

Memo Naar een geaggregeerde indicator voor Energie en Milieuprestaties van Gebouwen

Project TKI KIEM
Aan leden van TKI KIEM consortium, Klankbordgroep en overige geïnteresseerden
Van Erik Alsema, David Anink, John Mak, W/E adviseurs
Datum 24-5-2016

1 Inleiding

Voor de energetische en de milieuprestatie van gebouwen zijn verschillende bepalingmethoden en indicatoren vastgesteld en in nationale regelgeving vastgelegd. De verschillen tussen deze methoden zijn soms aanzienlijk, bijvoorbeeld t.a.v. systeemgrenzen. De reden voor deze verschillen ligt in het feit dat beide prestatie-indicatoren oorspronkelijk een verschillend beleidsdoel hadden: zo heeft de energieprestatie vooral tot doel het energieverbruik in de gebruiksfase te verminderen en daarmee ook het verbruik van fossiele energie terug te dringen en CO₂ uitstoot te verminderen, terwijl de MPG direct beoogt om negatieve milieueffecten van materiaalgebruik te verminderen. Bovendien hebben beide prestatiemethoden natuurlijk een verschillende historie en zijn ze ieder ook weer gekoppeld aan specifieke Europese regelgeving of normering.

Wel is er in de bouw- en vastgoedwereld een groeiende behoefte aan een methodiek die de gehele levenscyclus van een gebouw beschouwt en de milieuprestaties van materiaalkeuzes en energieverbruik meeweegt. Zeker naarmate het energieverbruik van een gebouw steeds verder richting nul gaat wordt een integrale afweging op energie- en milieu belangrijk. In essentie zijn energie- en materiaalgebruik voor gebouwen beide te zien als gebruik van grondstoffen waarbij milieueffecten in de levensloop optreden. Deze milieueffecten kunnen voor beide op dezelfde wijze en in dezelfde eenheden worden uitgedrukt, zodat een integrale evaluatie mogelijk is. In de praktijk is dat wenselijk inzicht voor beslissingen over energiebesparende technieken: weegt de energiewinst in de gebruiksfase op tegen de milieubelasting van het materiaalgebruik van de energiebesparende techniek?

In het TKI KIEM project zijn de methodologische aspecten van zo'n integrale evaluatie van gebouwen verkend. Ook is een aanzet gedaan voor een indicator die de resultaten van de Energie Prestatie voor Gebouwen (EPG) en de Milieu Prestatie voor Gebouwen (MPG) aggregeert tot één indicator, de DuurzaamheidsPrestatie voor Gebouwen (DPG). Deze methodiek is dus geen nieuwe methode die in de plaats moet komen van EPG en MPG, maar een methode om de resultaten van EPG en MPG op een wetenschappelijke verantwoorde en consistente wijze samen te voegen.

In deze notitie geven we een onderbouwing van de evaluatiemethode die in het KIEM project is ontwikkeld, de keuzes die daarbij gemaakt zijn, de kentallen die zijn vastgesteld, en de vragen die nog open staan.

Opgemerkt kan worden dat de hier geschetste methodiek en de bijbehorende indicator is geïmplementeerd in een speciale versie van GPR Gebouw. Met behulp van dit instrument zijn deelnemers in KIEM bezig om de praktische bruikbaarheid van de methodiek in de praktijk te toetsen.

2 Milieu Prestatie Gebouwen (MPG)

De Milieu Prestatie voor Gebouwen is vastgelegd in het document "Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken, versie 2, SBK, Rijswijk, 2014". In deze bepalingmethode worden milieu-impacts van materialen in een gebouw bepaald op basis van de methode van Levens Cyclus Analyse. Om deze methode te kunnen toepassen is ook Nationale Milieu Database (NMD) van bouwproducten ontwikkeld. De impacts op verschillende milieuthema's zoals

klimaatverandering (CO₂) en daarnaast Acidification, Resource Depletion, etc. wordt volgens de schaduwprijsmethode geaggregeerd naar een éénpuntscore, de milieuprestatieindicator, die wordt in uitgedrukt in S€. De totale milieu-impact wordt vervolgens omgeslagen over de levensduur van het gebouw in jaren. Als functionele eenheid voor het gebouw is gekozen voor de m² Bruto Vloer Oppervlak (m² BVO). De **eenheid** waarin de MPG wordt uitgedrukt, is daarmee **S€ per m² BVO per jaar**.

Omdat de MPG is gebaseerd op de LCA-methode worden in principe alle economische activiteiten vanaf de grondstofwinning tot aan de afvalverwerking in de evaluatie betrokken (cradle-to-grave). Hergebruik van materialen wordt ook gewaardeerd in deze methode. Dit betekent dat de **systeemgrens** voor de MPG in feite de hele fysieke wereld kan omvatten.

Omdat de MPG alleen kijkt naar de materialen van een gebouw en gebouwgebonden installaties, betekent dit dat het **operationele energiegebruik**, d.w.z het energiegebruik in de gebruiksfase van het gebouw, **niet** in de beschouwing wordt betrokken. Dit energiegebruik is het domein van de EPG. Zie bijlage 1 voor een nadere toelichting op de gebruiksfasen van een gebouw en de verschillende impacts per fase.

3 Energie Prestatie Gebouwen (EPG)

In de EPG bepalingmethode wordt een gedetailleerde analyse gemaakt van het genormeerde energiegebruik van het gebouw tijdens de gebruiksfase, op basis van een gedetailleerd (thermisch) gebouwmodel. Resultaat van een EPG bepaling is onder meer het jaarlijks verbruik van finale en primaire energie bij een standaard gebruik van het gebouw. Als bijkomend resultaat kunnen CO₂-emissies gerelateerd aan het energiegebruik bepaald worden. De verbruikscijfers voor finale energie hebben in principe betrekking op het verbruik binnen het gebouw, zoals gemeten door de energiemeters (voor gas en elektriciteit). Daarmee ligt de **systeemgrens** in eerste instantie op de kavelgrens van het gebouw. Echter, door toepassing van (standaard) conversiefactoren van finaal naar primair energiegebruik wordt de systeemgrens uitgebreid zodat effectief ook de Nederlandse elektriciteitsproductie binnen het systeemgrens valt (zie figuur 2, bijlage 2)¹. Ook opwekking van warmte voor externe warmtelevering valt in principe binnen de systeemgrens van de EPG.

Merk op dat **materialen** die nodig zijn voor het aanleveren of omzetten van de energiedragers geen rol spelen in de EPG bepaling (maar wel in de MPG worden meegenomen).

De functionele eenheid voor de EPG is de m² verwarmd gebruiksoppervlak (m² GO, verw), dit is dus anders dan in de MPG.

In tabel 1 worden de systeemgrenzen en eenheden van EPG en MPG op een rijtje gezet.

¹ Vanuit LCA perspectief is deze uitbreiding van de systeemgrens niet geheel consequent omdat voor de energiedrager aardgas de winning en distributie niet binnen de systeemgrens wordt opgenomen.

Tabel 1: Overzicht welke milieu-impacts van een gebouw worden beschouwd in de MPG, EPG en DPG methode. EPG* is een tussenstap om de resultaten van EPG naar MPG-niveau te converteren.

		EN15978		MPG	EPG	EPG*	DPG
Materiaalvoorziening		A1-5	Materiaalinzet productie- en bouwfase	✓	✗	✗	✓
		A1-5	Energie-inzet produktie- en bouwfase	✓	✗	✗	✓
		B2-B5	Materiaalinzet bij onderhoud en vervanging	✓	✗	✗	✓
		B2-B5	Energie-inzet bij onderhoud en vervanging	✓	✗	✗	✓
		C1-4 +D	Afvalverwerking in sloopfase	✓	✗	✗	✓
		C1-4 +D	Energie-inzet in sloopfase	✓	✗	✗	✓
Energievoorziening t.b.v. gebouwerleaterd verbruik	Buiten gebouw		Winning van brandstoffen	✗	✗	✓	✓
			Productie van elektriciteit buiten gebouw	✗	✓ ¹	✓	✓
			Productie van warmte buiten gebouw	✗	✓ ¹	✓	✓
			Distributie van gas en elektriciteit – energieverlies en -verbruik	✗	✗	✓	✓
			Distributie van warmte – energieverlies en –verbruik	✗	✗	✓	✓
			Distributie van gas en elektriciteit – materiaalinzet	✗	✗	✓	✓
	Binnen gebouw	B6	Energieconversie binnen gebouw -materiaalinzet	✓	✗	✗	✓
		B6	Energieconversie binnen gebouw – energieinzet	✗	✓	✓	✓
		B6	Energieconversie binnen gebouw - emissies	✗	✗	✓	✓
	Energievoorziening t.b.v. huish. verbruik		B6?	Energie-inzet voor huishoudelijk gebruik	✗	✗	✗

Eenheid voor impact van gebouw	S€/jr	MJ _{prim} /jr	S€/jr	S€/jr
Functionele eenheid voor gebouw	m ² BVO	m ² GO, verwarmd	m ² BVO	m ² BVO

1) Uitputting fossiele brandstoffen wordt **wel** meegenomen In EPG, maar emissies en materiaalinzet door energiecentrales **niet**.

4 Duurzame Prestatie van Gebouwen (DPG)

In het TKI-Energoproject KIEM (“Kwaliteit door Integrale evaluatie van Energie en Milieu”) is in een breed consortium gezocht naar een aanpak om de resultaten van EPG en MPG te combineren tot één geaggregeerde indicator, de Duurzame Prestatie van Gebouwen (DPG). Binnen het project noemen we deze indicator ook wel de “KIEM-indicator”.

Omdat we de totale milieuprestatie willen waarderen, ligt het voor de hand om voor de systeemgrenzen, bepalingmethode en functionele eenheid zo veel mogelijk aan te sluiten bij de MPG methode, omdat deze al is gebaseerd op de LCA methodiek voor integrale evaluatie van milieueffecten van producten. Met deze keuze garanderen we dat een breed scala aan milieuthema’s binnen zeer ruime systeemgrenzen in de evaluatie wordt betrokken. Afschuiving van milieueffecten van de gebruiksfase naar de productie-, bouw- of sloopfase, of afschuiving van effecten op klimaatverandering naar toxiciteit kan hiermee vermeden worden.

De keuze voor de MPG-methode als basismethode voor de DPG betekent dat EPG-resultaten zo goed mogelijk moeten worden omgerekend naar impactscores die consistent zijn met de MPG methode.

Als we de impactscore van energiegebruik, op basis van EPG-resultaten, weergeven als EPG*, dan kunnen we stellen dat:

$$DPG = MPG + EPG^*$$

Immers de MPG geeft weer wat de milieu-impact is van de materialen in het gebouw, inclusief winning, materiaalproductie, bouwconstructie, onderhoud, sloop en afvalverwerking. En de EPG* geeft de milieu-impacts weer als gevolg van het energiegebruik tijdens de gebruiksfase van het gebouw².

Voor de omrekening van EPG resultaten naar een EPG* score maken we gebruik van milieu-impact factoren voor de belangrijkste (finale) energiedragers die de EPG onderscheidt:

$$EPG^* = (\text{Energieverbruik drager}_1 * IF_1) + (\text{Energieverbruik drager}_2 * IF_2) + (\text{Energieverbruik drager}_3 * IF_3) + \dots$$

waarbij drager 1, 2 en 3 de verschillende energiedragers zijn die voor het finale energiegebruik van een gebouw worden ingezet, bijvoorbeeld elektriciteit, aardgas, externe warmte.

De Impactfactoren IF_1 , IF_2 , IF_3 geven de impactfactor per eenheid energie voor een bepaalde energiedrager weer, dit is een factor waarin de milieu-impact van de winning, omzetting en distributie van die energiedrager worden verrekend.

Het is belangrijk om te realiseren dat deze impactfactoren twee bijdragen kunnen omvatten:

1. IF_{extern} , de milieu-impacts die optreden door activiteiten **buiten de grenzen van het gebouw**. Dit wil zeggen, alle impacts veroorzaakt door de winning, conversie en distributie van de energiedrager tot aan de voordeur (energiemeter) van het gebouw. Hierin moeten in principe ook de impacts van materialen voor de distributienetwerken en andere kapitaalgoederen buiten het gebouw worden meegenomen. (zie bijv. fig 3, bijlage 2, voor impacts van elektriciteit). Omdat deze activiteiten niet beïnvloedbaar zijn voor de ontwerper of gebruiker van het gebouw hanteren we voor IF_{extern} **generieke waarden** (maar wel verschillend per energiedrager).
2. IF_{intern} , de milieu-impacts veroorzaakt door energie-omzettingsprocessen **binnen het gebouw**, bijvoorbeeld bij de verbranding van aardgas in een verwarmingsketel (zie fig. 4, bijlage 1, voor impacts van energiedrager aardgas).

² Preciezer geformuleerd: de EPG omvat de energiegebruiken voor verwarmen, koelen, warmwaterbereiding etc. in de gebruiksfase. Het energiegebruik voor onderhoudswerkzaamheden en ook energiegebruiken *buiten de gebruiksfase* vallen onder de MPG.

Omdat deze impactfactor samenhangt met de keuze van het verbrandingstoestel heeft de ontwerper of gebruiker van het gebouw hier invloed op. Het hanteren van een generieke waarde voor IF_{intern} is dus minder wenselijk.

Toegesplitst op gastoestellen kan de IF_{intern} per type ketel verschillen door:

- a. verschil in omzettingsrendement van gas naar warmte;
- b. ander verschil in verbrandingsemissie, bijv. NO_x -emissie, onafhankelijk van het omzettingsrendement.

De rendementsfactor is eenvoudig mee te nemen omdat die tot uitdrukking komt in het aantal m^3 gas dat geconsumeerd wordt voor het gebouw. Verschillen in verbrandings-emissies echter, zijn niet of nauwelijks bekend, deze kunnen per keteltype bekend worden gemaakt door producenten van verwarmingstoestellen. Maar op dit moment is het dus nog lastig om een IF_{intern} vast te stellen die rekening houdt met de verschillen in emissies per ketel, anders dan veroorzaakt door rendementsverschillen.

Bovenstaande impactfactoren moeten afzonderlijk moeten worden vastgesteld per energiedrager, voor zover relevant voor gebruik in de gebouwde omgeving. De energiedragers die in de EPG-methode worden onderscheiden, zijn:

- elektriciteit
- aardgas
- externe warmte, kolen/olie
- externe warmte, AVI
- externe koude
- biomassa

Onder punt 6 beschrijven we of en hoe we de impactfactoren voor bovengenoemde energiedragers hebben vastgesteld. Eerst gaan we in op de meest geschikte keuze voor de functionele eenheid.

5 Functionele eenheid

Het is gebruikelijk om de prestatie-indicator van een gebouw te karakteriseren voor een bepaalde functionele eenheid. Meestal wordt hiervoor de m^2 vloeroppervlak gebruikt omdat het een bruikbare en praktische maat is voor de functionaliteit van een gebouw. Helaas zijn er nog diverse varianten in de definitie van een m^2 vloeroppervlak, zo hebben we onder andere het bruto vloeroppervlak (BVO) en het gebruiksoppervlak (GO). Voor de EPG berekening wordt het gebruiksoppervlak nog opgesplitst naar verwarmd gebruiksoppervlak en onverwarmd gebruiksoppervlak.

We hebben al gezien dat de functionele eenheden voor EPG en de MPG verschillend gekozen zijn.

- In de EPG is gekozen voor m^2 *verwarmd gebruiksoppervlak*
- In de MPG is gekozen voor de m^2 *bruto vloeroppervlak*

In principe lijkt de beste functionele eenheid voor de milieuprestatie een gebouw, de m^2 *totaal gebruiksoppervlak* (d.w.z. verwarmd + onverwarmd GO). Het GO van een ruimte of van een groep van ruimten is de oppervlakte, gemeten op vloerniveau, tussen de opgaande scheidingsconstructies, die de desbetreffende ruimte of groep van ruimten omhullen. Bij de bepaling van de GO worden niet meegerekend:

- de oppervlakte van delen van vloeren, waarboven de netto-hoogte kleiner is dan 1,5 m, met uitzondering van vloeren onder trappen, hellingbanen e.d.;
- een liftschacht;
- een trapgat, schalmgat of vide, indien de oppervlakte groter is dan of gelijk is aan $4 m^2$;
- een vrijstaande bouwconstructie (niet zijnde een trap) indien de horizontale doorsnede daarvan groter is dan of gelijk is aan $0,5 m^2$;
- een leidingschacht, indien de horizontale doorsnede groter is dan of gelijk is aan $0,5 m^2$;

- een dragende binnenwand.

Meer dan het BVO geeft het GO aan hoeveel m² de gebruiker van een gebouw echt beschikbaar en benutbaar heeft en het GO lijkt daarom de meest geschikte functionele eenheid. Dit zou betekenen dat we voor de DPG een andere eenheid zouden kiezen dan voor zowel MPG als EPG, m.a.w. naast de omrekening van EPG naar EPG* moet ook de MPG gecorrigeerd worden naar de andere functionele eenheid.

Uit pragmatische overwegingen hanteren we daarom voorlopig de m² BVO als functionele eenheid voor het vaststellen van DPG-score in de praktijktoets met de speciale versie van GPR Gebouw.

6 Impactfactor voor elektriciteit

In de impactfactor voor elektriciteit willen we zo volledig mogelijk de milieueffecten meenemen van het opwekken en distribueren van elektriciteit tot aan de voordeur. We kiezen daarbij voor de levering op laagspanningsniveau aan een kleinverbruiker omdat dit het meest representatief is voor het gros van de gebouwen in Nederland.

Om deze impact vast te stellen sluiten we zo veel mogelijk aan bij de methodiek van de MPG. Naast het winnen en aanvoeren van brandstoffen voor het Nederlandse elektriciteitsproductiepark, worden ook de emissies bij elektriciteitsopwekking en de materialen voor het elektrisch distributienetwerk meegenomen.

Bij de analyse van het elektriciteitsopwekkingsysteem is een aantal relevante keuzes:

- Voor welk jaar beschouwen we de brandstofmix?
- alleen fossiele opwekkingseenheden of ook groene stroom productie?
- alleen centrale opwekking of ook decentrale opwekking (WKK)?
- Data voor hoeveelheden geïmporteerde stroom per land?

Voor de milieuprofielen van bouwmaterialen wordt in de huidige versie van Nationale Milieu Database gebruik gemaakt van LCA data uit de ecoinvent database versie 2.2 (EI2.2). Met betrekking tot elektriciteitsproductie is dit een betrekkelijk oude dataset die gebaseerd is voor de brandstofmix van het jaar 2004. Het is de bedoeling dat versie 1.7 van de NMD, die in voorjaar 2015 beschikbaar komt, gebaseerd zal zijn op ecoinvent v3.1 (EI3.1). De brandstofmix van EI3.1 is overigens gebaseerd op data voor het jaar 2008, dus nog niet heel actueel.

In overleg met IVAM (H. van Ewijk) is ervoor gekozen om voor de KIEM impactfactor aan te sluiten bij dezelfde ecoinvent versie 2.2 van de huidige NMD (v1.6), maar wel met een enigszins geactualiseerde brandstofmix. In bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van de verschillen tussen de oorspronkelijke EI2.2 brandstofmix en de EI3.1 mix. We zien met name verschuiving in de import van stroom (minder import uit Duitsland en België, meer uit Noorwegen).

Op basis van de MPG methode voor weging van milieu-impacts is vervolgens een totale schaduwprijs vastgesteld voor de elektriciteitsproductie en -levering aan kleinverbruikers in Nederland. Deze schaduwprijs, oftewel de KIEM-impactfactor, voor elektriciteit is aldus berekend op 0,061 S€/kWh. Hiervan is ruim 50% veroorzaakt door de impact van Global Warming ("CO₂-emissie") en bijna 25% door de impact op "human toxicity". Voor de brandstofmix van EI2.2 lag de schaduwprijs hoger, te weten S€ 0,064/kWh (zie bijlage 3).

Naar de toekomst toe is te overwegen om de brandstofmix en opwekkingstechnieken meer in lijn te brengen met de huidige stand van zaken. Echter de consistentie met de andere basisprofielen in de NMD is daarbij wel een punt van aandacht. Actualisering is wenselijk voor:

- Jaar voor brandstofmix en verdeling import uit buitenland
- Beter modelleren van WKK-opwekking
- Herkomst van gas voor elektriciteitscentrales
- Splitsing naar levering van grijze stroom dan wel groene stroom (nu: gemiddelde mix).

7 Eigen opwekking van elektriciteit

Elektriciteit geproduceerd op of in het gebouw, bijvoorbeeld m.b.v. een zonnecelsysteem of micro-WKK eenheid, moet in mindering worden gebracht op het elektriciteitsverbruik. De bovenbeschreven impactfactor voor elektriciteit moet dus toegepast worden op het *netto-verbruik*, na aftrek van eigen opwekking.

De materialen voor het energie-opwekkingsysteem moeten uiteraard worden meegenomen in de MPG-berekening.

8 Impactfactor voor verbranding van aardgas

Ook voor het verbruik van aardgas als brandstof in een verwarmingstoestel willen we een impactfactor vaststellen. We hebben eerder opgemerkt dat hier twee bijdragen meegenomen moeten worden:

- IF_{extern} , de generieke impactfactor voor de aanvoer van aardgas bij de Nederlandse kleinverbruiker³;
- IF_{intern} , de impactfactor als gevolg van de verbranding van het aardgas in een cv-ketel of ander verwarmingstoestel.

Opnieuw moeten we aansluiten bij de processen en technieken die beschikbaar zijn in de ecoinvent database v2.2. Ecoinvent is een database die zijn oorsprong heeft in Zwitserland en het bleek dat data voor gasvoorziening bij kleinverbruikers oorspronkelijk waren gemodelleerd op basis van de aanvoermix zoals die in Zwitserland geldt. Omdat in Nederland naar verhouding meer gas uit Noorwegen wordt geïmporteerd en minder uit Rusland is de Zwitserse mix minder representatief. Met name voor de broeikasgasemissies kan dit nogal uitmaken (denk aan lekkages van methaan uit transportleidingen). Zo kent de NL gasmix een Global Warming Potential die slechts 25% bedraagt van de Zwitserse mix. Daarom is aanpassing van de gasmix naar de NL situatie doorgevoerd voordat een milieuprofiel is opgesteld.

Het materiaalgebruik voor het gasdistributienetwerk is overigens expliciet inbegrepen in de milieu-impact van gasaanvoer (dit valt buiten het gebouw en wordt dus niet meegenomen in de MPG).

De impact door emissies van de verbranding in de ketel is gemodelleerd op basis van een specifiek type HR-ketel zoals beschikbaar in ecoinvent 2.2 ("Natural gas, burned in boiler modulating <100kW/RER"). Deze ketel heeft een gemiddeld omzettingsrendement (van gas naar warmte) van 76%⁴.

Twee verdere aanpassingen waren nodig in de procesdata voor de ketel:

1. uitsluiting van het elektriciteitsgebruik door de ketel (deze wordt immers al meegenomen via elektriciteitsverbruik uit EPG) en
2. uitsluiting van de materialen verwerkt in de ketel (deze zijn al opgenomen in de MPG).

Op basis van deze aangepaste product- en procesdata komen we tot de volgende schaduwprijs voor gasverbranding in een cv-ketel: $5,05 \times 10^{-3}$ S€ per m³ aardgas. Hierin zit 68% bijdrage door verbrandingsemissies van de ketel en 32% bijdrage van de aanvoer van aardgas (zie bijlage 4 voor meer details)

³ Ook voor aardgas achten we levering aan de *kleinverbruiker* het meest representatief voor de gebouwde omgeving.

⁴ Dit lijkt misschien laag voor een HR-107 ketel maar als jaargemiddelde waarde met inbegrip van warm tapwater productie, is het redelijk realistisch. Overigens wordt feitelijk met het werkelijk rendement in de gebouwsituatie gerekend omdat we uitgaan van gasverbruikscijfers uit de EPG berekening. Emissies van de ketel worden dus meegeschaald met het ketelrendement volgens de EPG.

9 Impactfactor voor Externe Warmtelevering

Voor externe warmtelevering is het uitermate lastig om een KIEM impactfactor vast te stellen. Er is een grote diversiteit aan systeemconfiguraties die kan voorkomen. In de impactfactor moet in ieder geval rekening worden gehouden met:

- (extra) inzet van brandstoffen t.b.v. de warmte-opwekking (incl. hulpketels)
- emissies vanuit de verbranding van deze brandstoffen;
- in geval van Warmte Kracht Koppeling: de allocatie van impacts over elektriciteit en warmte;
- de materiaalinzet voor het warmtenetwerk en hulpketels;

Voor warmtelevering zijn verschillende emissiefactoren voor CO₂ in omloop, afhankelijk van de gehanteerde rekenmethode (Uniforme Maatlat, EMG, EPG)⁵:

STEG	19-28	kg CO ₂ /GJ
Olie/Kolen	87	
AVI	8,5-20	
Gasmotor/WKK	70,3	
Geothermie	3,0	

Gezien de grote spreiding in alleen al de CO₂ –emissie plus de onbekendheid van materiaalinzet voor het warmtenet is het verstandig om een conservatieve schatting aan te houden.

We kiezen er daarom voor om een voorlopige, indicatieve impactfactor te baseren op de impact van aardgasverbranding met een opslag van 50%: dat wil zeggen een impactfactor van 7,6 S€/GJ.

Dit is een globale schatting die als gemiddelde kan worden gebruikt voor bestaande warmtenetten in Nederland. Warmtenetten die zijn ingericht voor benutting van bodemwarmte moeten natuurlijk anders gemodelleerd worden.

Nadere analyses voor specifieke warmtenetten, wellicht op basis van gelijkwaardigheidsverklaringen voor de EPG, en met aanvullend informatie over de opbouw van het distributienetwerk zijn nodig om meer exacte impactfactoren vast te stellen. Ook analyses voor kleinschalige netten met bodemwarmte als bron zijn noodzakelijk voor een goed beeld van diverse warmteleverings-opties.

10 Externe koude

Voor levering van externe koude is nog geen impactfactor vastgesteld. Dit is een complexe opgave vanwege de grote variatie aan systemen en koudebronnen.

11 Biomassa

Ook bij biomassa en biogas kennen we een groot scala aan soorten en bronnen voor de brandstof, ieder met heel specifieke milieu-impacts. Het aspect van indirect landgebruik en alle gevolgen daarvan (bijv. ontbossing), vormen hierbij een belangrijk aandachtspunt⁶.

Om deze reden is in het KIEM-project nog geen impactfactor voor verbranding van biomassa vastgesteld. Dit zou wel wenselijk zijn, gezien de groeiende bijdrage van biomassa.

⁵ Bronnen:

1) P. Nuiten, Memo CO₂-emissiefactoren STEG en aftapwarmte, W/E adviseurs, februari 2015

2) www.co2emissiefactoren.nl, originele bron: CE Delft, 2011. Conversiefactoren voor de CO₂-prestatieladder ProRail Update factoren 2011.

⁶ Zie bijv. [Wicke et al, Copernicus Institute, Utrecht University, 2015](#)

12 Verder onderzoek

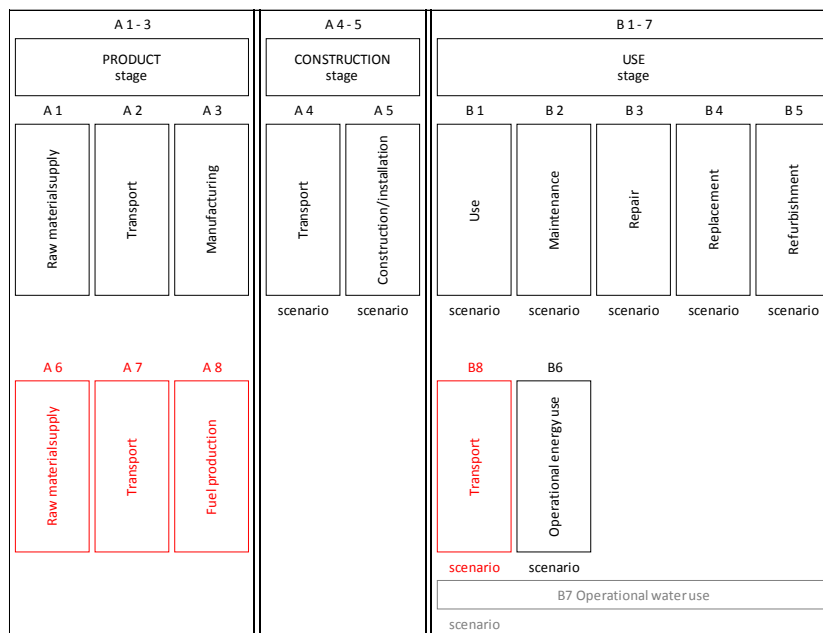
Onderwerpen die nader onderzoek verdienen zijn:

1. Wat is de materialeninzet voor warmtenetwerken in diverse configuraties;
2. Wat zijn impactfactoren voor typische warmte-opweksystemen voor warmtelevering, zowel grootschalige en kleinschalige;
3. Wat zijn impactfactoren voor gebruik van diverse types biomassa of biogas;
4. is het zinvol een onderscheid te maken in het milieuprofiel naar grijze en groene elektriciteit?
5. Idem voor “groen gas”?
6. Is het mogelijk om specifieke informatie te verschaffen over de verbrandingsemissies van verschillende types cv-ketels? Zo ja, is het zinvol om op basis hiervan toestel-specifieke milieuprofielen te maken ?



KIEM methode - Bijlagen

Het is nodig om helder te zijn over de afbakening van de verschillende fasen in de levensduur van een gebouw. We lichten toe dit aan de hand van onderstaande figuur uit EN15978.



Figuur 1: schema uit EN 15978, inclusief energie

Product stage

Het gaat hier om alle ‘cradle to gate’ processen voor de in het gebouw toe te passen materialen en diensten. A1 tot en met A3 zijn beschreven in NEN EN 15804.

Ook bij Energie loopt deze fase van de winning van de brandstoffen tot aan de poort van de brandstoffabriek (A6 – A8). Conversieverliezen en lekverliezen tijdens het transport naar andere productlocaties vallen hierbinnen. Ditzelfde geldt voor de productie van elektriciteit op basis van fossiele brandstoffen of duurzame energie (wind, zon, water).

Construction stage

Deze fase dekt alle processen vanaf de fabriekspoort tot het moment dat het gebouw wordt opgeleverd.

A4 omvat het transport van alle benodigde materialen en producten, inclusief transport ten behoeve van tussentijdse opslag en distributie. Ook het transport van kapitaalgoederen nodig voor de bouw, hoort er bij. Materiaal- en productverliezen tijdens het transport worden in A4 meegenomen. Het transport van personen (bouwvakkers) is niet inbegrepen.

A5 omvat alle processen tijdens de bouw. Dit is inclusief het transport op de bouwplaats, tijdelijke bebouwingen, opslag, verwarmen/koelen, afvalbehandeling, hulpmaterialen zoals tijdelijke bekistingen (niet in A1 - A3 meegenomen).

De constructiefase is bij Energie niet aan de orde. De installaties worden net als de bouwkundige elementen aan Materialen toebedeeld. Dit geldt ook voor de energie-input bij het transport en het bouwproces.

Use stage

Het gaat hier om de periode vanaf de oplevering tot aan de sloop. Dus zowel om de inzet van producten en materialen bij onderhoud, reparaties, vervangingen en renovaties, als om diensten zoals verwarmen, koelen en intern transport (liften). De begrenzing van het gebouw ligt bij de gebouw gerelateerde componenten, losse meubels vallen daar dus buiten.



Bijlage 1 – Allocatie naar fasen volgens EN 15978

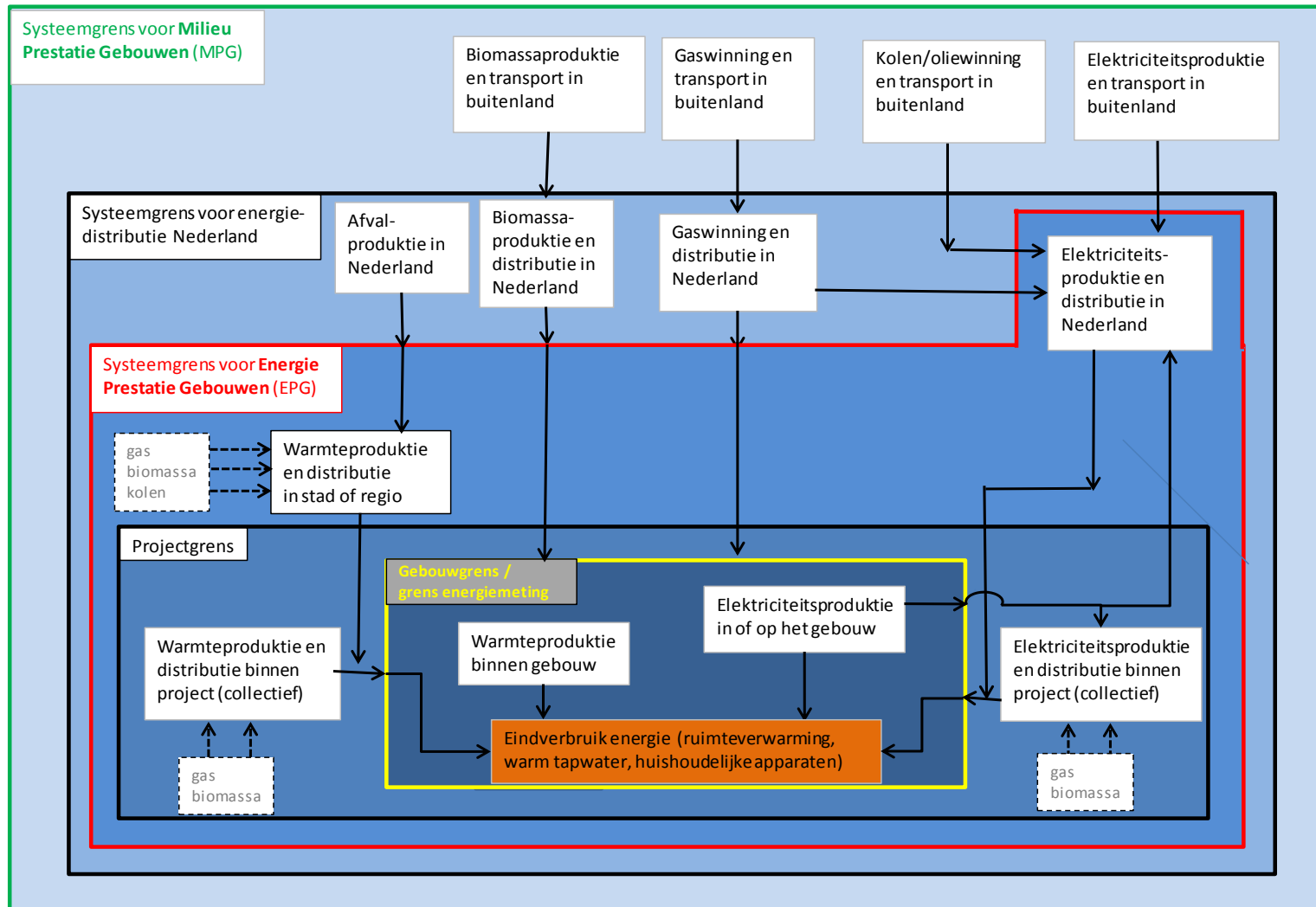
B1: Het gaat hier om emissies die ontstaan bij normaal dagelijks gebruik, zoals van vloerbedekking of uitloging naar oppervlaktewater.

B2-B5: Relevant zijn alle materialen/producten, hulpmiddelen en processen (zoals reinigen, zagen, schuren), die bij onderhoud tijdens de gebruiksfase worden ingezet. De productie en het transport van deze materialen/producten wordt bij B meegenomen. Dat geldt ook de verwerking van het bij de reparatie of vervanging vrijkomend afval

In Nederland is regulier onderhoud en vervanging nu gekoppeld aan de materialen/producten, die worden ingezet bij de bouw. Bij renovatie worden de vaste cycli doorbroken, een nieuwe beschrijving van de materialen/producten wordt gevraagd. Het regulier onderhoud en vervanging zijn vervolgens gekoppeld aan deze nieuwe situatie.

Energie is als B6 Operationele energie geheel gealloceerd binnen de gebruiksfase. Voor de integrale afweging is het nodig dat ook de productiefase (A6 – A8) meegenomen wordt. Dat geldt ook voor het transport van de brandstoffabriek, elektriciteitscentrale of warmte/koude-leverancier tot in het gebouw (B8). Ook lek- en conversieverliezen bij het transport van de laatste productlocatie naar het gebouw worden bij B8 meegenomen. Net als bij A4 is B8 inclusief transport ten behoeve van tussentijdse opslag en distributie.

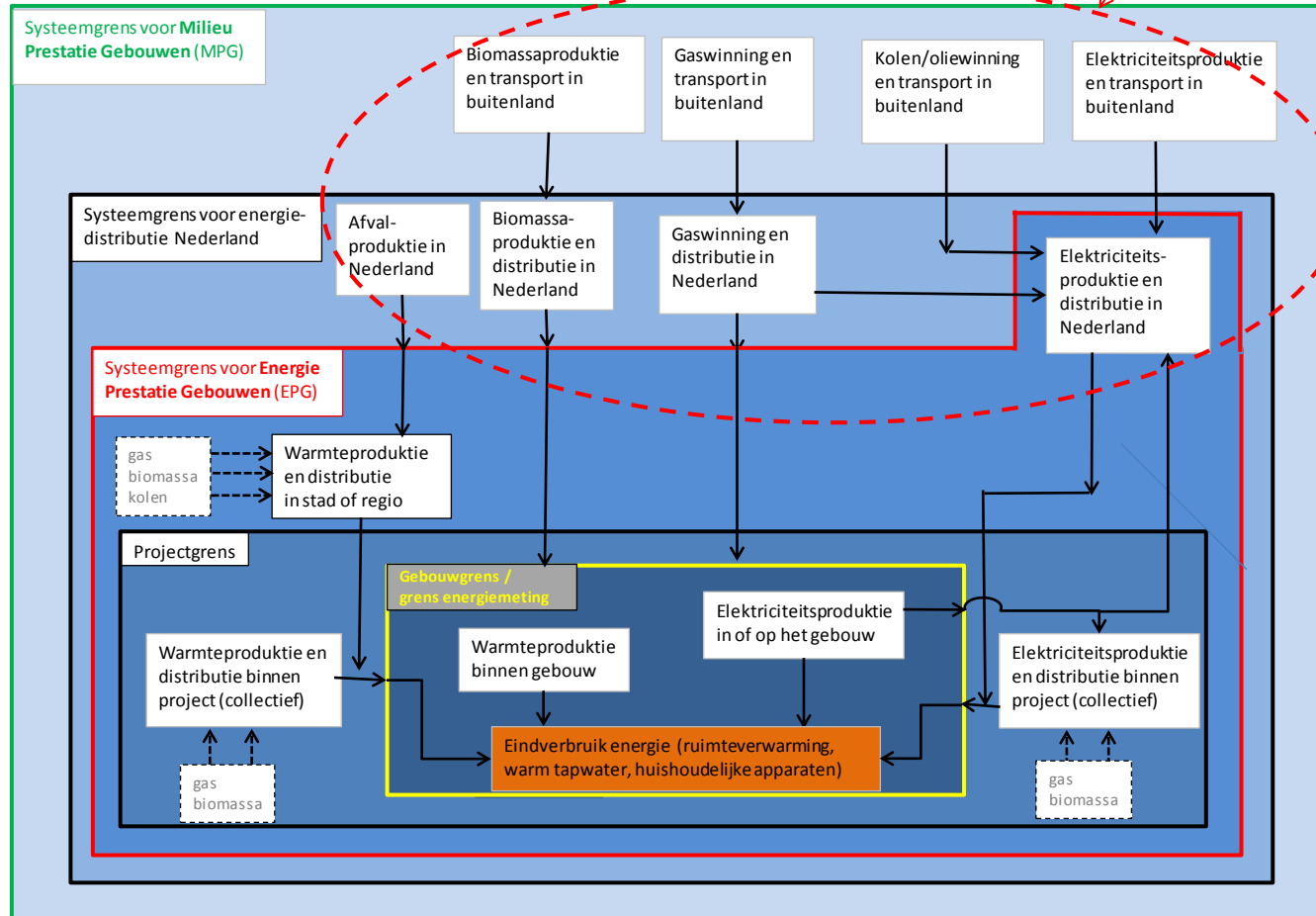
Bijlage 2 – Systeemgrenzen voor energievoorziening



Figuur 2: Schematische weergave van de systeemgrenzen voor EPG en MPG. Alleen energiestromen zijn weergegeven, geen materiaalstromen.

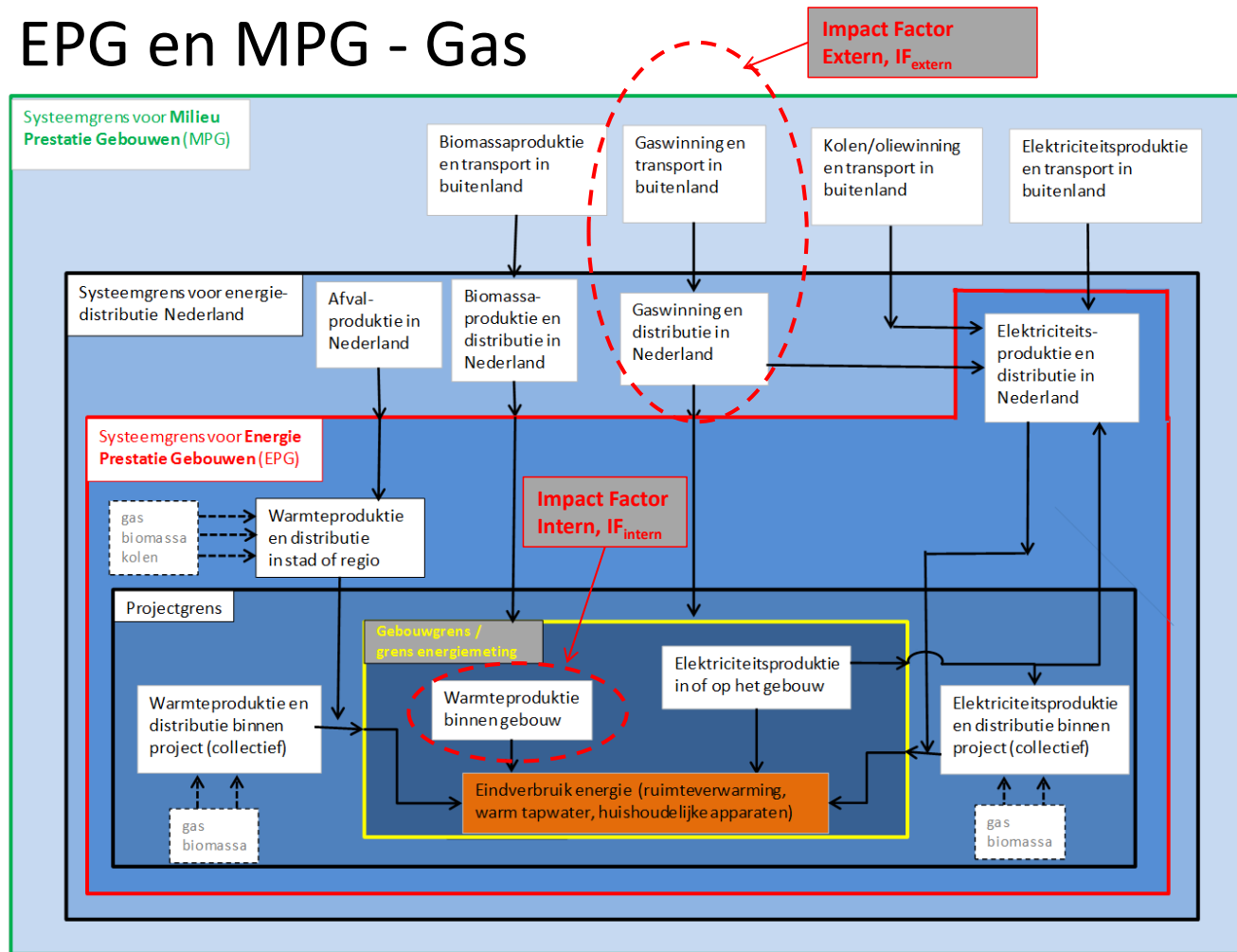
EPG en MPG - Elektriciteit

Impact Factor
extern, elektriciteit



Figuur 3: Bijdragen aan milieu-impact van elektriciteit als energiedrager

EPG en MPG - Gas



Figuur 4: Bijdragen aan milieu-impact van aardgas als energiedrager

Bijlage 3 – Impacts van elektriciteitsproductie

	EI 2.2	EI 3.1
Electricity, hard coal, at power plant/NL U	19,1%	20,1%
Electricity, oil, at power plant/NL U	2,3%	0,0%
Electricity, natural gas, at power plant/NL U	49,6%	44,8%
Electricity, industrial gas, at power plant/NL U	2,2%	3,5%
Electricity, production mix photovoltaic, at plant	0,0%	0,2%
Electricity, hydropower, at power plant/NL U	0,1%	0,1%
Electricity, nuclear, at power plant/UCTE U	3,1%	3,2%
Electricity, at wind power plant/RER U	1,6%	4,1%
Electricity, at cogen ORC 1400kWth, wood, allocat	1,5%	6,0%
Electricity, at cogen with biogas engine, allocatic	0,2%	0,0%
Electricity, production mix BE/BE U	3,4%	0%
Electricity, production mix DE/DE U	14,7%	11,1%
Electricity, production mix NO/NO U	0,0%	3,9%

Tabel 1: Brandstofmix voor Nederlandse elektriciteitsproductie zoals opgenomen in ecoinvent 2.2 en 3.1 database versies. Voor KIEM is uitgegaan van EI3.1 mix, de milieuprofielen van afzonderlijke opwektechnologieën zijn nog afkomstig uit EI2.2.

Impact category	Unit	Electricity, low voltage, at grid/NL (EI2.2)	Electricity, low voltage, at grid/NL (KIEM)
abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	8,98E-07	9,32E-07
abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	0,0056238	0,005059
global warming (GWP)	kg CO2 eq	0,7261817	0,683386
ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,81E-08	2,26E-08
photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	8,12E-05	7,60E-05
acidification (AP)	kg SO2 eq	0,0011019	0,001066
eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	0,000285	0,000281
human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	0,1622486	0,161474
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	0,0024003	0,002083
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	44,509494	38,42967
Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	0,0093624	0,00933

Tabel 2: Milieu-impacts o.b.v. oorspronkelijke brandstofmix uit EI2.2 en voor de KIEM brandstofmix (=EI3.1).

Impact category	Unit	Electricity, low voltage, at grid/NL (E12.2.)	Electricity, low voltage, at grid/NL (KIEM)
abiotic depletion, non fuel (AD)	S€/kWh	1,44E-07	1,49E-07
abiotic depletion, fuel (AD)	S€/kWh	9,00E-04	8,09E-04
global warming (GWP)	S€/kWh	3,63E-02	3,42E-02
ozone layer depletion (ODP)	S€/kWh	8,42E-07	6,78E-07
photochemical oxidation (POCP)	S€/kWh	1,62E-04	1,52E-04
acidification (AP)	S€/kWh	4,41E-03	4,26E-03
eutrophication (EP)	S€/kWh	2,56E-03	2,53E-03
human toxicity (HT)	S€/kWh	1,46E-02	1,45E-02
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	S€/kWh	7,20E-05	6,25E-05
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	S€/kWh	4,45E-03	3,84E-03
Ecotoxicity, terrestic (TETP)	S€/kWh	5,62E-04	5,60E-04
Totaal	S€/kWh	6,40E-02	6,09E-02

Tabel 3: Milieu-impact van elektriciteit volgens MPG methode, uitgedrukt in schaduwprijs.

Met dank aan Harry van Ewijk, IVAM, voor het generen van bovenstaande resultaten.

Bijlage 4 – Impact van aanvoer en verbranding van aardgas

Impact category	Unit	Total	Natural gas, burned in boiler modulating <100kW/RER U	Natural gas, low pressure, at consumer NL
abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,15E-09	0	2,15E-09
abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	0,000564	0	0,000564
global warming (GWP)	kg CO2 eq	0,062818	0,05621125	0,006607
ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,44E-09	0	3,44E-09
photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	5,96E-06	1,29E-06	4,67E-06
acidification (AP)	kg SO2 eq	1,47E-05	7,91E-06	6,83E-06
eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	3,55E-06	2,02E-06	1,53E-06
human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	0,01178	0,00650192	0,005278
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,85E-05	2,56E-06	1,59E-05
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,5147	7,88E-05	6,514621
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	8,09E-06	9,53E-07	7,14E-06

Tabel 4: Milieu-impacts van aanvoer en verbranding aardgas in HR-ketel op basis van ecoinvent 2.2, aangepast aan NL gasmix

	Totaal	verbranding gas	Aanvoer gas
	SE/MJ	SE/MJ	SE/MJ
abiotic depletion, non fuel (AD)	3,44E-10	0,00E+00	3,44E-10
abiotic depletion, fuel (AD)	9,02E-05	0,00E+00	9,02E-05
global warming (GWP)	3,14E-03	2,81E-03	3,30E-04
ozone layer depletion (ODP)	1,03E-07	0,00E+00	1,03E-07
photochemical oxidation (POCP)	1,19E-05	2,58E-06	9,33E-06
acidification (AP)	5,90E-05	3,16E-05	2,73E-05
eutrophication (EP)	3,19E-05	1,82E-05	1,37E-05
human toxicity (HT)	1,06E-03	5,85E-04	4,75E-04
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	5,54E-07	7,67E-08	4,77E-07
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	6,51E-04	7,88E-09	6,51E-04
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	4,85E-07	5,72E-08	4,28E-07
Totaal	5,05E-03	3,45E-03	1,60E-03

Tabel 5: Milieu-impact van verbranding aardgas in HR-ketel volgens MPG methode, uitgedrukt in schaduwprijs

Met dank aan Harry van Ewijk, IVAM, voor het generen van bovenstaande resultaten.