internet: Concept interne PBL-Notitie.
- 24 (1994). Het SAVE-Model - De modellering van energieverbruiksontwikkelingen, Boonekamp, P. G. M.,
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-C--94-076>.
- 25 (1995). SAVE-module productiebedrijven - De modellering van energieverbruiksontwikkelingen, A.W.N. van Dril, F.M.J.A. Diepstraten & Beeldman, M., ECN-I--94-43,
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-I--94-043>.
- 26 ECN (1995). SAVE-module utiliteitsbouw - De modellering van energieverbruiksontwikkelingen, M. Beeldman, H.F. Kaan, J.C. Römer & Boonekamp, P. G. M.,
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-I--94-044>.
- 27 PBL (2016). Verkeer en vervoer in de Nationale Energieverkenning 2015. Achtergronden van de NEV-raming verkeer en vervoer., Geilenkirchen, G., Broeke H. ten & Hoen A., 2377,
Internet: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL2016_Verkeer-en-Vervoer-in-de-NEV2015.pdf.
- 28 PBL (2017). Verkeer en vervoer in de Nationale Energieverkenning 2017, Gerben Geilenkirchen, Maarten 't Hoen & Michel Traa, 2822, Den Haag.
Internet: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL2017_Verkeer-en-vervoer-in-de-Nationale-Energieverkenning-2016_2822.pdf.
- 29 PBL (2018). Concept korte modelbeschrijving SAVE-Productie, Planbureau voor de Leefomgeving, TODO, Den Haag.

- Internet: Concept interne PBL-Notitie.
- 30 PBL (2018). Concept korte modelbeschrijving Gas- en oliewinning, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
Internet: Concept interne PBL-Notitie.
- 31 ECN (1989). SERUM - Een model van de Nederlandse raffinage-industrie, F. van Oostvoorn, P. Kroon & Lange, A. V. M. d., ESC-49, Petten.
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ESC-49>.
- 32 ECN (2006). Documentation of the Dutch refinery model SERUM, Stienstra, G. J., ECN-E--06-029, Amsterdam.
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--06-029>.
- 33 PBL (2018). Korte modelbeschrijving SERUM, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
Internet: Concept interne PBL-Notitie.
- 34 PBL (2018). Korte modelbeschrijving RESolve-E, Planbureau voor de Leefomgeving, 3384, Den Haag.
Internet: Concept interne PBL-Notitie.
- 35 Daniëls, B. W. & Uytterlinde, M. A. ADMIRE-REBUS: modeling the European market for renewable electricity. *Energy* **30**, 2596-2616, doi:10.1016/j.energy.2004.07.013 (2005).
Internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544204003093>.
- 36 ECN (1986). De modellering in GAMS van het model SELPE, Oostvoorn F. van, W.G. van Arkel & Lange, A. V. M. d., ESC-39, Petten.
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ESC-39>.
- 37 Boonekamp P.G.M. *Improved methods to evaluate realised energy savings* PhD thesis, Utrecht University, (2005).
Internet:
<https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/7422/index.htm;jsessionid=C17B495741BB55117EB7C14FE54C3202?sequence=7>
- 38 ECN (1997). Raffinagemodel SERUM in hoofdlijnen. Toets en illustratie van de werking, L.C. Kok & Kroon, P., ECN-C--96-066, Petten.
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-C--96-066>.
- 39 ECN (2008). Future electricity prices. Wholesale market prices in and exchanges between Northwest European electricity markets, Ozdemir O., Scheepers M.J.J. & Seebregts A.J., ECN-E--08-044,
Internet: <https://www.ecn.nl/publications/ECN-E--08-044>.
- 40 ECN (2003). Ontwikkeling van SAWEC. Een Simulatie en Analyse model voor verklaring en voorspelling van het Woninggebonden Energieverbruik en CO2-emissie, H. Jeeninga & Volkers, C. H., ECN-C--03-067, Petten.
Internet: <https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-C--03-067>.