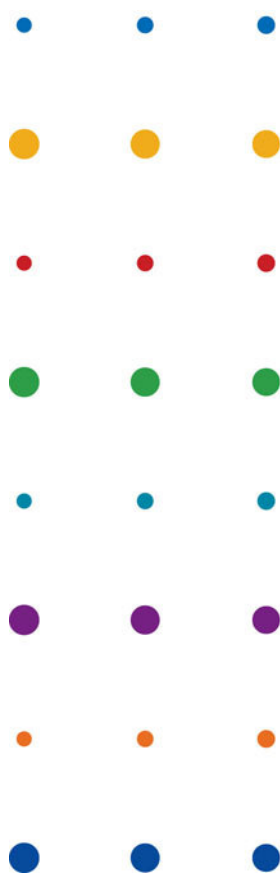


Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde Rekenmethoden



Uitgerekend nul

Agentschap NL

Februari 2010

Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde Rekenmethoden

Uitgerekend nul

dossier : C6437

registratienummer : C6437.01.001

versie : concept2

Agentschap NL

Februari 2010

INHOUD**BLAD**

1	INLEIDING	3
2	OVERZICHT REKENMETHODEN	4
2.1	Internationale beoordelingsmethoden	4
2.2	Nationale beoordelingsmethoden	5
2.3	Overige methoden en ontwikkelingen	5
3	GESCHIKTE METHODEN NADER BEKEKEN	7
3.1	Aspecten energiegebruik berekend in methoden	7
3.2	Duurzame energie en methoden	8
3.3	Middelen voor CO ₂ -/energieneutraliteit	8
3.4	Overige aspecten methoden	8
4	REKENMETHODE ENERGIENEUTRAAL	8
4.1	Definitie energieneutraal	8
4.2	In te zetten rekenmethoden	8
4.3	Duurzame energie per rekenmethode	8
4.4	Vergelijking rekenmethoden	8
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	8
6	COLOFON	8

Bijlage 1: Beschrijving rekenmethoden

Bijlage 2: Beschrijving middelen invulling energievraag

1 INLEIDING

In het hoofdrapport is de achtergrond en aanpak beschreven van het onderzoek dat DHV uitvoert in opdracht van Agentschap NL. Het onderzoek betreft het gebruik van de termen energieneutraal, CO₂-neutraal en klimaatneutraal in de huidige praktijk voor scholen en kantoorgebouwen, om van daaruit aanbevelingen te doen over het definiëren van deze termen, het berekenen van deze claims voor individuele gebouwen én over de wijze waarop eenduidig gebruik van termen en berekeningswijzen gestimuleerd kan worden.

Deze rapportage gaat in op het onderwerp rekenmethoden. Hoe reken je uit of een project inderdaad neutraal uitkomt? Eén taal voor neutraliteit ontbreekt. Logischerwijs ontbreekt dan ook een eenduidige rekenmethode om de neutraliteit te bepalen. Als in het ene project energieneutraal betrekking heeft op de energieposten van de EPC en in een ander project op gebouwgebonden en gebruikersgebonden energiegebruik en in weer een ander project ook nog aanvullend het materiaalgebruik van het gebouw wordt betrokken, dan ligt het voor de hand dat er diverse methoden worden toegepast om de neutraliteit van een project aan te tonen. Het bepalen, vergelijken en beoordelen van ambities of claims met betrekking tot neutraliteit van projecten is op dit moment lastig, zo niet onmogelijk.

Deze bijlage geeft inzicht in hoe met bestaande methoden op een transparante en geaccepteerde wijze gerekend kan worden aan (de mate van) neutraliteit van utiliteitsgebouwen.

Om antwoord te geven op de vraag hoe en op welke wijze er reeds nu gerekend kan worden aan (de mate van) neutraliteit van utiliteitsgebouwen zijn de volgende stappen genomen:

1. Welke rekenmethoden zijn voorhanden en welke lijken geschikt?
2. Welke aspecten worden berekend door deze methoden?
3. Welke elementen zijn nodig om neutraliteit uit te rekenen en hoe verhoudt zich dit tot de methoden?
4. Welke aanvullende methoden zijn nodig om alle elementen te kunnen bepalen?
5. Hoe zou een rekenmethode die neutraliteit berekend eruit kunnen zien?

2 OVERZICHT REKENMETHODEN

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van gangbare rekenmethoden. Er wordt een selectie gemaakt van methoden die in eerste instantie geschikt lijken voor het bepalen van (onderdelen van) energieneutraliteit. Er wordt hiervoor onder andere gebruik gemaakt van eerdere studies van DHV, zoals het onderzoek naar (internationale) duurzaam bouwen instrumenten.

Voor de eerste selectie worden de volgende criteria gehanteerd:

- Beschikt de methode over een rekenkern voor energie? En beschikt de methode over een integrale berekening waarmee invloeden op elkaar van verschillende aspecten meegenomen worden. Alleen een vragenlijst is niet geschikt om energieneutraliteit te bepalen.
- Is de methode geschikt voor de Nederlandse markt?

De methoden die voor de selectie bekeken worden, zijn beschreven in de rapportage 'Instrumenten Beoordeling en Promotie Duurzame Kantoren', DHV, juni 2008. Er wordt onderscheid gemaakt in internationale en nationale beoordelingsmethoden.

2.1 Internationale beoordelingsmethoden

Onderstaande tabel geeft een overzicht van internationale beoordelingsmethoden en de kenmerken betreffende de genoemde criteria.

Tabel 2.1: Overzicht internationale methoden.

omschrijving	LEED	BREEAM international	CASBEE	Green Globes	GBT Tool	HQE	RETScreen
Berekening energie	+	+	-	-	-	-	+
Integrale berekening	-	-	?	+	-	-	+/-
Geschikt voor NL situatie	+/-	+/-	-	-	+/-	-	+/-
Om te bouwen voor NL-situatie	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-	+

Op basis van de criterium rekenkern vallen de internationale methoden Casbee, Green Globes, GBT Tool en HQE af als geschikte methode voor het bepalen van energieneutraliteit voor Nederlandse projecten. BREEAM International is onlangs door het Dutch Green Building Council (DGBC) vertaald voor de Nederlands situatie, zogenaamde BREEAM-NL, zie verder Nationale beoordelingsmethoden.

LEED beschikt over een rekenkern, echter geen eigen rekenkern. Bovendien is LEED niet direct geschikt voor de Nederlandse situatie. In het rapport 'Instrumenten Beoordeling en Promotie Duurzame Kantoren' staat: *'Een internationaal instrument dient voor de afzonderlijke onderwerpen wel aan te sluiten bij nationale referenties en nationale bouwregelgeving. Dit argument maakt dat LEED als systeem afvalt, omdat LEED expliciet uitgaat van Amerikaanse regelgeving en Amerikaanse referenties.'*

Van de internationale methoden blijft RETScreen over als methode die in eerste instantie geschikt is om energieneutraliteit van een gebouw aan te tonen.

2.2 Nationale beoordelingsmethoden

In onderstaande tabel zijn nationale methoden weergegeven.

Tabel 2.2: Overzicht nationale methoden.

omschrijving	EPA- berekening	EPC- berekening	Groen financiering	GPR	GreenCalc+	Triodostoets	BREEAM-NL	PHPP
Energieberekening	+	+	EPC- ber.	+	+	EPC- ber.	EPC- ber.	+
Integrale berekening	+	+	-	-	+	-	-	+
Geschikt voor NL situatie	+	+	+	+	+	+	+	+/-

Zowel Groen financiering als Triodostoets maken gebruik van de EPC-berekening. De methoden bevatten zelf geen rekenkern en betreffen voornamelijk maatregelenlijsten. Daarom zullen we deze twee methoden niet verder bekijken.

BREEAM-NL is momenteel alleen voor nieuwbouw gereed. BREEAM Bestaande Bouw en BREEAM Gebiedsontwikkeling worden nog ontwikkeld en/of vertaald. Voor de energieberekeningen maakt BREEAM gebruik van de EPC-berekening. Ondanks dat BREEAM geen eigen rekenkern bevat, wordt de methode nader bekeken omdat er veel ontwikkelingen zijn in Nederland met betrekking tot deze methode.

De overige methoden lijken in eerste instantie wel geschikt voor het bepalen van (een deel van) energieneutraliteit.

2.3 Overige methoden en ontwikkelingen

Behalve de reeds genoemde methoden (met name gebouwgebonden) zijn ook de volgende methoden interessant voor deze studie:

- De Energie Prestatie op Locatie (EPL).
- Energie Prestatie Gebouw (EPG).
- Hybride EPC.

EPL (EMG)

De EPL (Energieprestatie op locatie) wordt bepaald op wijkniveau met behulp van onder andere EPC-berekeningen. Het resultaat van de EPL-berekening, de EPL-score, is een maat voor verbruik van fossiele brandstoffen voor een hele bouwlocatie inclusief de energievoorziening die voor en/of in deze locatie is aangelegd. Hierbij geldt: hoe hoger de EPL-score, des te lager het verbruik. De EPL kent een schaal van 0 tot 10, waarbij 10 staat voor een ideaalsituatie waarbij geen fossiele brandstoffen meer worden gebruikt. De EPL wordt binnenkort vervangen door de EMG.

Daarnaast wordt rekening gehouden met het energiegebruik voor straatverlichting en bemaling. De EPL kan onder andere worden bepaald met GreenCalc+. De energievraag van de wijk wordt in GreenCalc+ bepaald uit de resultaten van de energiemodule op gebouwniveau en forfaitaire waarden voor energiegebruik voor straatverlichting en bemaling.

DHV B.V.

Voorheen werd de EPL bepaald met OEI (Optimale energie-infrastructuur). OEI betreft een proces om te komen tot beleid voor energiebesparing op bestaande en nieuwe locaties. Dit model is bedoeld om een aantal varianten voor de energievoorziening van een wijk door te rekenen en zo kansrijke opties te selecteren. Resultaten worden onder andere uitgedrukt in een EPL-score. Het OEI model wordt niet meer onderhouden en is niet meer verkrijgbaar. De laatste versie dateert uit december 2002.

De EPL is interessant omdat met deze methode diverse energieconversies worden berekend, die in gebouwgebonden methoden niet worden bekeken. De EPL bevat mogelijk aanvullende berekeningen om energie- en CO₂-neutraliteit te bepalen.

EPG

Naar verwachting zal in januari 2011 de nieuwe EPG (NEN 7120 - Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode) van kracht worden. De EPG is een genormeerde methode om de energieprestatie van gebouwen te berekenen. De EPG gaat de huidige EPN en EI vervangen. De EPG legt de basis waarmee zowel de energieprestatie van nieuwe als de energie-index van bestaande gebouwen kunnen worden berekend en dan voor zowel woningbouw als utiliteitsbouw. Daarmee bereikt de EPG een betere afstemming tussen de verschillende rekenmethoden.

Door de samenvoeging van EI en EPN worden onder andere klimaatdata en de berekeningswijze op elkaar afgestemd. Daarnaast worden technieken die nog niet gewaardeerd werden, toegevoegd. Mogelijkheden voor duurzame energie en gebruikersgebonden energiegebruik zullen vergelijkbaar worden meegenomen als nu in EPN en EI.

In EPG is naast het gebouwgebonden energiegebruik ook niet-gebouwgebonden energiegebruik opgenomen met een aantal kentallen. Het niet-gebouwgebonden energiegebruik speelt echter geen rol in het energiegebruik dat wordt berekend ter toetsing aan de eisen in het Bouwbesluit, maar deze gebruiken zijn wel beschikbaar om energie-neutraliteit te beoordelen.

Daarnaast vindt waardering van duurzame opwekking op het perceel in de EPG plaats en zal duurzame opwekking in het gebied in de EMG (EMG gaat EPL vervangen) worden opgenomen.

Hybride EPC

In Noord Nederland wordt, als onderdeel van Energie Akkoord Noord Nederland en het 100.000 woningenplan, gewerkt aan de Hybride EPC. De Hybride EPC heeft als belangrijkste doel daadwerkelijk energiezuinige nieuwbouwwoningen op te leveren (met behoud van een gezond en comfortabel binnenmilieu en een goede betaalbaarheid). De aandacht gaat vooral uit naar de eerste stap van de Trias Energetica: energie besparen. Voornamelijk door aandacht te geven aan bouwtechnische aspecten die de gebouwgebonden energievraag beperken. Schilisolatie, kierdichtheid en bouwkwaliteit zijn belangrijke elementen van de Hybride EPC.

- De Hybride EPC maakt gebruik van de gebouwschilindicator;
- de Hybride EPC stelt een prestatie-eis aan de schil: de gebouwschil-eis.

Naar verwachting zal de Hybride EPC in juli 2010 in Noord Nederland (Groningen, Drenthe en Friesland) in werking treden.

3 GESCHIKTE METHODEN NADER BEKEKEN

In hoofdstuk 2 zijn zeven methoden geselecteerd die in eerste instantie geschikt lijken om (een deel van) energieneutraliteit van gebouwen te bepalen. Dit hoofdstuk gaat nader in op deze zeven methoden.

1. EPA-berekening
2. EPC-berekening
3. GPR
4. Greencalc+
5. BREEAM-NL
6. PHPP
7. RETScreen

Onderwerpen die bekeken worden zijn:

- Welke aspecten van het energiegebruik worden in de methode meegenomen (materiaal, gebouwgebonden, eigen opwekking e.d.).
- Bruikbaarheid van de methode tijdens verschillende fases van het bouwproces.
- De eenduidigheid van de methode.
- Geschiktheid van de methode om diverse projecten te vergelijken.
- Acceptatie en hantering van de methode in de markt.

Hiermee ontstaat een beeld van de dekking, acceptatie en transparantie van de verschillende methoden. In bijlage 1 is een beschrijving opgenomen van de methoden.

3.1 Aspecten energiegebruik berekend in methoden

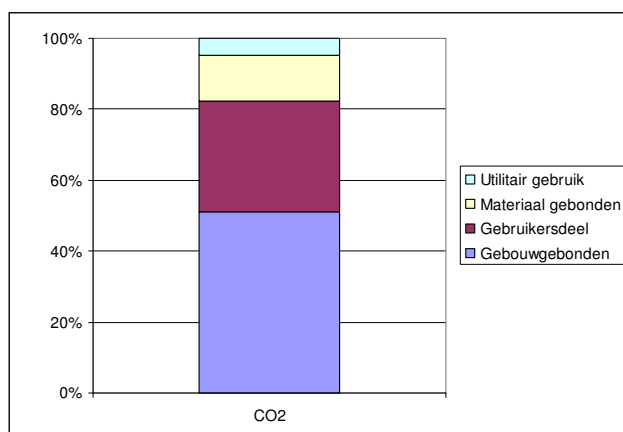
In de rapportage 'Definities klimaat-, CO₂- en energieneutraal, W/E, juni 2009'¹ onderscheidt men voor de gebouwde omgeving grofweg de volgende energiegebruiken:

- a) Gebouwgebonden energiegebruik (warmte, koude, elektriciteit voor installaties en voor verlichting).
- b) Gebruikersdeel energiegebruik (alle elektriciteit m.u.v. installaties en verlichting).
- c) Materiaalgebonden energiegebruik (voor winning, productie, transport en afvalverwerking van de materialen voor de constructie van het gebouw).
- d) Utilitair energiegebruik (voor openbare verlichting en bemaling).
- e) Energie voor mobiliteit van bewoners/gebruikers.
- f) Indirect energiegebruik van bewoners/gebruikers (productie van consumptiegoederen, voedsel, huishoudelijke apparaten etc.).

Voor CO₂-emissies kan in principe dezelfde indeling gehanteerd worden. De energiegebruikscategorieën e) en f) zijn zeker niet onbelangrijk maar W/E acht het niet zinvol om deze op te nemen in een definitie voor energieneutraliteit voor de gebouwde omgeving. In de eerste plaats zijn er voor beide gebruikscategorieën grote methodologische en praktische problemen om het feitelijke verbruik in een specifiek project vast te stellen. In de tweede plaats is het lastig tot ondoenlijk om door maatregelen op projectniveau het gebruik in deze categorieën te beïnvloeden.

¹ Het W/E rapport is recent uitgebracht als PeGO rapport onder de titel 'Stevige ambities, klare taal', http://www.AgentschapNL.nl/mmfiles/Rapport%20%20Stevige%20ambities%20klare%20taal%20C%20definitiestudie%20-%20november%202009_tcm24-317958.pdf

In Figuur 3.1 geeft de bijdragen van de vier resterende verbruikscategorieën (a t/m d) voor een typische nieuwbouw kantoor met een EPC van 1,1.



Figuur 3.1: Bijdragen aan CO₂-emissie voor nieuwbouw kantoor (3000 m²) met EPC= 1,1 (Bron: GPR Gebouw en Greencalc). N.B.: De materiaalgebonden gebruik/emissie is verrekend over de levensduur van het gebouw; voor het utilitair verbruik is de betreffende waarde uit de EPL methode overgenomen.

We zien dat het gebouwgebonden gebruik het grootste aandeel heeft (bijna 60%) maar dat het gebruikersdeel en de materiaalgebonden emissies zeker ook relevant zijn met respectievelijk 27% en 10% bijdrage aan de totale CO₂-emissie. Het utilitair verbruik geeft slechts 4% bijdrage. De definitie van CO₂- of energieneutraal zoals beschreven in de definitiestudie richt zich op het gebouwgebonden gebruik, het gebruikersdeel en het materiaalgebonden.

Van de zeven geselecteerde methoden is beoordeeld in hoeverre de drie energiegebruiken, die gehanteerd worden in de definitiestudie, berekend kunnen worden, zie tabel 3.1.

Tabel 3.1: Energieposten en methoden.

	Gebouw-gebonden	Gebruikers-gebonden	Materialen
EPA-berekening	+	+/- ²	-
EPC-berekening	+	-	-
GPR	+	-	+
Greencalc+	+	+	+
BREEAM-NL	+	- ³	+
PHPP	+	+	-
RETScreen	+	+	-

² T.b.v. bepaling energielabel wordt alleen het gebouwgebonden energiegebruik meegerekend. T.b.v. energiepresatieadvies wordt ook het gebruikersgebonden energiegebruik bepaald. In het resultaat en het energiebesparingsadvies wordt dit echter niet beoordeeld.

³ Vermoedelijk wordt gebruiksgebonden energiegebruik wel in het in ontwikkeling zijnde BREEAM Bestaande Bouw meegenomen (BREEAM In Use).

3.2 Duurzame energie en methoden

In navolging van het Protocol Monitoring Duurzame Energie (zoals ook beschreven in de definitiestudie) onderscheiden we de volgende bronnen van duurzame energie die kunnen vallen binnen de definitie van CO₂- of energieneutraal. Onderstaand een overzicht welke vormen van duurzame energie wel en niet meegenomen worden in de methoden.

Tabel 3.3: Overzicht technologieën en methoden.

Bron	Technologie	EPA- berekening	EPC- berekening	GPR	Greencalc+	BREEAM NL	PHPP	RETScreen
Waterkracht	Waterkrachtcentrale	-	-	-	+/- ⁴	+	-	+
Getijden	Getijdenenergiecentrale	-	-	-		+	-	+
Golven	Golfenergiecentrale	-	-	-		+	-	+
Wind	Windturbines	-	-	-	+	+	-	+
Zon	Photovoltaïsche cellen	+	+	+	+	+	+	+
	Thermische systemen	+	+	+	+	+	+	+
	Passieve zonenergie	+	+	⁵	+	+	+	+
Aardwarmte	Aardwarmte/ Geothermische centrale	-	-	-	-	+	-	+
Omgevingswarmte	Warmte/koudeopslag	+	+	-	+	+	-	+
	Warmtepomp	+	+	+	+	+	+	+
Biomassa	Thermische conversie	-	-	-	+	+	+	+
	Biologische conversie	-	-	-	+	+		+
	Inzet als transportbrandstof	-	-	-	-	+		+

Bij het winnen van energie uit afval wordt alleen de bijdrage van de hernieuwbare fractie van het afval als duurzaam beschouwd. Warmtepompen en warmte/koude-opslag worden ook onder duurzame energie gerekend, mits de opgeslagen warmte is gewonnen uit hernieuwbare energiebronnen; ook hier blijft uit fossiele brandstoffen geproduceerde warmte buiten de berekening.

⁴ Waterkracht kan worden ingevuld bij energiemix op wijkniveau.

⁵ Niet in standaard maatregelen, eventueel handmatig toe te kennen punten

3.3 Middelen voor CO₂-/energieneutraliteit

Om CO₂- / energieneutraliteit van een gebouw vast te stellen, moet niet alleen worden bepaald wat het energiegebruik / CO₂-emissie van een gebouw is, zoals beschreven in hst. 3, er moet ook worden bepaald op welke wijze invulling gegeven wordt aan de energievraag. Met andere woorden: welke duurzame externe of interne bronnen worden ingezet en hoe wordt dit berekend?

De W/E definitiestudie maakt onderscheid naar 10 onderwerpen:

1. Energiebesparing lokaal.
2. Energiebesparing extern.
3. Duurzame opwekking lokaal.
4. Duurzame opwekking extern.
5. CO₂-compensatie lokaal.
6. CO₂-compensatie extern.
7. Kernenergie project.
8. Kernenergie extern.
9. CO₂-afvang en opslag project.
10. CO₂-afvang en opslag extern.

In bijlage 2 is een beknopte toelichting opgenomen van deze onderwerpen.

De gehanteerde definitie van neutraliteit is bepalend voor de in te zetten middelen. Voor de definitie energieneutraliteit kan van de eerste vier middelen gebruik worden gemaakt, voor de definitie CO₂ neutraliteit van alle middelen.

In tabel 3.4 wordt per geselecteerde methode aangegeven in hoeverre het onderwerp er deel van uitmaakt.

Tabel 3.4: Middelen en methoden.

	EPA- berekening	EPC- berekening	GPR	Greencalc+	BREEAM	PHPP	RETScreen
Energiebesparing lokaal	+	+	+	+	+	+	+
Energiebesparing extern	+	+	+	+	+	+	+
Duurzame opwekking lokaal	+	+	+	+	+	+	+
Duurzame opwekking extern	-	-	-	+	+	+	+
CO ₂ -compensatie lokaal	-	-	-	+	+	+	+
CO ₂ -compensatie extern	-	-	-	-	-	-	-
Kernenergie project	-	-	-	-	-	-	-
Kernenergie extern	-	-	-	-	-	-	-
CO ₂ -afvang en opslag project	-	-	-	-	-	-	-
CO ₂ -afvang en opslag extern	-	-	-	-	-	-	-

3.4 Overige aspecten methoden

Behalve inzicht in de meegenomen energieposten van de energieberekening, wordt ook gekeken in hoeverre de methoden voldoen aan onderstaande criteria:

- Reikwijdte van de energieprestatie en scores.
- Bruikbaarheid van de methode tijdens verschillende fases van het bouwproces.
- De eenduidigheid en vergelijkbaarheid methoden.
- Acceptatie en hantering van de methode in de markt.

Deze criteria worden verderop toegelicht.

Tabel 3.5: Overige aspecten.

	Reikwijdte energie			Bruikbaarheid fasen				Eenduidigheid Vergelijkbaarheid	Acceptatie
	Gebouwe bonden	Gebruiker	Materiaal	Nieuwbou w	Renovatie	Exploitatie	Sloop		
EPA-berekening	-	+	-	-	+	+	-	+	+
EPC-berekening	-	-	-	+	-	-	-	+	+
GPR	+	-	+	+	+	+	+	+	?+
Greencalc+	+	+	+	+	+	+	+	+/-	+
BREEAM-NL	+	+/- ⁶	+	+	+	-	?	-	+/-
PHPP	+	+	-	+	+	+	-	+	?-
RETScreen	+	+	-	+	+	?	-	?	-

Reikwijdte van de energieprestatie en scores

In de EPC-berekening kan het gasverbruik niet met duurzame elektriciteitsopwekking worden gecompenseerd. Bij gasverbruik is het dus niet mogelijk om EPC = 0 te bereiken, oftewel een CO₂ neutraal gebouw te realiseren. De reikwijdte voor energie (MJ) voor het gebouwgebonden deel is wel voldoende.

EPA-berekening geeft als resultaat een energielabel, A++ t/m G. De Energie-index is als volgt voor de 3 hoogste labels:

- A++ < 0,50
- A+ 0,51 – 0,70
- A 0,71 - 1,05

Lager dan een labelling 0,5 is niet gespecificeerd. Rekentechnisch is een lagere Energie-index wel mogelijk.

⁶ Breeam-in-use houdt wel rekening met het gebruikersdeel.

Greencalc+ geeft onder andere totale milieukosten weer. Milieukosten ten gevolge van materiaalgebruik kunnen met duurzame energie opwekking gecompenseerd worden. Milieukosten kunnen ook onderverdeeld worden naar Energie, Materiaal, Water en Mobiliteit.

Bruikbaarheid van de methode tijdens verschillende fases van het bouwproces

De EPA-berekening is geschikt voor bestaande bouw, EPC-berekening voor nieuwbouw. Greencalc+ is een bewerkelijke methode en vereist meer achterliggende kennis. De methode is daardoor moeilijker inzetbaar voor groot publiek. Ook PHPP vraagt inzicht in het gebruik van de methode omdat het een zeer gedetailleerde model is. Bovendien is de PHPP vooral gericht op woningbouw. BREEAM bevat geen eigen rekenkern. Dit beperkt de bruikbaarheid van de methode.

De eenduidigheid en vergelijkbaarheid van de methoden

Alle methoden hebben hun eigen wijze van weergeven van resultaten. GPR in cijfers (1-10) en energiegebruiken. Het resultaat van de EPC-berekening wordt weergegeven in een cijfer met onderliggende energiegebruiken. Greencalc+ in energiegebruik en milieukosten. De berekeningswijzen van de energiegebruiken verschillen echter ook. De onderlinge vergelijkbaarheid is gering.

De EPC-berekening en in mindere mate EPA-berekening zijn eenduidig als het gaat om het inzicht in het energiegebruik van een gebouw. GPR en Greencalc+ zijn een afgeleide van de EPC-berekening. De resultaten van de energieprestatie zijn eenduidig, echter de methoden zijn ontwikkeld voor een overall score op duurzaamheid die wordt weergegeven in een index of cijfer. Dit laatste maakt het onderling vergelijken op het aspect energie moeilijker.

Bij BREEAM kunnen punten worden gescoord. Energie komt aan bod bij verschillende onderwerpen en op een paar plekken kunnen credits (punten) worden behaald. Omdat BREEAM niet beschikt over een rekenkern, is het effect op energiegebruik of –besparing niet direct herleidbaar. Een berekening óf een gebouw energieneutraal is, kan niet gemaakt worden.

Acceptatie en hantering van de methode in de markt

BREEAM is goed bekend in een deel van de Nederlandse markt, vooral bij vastgoed ontwikkelingen.

PHPP is een rekenmethode voor woningbouw en is alleen in het kader van passiefhuizen bekend. Voor kantoren in Nederland is deze methode minder geaccepteerd. RETscreen is een Canadese methode en weinig bekend in Nederland. De acceptatie is gering. Beide methoden worden daarom in de verdere beoordeling buiten beschouwing gelaten.

4 REKENMETHODE ENERGIENEUTRAAL

Voorgaande hoofdstukken geven een beeld van welke rekenmethoden voorhanden zijn en welke onderwerpen bij energieneutraliteit of CO₂-neutraliteit een rol spelen. Om een stap te maken in het selecteren van een geschikte rekenmethode om neutraliteit te bepalen, moet eerst duidelijk zijn welke definitie wordt gehanteerd. De rekenmethode moet vervolgens aansluiten op en invulling geven aan deze definitie.

4.1 Definitie energieneutraal

Diverse partijen zijn uitgenodigd voor een interactieve sessie, waarin op basis van de belangen het gesprek over de taal, rekenmethode en waarde van energieneutraal bouwen tot stand is gekomen. In deze workshop is toegewerkt naar een gezamenlijk beeld over de meest wenselijke en herkenbare invulling van de gehanteerde begrippen. Van deze workshop is een verslag geschreven, die als bijlage is opgenomen in het rapport Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en Waarde voor CO₂ cq. energieneutrale utiliteitsgebouwen.

Belangrijkste conclusies ten aanzien van de definities in relatie tot de rekenmethode zijn:

1. Maak duidelijk onderscheid tussen gebouwen en organisaties. Gebruik voor gebouwen de term **energieneutraal**. CO₂-uitstoot is een afgeleide hiervan. Dit betekent dat energieneutraliteit zich richt op het project. Besparingsopties richten zich ook op het project.
2. De **energievraag** heeft betrekking op het gebouwgebonden energiegebruik en het gebruikersdeel.
3. Rekenmethode moet zoveel mogelijk **aansluiten bij bestaande ontwikkelingen**.

1. Energieneutraal

Aangegeven is dat voor gebouwen de term energieneutraal gehanteerd moet worden. De in te zetten middelen om deze definitie in te vullen, beperken zich daarmee tot 4 van de 10 genoemde middelen, zijnde energiebesparing lokaal en extern en duurzame opwekking lokaal en extern, zie onderstaande tabel 4.1.

Tabel 4.1: In te zetten middelen afhankelijk van definitie (Bron: WE-studie).

	Energieneutraal	CO ₂ -neutraal
Energiebesparing project/lokaal	Ja	Ja
Energiebesparing extern	Ja	Ja
Duurzame opwekking lokaal	Ja	Ja
Duurzame opwekking extern	Ja	Ja
CO ₂ -compensatie lokaal	Nee	Ja
CO ₂ -compensatie extern	Nee	Ja
Kernenergie project	Nee	Ja
Kernenergie extern	Nee	Ja
CO ₂ -afvang en opslag project	Nee	Ja
CO ₂ -afvang en opslag extern	Nee	Ja

2. Energievraag

Onderstaand een overzicht van de energiegebruiken, overeenkomstig de rapportage 'Definities klimaat-, CO₂- en energieneutraal', W/E, juni 2009:

- Gebouwbonden energiegebruik (warmte, koude, elektriciteit voor installaties en voor verlichting).
- Gebruikersdeel energiegebruik (alle elektriciteit m.u.v. installaties en verlichting).
- Materiaalgebonden energiegebruik (voor winning, productie, transport en afvalverwerking van de materialen voor de constructie van het gebouw).
- Utilitair energiegebruik (voor openbare verlichting en bemaling).
- Energie voor mobiliteit van bewoners/gebruikers.
- Indirect energiegebruik van bewoners/gebruikers (productie van consumptiegoederen, voedsel, huishoudelijke apparaten etc.).

Geconcludeerd is dat materiaalgebonden energie onderdeel is van de totale energievrage. Er ontbreekt echter een eenduidige methodiek voor de bepaling van de hoeveelheid energie die hiermee gemoeid gaat. Eenzelfde redenatie geldt voor mobiliteit. Beide aspecten worden daarom (voorlopig) buiten de definitie gehouden.

De energievrage van gebouwen heeft betrekking op het gebouwgebonden energiegebruik en het gebruikersdeel.

3. Aansluiten bestaande ontwikkelingen

Tijdens de workshop is aangegeven dat aangesloten moet worden op bestaande rekenmethodes. Hierbij zijn met name BREEAM, EPC-berekening en EPG genoemd.

4.2 In te zetten rekenmethoden

Om **energieneutraliteit** aan te tonen, moeten alle onderwerpen die onderdeel zijn van de definitie berekend kunnen worden. Onderstaande tabel geeft per methode aan welke onderwerpen berekend kunnen worden. PHPP en RETscreen zijn niet opgenomen in deze tabel in verband met de geringe acceptatie in Nederland.

Tabel 4.2: Mogelijkheden rekenmethoden om energieneutraliteit, volgens de te hanteren definitie, te berekenen.

	EPA- berekening	EPC- berekening	GPR	Greencalc+	BREEAM
Energiegebruik gebouw	+	+	+	+	+
Energiegebruik gebruikers	+/-	-	-	+	+/-
Energiebesparing lokaal	+	+	+	+	+
Energiebesparing extern	+	+	+	+	+
Duurzame opwekking lokaal	+	+	+	+	+
Duurzame opwekking extern	-	-	-	+	+

4.3 Duurzame energie per rekenmethode

De mogelijkheden per rekenmethode om invulling te geven aan inzet van duurzame opwekking lokaal en extern verschillen. Onderstaande tabel geeft per methode een overzicht van de mogelijkheden om duurzame energieopwekking te berekenen in lijn met de definitie van energieneutraal.

Tabel 4.3: Overzicht technologieën en methoden.

Technologie	EPA- berekening	EPC- berekening	GPR	Greencalc+	BREEAM NL
Windturbines	-	-	-	+ ⁷	+
Zon:					
Photovoltaïsche cellen	+	+	+	+	+
Thermische systemen	+	+	+	+	+
Passieve zonenergie	+	+	- ⁸		+
Aardwarmte/ Geothermische centrale	-	-	-	-	+
Omgevingswarmte:					
Warmte/koudeopslag	+	+	-	+	+
Warmtepomp	+	+	+	+	+
Biomassa:					
Thermische conversie	-	-	-	+	+
Biologische conversie	-	-	-	+	+
Inzet als transportbrandstof	-	-	-	-	+

Uit de tabel, in combinatie met de beschrijving van de methoden, blijkt dat inzet van duurzame energie via meerdere methoden kan worden bepaald. Vooral met Greencalc+ en BREEAM kunnen veel technieken worden berekend. Toch is niet iedere techniek even nauwkeurig te berekenen.

Technieken waarover, in het algemeen, weinig discussie is, zijn zongerelateerde technieken (photovoltaïsche cellen, thermische systemen en passieve zonne-energie) en technieken die gebruik maken van omgevingswarmte (warmte/koudeopslag en warmtepompen). Deze technieken zijn opgenomen in nagenoeg alle genoemde rekenmethoden.

Technieken waarover meer discussie is en waarvoor ook minder rekenmethodes zijn, betreffen:

1. Windturbines.
2. Aardwarmte/ Geothermie.
3. Biomassa:
 - o Thermische conversie (verbranding, vergassing, pyrolyse).
 - o Biologische conversie (vergisting).
 - o Inzet als transportbrandstof.

⁷Via samenstelling energiemix op wijkniveau

⁸ Niet in standaard maatregelen, eventueel handmatig toe te kennen punten

1. Windturbines

EPC-berekening, EPA-berekening en GPR hebben geen mogelijkheden voor het meenemen van windenergie. In Greencalc+ is de opbrengst van windmolens (in kWh/haar) in te voeren in de berekening op wijkniveau. Een rekenmodule voor de bepaling van de opbrengst is niet meegenomen. BREEAM waardeert toepassing van windenergie wel, onder de credit duurzame energie kent het hiervoor punten toe.

2. Aardwarmte/geothermische centrale

Alleen de methode BREEAM beschikt over de mogelijkheid aardwarmte te waarderen voor invulling van de energievraag. In BREEAM wordt aardwarmte gewaardeerd als duurzame energiebron, indien aangetoond wordt dat het bijdraagt aan een duurzame energieopwekking voor een bepaald percentage van het energiegebruik op locatie. Een vaste rekenmethodiek is niet voorhanden voor deze techniek. I

3. Biomassa

Energie uit biomassa wordt opgewekt door verbranding, vergassing of vergisting van organische materialen. Daartoe behoren hout, groente- fruit- en tuinafval, maar ook plantaardige olie, mest en (delen van) van speciaal geteelde gewassen. Elektriciteit en autobrandstof die uit biomassa worden gemaakt, verminderen gebruik van fossiele brandstoffen, en daarmee de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂. Een ander voordeel is dat biomassa, in tegenstelling tot kolen en aardgas, een hernieuwbare bron is.

Toch discussiëren experts over de vraag of bio-energie wel duurzaam is; vooral biobrandstof houdt de gemoederen bezig. Duurzaamheid en milieuvriendelijkheid zijn namelijk lastig te meten. Je moet voor de hele productieketen van de biomassa bekijken: de bron, eventueel vervoer en de manier waarop energie uit de biomassa wordt opgewekt. Een veel gehoord argument tegen biobrandstof voor vervoer is dat de bio-energiegewassen concurreren met voedingsgewassen.

In de rekenmethoden Greencalc+ en BREEAM en kan gebruik van biomassa worden meegenomen in de berekening. Greencalc+ rekent met aan te passen energiemixen op wijkniveau. BREEAM heeft geen rekenkern maar gebruik van biomassa levert punten op.

Rekenmethode voor biobrandstoffen

Agentschap NL heeft een methode om te rekenen met biobrandstoffen: de CO₂-tool. Met de CO₂-tool bio-energie kunnen de broeikasgasemissies van de productie van elektriciteit, warmte en transportbrandstoffen uit biomassa berekend worden. De naam "CO₂-tool" is een afkorting voor "berekeningstool voor de bepaling van broeikasgasemissies bij de productie van elektriciteit, warmte en transportbrandstoffen uit biomassa". Deze methode heeft dus niet alleen betrekking op CO₂, maar omvat ook de emissies van de broeikasgassen CH₄ (methaan) en N₂O (lachgas). De emissies over de gehele bio-energieketen (productie, transport en conversie van biomassa) worden meegenomen in de berekening.

De CO₂-tool bio-energie bestaat uit twee onderdelen: een technische specificatie en software. De volgende stap in de ontwikkeling van een CO₂-tool bio-energie is Europese harmonisatie. De CO₂-tool kan mogelijk worden gebruikt om de inzet van biobrandstoffen te bepalen.

4.4 Vergelijking rekenmethoden

De rekenmethode moet invulling geven aan onderstaande onderwerpen:

1. Gebruik voor gebouwen de term **energieneutraal**. Energieneutraliteit richt zich op het project. Besparingsopties richten zich ook op het project.
2. De **energievraag** heeft betrekking op het gebouwgebonden energiegebruik en het gebruikersdeel.
3. Rekenmethode moet zoveel mogelijk **aansluiten bij bestaande ontwikkelingen**.

1. Energieneutraal

De zeven geselecteerde rekenmethoden zijn alle in meer of mindere mate geschikt om energieneutraliteit te bepalen. De verschillen uiten zich met name in de mogelijkheden om, zie ook tabel 4.4:

- Het energiegebruik van gebruikers in te voeren.
- Een of meerdere technieken met betrekking tot duurzame opwekking extern in te voeren.

Tabel 4.4: Onderwerpen energieneutraliteit en rekenmethoden.

	EPA- berekening	EPC- berekening	GPR	Greencalc+	BREEAM
Energiegebruik gebouw	+	+	+	+	+
Energiegebruik gebruikers	+/-	-	-	+	+/-
Energiebesparing lokaal	+	+	+	+	+
Energiebesparing extern	+	+	+	+	+
Duurzame opwekking lokaal	+	+	+	+	+
Duurzame opwekking extern	-	-	-	+	+

2. Energievraag

De energievraag heeft betrekking op zowel gebouwgebonden energiegebruik als het gebruikersdeel. Het gebruikersdeel wordt niet meegenomen in de EPC-berekening en GPR. Opgemerkt wordt dat de EPN binnenkort wordt vervangen door de EPG. De EPG heeft, voor zover bekend, wel de mogelijkheid het gebruikersdeel in te voeren.

In de software van EPA-berekening wordt het gebruiksgebonden energiegebruik ingevoerd om het totale werkelijk energiegebruik van het gebouw te koppelen aan het berekende totale energiegebruik. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een 'bibliotheek' met gebruiksgegevens van apparaten. De bibliotheek en opzet kunnen eventueel gebruikt worden voor input voor methoden (GPR of EPC-berekening) die geen mogelijkheid hebben voor het berekenen van gebruikersgebonden energie.

3. Bestaande ontwikkelingen

Bovenstaande geeft aan dat voor de bepaling van energieneutraliteit kan worden aangesloten op bestaande ontwikkelingen. Er kan gebruik worden gemaakt van meerdere methoden. Echter, niet alle methoden zijn even uitgebreid en dit is het punt waarover discussies ontstaan. Als een techniek niet is opgenomen in de rekenmethode, hoe hier dan mee om te gaan?

Uit de keuze voor energieneutraal en bovenstaande uitwerking van het definitiekader volgen de volgende selectiecriteria voor een keuze voor de rekenmethodiek.

1. **Onderscheid gebouw en organisatie.** Keuze voor bijvoorbeeld een groene stroom contract is een keuze die gemaakt wordt op organisatieniveau en staat los van het gebouw. Methodiek moet dit onderscheid mogelijk maken of zich beperken tot het gebouw en zijn omgeving
2. **Berekening energiegebruik gebouw + collectieve voorzieningen.** Methodiek moet rekening houden met duurzame collectieve voorzieningen zoals WKO op wijkniveau
3. **Berekening energiebalans in kWh of J.** Om een uitspraak te kunnen doen over energieneutraal is het nodig energievraag en energieaanbod in één rekensom bij elkaar te brengen
4. **Gebouwwgebonden energie én gebruikgebonden energie.** Methodiek moet mogelijkheid bieden om forfaitaire waarden óf werkelijke waarden voor het gebruikgebonden in berekening mee te nemen

Tabel 5.2: Geselecteerde methoden en beoordeling van 4 criteria.

	1	2	3	4	Toelichting
EPA-berekening	+	-	+	+/-	Gericht op maatregelen in bestaande situatie. Beschikt over methode om gebruikersgebonden energiegebruik in te voeren. Verder vergelijkbaar met EPC-berekening.
EPC-berekening	-	+/-	+	-	Kijkt alleen naar het gebouw zelf, houdt geen rekening met collectieve voorzieningen. In combinatie met EPL zijn collectieve voorzieningen wel mee te nemen
GPR	+/-	+	+	+/-	Gebruikt als rekenmethode zeer vereenvoudigde EPC-berekening.
Greencalc+	+	+	+	+	Greencalc+ maakt een duidelijk onderscheid tussen gebouw en organisatie. Het rekent met vereenvoudigde EPC-berekening, maar voegt daaraan toe de effecten van eventuele collectieve (duurzame energie) voorzieningen en berekent op basis daarvan een totale energiebalans
BREEAM	+	+/-	-	+/-	Heeft geen eigen rekenmethode, gebruikt de EPC-berekening. Gebruik van duurzame energie in collectieve voorzieningen komt wel tot uitdrukking in de BREEAM score, maar niet in een totale energiebalans. BREEAM houdt geen rekening met energiegebruik gebruiker, BREEAM-in –use wel.

EPA-berekening

EPA omvat zowel het gebouwwgebonden als het gebruikersgebonden energiegebruik. De resultaten richten zich echter alleen op het gebouwwgebonden deel.

EPC-berekening

De EPC-berekening behelst alleen het gebouwwgebonden energiegebruik. Het gebruikersdeel valt buiten de EPC-berekening. De EPN (en bijbehorende EPC-berekening) wordt op termijn vervangen door de EPG, waarin het gebruikgebonden energiegebruik wel wordt meegenomen. Ten aanzien van duurzame energie wordt in de EPC-berekening gewaardeerd: warmtepomp, warmte-koude opslag, PV panelen, zonneboiler. Windenergie op locatie of biomassa gestookte verwarming (en kracht) zijn niet opgenomen in de EPC-berekening.

Indien de EPC-berekening wordt gebruikt voor de bepaling van energieneutraliteit zoals vastgelegd in de definitie, dan zal de EPC-berekening moeten worden aangevuld met extra mogelijkheden voor duurzame energie én met het gebruikersdeel. Om collectieve voorzieningen mee te nemen kan de EPC-berekening aangevuld worden met de EPL.

GPR

GPR gebouw heeft een energiemodule voor het bepalen van de energieprestatie van het gebouw. Deze energieprestatie is een vereenvoudiging van de EPC-berekening. Gebruikersgebonden energiegebruik en duurzame opwekking extern zijn geen onderdelen van de berekening. GPR heeft een resultatentabel waarin resultaten met betrekking tot energieneutraal eenduidig zijn weergegeven.

Greencalc+

Energieneutraliteit van een gebouw kan worden bepaald met Greencalc+ rekenmethodiek. De energievraag voor zowel gebouw als gebruikers wordt in kaart gebracht. Berekening van meerdere duurzame energie technieken is mogelijk door aanpassing van de energiemix op wijkniveau.

Aandachtspunt bij Greencalc+ betreft dat het onderdeel energie niet een volledige berekening is van het energiegebruik, en dat dit een vereenvoudigde EPC-berekening betreft. In Greencalc+ is het in vergelijking met de EPN niet mogelijk om klimaatsectoren (zoning) en combinatie van gebruiksfuncties in te voeren.

Voor een eenduidig begrip van energieneutraal berekend met Greencalc+ moet worden aangegeven hoe Greencalc+ energieneutraliteit weergeeft.

Indien materiaalgebonden energie op termijn ook meegenomen wordt, is het voordeel van Greencalc, dat materialen reeds onderdeel zijn van de rekenmethode.

BREEAM

BREEAM, maakt gebruik van de EPC-berekening. BREEAM heeft veel mogelijkheden en biedt een complete structuur waarmee prestaties aangetoond moet worden. Echter BREEAM bepaalt niet alle aspecten op één noemer, energie is nu nog moeilijk vergelijkbaar met het materiaalgebonden deel. Gebruikersenergie maakt geen onderdeel uit van BREEAM-NL, wel van BREEAM-in -use.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De vijf beschouwde rekenmethoden hebben alle voor- en nadelen. Er is niet één methode die meteen geschikt is voor het bepalen van energieneutraliteit. Met name inzet van duurzame energietechnieken is beperkt en het gebruikersgebonden deel ontbreekt bij enkele methoden. Wel kunnen methoden worden aangepast om beter aan te sluiten bij de wens om energieneutraliteit te bepalen.

De EPG (die de EPN en EI vervangt), in combinatie met de EPL, en Greencalc⁺ lijken de rekenmethodes die het best aansluiten bij het begrip 'energie neutraal' zoals dat uit de discussie naar voren is gekomen. Ook GPR en BREEAM zijn hiervoor bruikbaar, omdat zij de EPC-berekening als rekenmodule hanteren. Aanbevolen wordt om de sterke punten van de rekenmethoden te handhaven en de zwakke, of ontbrekende, punten aan te passen of aan te vullen. Dit aanpassen kan met behulp van bestaande methoden:

- Gebruik het resultaat van protocol monitoring duurzame energie voor verder uitbreiden van methoden met betrekking tot inzet van duurzame energie.
- Het uitbreiden van rekenmethode met het gebruikersgebonden energiegebruik is onderdeel van de ontwikkelingen van de EPG. De toekomstige EPG biedt kansen om het gebruikersgebonden energiegebruik beter te integreren. Aanbevolen wordt om EPG geschikt te maken om het energiegebruik van zowel gebouw als gebruikers te bepalen en energieneutraliteit voor beide te bereiken.

EPC- en EPA-berekening

De EPC-berekening heeft sterke punten als het gaat om het bepalen van de energievraag van een gebouw (het gebouwgebonden energiegebruik). Ook de acceptatie van de methode is goed. De toekomstige EPG biedt kansen voor aanpassingen van de rekenmethode. Collectieve voorzieningen kunnen meegenomen worden met behulp van de EPL. Belangrijke punten voor aanpassingen van de EPC-berekening (EPG):

- Het verder opnemen van duurzame energietechnieken (windenergie, biomassa).
- Het toevoegen van het gebruikersgebonden energiegebruik.

Greencalc+

De rekenmethoden Greencalc+ lijkt voor een groot deel invulling te kunnen geven aan het berekenen van energieneutraliteit en voldoet aan de 4 criteria (scheiding gebouw, gebruik etc.). In basis is Greencalc+ het meest integraal t.a.v. koppeling gebouw- gebruikersenergie, individuele en collectieve systemen etc. Aandachtspunten bij Greencalc+ zijn:

- De vereenvoudigde EPC-berekening (geen klimaatsectoren en mogelijkheid tot invoer meerdere gebruiksfuncties).
- Het ontbreken van een eenduidige weergave van energieneutraliteit. Naast milieu-index gebouw (MIG) en milieu-index bedrijfsvoering (MIB) ook expliciet resultaat opnemen ten aanzien van energieneutraliteit.

Indien materiaalgebonden energie op termijn ook meegenomen wordt, is het voordeel van Greencalc+, dat materialen reeds onderdeel zijn van de rekenmethode.

GPR

GPR maakt gebruik van een vereenvoudigde vorm van de EPC-berekening. Voor energieneutraliteit zijn meer mogelijkheden gewenst voor gedetailleerde invoer van energiegerelateerde kenmerken van het gebouw en ook inzet van duurzame energie.

BREEAM

Omdat BREEAM gebruik maakt van EPC-berekening, ligt het voor de hand om de EPC-berekening aan te passen. BREEAM volgt dan op de wijzigingen van de EPC-berekening. Een belangrijke beperking van BREEAM is dat niet in één energieberekening de optelling gemaakt kan worden óf een gebouw energieneutraal is.

6 COLOFON

Opdrachtgever	: Agentschap NL
Project	: Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde
Dossier	: C6437
Omvang rapport	: 8 pagina's
Auteur	: Ragna Clocquet
Bijdrage	: Loes Joosten
Interne controle	: Vincent Swinkels
Projectleider	: Ragna Clocquet
Projectmanager	: Theo Raijmakers
Datum	: 1 februari 2010
Naam/Paraaf	:

DHV B.V.

*Bouw en Industrie
Larixplein 1
5616 VB Eindhoven
Postbus 80007
5600 JZ Eindhoven
T (040) 250 92 50
F (040) 250 92 51
E eindhoven@dhv.com
www.dhv.nl*

BIJLAGE 1: BESCHRIJVING REKENMETHODEN

In deze paragraaf worden de volgende 7 methoden nader beschreven:

1. EPA-berekening
2. EPC-berekening
3. GPR
4. Greencalc+
5. BREEAM-NL
6. PHPP
7. RETScreen

1. EPA

De EPBD is de Europese richtlijn voor energieprestaties in gebouwen op basis waarvan vanaf 2006 alle utiliteitsgebouwen groter dan 1.000 vierkante meter een energiecertificaat moeten bezitten. En wie na januari 2006 een woning bouwt, verhuurt of verkoopt, is verplicht daar een energiecertificaat bij te leveren. Dat certificaat toont de energieprestatie van betreffend object en bevat voorstellen voor verbetering.

De Europese richtlijn bepaalt dat via certificering ook bestaande gebouwen onder de loep moeten worden genomen. Daarvoor is EPA ontwikkeld, Energieprestatieadvies voor woningbouw (EPA-W) en utiliteitsbouw (EPA-U) met een software pakket. De EPA-U software richt zich op de bestaande utiliteitsbouw (zoals kantoren, winkels, horeca en gezondheidszorg). Men kan gebouwen met meerdere gebouwfuncties en klimaatinstallaties eenvoudig doorrekenen. Hierbij wordt rekening gehouden met het energiegebruik van apparatuur, verwarming, koeling, ventilatoren, warm tapwater, pompen, verlichting, zonnepanelen (PV) en zonnecollectoren. Met de eerste berekening kan men het ingevoerde gebouw fitten met de werkelijke meterstanden van het gebouw. Onderdeel hiervan is ook de invoer van gebruikersgebonden energiegebruik.

In de software wordt het gebouwgebonden energiegebruik berekend. Het gebruiksgebonden energiegebruik wordt ingevoerd om het totale werkelijk energiegebruik van het gebouw te koppelen aan het berekende totale energiegebruik. Voor het gebruikersdeel kan gebruik worden gemaakt van een bibliotheek met gebruiksgegevens van apparaten:

- Elektriciteit, stoom of gas.
- Type apparaten: o.a. noodstroomvoorzieningen, pc's, liften, drankautomaten, GBS, telefooncentrale, keukenapparatuur, etc.
- Er kan ook worden gekozen voor een globaal gebruikersgebonden energiegebruik, zijnde 5 W/m^2 tot 25 W/m^2 .

In de berekening wordt dus het werkelijke verbruik (meterstanden) gefit met het berekende theoretische verbruik (gebouwgebonden + gebruiksgebonden). De bibliotheek en opzet kunnen eventueel gebruikt worden voor input voor methoden die geen mogelijkheid hebben voor het berekenen van gebruikersgebonden energie.

2. EPC-berekening

Sinds 1995 is het verplicht een EPC-berekening bij de bouwaanvraag in te dienen. Er moet een berekening worden overlegd conform NEN 2916 (utiliteitsbouw) of NEN 5128 (woningbouw). Sinds 1995 zijn het Bouwbesluit en de daarop aansluitende normen (de eisen en de rekenmethoden) enkele malen gewijzigd.

DHV B.V.

EPC-berekening berekent een theoretisch energieverbruik van een gebouw aan de hand van een genormeerde berekening, waarbij rekening wordt gehouden met het energieverbruik voor verwarming (isolatie en ventilatie), koeling, bevochtiging, ventilatoren, pompen, warm tapwater, verlichting bij een bepaald gebruikersgedrag. Deze EPC-waarde is een dimensieloos getal en is een maat voor de energie-efficiëntie van een gebouw. Hoe lager het getal, hoe energiezuiniger het ontwerp. Voor woningen geldt een EPC van 0,8 en voor kantoren 1,1.

EPC-berekening behelst alleen het gebouwgebonden energiegebruik. Het gebruikersdeel, energiegebruik voor bouwmaterialen en het utilitair gebruik vallen buiten de EPC-berekening. De EPN en bijbehorende EPC-berekening wordt op termijn vervangen door de EPG, waarin het gebruiksgebonden energiegebruik wel wordt meegenomen.

Ten aanzien van duurzame energie wordt in de EPC-berekening gewaardeerd: warmtepomp, warmte-koude opslag, PV panelen, zonneboiler. Windenergie op locatie of biomassa gestookte verwarming (en.kracht) zijn niet opgenomen in de EPC-berekening.

3. GPR Gebouw

GPR Gebouw zet gegevens van een gebouw om naar prestaties op het gebied van kwaliteit en duurzaamheid. Het puntensysteem GPR Gebouw, geeft op een vijftal thema's (energie, milieu, gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde) een kwaliteitsscore in de vorm van een rapportcijfer tussen 0 en de 10. Hoe hoger de kwaliteit of hoe lager de milieubelasting, hoe hoger de score. Een score van 6 komt overeen met het niveau van het Bouwbesluit. De totaalscore van alle thema's wordt (afhankelijk van het resultaat) in de vorm van een label met 1 tot 5 sterren gepresenteerd. Daarbij geldt 'hoe meer sterren, hoe beter het gebouw'.

GPR Gebouw is vooral bedoeld als prestatie-instrument en hulpmiddel voor communicatie in het ontwikkelproces. GPR heeft een gebruiksvriendelijke schil, waaronder gedetailleerde informatie ligt, zoals data uit LCA berekeningen.

Energie is één van de vijf thema's in GPR. GPR gebouw heeft een energiemodule voor het bepalen van de energieprestatie van het gebouw. Deze energieprestatie is een vereenvoudiging van de EPN methodiek. Gebruikersgebonden energiegebruik en duurzame opwekking extern zijn geen onderdelen van de berekening. Bij een score 10 voor onderdeel Energieprestatie is het gebouwgebonden energieverbruik energieneutraal. GPR gebouw geeft ook een totale CO₂-emissie van het materiaal gebonden deel en het gebouwgebonden energiegebruik.

4. Greencalc+

Greencalc+ is ontwikkeld voor het beoordelen en vergelijken van de mate van duurzaamheid. Met Greencalc+ wordt de belasting gemeten die het gebouw gedurende zijn totale bestaansperiode (bouw, exploitatie en sloop) voor het milieu betekent. Met behulp van een rekenprogramma wordt de milieu-index van een gebouw bepaald, op basis van het materiaal-, water- en energiegebruik. De milieu-index wordt bepaald door de milieubelasting van het betreffende gebouw te vergelijken met die van een referentiegebouw. De milieu-index geeft de mate van duurzaamheid weer in één getal. Het referentiegebouw, waarin materialen en installaties uit 1990 worden toegepast, heeft een milieu-index van 100. Voor Greencalc+ geldt hoe hoger, hoe beter.

Binnen GreenCalc+ wordt ten aanzien van de milieu-index een onderscheid gemaakt tussen de milieu-index gebouw (MIG) en de milieu-index bedrijfsvoering (MIB). De MIG geeft de duurzaamheid van het gebouw weer, onafhankelijk van de gebruiker die er in zit. Bij de MIB wordt ook de invloed van de gebruiker verdisconteerd: wanneer een gebruiker bijvoorbeeld gebruik gaat maken van flexplekken, waardoor het gebouw intensief gebruikt wordt, of er wordt groene stroom ingekocht, dan heeft dit een positief effect op de MIB (terwijl de MIG gelijk blijft). De milieu-Index Bedrijfsvoering (MIB) geeft de kwaliteit van het gebouw plus gebruiker weer.

In Greencalc+ kunnen de resultaten van energie apart weergegeven worden. Voor de berekeningen maakt Greencalc+ gebruik van (forfaitaire) berekeningen op basis van EPC- en EPA-berekening en EPL, zowel voor woningbouw als voor utiliteitsbouw en nieuwbouw of bestaande bouw. De GreenCalc+ methodiek voor de EPL-berekening is gebaseerd op de EPL-methode die in het OEI-model V2.0 (december 2002) is opgenomen. Opgemerkt dient te worden dat de GreenCalc+ methodiek voor EPL alleen betrekking heeft op woningbouwlocaties (bestaande- en nieuwbouw). Utiliteitsbouw wordt dus buiten beschouwing gelaten.

Greencalc+ geeft als resultaat milieueffecten weer uitgedrukt in milieukosten. Daarnaast wordt inzicht gegeven in energieverbruiken, CO₂-emissies per gebouw, per wijk etcetera.

De resultaten uit Greencalc+ geven het totale energiegebruik, inclusief gebouwgebonden (EPC-berekening), gebruiksgebonden en duurzame energie per aspect en in totaal:

- Milieukosten.
- Milieuindex.
- Broeikas emissies (o.a. kg CO₂-emissie).
- Energiegebruik.

Greencalc+ neemt bij het onderdeel Energie het gebouwgebonden en gebruiksgebonden energiegebruik mee. Het gebouwgebonden energiegebruik betreft de posten conform EPC-berekening. Het gebruiksgebonden kan worden meeberekend met op basis van kengetallen. De bibliotheek heeft de volgende mogelijkheden voor gebruiksgebonden energiegebruik voor utiliteitsbouw (kantoren):

- 5 W/m² bij gebouw met lage automatiseringsgraad.
- 20 W/m² bij gebouw met gemiddelde automatiseringsgraad.
- 35 W/m² bij gebouw met hoge automatiseringsgraad.
- Of eigenwaarde.

Op wijkniveau kan de samenstelling van de energiemix worden aangepast. Diverse bronnen van duurzame energie kunnen hier worden gewaardeerd. Dit heeft invloed op het resultaat van de milieu-index van een gebouw. Aangegeven kan worden of gebruik wordt gemaakt van gewoon gas, of bijvoorbeeld van biogas. Met die gegevens wordt dan de MIG doorgerekend. Niet alleen de samenstelling van de gasmix, maar ook die van de elektriciteitsmix en de warmtemix kunnen worden samengesteld.

In Greencalc+ is het mogelijk een EPL te bepalen. De EPL-berekening is puur ter indicatie opgenomen. De EPL berekening gebruikt de resultaten van de onderliggende gebouwen (uit de EPC-berekeningen). Als de juiste C-factoren worden ingevuld, wordt een indicatie van de EPL-score verkregen. De EPL heeft geen effect op de hoogte van de milieu-index. Het betreft een eenzijdige relatie.

Energieneutraal voor gebouw en gebruik betekent Milieukosten Energie Gebouw € 0.

5. BREEAM-NL

BREEAM-NL is een beoordelingsmethode om de Duurzaamheid van gebouwen te bepalen. BREEAM staat voor Building Research Establishment Environmental Assessment Method en werd oorspronkelijk ontwikkeld en geïntroduceerd door het Building Research Establishment (BRE), een Engelse onderzoeksinstantie enigszins vergelijkbaar met het Nederlandse TNO. De toevoeging NL maakt duidelijk dat het hier om de Nederlandse versie gaat. BREEAM stelt een standaard voor een duurzaam gebouw en geeft vervolgens aan welk prestatieniveau het onderzochte gebouw heeft. BREEAM-NL is specifiek bedoeld voor certificatie van nieuwbouw en grote renovatieprojecten.

Het systeem maakt gebruik van kwalitatieve weging; als totaalscore krijgt een gebouw een waardering als pass, good, very good, excellent of outstanding. BREEAM is bruikbaar voor kantoren, scholen, winkels, industriële gebouwen, woningen en vele andere gebouwen.

Voor Energie kunnen in BREEAM voor de volgende aspecten punten worden behaald:

- CO₂-emissiereductie (op basis van EPC-berekening).
- Submetering energieverbruiken.
- Energiezuinige buitenverlichting.
- Toepassing duurzame energie.
- Minimalisatie luchtinfiltratie laad-/losplatforms.
- Energiezuinige koel- en vriesopslag.
- Energiezuinige liften.
- Energiezuinige roltrappen en rolpaden.

De reductie van CO₂-emissie wordt vastgesteld middels een berekening conform de in het Bouwbesluit aangewezen energieprestatienorm bij het vaststellen van de energieprestatie-eis van een gebruiksfunctie in het gebouw.

Onder duurzame energie wordt verstaan: duurzame energiebronnen en duurzaam opgewekte elektriciteit. Duurzame energiebronnen betreffen een van de volgende wijzen van energieopwekking:

- Zonnecollector ten behoeve van ruimteverwarming en/of warm tapwater.
- Fotovoltaïsche zonnecellen voor stroomopwekking.
- Biomassaboilers/-verwarmingssystemen.
- Warmtekrachtkoppeling op biomassa of biogas.
- Waterkracht.
- Geothermische energie.
- Een windturbine.
- Een warmtepompsysteem (grond of grondwater).
- Een systeem met koudeopslag.
- Warmte-/koudeopslag gecombineerd met een warmtepomp.
- Brandstofcellen op waterstof (waarbij de waterstof duurzaam geproduceerd dient te zijn met een van de bovengenoemde technieken).
- Stadswarmte, met als laagste voorkeur stadswarmte uit de verbranding van afvalstoffen en alleen dan indien geen enkele van de andere hier genoemde bronnen van duurzame energieopwekking haalbaar is, zoals blijkt uit het haalbaarheidsonderzoek.

Inkoop van energie is geen onderdeel van BREEAM-NL Nieuwbouw. Duurzaam opgewekte energie (groene stroom) zal onderdeel worden bij het nog in ontwikkeling zijnde BREEAM Bestaande Bouw⁹. Binnen deze context valt alle ingekochte elektriciteit die 100% duurzaam worden opgewekt.

De DGBC ontwikkelt momenteel samen met marktpartijen een methode voor het berekenen van de schaduwprijs voor de beoordeling van de milieubelasting van de gebruikte materialen. Er zijn in Nederland een aantal commerciële hulpmiddelen, zoals GPR Gebouw, GreenCalc+ en EcoQuantum, beschikbaar die een LCA berekening voor BREEAM eenvoudig uit kunnen voeren. Er is geen directe koppeling met de schaduwprijs en CO₂-uitstoot ten gevolge van gebouwgebonden energiegebruik.

BREEAM heeft geen eigen rekenkern, maar maakt gebruik van de EPC-berekening. Overige puntentoekenning geschiedt op basis van haalbaarheidsstudies. Er wordt gebruik gemaakt van het Agentschap NL Protocol Monitoring Duurzame Energie. BREEAM Bestaande Bouw (UK: BREEAM-In-Use) gaat eigenaars van bestaande gebouwen helpen de operationele kosten terug te brengen en de ecologische prestaties te verbeteren. De rekenkern die daarbij toegepast zal worden, voor berekening van het gebruiksgebonden energiegebruik, is nog onbekend.

6. PHPP

PHPP is het rekeninstrument voor de berekening en kwaliteitsbewaking van passiefhuizen en biedt daarvoor een excel-hulpmiddel, niet enkel voor de berekening van passiefhuizen, doch ook voor de berekening en evaluatie van gebouwen met een laag energiegebruik. Het is ontwikkeld voor woningbouw. De berekeningswijze en passiefhuis principes zijn inzetbaar om te komen tot energieneutrale gebouwen, woningen, kantoren of scholen. De methodiek is zeer gedetailleerd, ten aanzien van invoer van warmteverlies, passieve zonnewinst, ventilatie etc.

PHPP beoordeelt van een gebouw het totale energiegebruik tijdens exploitatie, dus zowel het gebouwgebonden als het gebruikersgebonden energiegebruik. PHPP is sterk ontwikkeld voor woningbouw en validatie voor utiliteitsbouw is onbekend.

7. RETScreen

De RETScreen Software is ontwikkeld in Canada. Een Nederlandse versie is beschikbaar en gratis te downloaden. Deze software maakt het mogelijk om haalbaarheidsstudies voor duurzame energie technologieën en energiebesparingsmaatregelen (ook op gebouwniveau) uit te voeren. Meegenomen worden de energieproductie, besparingen, kosten over de levensduur, emissiereductie, financiële haalbaarheid en risico's van verschillende typen energiezuinige en duurzame energietechnologieën (DET's). De software bevat ook databases met gegevens over productie, kosten en klimaat.

RETScreen heeft in Nederland weinig bekendheid, en wordt meer gebruikt voor haalbaarheidsstudies naar energietechnieken dan voor totale gebouw analyse. De koppeling tussen de modules is onbekend.

⁹ BREEAM In Use in UK

BIJLAGE 2 Middelen voor CO₂-energieneutraliteit

De definitiestudie [PeGO rapport 'Stevige ambities, klare taal' van W/E¹⁰] maakt onderscheid naar 10 onderwerpen/middelen die kunnen worden ingezet om invulling te geven aan de energievraag van een gebouw:

1. Energiebesparing lokaal.
2. Energiebesparing extern.
3. Duurzame opwekking lokaal.
4. Duurzame opwekking extern.
5. CO₂-compensatie lokaal.
6. CO₂-compensatie extern.
7. Kernenergie project.
8. Kernenergie extern.
9. CO₂-afvang en opslag project.
10. CO₂-afvang en opslag extern.

1. Energiebesparing lokaal

Energiebesparing lokaal betreft bijvoorbeeld beter geïsoleerde gebouwen en efficiënte systemen in het gebouw, waardoor de energievraag omlaag gaat en energie bespaard wordt.

2. Energiebesparing extern

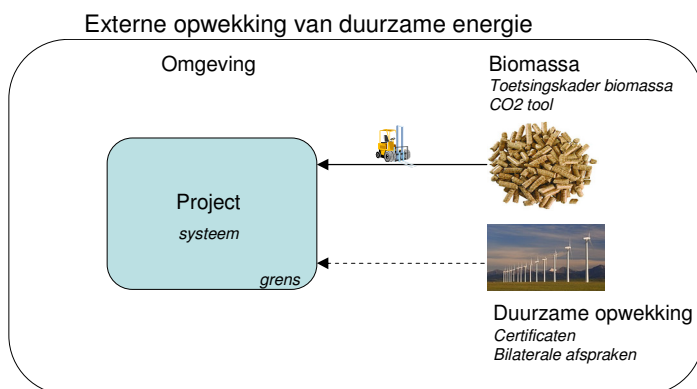
Energiebesparing extern betreft o.a. stadsverwarming met centrale warmte opwekking, mits de gerealiseerde emissiereductie dan wel energiebesparing in een certificaat is vastgelegd.

3. Duurzame opwekking lokaal

Voorbeelden van duurzame opwekking binnen projectgrens zijn duurzame elektriciteitsopwekking met PV panelen of een duurzame energiebron als geothermie op de locatie.

4. Duurzame opwekking extern

Duurzame opwekking extern is o.a. biobrandstof waarbij brandstof buiten de projectgrens wordt gewonnen of geproduceerd of groene stroom. Een certificaat is nodig.



¹⁰<http://www.Agentschap>

NL.nl/mmfiles/Rapport%20%20Stevige%20ambities%20klare%20taal%2C%20definitiestudie%20-%20november%202009_tcm24-317958.pdf

Groene stroom

Op basis van afspraken kan men elektriciteit uit duurzame bronnen importeren van buiten de projectgrens. Voor de verrekening van dergelijke externe maatregelen zijn altijd certificaten noodzakelijk die ten gunste van het project kunnen worden geclaimd en afgeboekt. Certificaten moeten zijn uitgegeven door onafhankelijke, breed erkende instellingen op basis van een transparante toetsbare werkwijze.

Bilaterale, toetsbare afspraken die garanderen dat externe maatregelen alleen ten gunste komen van het beschouwde project, kunnen eventueel in de plaats komen van de inkoop van verhandelbare certificaten.

Biomassa

Biomassa kan eveneens geïmporteerd worden van buiten de projectgrens of zelfs vanuit buitenland, indien een certificaat van duurzaamheid overlegd kan worden. Certificeringssystemen voor diverse vormen van duurzame biomassa zijn momenteel in ontwikkeling, op basis van het "Toetsingskader duurzame biomassa". Een set toetsbare eisen voor biomassa is vastgelegd in een zg. NTA (Nederlandse Technische Afspraak)-document. CO₂-emissies die optreden bij productie en aanvoer van biomassa moeten worden bepaald met het CO₂-tool bio-energie van Agentschap NL.

Zie ook: <http://www.milieucentraal.nl/pagina?onderwerp=Energie%20uit%20biomassa>

5. CO₂-compensatie lokaal

CO₂-compensatie binnen de projectgrens is bijvoorbeeld gasverbruik (e.a. fossiele brandstoffen) compenseren met extra elektriciteitsopwekking. Dit kan door plaatsing van een windmolen met elektriciteitsteruglevering aan het landelijke net voor compensatie van het lokale gasverbruik. Ook kan gedacht worden aan bomen planten binnen de projectlocatie, al zijn hiervan geen voorbeelden bekend.

6. CO₂-compensatie extern

Er zijn verschillende mogelijkheden om CO₂-emissies te compenseren door maatregelen buiten de grenzen van het eigen project. Te onderscheiden zijn:

- Vastlegging van CO₂ bijvoorbeeld in de vorm bossen.
- Opwekking van duurzame energie (investeren in een windmolen park).
- Energiebesparing bij diverse industrieën wereldwijd.

Omdat dergelijke projecten veelal buiten de eigen landgrenzen plaatsvinden is gedegen controle nodig op de compensatieprojecten: zijn ze wel "additioneel", worden ze tijdig uitgevoerd, etc. Compensatieprojecten kunnen bijvoorbeeld worden uitgevoerd in het kader van Clean Development Mechanism (CDM) uit het Kyoto protocol, een regeling waarbij industrielanden kunnen investeren in emissiereductie in ontwikkelingslanden. Als zo'n project voldoet aan bepaalde regels opgesteld door het UNFCCC kan het industrieland een Certified Emission Credits, of ook wel "CO₂-credits", toegewezen krijgen ter grootte van de gerealiseerde CO₂-reductie. Joint Implementation (JI) is een vergelijkbare regeling maar dan tussen industrielanden onderling, bijv. tussen Nederland en Polen. CDM en JI projecten kennen dus een redelijk strikt certificatiesysteem. Daarnaast zijn er ook andere certificatiesystemen voor CO₂-compensatie.

Er zijn in Nederland een aantal aanbieders van CO₂-compensatie die CO₂-credits inkopen ten behoeve van hun klanten. Aanbieders van klimaatcompensatie moeten daarvoor een vergunning of officiële toestemming hebben. Een aantal aanbieders laat zijn CO₂-boekhouding bovendien controleren door een gespecialiseerde accountant en maakt deze openbaar [Cozijnsen, 2008]. Omdat klimaatcompensatie een relatief jonge activiteit is, zijn de procedures en controlemechanismen voor aanbieders nog sterk in ontwikkeling.

Kritiek die wordt geuit op CO₂-compensatie is onder meer:

- Reductiemaatregelen kunnen beter bij de bron worden uitgevoerd.
- Klimaatcompensatie door bosaanplant vormt slechts een tijdelijke oplossing en vergt een groot ruimtebeslag.
- Het is niet volledig zeker of de beloofde compensatie ook plaatsvindt.

Anderzijds kunnen compensatieprojecten:

- Zeer effectief zijn in termen CO₂-reductie per geïnvesteerde euro.
- Bijdragen aan biodiversiteit.
- Bijdragen aan welvaart in ontwikkelingslanden.

De conclusie uit de definitiestudie is dat CO₂-compensatie bepaalde onzekerheden kent en zeker niet volledig in de plaats mag komen van emissiereductie aan de bron. Toch kan het een nuttig aanvullend instrument zijn om emissies die moeilijk vermijdbaar zijn toch te kunnen neutraliseren.

7. Kernenergie project

Kernenergie op projectniveau geschiedt met kleinschalige kernreactoren. Een voorbeeld betreft de ACACIA, een kleinschalig type reactor voor industriële toepassing. Gezien de beperkte toepassing van deze techniek in scholen en kantoren, wordt kleinschalige kernenergie niet kansrijk geacht. Zie ook kernenergie extern.

8. Kernenergie extern

Kernenergie ontstaat bij het splijten van atoomkernen van uranium. Uranium is, net als aardgas, steenkool en aardolie, een niet-hernieuwbare grondstof en kan dus opraken. Bij de opwekking van kernenergie komen echter geen broeikasgassen zoals CO₂ vrij, deze komen wel vrij bij de bouw van kerncentrales en de winning van uranium. Bovendien is uranium een goedkope brandstof en wordt het gewonnen op verschillende werelddelen, waardoor de afhankelijkheid van instabiele regio's lager is dan bij het gebruik van olie en gas. Wel blijft er radioactief afval achter. De straling die vrijkomt van radioactief materiaal kan ernstige gezondheidsproblemen veroorzaken.

Kernenergie is een maatschappelijk gevoelig onderwerp. Tegenstanders zien problemen rond de veiligheid van kernenergie, radioactief afval en de uiteindelijke kosten van het gebruik van kernenergie en de verwerking van het afval. De centrales en opwerkingsfabrieken zijn gevoelig voor misbruik voor de productie van wapens en terroristische aanslagen. Ook zijn de kosten voor de bouw van een kerncentrale en voor de ontmanteling hoog. Het afval dat ontstaat bij uraniumwinning, de resten na gebruik van uranium in de centrale en de afvalresten na sloop van een centrale radioactief. De straling die vrijkomt van radioactief materiaal kan gezondheidsproblemen veroorzaken en moet daarom voor vele honderden jaren veilig opgeslagen worden. Momenteel is hier nog geen goede definitieve opslag voor gevonden.

Ten slotte is uranium een grondstof die op kan raken. Met de huidige generatie kernreactoren is de voorraad goedkoop te winnen uranium voldoende om voor ongeveer een eeuw in de totale huidige wereldwijde elektriciteitsvraag te voorzien. Wanneer het winnen van duurder uranium winstgevend wordt en de centrales efficiënter zijn, is de voorraad voldoende voor zeker honderdduizend jaar.

9. CO₂-afvang en opslag project

CO₂-afvang en -opslag (ook wel aangeduid als Carbon capture and storage of CCS) is het afvangen en opslaan van kooldioxidegas afkomstig van de verbranding van (fossiele) brandstoffen, op locatie. Dit kan bijvoorbeeld gerealiseerd worden met bouwmaterialen (bijv. groenbeton of planten) die CO₂ opnemen. Zie ook CO₂-afvang en opslag extern.

10. CO₂-afvang en opslag extern

CO₂-afvang en -opslag (ook wel aangeduid als Carbon capture and storage of CCS) is het afvangen en opslaan van kooldioxidegas afkomstig van de verbranding van (fossiele) brandstoffen.

Eerst wordt CO₂ als gas uit de fabriek of energiecentrale gehaald: het afvangen. Vervolgens stroomt de CO₂ naar opslagplaatsen, via pijpleidingen of per schip. De opslag kan plaatsvinden in aardlagen die van nature afgesloten zijn; ze liggen meer dan duizend meter onder land of onder de zeebodem. Tijdens het beheer controleert men of de opslagplaats goed afgesloten blijft.

Sommige industrieën, zoals kunstmestproductie, leveren pure CO₂ op, die zo kan worden afgevoerd en opgeslagen. Bij andere processen, zoals elektriciteitscentrales of hoogovens, moet CO₂ worden afgevangen uit de uitlaatgassen. Deze techniek wordt al op kleine schaal gebruikt in bijvoorbeeld de kunstmestproductie en de olie- en aardgassector. Wel kost het afvangen nog relatief veel energie en dus geld. Momenteel is men deze techniek wereldwijd aan het verbeteren.