



EBECS

Achtergronddocument methodologie

EBECS Versie: 3.0.3
Datum: 05-12-2023



Vision on technology
for a better world



Energy
Ville

INHOUDSTAFEL

Inleiding	3
1 EBECS basiscomponenten	4
1.1 Energiebalans methode voor ruimteverwarming	4
1.2 Overige energiestromen.....	4
1.3 Werkelijk en theoretisch energieverbruik.....	5
1.4 Renovatiescenario's.....	6
1.5 Emissieberekeningen.....	6
1.6 Gebruikersinput	7
2 Berekeningsmethodologie.....	11
2.1 Algoritmes gebaseerd op EPC	11
2.2 EBECS specifieke algoritmes	14
3 Toekomstige ontwikkelingen EBECS	26
4 Disclaimer	27
5 Annex	28
5.1 Annex A: BGA-methodologie	28
5.2 Annex B: Zonnestraling in EBECS	32
5.3 Annex C: Kostenmethodologie.....	Error! Bookmark not defined.

INLEIDING

EBECS (EnergyVille Building Energy Calculation Service) is een web-gebaseerde berekeningsengine ontwikkeld en gehost door het Vlaamse Instituut voor Technologisch Onderzoek (VITO). EBECS richt zich op energieprestatie-verbeteringen voor residentiële gebouwen. Op basis van de output van EBECS kunnen gebruikers, bijv. one-stop-shops, banken, energie-experts, aannemers ..., residentiële eindgebruikers een advies op maat geven over de impact van energiebesparende maatregelen in hun woning.

EBECS is modulair opgebouwd en combineert fysisch gebaseerde modellen voor de berekening van de warmte- en energievraag van een gebouw met modules om kosten en subsidies te berekenen. Achterliggend maakt EBECS hiervoor gebruik van verschillende databases die VITO/EnergyVille heeft opgebouwd gedurende meerdere jaren van onderzoek naar energie gerelateerde kenmerken van gebouwen, technische specificaties van renovatie-ingrepen, investeringskosten, subsidieregelingen, enz.

EBECS wordt aangeboden als een Application Programming Interface (API¹). EBECS kan hierdoor worden geïntegreerd in producten die door onze partners zijn ontwikkeld, bijvoorbeeld websites, mobiele applicaties of apparaten zoals slimme thermostaten.

Dit document beschrijft de concepten en methodologieën die in EBECS zijn geïmplementeerd.

¹ Een API (Application Programming Interface) is een software-interface die het mogelijk maakt dat twee applicaties met elkaar kunnen communiceren.

1 EBECS BASISCOMPONENTEN

1.1 Energiebalans methode voor ruimteverwarming

De kern van EBECS is gebaseerd op de energiebalans methode, waarbij de energiestromen binnen een gebouw worden gemodelleerd. Deze fysisch gebaseerde energiebalansvergelijkingen volgen de rekenmethodiek van de internationale norm EN ISO 13790/ EN52016-1. Sommige rekenonderdelen zijn echter uitgebreid. EBECS gebruikt voor sommige onderdelen een afwijkende rekenmethodiek om een accuratere inschatting te kunnen maken van de energiestromen binnen de Vlaamse context. Dit document licht deze afwijkingen verder toe.

De meest belangrijke rekenmethodieken simuleren bouwfysische aspecten zoals transmissieverliezen doorheen de gebouwschil, warmtestromen met betrekking tot ventilatie en infiltratie, warmtewinsten via zonnestraling en interne warmtewinsten van bewoners en hun activiteiten. Op basis van de balans tussen warmtewinst en warmteverlies wordt de energievraag voor ruimteverwarming berekend. Om de warmtewinst en warmteverlies te begroten houden deze energiebalansalgoritmen rekening met een grote variatie aan parameters:

- klimatologische gegevens (bijv. typische buitentemperaturen en invallende zonnewinsten voor een specifiek klimaat);
- gegevens van bouwcomponenten (bijv. soorten wandsamenstelling, thermische transmissie van beglazing en eigenschappen van zonnewarmtewinst)
- gegevens van de bewoners (bijv. instelpunten van de thermostaat en interne warmtewinsten);
- eigenschappen van HVAC ('Heating, Ventilation and Air Conditioning') installaties (bijv. ketelrendement);
- geometrische eigenschappen van een gebouw (bijv. warmteverliesgebied van voorgevel en raamoppervlak volgens de hoofdorïentaties).

EBECS kan op meerdere detailniveaus invoergegevens verwerken. Wanneer er gedetailleerde informatie beschikbaar is kan deze ingevoerd worden. Als er beperkte gegevens beschikbaar zijn valt EBECS terug op vaste rekenwaarden. Voor parameters waarover geen informatie beschikbaar zijn werden specifieke datasets en subroutines ontwikkeld en geïntegreerd in EBECS. EBECS bezit hiervoor pre-processors die een gebouwinput kunnen verrijken met typisch eigenschappen van de gebouwschil en installaties, typische gebruikersprofielen van gebouwen, enz. Dit maakt het mogelijk om de hoeveelheid invoergegevens te beperken voor een snelle eerste analyse, terwijl de invoer in een later stadium kan verfijnd worden voor een meer gedetailleerde simulatie. EBECS maakt hierbij automatisch gebruik van de gedetailleerde invoer wanneer deze beschikbaar is.

Als resultaat van de energiebalansberekeningen wordt de maandelijkse energievraag voor ruimteverwarming gemodelleerd.

1.2 Overige energiestromen

Naast de warmtevraag worden ook alle overige energiestromen in een gebouw in kaart gebracht. Hiervoor gebruikt EBECS de karakteristieken van de woning, de aanwezige systemen en installaties en de gekende bewonerskenmerken. Ook de energie- en warmwaterproductie door zonnepanelen en zonnecollectoren kan door EBECS worden berekend.

Samengevat worden de volgende maandelijkse energiestromen berekend:

- elektriciteitsverbruik door apparaten (kWh/jaar);
- verlichtingsverbruik (kWh/jaar);
- verbruik door koken (kWh/jaar);
- verwarmingsverbruik (kWh/jaar);
- sanitair warmwaterverbruik (kWh/jaar);
- koelverbruik (kWh/jaar);
- hulpenergie voor ventilatie (kWh/jaar);
- fotovoltaïsche opwekking (kWh/jaar);
- opwekking van thermische zonnecollectoren (kWh/jaar).

De maandelijks berekende energiestromen worden vervolgens geaggregeerd per jaar en het jaarverbruik (in kWh/jaar) wordt aan de gebruiker als eindresultaat gerapporteerd.

Afgezien van de energiestromen voor de verschillende eindgebruiken (verwarming, koken...) zijn de resultaten ook gegroepeerd per energiedrager, d.w.z. de som van het elektriciteitsverbruik, olieconsumptie, gasconsumptie en "andere energiedragers" waaronder hout, pellets, steenkool en stadsverwarming.

1.3 Werkelijk en theoretisch energieverbruik

Het theoretisch energieverbruik, zoals voorspeld door de meeste energieberekeningsroutines, wijkt vaak sterk af van de werkelijk gemeten verbruiken. Deze afwijking (in wetenschappelijke literatuur 'Building energy performance gap') is te verklaren door het feit dat het werkelijke energieverbruik van een gebouw voor een groot deel afhankelijk is van het gedrag van de bewoners (bijv. opening van ramen, thermostaat-instelpunt in de verschillende delen van het gebouw, verwarmen enkel op bepaalde momenten van de dag). Bovendien wordt het inschatten van het werkelijke energieverbruik verder bemoeilijkt door de onzekerheid over fysische parameters zoals de infiltratiesnelheid en de werkelijke warmteoverdrachtscoëfficiënten.

In traditionele energieberekeningsroutines gebruikt in beleidsinitiatieven (bijv. EPC of EPB) worden dergelijke parameters niet meegenomen, vereenvoudigd of afgeschat binnenin de tool. Dit is een van de belangrijkste redenen waarom de cijfers rond energieverbruik in energieprestatiecertificaten (EPC) vaak sterk afwijken van de werkelijke gemeten gegevens.

EBECS stelt de gebruiker in staat om zowel een theoretische als een 'gekalibreerde berekening' te maken van de warmte- en energievraag. De theoretische berekening volgt quasi volledig de officiële Vlaamse EPC-methodologie. De gekalibreerde berekening benadert zo goed als mogelijk het werkelijke verbruik. Hiervoor wordt in de gekalibreerde berekening het bewonersgedrag in rekening gebracht en worden grootheden gekenmerkt door veel onzekerheid volgens een meer genuanceerde manier begroot. In vergelijking met EPC zijn in EBECS daarom bijkomende invoerparameters beschikbaar om de bewonerskenmerken en het bezettingsprofiel te beschrijven.

Bovendien laat EBECS toe om, als onderdeel van de kalibratie, de werkelijke energieverbruikscijfers in te voeren. EBECS gebruikt deze energieverbruikscijfers om de berekende energiestromen te kalibreren (zie 2.2.2.1 en 2.2.2.2). Deze kalibratiestap is niet gebaseerd op eenvoudige regressie maar optimaliseert fysieke parameters van het model, zoals de omhullende warmteoverdracht, de ventilatie en infiltratiesnelheid, het instelpunt van de thermostaat, de onverwarmde periode, de fractie van onverwarmde ruimtes, enz. Via

kalibratie worden deze fysische parameters geoptimaliseerd binnen realistische grenzen met behulp van een iteratieve procedure die het werkelijke en berekende energieverbruik zo goed mogelijk op elkaar afstemt.

Als geen verbruiksdata beschikbaar is baseert EBECS zich op standaard verbruiksprofielen. De gebruiker kan ook aangeven dat de woning wordt gekarakteriseerd door een niet-standaard energiepatroon, bijvoorbeeld energie-intensieve professionele activiteiten (bakkerij, winkel ...), of door een grote energieverbruiker zoals een sauna, een zwembad of een elektrische wagen. In dat geval wordt een aparte procedure gebruikt om het energieverbruik gerelateerd aan dergelijke activiteiten of installaties te begroten en uit te sluiten bij het kalibreren van de fysieke parameters in het model.

1.4 Renovatiescenario's

EBECS laat niet alleen toe om de huidige toestand van een gebouw of woning door te rekenen maar ook mogelijke renovatiescenario's te simuleren. De gebruiker dient hierbij aan te geven welke renovatie-ingrepen worden uitgevoerd, waarbij zowel één maar ook een combinatie van meerdere maatregelen kan worden gesimuleerd. EBECS berekent vervolgens alle energiestromen opnieuw voor deze nieuwe situatie. Hierbij kan de gebruiker er ook voor kiezen om via een eenvoudige methode het pre- en reboundeffect² in rekening te brengen.

EBECS laat ook toe om de investeringskosten en subsidies voor alle renovatiemaatregelen te berekenen. Hiervoor beschikt EBECS over een kostendatabase die tweejaarlijks wordt geactualiseerd. Ook zijn de Vlaamse subsidies vervat in de MijnVerbouwPremie³ en aanvullende premies van Fluvius in EBECS opgenomen, i.e. exclusief lokale premies. Voor een compleet overzicht van de kostenstructuur en bijhorende eenheidsprijzen wordt verwezen naar de aparte documentatie rond de EBECS-kostenmethodologie.

1.5 Emissieberekeningen

Op basis van de jaarlijkse energievraag per energiedrager wordt in EBECS de jaarlijkse CO₂-emissies berekend aan de hand van de emissiefactoren⁴ zoals samengevat in Tabel 1. Merk op dat geen rekening gehouden werd met de uitstoot doorheen de levenscyclus van de energiedragers (ontginning, productie, transport/distributie) of productie-installaties (energiegebruik in constructiefase, gebruikte materialen, ...). Algemeen gezien, is de uitstoot doorheen de levenscyclus van installaties die elektriciteit opwekken uit hernieuwbare energiebronnen ruwweg 10 keer kleiner dan deze van elektriciteitscentrales op fossiele brandstoffen⁵.

² Sunikka-Blank, Minna & Galvin, Ray. (2012). Introducing the rebound effect: The gap between performance and actual energy consumption. Building Research and Information - BUILDING RES INFORM. 40. 260-273. 10.1080/09613218.2012.690952.

³ [Mijn VerbouwPremie | Vlaanderen.be](#)

⁴ Bronnen: [CO₂emissiefactoren.be \(co2emissiefactoren.be\)](#); [CO₂-emissiefactoren, calorische onderwaarden en soortelijke gewichten van fossiele brandstoffen en elektriciteit | Vlaanderen.be](#)

⁵ [CO₂-emissiefactoren, calorische onderwaarden en soortelijke gewichten van fossiele brandstoffen en elektriciteit | Vlaanderen.be](#)

Tabel 1: Overzicht van CO₂ emissiefactoren per energiedrager

Energiedrager	Emissiefactor (kg/MJ)
Elektriciteit	0.060
Gas	0.056
Stookolie	0.074
Hout	0.008
Pellets	0.013
Kolen	0.089
Stadsverwarming	0.036

In sommige renovatiescenario's is het mogelijk dat de CO₂-reductie nul of negatief wordt. In dat geval zal de CO₂-reductie gelijk aan 0 worden gesteld.

1.6 Gebruikersinput

EBECS maakt het mogelijk om met een beperkte set van invoergegevens een berekening uit te voeren. In dat geval wordt voor alle ontbrekende gegevens teruggevallen op de terugvalwaarden in EBECS die afhankelijk zijn van gekende parameters zoals bouwjaar of typologie van de woning.

De minimaal vereiste invoergegevens om een EBECS-berekening uit te voeren zijn:

- bouwjaar;
- type gebouw (open, half-open, gesloten);
- geometrische kenmerken (indien gebruik van BGA: zie paragraaf 2.2.2.6);
 - oppervlakte van de plat daken;
 - oppervlakte van de hellend daken;
 - oppervlakte van de buitengevel (inclusief ramen en deuren);
 - oppervlakte van de begane grond;
- karakteristieken ruimteverwarming;
 - verwarmingsstype (boiler, warmtepomp enz.);
 - brandstof (gas, olie, elektriciteit enz.).

Door meer details te specificeren worden de standaardwaarden in EBECS verfijnd en wordt de simulatie nauwkeuriger.

Enkele concrete voorbeelden zijn:

- Het invoeren van het werkelijk energieverbruik (gas, elektriciteit, olie, hout, pellets, enz.) maakt de kalibratie in EBECS mogelijk en laat toe om het verbruik na renovatie en mogelijke besparingen beter in te schatten.
- Bouwkundige eigenschappen: het meest eenvoudige is aangeven of er al dan niet isolatie aanwezig is en eventueel in welk jaar deze werd aangebracht.. Meer specifieke informatie over de aanwezige isolatie of zelfs de U-waarde zorgen voor een nauwkeurigere inschatting van de potentiële vermindering van de warmtevraag.
- Details over de installaties voor verwarming, warmwaterproductie en ventilatie (bijvoorbeeld type, installatiejaar, afgiftesysteem) zorgen voor een betere inschatting van het rendement van de installatie en de uiteindelijke energievraag.
- Het al dan niet aanwezig zijn van technologieën voor de opwekking van hernieuwbare energie (PV, zonnecollectoren, warmtepompen enz.), waarbij ook meer details over deze installaties kunnen worden gespecificeerd.

- De aanwezigheid van grote energieverbruikers die een impact kunnen hebben op de nauwkeurigheid van de kalibratie (sauna, zwembad, enz.). Als dergelijke grootverbruikers aanwezig zijn wordt er een aparte methodiek gebruikt om het verbruik van deze energieverbruikers af te schatten en uit te sluiten bij kalibratie.
- Bijkomende informatie rond de geometrie van de woning ten opzichte van de minimaal vereiste invoergegevens. De mogelijkheden voor invoer rondom de geometrie worden hieronder apart beschreven.

Voor de geometrie-gegevens van de woning kan de gebruiker de volgende kenmerken invoeren:

- de bruikbare vloeroppervlakte;
- het beschermd volume;
- de oppervlakte van de platte daken;
- de oppervlakte van de hellend daken;
- de oppervlakte van de buitenmuren;
- de oppervlakte van de begane grond;
- de oppervlakte van de ramen;
- de oppervlakte van de deuren en poorten.

In het ideale geval worden deze parameters aangeleverd door de gebruiker. Echter, in sommige gevallen zijn deze gegevens niet beschikbaar, bijv. bij een recente verbouwing, uitbreiding of nieuwbouwwoning. In dat geval kan worden teruggevallen op de BGA (Building Geometry Algorithm) die op basis van een selectie van bovenstaande parameters de volledige geometrie van een woning genereert. De BGA is onderdeel van EBECS en wordt automatisch aangeroepen als geometrische parameters van de woning ontbreken. Paragraaf 2.2.2.6 geeft informatie rond de BGA en een gedetailleerde beschrijving is terug te vinden in Annex A (Sectie 6.1).

In vele gevallen zijn er meerdere mogelijkheden om karakteristieken van een schildeel of installatie mee te geven. In alle gevallen gebruikt EBECS steeds het meest gedetailleerde input veld. Hieronder wordt via twee voorbeelden deze gelaagde manier van input geïllustreerd.

1.6.1 Schildelen

Voor de energiebalansvergelijkingen in EBECS is voornamelijk de oppervlakte en de isolatiewaarde van belang. Voor de isolatiewaarde van de schildelen (vloer, muur, dak, raam, deur) is het mogelijk om een vaste U-waarde per schildeel te specificeren⁶. Als alternatief kan de gebruiker gegevens invoeren met betrekking tot het type bouwcomponent, de spouw (indien aanwezig), het isolatiemateriaal, de isolatiedikte, het isolatiejaar en de gebruikte materialen voor buitenafwerking. Deze parameters worden vervolgens gebruikt voor het berekenen van de U-waarde van het desbetreffende schildeel volgens de EPC-methodiek. Als geen informatie wordt meegegeven over de isolatiekarakteristieken van een bepaald schildeel worden deze afgeschat op basis van het isolatiejaar (of bouwjaar van de woning).

⁶ Merk op dat er automatisch ook een bijkomende toeslag voor bouwknopen wordt berekend in EBECS (volgens de EPC-methodologie, sectie 2.5.1.2). De impact van bouwknopen moet dus niet in de opgegeven U-waarde inbegrepen zijn. Overgangsweerstanden dienen wel te zijn inbegrepen in de opgegeven U-waarde.

In het algemeen kan deze U-waarde op volgende manieren door de gebruiker worden gekarakteriseerd:

1. Invoerveld U-waarde
EBECS gebruikt in dit geval rechtstreeks de opgegeven U-waarde en negeert andere parameters rond isolatie zoals isolatiedikte. Voor de kostprijsberekening wordt op basis van de opgegeven U-waarde en overige isolatiekenmerken (isolatiemateriaal en lambda-waarde) berekend hoeveel isolatiemateriaal in het desbetreffende scenario geplaatst is.
2. Invoervelden isolatiemateriaal, isolatiedikte en lambda-waarde
EBECS berekent via de opgegeven isolatiekenmerken de U-waarde van de isolatie en vervolgens van de gehele constructie, rekening houdende met andere parameters die voor dat scheiddeel van toepassing zijn (spouw, kelder, afwerking...), richting van de warmtestroom en koudebruggen (cf. EPC-methodologie).
Indien één of meer van deze parameters ontbreken worden de niet-gekende parameters afgeschat op basis van het isolatiejaar (of bouwjaar van de woning).
Merk op dat in dit geval de parameter 'isolatie aanwezig' (parameter *has_insulation*) ook *true* moet zijn. Indien dit niet het geval is worden de isolatieparameters genegeerd en verondersteld EBECS dat er geen isolatie aanwezig is.
3. Enkel invoerveld 'isolatie aanwezig'
EBECS berekent analoog als in optie 2 op basis van de default isolatiekarakteristieken, afgeschat op basis van het isolatiejaar (of bouwjaar van de woning), de U-waarde van de isolatie en de gehele constructie.
4. Geen parameters rond isolatie
Indien geen informatie rond de isolatiegraad van een scheiddeel wordt opgegeven schat EBECS zelf eerst af of er al dan niet isolatie aanwezig is. Dit gebeurt op basis van het type scheiddeel en het bouwjaar van de woning. Indien hierbij wordt verondersteld dat het scheiddeel geïsoleerd is worden de overige isolatiekarakteristieken (dikte isolatie, isolatiemateriaal, ...) afgeschat op dezelfde manier als in optie 2 en 3.

Merk op dat afhankelijk van het scheiddeel ook andere parameters de U-waarde berekening van het scheiddeel kunnen beïnvloeden (bijv. spouw aanwezig, kelder aanwezig ...).

1.6.2 PV

De grootte en opbrengst van het geïnstalleerde fotovoltaïsch systeem kan in EBECS op verschillende manieren worden opgegeven. Ook hierbij is een gelaagde prioriteit van de invoerparameters van toepassing:

1. Jaarlijks opbrengst
Als de jaarlijkse opbrengst (in kWh) wordt opgegeven gebruikt EBECS rechtstreeks deze input. De totale capaciteit van het fotovoltaïsch systeem en het aantal zonnepanelen worden dan afgeleid van deze jaarlijkse opbrengst op basis van 1) een aantal vaste reductiefactoren ($RF_{pv} = 0.78, c_{pv} = 0.9$; cf. EPC-methodologie), 2) opgegeven of default zonnestraling per maand; en 3) een vaste nominale capaciteit (Wp/m^2) afhankelijk van het type collector en het installatiejaar van het fotovoltaïsch systeem volgens Tabel 3.
2. De totale capaciteit van het fotovoltaïsch systeem
In dit geval wordt de totale jaarlijkse opbrengst afgeleid van de totale capaciteit op basis van de opgegeven of default zonnestraling per maand en de standaard reductiefactoren. De vaste nominale capaciteit volgens Tabel 3 wordt gebruikt om het aantal zonnepanelen te bepalen.
3. De totale oppervlakte van fotovoltaïsche panelen

In dit geval wordt deze totale oppervlakte gebruikt om via de aannames zoals beschreven in optie 1 de totale capaciteit en opbrengst van het fotovoltaïsch systeem te bepalen.

4. Geen input parameters

Indien geen details over het fotovoltaïsch systeem worden opgegeven bepaalt EBECS zelf hoe groot het fotovoltaïsch systeem moet zijn. Standaard wordt hierbij aangenomen dat bij een realistisch gedimensioneerd systeem de opbrengst gelijk is aan de elektriciteitsvraag van de woning op jaarbasis:

$$(1) \begin{cases} Q_{pv,jaar} = Q_{elektriciteit,jaar} \\ Q_{pv,jaar} = \sum_{m=1}^{12} A_{pv,ele} \cdot P_{n,pv} \cdot RF_{pv} \cdot c_{pv} \cdot \frac{I_{s,m}}{1000} \end{cases}$$

met

- $Q_{pv,jaar}$: jaaropbrengst van het fotovoltaïsch systeem (kWh),
- $Q_{elektriciteit,jaar}$: elektriciteitsvraag per jaar van de woning (kWh),
- $A_{pv,ele}$: oppervlakte van de zonnepanelen volgens elektriciteitsvraag (m²) bepaald volgens formule (2),
- $P_{n,pv}$: nominale capaciteit van de zonnepanelen (W/m²),
- RF_{pv} : reductiefactor voor type collector van fotovoltaïsch systeem (-) vastgelegd op 0.78 zoals beschreven in Sectie 2.9 van de EPC-methodologie,
- c_{pv} : reductiefactor beschaduwing (-),
- $I_{s,m}$: zonnestraling in maand m (MJ/m²) zoals beschreven in Annex B.

Vervolgens wordt rekening gehouden met de beschikbare dakoppervlakte, geschat als 40% van de dakoppervlakte van de platte daken (afstand tussen de panelen onderling en afstand tot de rand) en 80% van de oppervlakte van de goed georiënteerde hellende daken. Voor hellende daken wordt aangenomen dat slechts de helft van de totale dakoppervlakte een gunstige oriëntatie heeft, wat correct is in geval van een zadeldak met noord-zuid oriëntatie en een conservatieve aannames is in geval van een zadeldak met oost-west oriëntatie. Ten slotte wordt aangenomen dat bij hellende daken minstens één dakraam van 2 m² aanwezig is, dat wordt afgetrokken van de bruto dakoppervlakte om de beschikbare dakoppervlakte te berekenen.

Gecombineerd met de dimensionering op basis van de elektriciteitsvraag wordt de totale oppervlakte van de geïnstalleerde zonnepanelen A_{pv} bepaald als:

$$(2) \begin{cases} A_{pv,ele} = \frac{Q_{elektriciteit,jaar}}{P_{n,pv} \cdot RF_{pv} \cdot c_{pv} \cdot \sum_{m=1}^{12} \frac{I_{s,m}}{1000}}, \text{ uit (1)} \\ A_{pv,dak} = 0.4 \cdot A_{dak,plat} + (A_{dak,hellend} - 2.0) \cdot 0.8/2 \end{cases}$$

$$A_{pv} = \min(A_{pv,ele}, A_{pv,dak}), \text{ uit (2)},$$

met

- $A_{pv,dak}$: oppervlakte van de zonnepanelen volgens beschikbare dakoppervlakte (m²),

- $A_{dak,plat}$: totale oppervlakte van de platte daken, $A_{dak,hellend}$: totale oppervlakte van de hellende daken.

2 BEREKENINGSMETHODOLOGIE

Dit hoofdstuk geeft een meer gedetailleerde beschrijving van de algoritmes die EBECS gebruikt. EBECS volgt in de basis de EPC-methodiek maar gebruikt voor verschillende onderdelen alternatieve aannames en aanvullende algoritmes om het energieverbruik accurater te kunnen simuleren. In Sectie 2.1 worden de verschillen tussen de EPC-methodiek en de aanvullende EBECS-algoritmes uitgediept. Algoritmes die geen onderdeel uitmaken van de EPC-formulestructuur worden vervolgens individueel uitgelicht in Sectie 2.2.

Zoals eerder al is aangegeven kan EBECS-gebruik maken van verschillende detailniveau waarop de informatie wordt toegekend. Opgegeven waarden in dit hoofdstuk kunnen overschreven worden met eigen gegevens wanneer deze bekend zijn.

2.1 Algoritmes gebaseerd op EPC

EBECS gebruikt een aantal bouwфysische wiskundig modellen om de energiestromen te berekenen. Veel van de methoden zijn overgenomen uit de meest recente Vlaamse EPC-methodologie welke gebaseerd is op de EN ISO 13790 standaard.

2.1.1 Energiestromen

2.1.1.1 Ruimteverwarming

De methode voor het berekenen van ruimteverwarming is gebaseerd op de EPC-methodologie⁷. Zoals eerder vermeld is in EBECS zowel een theoretische als een 'gekalibreerde' berekening mogelijk. Verschillen tussen beide methodieken zijn hieronder beschreven.

- EPC berekening en gekalibreerde berekening
 - Het is slechts mogelijk om één type verwarmingssysteem te specificeren, met één type brandstof. Bijverwarming kan dus niet worden meegenomen in de berekeningen en moet worden vertaald naar een equivalente energievraag door de hoofdverwarming.
 - Het is slechts mogelijk om één type en één dikte van isolatiemateriaal per onderdeel te specificeren. Verschillende isolatielagen in één onderdeel moeten worden vertaald naar een equivalente isolatielaag met één dikte en één type isolatiemateriaal.
 - Het wordt onmogelijk geacht om EBECS-gebruikers te vragen naar de thermische massa van hun huis. Daarom wordt de thermische massa van het gebouw standaard geschat op 71 000 J/K.m³ (cf. EPC-methodologie, Half zwaar/matig zwaar in Tabel 33 p. 31).
 - Bij ventilatiesysteem D wordt er vanuit gegaan dat het fabricagejaar van de warmteterugwinunit na 2015 ligt, zodat $\eta_{wtw,test} = 0.75$ (cf. EPC-methodologie, Tabel 25 p. 25).
Ook wordt uitgegaan dat bij ventilatiesysteem C+ en D vraagstruring centraal plaatsvindt, i.e. één of meerdere sensoren in het afvoerkanal of de afvoerkanalen, zodat $f_{reduc} = 0.9$ (cf. EPC-methodologie, Tabel 26 p. 25).
- Voor het distributierendement wordt aangenomen dat de lengte van (ongeïsoleerde) leidingen buiten het beschermd volume tussen de 2 en 20 m

⁷ [Rekenmethodiek EPC bestaande \(kleine niet-\)residentiële eenheden | Vlaanderen.be](#)

ligt ($\eta_{distributie} = 0.95$, cf. EPC-methodologie Tabel 56 p. 47). Op die manier wordt naar een betere, gemiddelde inschatting van het distributierendement gestreefd in vergelijking met de conservatieve standaard waarde die de EPC-methodiek handhaaft wanneer de lengte onbekend is.

- Bij de berekening van de U-waarde bij vloeren op volle grond wordt aangenomen dat de gemiddelde diepte van de vloer, gemeten naar beneden vanaf het maaiveld, gelijk is aan 0 m.
- In EBECS kan worden aangegeven of zonnewering aanwezig is. Indien dit het geval is wordt bij de berekening van de zonneprijzen aangenomen dat dit steeds buitenzonwering is (reductiefactor $F_c = 0.5$, cf. EPC-methodologie Tabel 30 p. 28), en dat de zonwering steeds handbediend of automatisch bediend verloopt (gebruiksfactor $a_{c,H,m} = 0.0$, cf. EPC-methodologie Tabel 31 p. 29).
- Gekalibreerde berekening
 - Als instelpunt van de binnentemperatuur wordt initieel 17 °C aangenomen, als een gemiddelde waarde voor de gehele woning. Merk op dat tijdens de kalibratie de binnentemperatuur één van de parameters is die mogelijks worden gewijzigd zodat het werkelijke, ingegeven verbruik benadert wordt.
 - Er worden alternatieve waarden voor zonnestraling gebruikt, waarbij in EBECS de zonnestraling wordt gebruikt zoals gerapporteerd in de PVGIS tool van JRC⁸ (zie Annex 6.2).
 - In de EPC-berekening wordt voor het infiltratievoud v_{50} een standaardwaarde van $v_{50} = 12 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ aangenomen als geen exacte invoer wordt verstrekt. In de gekalibreerde berekening bepaalt EBECS v_{50} op basis van het bouwjaar, het ventilatietype en de renovatiegraad. Hiervoor worden cijfers gebruikt uit een onderzoek rond luchtdichtheid van de UGent⁹.
 - In de gekalibreerde berekening wordt bij de berekening van de zonneprijzen op aanraden van experts van de KU Leuven voor de factor voor beschaduwing $f_{beschaduwing,H}$ in plaats van 0.6 (cf. EPC-methodologie Tabel 29 p. 28) de waarde 0.75 aangenomen.

2.1.1.2 Sanitair warm water

De EBECS-berekeningsmethode voor de energievraag voor sanitair warm water is gebaseerd op de EPC-methodiek en houdt rekening met de impact van zonnecollectoren (cf. EPC-methodologie, paragraaf 2.6 pagina's 49-62). De implementatie in EBECS omvat enkele verschillen en bijkomende aannames ten opzichte van de EPC-methodiek die hieronder worden beschreven:

- EPC berekening en gekalibreerde berekening
 - Er wordt verondersteld dat er slechts één sanitair-warm-water opwekker is die zowel de keuken als de badkamer van sanitair warm water voorziet.
 - Exacte leidinglengtes zijn vaak onbekend. Daarom wordt een distributierendement van 0.87 verondersteld. Deze waarde stemt overeen met gewone leidingen waarbij de lengte van de leiding tussen het verst gelegen tappunt en de plaats van de opwekker meer dan vijf meter bedraagt.
 - EBECS gaat vooralsnog uit van individuele sanitair warm water voorzieningen op woningniveau. Hierdoor kan EBECS op dit moment geen sanitaire warm

⁸ [JRC Photovoltaic Geographical Information System \(PVGIS\) - European Commission \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&code=sdg_7_3_1)

⁹ [Airtightness assessment of single family houses in Belgium \(ugent.be\)](https://www.ugent.be/airtightness)

water circulatielussen doorrekenen. Circulatielussen komen zelden voor bij eensgezinswoningen maar kunnen voorkomen in appartementsgebouwen.

- Gekalibreerde berekening
 - De sanitair warm water behoefte wordt op een andere manier berekend zoals beschreven in Sectie 2.2.1.1.

2.1.1.3 Hulpenergie ventilatie

De methode voor de begroting van de hulpenergie nodig voor ventilatie wordt op exact dezelfde manier geïmplementeerd als de EPC-methodiek met dezelfde capaciteiten per ventilatiesysteem (cf. EPC-methodologie, paragraaf 2.7.2, p. 63-65). In EBECS zijn echter enkel de ventilatiesystemen die zijn opgesomd in Tabel 2 geïmplementeerd, waarbij ook het ventilatorvermogen (in ventilatiemodus) per systeem wordt aangegeven (cf. Tabel 80, p. 64).

Tabel 2: Type ventilatiesysteem en ventilatorvermogen, met $V_{(woon)eenheid}$ het beschermd volume van de wooneenheid.

Systeem ¹⁰	Beschrijving	Vermogen $\Phi_{vent}(W)$
A	Natuurlijke ventilatie	0
B	Mechanische aanvoer	$0.125 \cdot V_{wooneenheid}$
C	Mechanische afvoer	$0.125 \cdot V_{wooneenheid}$
D	Mechanische aanvoer en afvoer (inclusief systemen voor warmteterugwinning)	$0.235 \cdot V_{wooneenheid}$

2.1.1.4 Koeling

Koelsystemen zijn op dit moment nog niet meegenomen in EBECS.

2.1.1.5 PV

De berekeningsmethode voor lokale elektriciteitsproductie via fotovoltaïsche panelen (zonnepanelen of PV) is gelijkaardig aan de EPC-methodologie. (cf. EPC-methodologie, paragraaf 2.9 p. 72).

In vergelijking met EPC laat EBECS het toe om op verschillende manieren de grootte van de fotovoltaïsche installatie te definiëren. In volgorde van prioriteit kan dit via:

- 1) de jaarlijkse productie (in kWh/jaar);
- 2) de totale capaciteit van de PV-installatie (in W);
- 3) de geïnstalleerde oppervlakte van PV-panelen (in m²). Een meer gedetailleerde beschrijving van deze verschillende manieren van input is beschreven in Sectie 1.6.2.

Als de gebruiker geen van bovenstaande parameters meegeeft zal EBECS zelf het aantal PV-panelen begroten zoals beschreven in sectie 1.6.2. Zonder bijkomende gebruikersinput bepaalt EBECS een maximaal aantal zonnepanelen waarvan de totale productie op jaarbasis gelijk is aan het jaarlijkse elektriciteitsverbruik van de woning. De gebruiker kan deze dimensioneringslogica echter aanpassen via een correctiefactor 'production_ratio' die kan worden meegegeven in de EBECS' input. Deze correctiefactor laat toe om de PV-installatie te 'overdimensioneren' zodat deze op jaarbasis meer produceert dan de hoeveelheid elektriciteit die verbruikt wordt.

¹⁰ Bron: <http://www.livios.be/nl/bouwinformatie/techniek/ventilatie/het-alfabet-a-b-c-en-d/>

Bij het bepalen van het maximaal aantal panelen houdt EBECS rekening met de beschikbare dakoppervlakte, waarbij wordt aangenomen dat:

- bij platte daken de maximale oppervlakte van de zonnepanelen 40% is van de dakoppervlakte (afstand tot de rand, tussenafstand tussen de panelen ...),
- bij hellende daken de maximale oppervlakte van de zonnepanelen 80% is van één zijde van het dak (aannee zadeldak),
- bij hellende daken minstens één dakraam van 2 m² aanwezig is, wat wordt afgetrokken van de bruto oppervlakte van het dak om de beschikbare dakoppervlakte voor zonnepanelen te bepalen.

Ten opzichte van de EPC-methodiek wordt ook een andere nominale capaciteit van de zonnepanelen gebruikt (zie Tabel 3), zodat deze meer in lijn is met de nominale capaciteit van zonnepanelen op de markt. Ook worden alternatieve waarden voor de zonnestraling gebruikt in het geval van de gekalibreerde berekening, waarbij de waarden corresponderend met een invalshoek van 35° uit de PVGIS-tool van JRC⁸ (zie Annex 3.2) worden overgenomen.

Tabel 3: Beschikbare types zonnepanelen en hun nominale capaciteit.

Type	Nominale capaciteit (W/m ²)	
	Installatiejaar	
	≤ 2015	> 2015
Monokristallijn	175	190
Polykristallijn	150	160
Dunne film/amorf	100	105

2.2 EBECS specifieke algoritmes

2.2.1 Energiestromen

2.2.1.1 Sanitair warm water behoefte

De EPC-methodologie bepaalt de behoefte aan sanitair warm water op basis van de grootte van de woning. EBECS daarentegen houdt bij de gekalibreerde rekening met het aantal opgegeven bewoners van de woning. De methodiek is gebaseerd op een studie¹¹ uit het Verenigd Koninkrijk van de Energy Monitoring Company (EMC) in samenwerking met Defra.

Logica in pseudo-code:

De dagelijkse behoefte voor sanitair warm water (in l/dag) wordt als volgt berekend:

$$V_{sww,dag} = 40 + n_{inw} \cdot 28.$$

De maandelijkse behoefte (in l/maand) wordt vervolgens

$$V_{sww,maand} = V_{sww,dag} \cdot t / 0.0864,$$

met

- n_{inw} : het aantal inwoners van de wooneenheid,
- t : het aantal seconden per maand (Msec, cf. EPC-methodologie),
- 0.0864: het aantal Msec per dag.

De energievraag voor sanitair warm water (in MJ) wordt uiteindelijk bepaald via:

¹¹ [Measurement of domestic hot water consumption in dwellings - GOV.UK \(www.gov.uk\)](http://www.gov.uk)

$$Q_{sww, maand} = V_{sww, maand} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (T_{w, afgifte} - T_{w, in}) / 1000,$$

met

- ρ_w : dichtheid van water (1 kg/l),
- c_w : warmtecapaciteit van water (4.2 kJ/kg K),
- $T_{w, afgifte}$: afgifte temperatuur water,
- $T_{w, in}$: temperatuur van het water bij aanvoer,
- $T_{w, afgifte} - T_{w, in}$: temperatuursprong die moet worden gerealiseerd (aanname¹¹ 39 °C).

2.2.1.2 Verlichting

EBECS berekent het elektriciteitsverbruik voor verlichting aan de hand van de gespecificeerde types lampen en aannames rond de gewenste lichtsterkte. EBECS laat toe om zelf het aantal en type lampen te specificeren. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen vier types lampen: traditionele gloeilampen, halogeen gloeilampen, compacte fluorescentielampen (CFL) en light emitting diode (LED). Als het type (en aantal) lampen niet wordt meegegeven gaat EBECS uit van de slechtste situatie, namelijk traditionele gloeilampen.

Een gedetailleerde beschrijving wordt in pseudo-code hieronder beschreven.

Logica in pseudo-code:

Het gemiddeld genormaliseerd vermogen wordt bepaald als het gemiddeld vermogen over alle aanwezige type verlichting i :

$$\overline{p_n} = \frac{\sum_{i=0}^{i=k} n_i \cdot p_{n,i}}{\sum_{i=0}^{i=k} n_i},$$

met

- $\overline{p_n}$: gewogen gemiddeld genormaliseerd vermogen (W/lumen) over alle k types verlichting,
- n_i : het aantal lampen van type verlichting i ,
- $p_{n,i}$: het vermogen van type verlichting i (W/lumen), zie Tabel 4.

Vervolgens wordt het specifiek geïnstalleerd vermogen p_{verl} (in W/m²) berekend op basis van een minimumverlichtingsniveau van 100 lumen/m²:

$$p_{verl} = 100 \cdot \overline{p_n},$$

zodat het totale energieverbruik door verlichting kan worden berekend als:

$$Q_{verl} = p_{verl} \cdot A_{tot} \cdot t_{verl},$$

met

- Q_{verl} : totaal energieverbruik door verlichting (kWh),
- A_{tot} : totale vloeroppervlakte (m²),
- t_{verl} : tijd dat lichten aanstaan (aanname 1u/dag).

Tabel 4: Type lampen en genormaliseerd vermogen p_n

Type	p_n (W/lumen)
Traditionele gloeilamp	0.1
Halogeen gloeilamp	0.093
Compacte fluorescentielampen (CFL)	0.02
Light emitting diode (LED)	0.015

2.2.1.3 Koken

Het energieverbruik door koken wordt bepaald op basis van het aantal inwoners (zie Tabel 5). De gebruiker dient in de EBECS-input op te geven of op gas of elektriciteit wordt gekookt, waarbij de terugvaloptie elektriciteit is.

Tabel 5: Energievraag door koken in functie van aantal inwoners

Aantal inwoners	Energievraag (kWh)	koken
1	220	
2	260	
3	300	
4	340	
5	380	
6	420	
7	460	
8	500	
9	540	
10	580	

2.2.1.4 Zonnecollectoren

De productie door zonnecollectoren wordt berekend volgens de methode van de Standard Assessment Procedure (SAP 2012¹²) uit het Verenigd Koninkrijk., waarbij een beschaduwingsfactor van 0.8 gebruikt (overeenstemmend met een gemiddelde beschaduwing). De dagelijkse warmwatervraag wordt berekend op basis van de resultaten (cf. Tabel 6.2 p.9) uit een studie¹³ uit het Verenigd Koninkrijk van de Energy Monitoring Company (EMC) in samenwerking met Defra.

2.2.1.5 Apparaten

Het verbruik door apparaten omvat het elektriciteitsverbruik van diverse elektrische apparatuur (wasmachine, vaatwasser, koelkast, entertainmentsystemen, enz.) die niet

¹²[Standard Assessment Procedure \(SAP 2012\) - BRE Group:](#)

¹³[Measurement of domestic hot water consumption in dwellings - GOV.UK \(www.gov.uk\)](#)

worden berekend volgens de reeds beschreven EBECS-modules (i.e. zonder apparaten om te koken). De EPC-methode houdt hier in de bepaling van het primair energieverbruik geen rekening mee.

Het elektriciteitsverbruik van dergelijke apparaten is sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, wat een betrouwbare inschatting uitdagend maakt. In EBECS wordt het verbruik door deze apparaten in eerste instantie ingeschat op basis van het aantal bewoners, verder gerefereerd als $Q_{app,inwoners}$, zoals weergegeven in Tabel 6. Deze inschatting wordt in de gekalibreerde EBECS-berekening verder verfijnd zodat het totale berekende elektriciteitsverbruik overeenkomt met het opgegeven, werkelijke verbruik. Deze verfijning is hieronder meer in detail gespecificeerd in pseudo-code.

Tabel 6: Energievraag apparaten in functie van aantal inwoners

Aantal inwoners	Energievraag apparaten (exclusief koken) (kWh)
1	470
2	860
3	1150
4	1665
5	1890
6	2115
7	2340
8	2565
9	2790
10	3015

Logica in pseudo-code:

Case 1: verwarming op elektriciteit (elektrische verwarming, elektrische ketel, warmtepomp)
Het elektriciteitsverbruik door apparaten Q_{app} wordt berekend op basis van het aantal inwoners ($Q_{app,inwoners}$)

Case 2: geen werkelijk elektriciteitsverbruik opgegeven
Het elektriciteitsverbruik door apparaten Q_{app} wordt berekend op basis van het aantal inwoners ($Q_{app,inwoners}$)

Case 3: andere gevallen
Het elektriciteitsverbruik apparaten Q_{app} wordt initieel bepaald als het verschil tussen het werkelijk elektriciteitsverbruik en het berekende elektriciteitsverbruik van de overige elektriciteitsverbruikers:

$$Q_{app} = Q_{werkelijk} - Q_{koken} - Q_{verl} - Q_{vent} - Q_{sww} + Q_{pv} + Q_{sww,zon},$$

met

- Q_{app} : verbruik door apparaten (kWh),
- $Q_{werkelijk}$: werkelijk netto elektriciteitsverbruik zonder aftrek van zelfconsumptie (kWh),
- Q_{koken} : verbruik door koken indien elektrisch (kWh),
- Q_{verl} : verbruik door verlichting (kWh),
- Q_{vent} : verbruik door hulpenergie voor ventilatie (kWh),
- Q_{sww} : verbruik door sanitair warm water indien elektrisch opgewekt (kWh),
- Q_{pv} : productie door fotovoltaïsch systeem (zonnepanelen) (kWh),
- $Q_{sww,zon}$: productie door zonnecollectoren indien sanitair warm water elektrisch wordt opgewekt (kWh).

Bij energiezuinig bewonersgedrag kan Q_{app} heel klein of zelf negatief worden. Daarom wordt in EBECS geverifieerd dat Q_{app} nog steeds realistisch is, waarbij als ondergrens 50% van het verbruik zoals voorspeld op basis van het aantal inwoners ($Q_{app,inwoners}$) wordt aangenomen. Bij een lagere waarde wordt een correctiefactor F_{elek} berekend om dit energiezuinige bewonersgedrag is rekening te brengen:

$$F_{elek} = \frac{Q_{werkelijk} + Q_{pv} + Q_{sww,zon}}{Q_{koken} + Q_{verl} + Q_{vent} + Q_{sww} + Q_{app,inwoners}}.$$

Deze berekende correctiefactor wordt vervolgens gebruikt om de elektriciteitsvraag van alle relevante elektriciteitsverbruikers (koken, verlichting, hulpenergie ventilatie, sanitair warm water) te corrigeren, zodat het totale berekende elektriciteitsverbruik gelijk wordt aan het ingegeven werkelijk elektriciteitsverbruik.

2.2.2 Specifieke algoritmes

2.2.2.1 Kalibratie theoretische warmtevraag

In EBECS is het mogelijk om een gekalibreerde berekening te laten simuleren, waarin een kalibratiestap wordt uitgevoerd om de theoretisch warmtevraag van de huidige situatie overeen te laten komen met de werkelijke warmtevraag. Hierbij wordt gestreefd om de afwijking tussen de gesimuleerde en werkelijke waarde kleiner te maken dan 5%.

Om deze kalibratie uit te voeren maakt EBECS gebruik van een aantal fysische kalibratiefactoren die het verschil tussen het theoretische en het werkelijke verbruik kunnen verklaren. Deze kalibratiefactoren zijn

- F_{Htrans} voor de onzekerheid op de transmissie coëfficiënt: $H_{trans} = F_{Htrans} \cdot H_{trans,initieel}$;
- F_{Hvent} voor de onzekerheid op de ventilatie coëfficiënt: $H_{vent} = F_{Hvent} \cdot H_{vent,initieel}$;
- F_{tijd} voor de onzekerheid op het percentage van de tijd dat verwarming actief is:

$$Q_{trans} = H_{trans} \cdot \Delta T \cdot (F_{tijd} \cdot \Delta t);$$

$$Q_{vent} = H_{vent} \cdot \Delta T \cdot (F_{tijd} \cdot \Delta t);$$

- F_{volume} voor de onzekerheid op het percentage van het beschermd volume dat verwarmd wordt:

$$Q_{\text{verwarming,eind}} = F_{\text{volume}} \cdot F_{\text{tijd}} \cdot \frac{Q_{\text{verwarmingsvraag,bruto}}}{\eta};$$

- $F_{T_{\text{binnen}}}$ voor de onzekerheid op het instelpunt van de binnentemperatuur:

$$T_{\text{binnen,corr}} = T_{\text{binnen,initieel}} \cdot \frac{\left(\left(1 - (1 - F_{\text{tijd}}) \cdot (1 - F_{\text{volume}}) \right) \cdot \frac{H_{\text{trans}} + H_{\text{vent}}}{A_{\text{tot}}} \right) + 2}{(1 - F_{\text{volume}}) \cdot \frac{H_{\text{trans}} + H_{\text{vent}}}{A_{\text{tot}}} + 2};$$

$$T_{\text{binnen}} = T_{\text{binnen,corr}} \cdot F_{T_{\text{binnen}}};$$

$$\Delta T = T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}}.$$

Met

- H_{trans} : Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie voor ruimteverwarming (W/K);
- H_{vent} : Warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie voor ruimteverwarming (W/K);
- ΔT : temperatuursverschil binnen/buiten (°C);
- Δt : duurtijd (s);
- $Q_{\text{verwarming,eind}}$: eindenergieverbruik voor ruimteverwarming (J);
- $Q_{\text{verwarmingsvraag,bruto}}$: bruto energieverbruik voor ruimteverwarming (J);
- η : systeemrendement;
- T_{binnen} : binnentemperatuur (°C);
- T_{buiten} : buitentemperatuur (°C).

In de eerste kalibratiestap zijn de kalibratiefactoren gelijk aan 1. In de volgende iteraties wordt afhankelijk van de verhouding tussen de berekende en de werkelijke warmtevraag de set van kalibratiefactoren telkens met een bepaald percentage verhoogd of verlaagd. Het algoritme corrigeert hierbij parameters met minder onzekerheid (bijv. warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie) minder sterk dan parameters met een grotere onzekerheid (bijv. percentage van de tijd dat verwarming actief is). De iteratieve berekening stopt wanneer de berekende warmtevraag een foutmarge heeft van minder dan 5%.

Als de gebruiker geen verbruiken opgeeft maakt EBECS gebruik van een standaard set kalibratiefactoren. De standaard set is samengesteld aan de hand van een studie waarbij de energieverbruiken van verschillende woningtypes is vergeleken met de daadwerkelijke verbruiken. De resulterende referentie-kalibratiefactoren bedragen hierdoor:

- $F_{H_{\text{trans}}} = 0.91$;
- $F_{H_{\text{vent}}} = 0.82$;
- $F_{\text{tijd}} = 0.3$;
- $F_{\text{volume}} = 0.48$;
- $F_{T_{\text{binnen}}} = 0.75$.

Er wordt echter aangeraden om daadwerkelijk verbruiken in te voeren wanneer deze bekend zijn. De gemiddelde factoren kunnen sterk afwijken van de kalibratiefactoren horende bij het effectieve verbruikersgedrag van de woning die wordt gesimuleerd.

De geoptimaliseerde (of default) kalibratiefactoren worden vervolgens ook gebruikt voor het corrigeren van het energieverbruik bij renovatiescenario's. Merk op dat voor de renovatiescenario's hiervan kan worden afgeweken via de parameter 'include_rebound' (zie Sectie 2.2.2.3).

2.2.2.2 Kalibratie theoretische elektriciteitsvraag

Voor de kalibratie van het elektriciteitsverbruik wordt slecht één kalibratiefactor F_{elek} gebruikt. Hierbij worden eerst de totale vraag en productie van elektriciteit theoretisch berekend:

- elektriciteitsvraag door verlichting,
- elektriciteitsvraag voor hulpenergie,
- elektriciteitsvraag voor apparaten,
- elektriciteitsvraag voor koken indien elektrisch,
- elektriciteitsvraag voor sanitair warm water indien elektrisch opgewekt,
- elektriciteitsproductie door fotovoltaïsch systeem (PV),
- compensatie van elektriciteitsvraag door zonnecollectoren indien sanitair warm water elektrisch wordt opgewekt.

Sectie 2.2.1.5 geeft een gedetailleerde beschrijving van de methode die vervolgens wordt gebruikt om F_{elek} te optimaliseren. Als de gebruiker geen elektriciteitsverbruik opgeeft maakt EBECS gebruik van de theoretisch berekende verbruiken. In dat geval is F_{elek} gelijk aan 1.

Analoog als bij de kalibratiefactoren met betrekking tot de warmtevraag wordt de geoptimaliseerde kalibratiefactor F_{elek} ook gebruikt voor het corrigeren van het elektriciteitsverbruik bij renovatiescenario's, tenzij de gebruiker dit overschrijft via de parameter 'include_rebound' (zie Sectie 2.2.2.3).

2.2.2.3 Pre- en reboundeffect¹⁴

Het pre-bound effect is een gekend fenomeen dat beschrijft dat het werkelijke energiegebruik van woningen meestal – en zeker voor slecht geïsoleerde woningen – significant lager ligt dan wat het theoretische energiegebruik op basis van een EPC-berekening doet vermoeden. Dit heeft alles te maken met het gedrag van bewoners die hun energiekosten trachten te drukken door minder ruimtes te verwarmen en de verwarming uit te zetten wanneer ruimtes niet gebruikt worden. De bewoners gaan op zoek naar een compromis tussen betaalbaarheid en minimaal comfort.

Het reboundeffect beschrijft hoe na renovatie bewoners vaak hogere comforteisen opleggen, waardoor een deel van de theoretische besparing teniet wordt gedaan door comfortverhoging.

Inderdaad, verschillende studies in de literatuur^{15 16} toonden reeds aan dat bewoners van 'energie-inefficiënte' gebouwen minder verbruiken (voor ruimteverwarming en warm water) dan verwacht volgens EPC (verklaard door pre-bound effect). Bewoners van 'energie-efficiënte' gebouwen bleken juist meer te verbruiken dan verwacht volgens EPC ((verklaard door reboundeffect). Echter, het verschil tussen de berekende en werkelijke verbruiken (de zogenaamde 'energy performance gap') bleek veel kleiner bij goed geïsoleerde woningen.

¹⁴ Sunikka-Blank, Minna & Galvin, Ray. (2012). Introducing the prebound effect: The gap between performance and actual energy consumption. Building Research and Information - BUILDING RES INFORM. 40. 260-273. 10.1080/09613218.2012.690952.

¹⁵ Majcen, D., Itard, L. C. M., & Visscher, H. (2013). Theoretical vs. actual energy consumption of labelled dwellings in the Netherlands: Discrepancies and policy implications. Energy policy, 54, 125-136.

¹⁶ Paula van den Brom, Arjen Meijer & Henk Visscher (2018) Performance gaps in energy consumption: household groups and building characteristics, Building Research & Information, 46:1, 54-70, DOI: 10.1080/09613218.2017.1312897

Met het pre-bound effect wordt rekening gehouden via de kalibratie die in EBECS is geïmplementeerd. Om ook het reboundeffect in rekening te brengen bevat EBECS een invoerparameter 'include_rebound'. Indien wordt opgegeven dat hiermee moet worden rekening gehouden (standaard niet het geval) berekent EBECS het energieverbruik in renovatiescenario's zonder rekening te houden met de geoptimaliseerde (of default) kalibratiefactoren. Voor renovatiescenario's wordt het energieverbruik dus berekend aan de hand van de theoretische simulaties, die grotendeels¹⁷ de EPC-methodologie volgen. Merk op dat vanwege de resultaten uit de literatuur^{15 16} dit hoogstwaarschijnlijk een lichte overschatting van de werkelijke besparingen veroorzaakt.

2.2.2.4 Dimensionering vermogen verwarmingssysteem

In tegenstelling tot de berekening van het jaarlijkse energieverbruik, waarbij het gemiddelde verbruikspatroon wordt gesimuleerd, baseert de dimensionering van het verwarmingssysteem zich enkel op de piekbelastingen. De dimensionering van het verwarmingssysteem verloopt in overeenstemming met de norm NBN EN 12831:2003, 'Verwarmingssystemen en op water gebaseerde koelsystemen in gebouwen - Methode voor de berekening van de ontwerpwarmtebelasting.

Het algoritme voor het automatisch dimensioneren van het verwarmingssysteem houdt rekening met:

- De vermogensvraag basislast voor ruimteverwarming en warmteverliezen: P_{basis}
De transmissieverliezen worden op dezelfde manier berekend als bij de berekening van de energievraag (EN ISO 13790). De isolatiegraad van het specifieke scenario wordt hierbij gebruikt om de transmissie coëfficiënt te berekenen. Verder worden ook warmteverliezen door ventilatie en luchtinfiltratie in rekening gebracht. De norm gaat uit van een worst case scenario, oftewel, het piekmoment waarop de warmtebehoefte het grootst is. Om de dimensionering te baseren op een worst case scenario houdt de norm geen rekening met de energiewinsten via zonnetoetreding of interne warmtewinsten. Ter vereenvoudiging wordt uitgegaan van een gebouw met één zone met een uniforme binnenluchttemperatuur.
- Invloed van intermitterende verwarming van het gebouw: P_{interm}
Vooral in gebouwen met een laag energieverbruik kan intermitterende verwarming (met onderbrekingen) ervoor zorgen dat het verbruik hoger is dan geschat op basis van het basislastvermogensvraag. EBECS houdt hiermee rekening via de logica die wordt beschreven in de EU-norm NBN EN 12831:2003, waarbij het vermogen nodig voor intermitterende verwarming wordt begroot als de reheating factor f_{RH} (verondersteld 25 W/m²) vermenigvuldigt met de totale bewoonbare vloeroppervlakte.
- Vraag naar sanitair warm water: P_{SWW}
wanneer het verwarmingssysteem ook sanitair warm water produceert dan dient de ontwerphier in de dimensionering van deze installatie rekening mee te houden. In geval van warmtepompen wordt hierbij de methode gevolgd die wordt beschreven in de EU-norm NBN EN 15450 2007 (accumulatie methode). In geval van ketels wordt de logica zoals hieronder beschreven gebruikt.

Logica vermogensvraag voor sanitair warm water in geval van ketels:

¹⁷ De verschillen tussen de rekenmethodiek in EBECS en de rekenmethodiek in EPC worden beschreven in Sectie 2.1.

Het vermogen vereist voor het nemen van een douche wordt berekend als

$$P_{douche} = m \cdot c_w \cdot (T_{w,uit} - T_{w,in}),$$

met

- P_{douche} : vermogen nodig per douche (kW),
- m : debiet (12 l/min/douche of 0.2 l/sec/douche)
- c_w : warmtecapaciteit water (4.2 kJ/kg K),
- $T_{w,uit}$: temperatuur water bij afgifte (37.2°C)
- $T_{w,in}$: temperatuur water voor opwarmen (11°C).

Case 1: opslagvat van meer dan 100 liter

In dit geval wordt aangenomen dat de ketel op de koudste dag van het jaar, wanneer de verwarming constant aanstaat, voldoende warm water moet kunnen leveren zodat alle bewoners na elkaar kunnen douchen. De totale energievraag voor sanitair warm water Q_{SWW} wordt dan:

$$Q_{SWW} = P_{douche} \cdot n_{inw} \cdot t_{douche},$$

met

- Q_{SWW} : energievraag voor sanitair warm water (kJ),
- n_{inw} : aantal bewoners,
- t_{douche} : gemiddelde tijd voor één douchebeurt (aannee 5 minuten=300 seconden).

Als wordt verondersteld dat het opslagvat in een opwarmtijd t_{opw} (aannee twee uur) opnieuw op temperatuur moet worden gebracht wordt het nodige vermogen van de ketel:

$$P_{SWW} = \frac{Q_{SWW}}{t_{opw}},$$

$$P_{ketel} = (P_{basis} + P_{interm}) + P_{SWW}.$$

met

- P_{ketel} : aansluitvermogen ketel (kW),
- P_{SWW} : vermogen voor sanitair warm water (kW),
- P_{basis} : vermogen vereist voor basislast voor ruimteverwarming en warmteverliezen (kW),
- P_{interm} : vermogen vereist voor intermitterende verwarming (kW).

Case 2: geen opslagvat of opslagvat minder dan 100 liter

In dit geval wordt aangenomen dat de productie van sanitair warm water voorrang heeft op de vraag voor verwarming. Het nodige vermogen van de ketel is dan het maximum van het vermogen voor ruimteverwarming en het vermogen voor sanitair warm water:

$$P_{SWW} = P_{douche} \cdot n_{douche},$$

$$P_{ketel} = \max([P_{basis} + P_{interm}], P_{SWW}),$$

met

- P_{ketel} : aansluitvermogen ketel (kW),
- P_{SWW} : vermogen voor sanitair warm water (kW),
- P_{basis} : vermogen vereist voor basislast voor ruimteverwarming en warmteverliezen (kW),
- P_{interm} : vermogen vereist voor intermitterende verwarming (kW),
- n_{douche} : aantal douches in de wooneenheid.

Het resultaat van het dimensioneringsalgoritme is de maximale vermogensvraag, uitgedrukt in kilowatt (kW), die vervolgens kan worden gebruikt om het verwarmingssysteem te dimensioneren. In de investeringskosten-module van EBECS gebeurt deze dimensionering automatisch, waarbij in geval van gas- en stookolieketels een minimumvermogen van 24 kW wordt aangenomen. In geval van warmtepompen is het maximumvermogen 16 kW, waarbij voor grotere vermogensvragen meerdere warmtepompen in cascade worden geplaatst.

Beperkingen aan de dimensioneringsmodule van het verwarmingssysteem:

- Het ontwikkelde algoritme is een sterke vereenvoudiging in geval van warmtepompen. Het rendement en vermogen van warmtepompen is sterk afhankelijk van factoren als watertoevoertemperatuur en brontemperatuur, i.e. droge boltemperaturen buiten voor lucht-x warmtepompen en grondwater temperatuur in geval van water-x warmtepompen. Dergelijke zaken zijn in de huidige methodologie niet meegenomen.
- EBECS en de bijhorende kalibratie module is op dit moment enkel geldig voor eengezinswoningen of appartementen met individuele verwarmingssystemen. Collectieve verwarmingssystemen die meerdere woonunits in één meergezinswoning bedienen of meerdere gebouwen gekoppeld aan een centrale opwekker kunnen dus niet door EBECS worden gedimensioneerd.
- De ontwikkelde methode geldt enkel voor gezinnen zonder ongebruikelijke installaties of apparaten. Voor uitzonderlijke situaties geldt de methode niet, waaronder (maar niet beperkt tot):
 - Woningen die gecombineerd zijn met een niet-residentiële gebruiksfunctie aan huis. Bijvoorbeeld een nagelstudio aan huis, een wellnesscentrum of een grote werkplaats.
 - Woningen met een speciale warmtevraag, bijvoorbeeld vanwege een binnen zwembad of recirculatielus voor sanitair warm water.

2.2.2.5 Afschatting grootte ramen

Een EBECS-gebruiker moet bij gebruik van EBECS alle geometrische details van het gebouw ingeven, waaronder ook de grootte van de aanwezige ramen. In sommige gevallen is informatie over de raam afmetingen niet beschikbaar wegens gebrek aan data of beschikbare middelen, of omdat het niet wenselijk is om deze informatie aan de huiseigenaar te vragen (bijvoorbeeld omwille van gebruiksgemak).

Daarom is in EBECS een methodiek geïmplementeerd die de raam afmetingen van een gebouw kan inschatten bij afwezigheid van de werkelijke gegevens, gebaseerd op een statische analyse van een geanonimiseerde set van EPC-gegevens van gebouwen in Vlaanderen.

Op basis van een aantal verplichte invoervelden (gebouwtype, beschermd volume, bouwjaar, oriëntatie voorgevel) bepaalt het algoritme voor elke oriëntatie wat de meest waarschijnlijke verhouding raam tot muur oppervlakte (window-to-wall ratio of WWR) is.

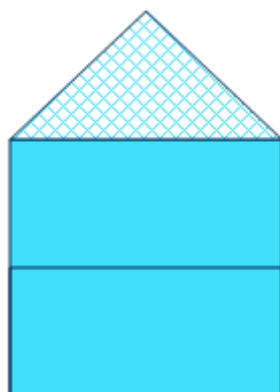
2.2.2.6 BGA

Als er geen geometrische gegevens voor een gebouw beschikbaar zijn wordt het gebouw-geometrie-algoritme (Building Geometry Algorithm of BGA) aangeboden. BGA is een eenvoudig geometrisch algoritme dat de verplichte geometrische ingangen genereert op basis van een beperkte gebruikersinvoer. Details van de BGA zijn te vinden in paragraaf 6.1.

2.2.2.7 Correctie geometrie zolder

In EBECS is het mogelijk om zowel dakisolatie als zoldervloerisolatie te specificeren, zowel voor de huidige situatie als voor een renovatiescenario. In het geval zoldervloerisolatie wordt gespecificeerd zal EBECS de geometrie aanpassen waarbij de zolderruimte buiten het verwarmde volume wordt beschouwd. Hierdoor zal het gebruiksoppervlakte en het verwarmde volume kleiner worden. Of EBECS deze geometriecorrectie voor de huidige situatie uitvoert kan worden geconfigureerd via de parameter *geometry_correction*.

Een schematische weergave van hoe EBECS de aanpassingen aan de zoldervloer meeneemt is hieronder weergegeven (Figuur 1).



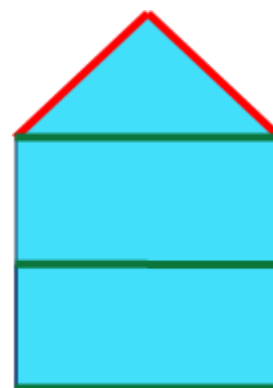
Figuur 1: Schematische weergave van een woning met een onverwarmde zolder

Met geometriecorrectie (*geometry_correction=true*)

De geometrie van de wooneenheid wordt automatisch gecorrigeerd in EBECS. De gebruiker dient in de EBECS-input de geometrische kenmerken op basis van de buitenafmetingen op te geven, zonder rekening te houden met de onverwarmde zolder.

Input parameters die automatisch worden gecorrigeerd:

- Totale vloeroppervlakte
- Beschermde volume
- Oppervlakte hellend dak

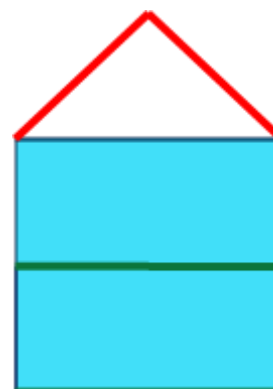


Zonder geometriecorrectie (*geometry_correction=false*)

De geometrie van de wooneenheid wordt niet door EBECS gecorrigeerd. De gebruiker dient in de EBECS-input de geometrische kenmerken zelf te corrigeren voor de onverwarmde zolder.

Input parameters die niet worden gecorrigeerd:

- Totale vloeroppervlakte
- Beschermde volume
- Oppervlakte hellend dak



Bij renovatiescenario's wordt steeds een geometriecorrectie gedaan. Een overzicht van mogelijke automatische wijzigingen aan de geometrie wordt in gegeven.

Tabel 7: Correcties van geometrie bij renovatiescenario's

Huidige situatie	Renovatiescenario	Correctie
Zolder niet in beschermd volume	Zoldervloer wordt geïsoleerd	/
	Hellend dak wordt geïsoleerd	Correctie beschermd volume en totale vloeroppervlakte: ↑
Zolder in beschermd volume	Zoldervloer wordt geïsoleerd	Correctie beschermd volume en totale vloeroppervlakte: ↓
	Hellend dak wordt geïsoleerd	/

3 TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN EBECS

De huidige rekenmethodiek richt zich op een accurate bepaling van het energieverbruik van residentiële woningen. De software is echter continu in ontwikkeling, waarbij volgende ontwikkelingen op de roadmap van EBECS staan:

- meer genuanceerde manier om vermogen voor intermitterende verwarming in rekening te brengen,
- meerdere verwarmingssystemen,
- energieverbruik door koeling,
- meer gedetailleerde modellering van ventilatie (impact warmtevraag en hulpenergie),
- energieverbruik bij niet residentiële of utiliteitsgebouwen,
- bijkomende voordelen bij renovatie (co-benefits), zoals waardeverhoging woning, betere binnenluchtkwaliteit, meer comfort, vermindering risicogevoeligheid voor toekomstige energieprijzen ...
-

4 DISCLAIMER

EBECS wordt aangeboden onder een best-effort agreement. EBECS wordt hierbij regelmatig bijgewerkt op basis van de nieuwste onderzoeken en gegevens, maar echter geen garanties worden gegeven over de accuraatheid van de EBECS-resultaten. De resultaten van EBECS zijn slechts bedoeld als een eerste benadering en kunnen niet worden gebruikt om gedetailleerde renovatieadviezen of kostenramingen te maken. Hiervoor kunt u het beste contact opnemen met een renovatiedeskundige.

De ontwikkelaars van EBECS zijn niet aansprakelijk voor enige schade of verlies die kan voortvloeien uit het gebruik of misbruik van de software.

5 CONTACT

VITO/EnergyVille staat steeds open voor feedback rond dit document alsook rond de methodologie en aannames in EBECS. Als u vragen of opmerkingen hebt, aarzel dan niet om ons te contacteren. Dit kan steeds via het emailadres XXX.

6 ANNEX

6.1 Annex A: BGA-methodologie

In geval de gebouwgeometrie niet beschikbaar is bevat EBECS het gebouw-geometrie-algoritme (Building Geometry Algorithm of BGA) die op basis van een beperkt aantal invoerparameters de nodige geometrie-gegevens voor de woning genereert. De default waarden die in de BGA worden gebruikt zijn gebaseerd op een statische analyse van een geanonimiseerde set van EPC-gegevens van gebouwen in Vlaanderen.

Volgende parameters zijn voor de BGA noodzakelijk:

- Gebouwtype (open, halfopen, gesloten of type appartement)
- bouwjaar,
- totale vloeroppervlakte van de wooneenheid OF de oppervlakte van de begane grond,
- aantal verdiepingen van de wooneenheid,
- bij appartementen: aantal oriëntaties die zijn blootgesteld aan de buitenomgeving.

Optioneel kan ook worden aangegeven of er een uitbreiding aan de hoofdbouw aanwezig is, en welke types daken aanwezig zijn (plat of hellend).

Logica in pseudo-code:

6.1.1 Eengezinswoningen

Oppervlakte begane grond of totale vloeroppervlakte

Als de oppervlakte van de begane grond niet gekend is moet de totale vloeroppervlakte worden ingegeven en vice versa. Beide kunnen van elkaar worden afgeleid aan de hand van het aantal verdiepingen van de wooneenheid en informatie over de aanwezigheid van een eventuele uitbreiding van de hoofdbouw.

De totale vloeroppervlakte kan worden beschreven als

$$A_{tot} = A_{grond} + A_{verd_1} + \dots$$

Dit kan worden herschreven als

$$A_{tot} = A_{grond} + (n_{verd} - 1) \cdot \frac{A_{grond}}{f_{uitbreiding}},$$

of

$$A_{grond} = \frac{f_{uitbreiding}}{f_{uitbreiding} + n_{verd} - 1} \cdot A_{tot},$$

met

- A_{tot} : totale vloeroppervlakte van de wooneenheid (m²),
- n_{verd} : aantal verdiepingen van de wooneenheid,
- $A_{gelijkvl}$: oppervlakte van de begane grond (m²),

- $f_{uitbreiding}$: verhouding van de oppervlakte van de begane grond tot de oppervlakte van de eerste verdieping.

Als de gebruiker aangeeft dan er een uitbreiding aanwezig is wordt in EBECS aangenomen dat de oppervlakte van de uitbreiding gemiddeld 20% van de oppervlakte van de hoofdbouw bedraagt, zodat $f_{uitbreiding}$ gelijk wordt aan 1.2.

Als geen uitbreiding aanwezig is wordt $f_{uitbreiding} = 1$ en vereenvoudigt bovenstaande formule tot

$$\begin{cases} A_{tot} = A_{grond} \cdot n_{verd} \\ A_{grond} = A_{tot} / n_{verd} \end{cases}$$

Oppervlakte daken

De oppervlakte van de daken is afhankelijk van welke daktypes aanwezig zijn (zie Tabel 8). Als dit niet door de gebruiker wordt meegegeven wordt aangenomen dat het daktype hellend is. Bij de berekening van de hellende dakoppervlakte wordt een hellingshoek van 45° aangenomen. Voor een gemengd dak wordt verondersteld dat 65% van het dak hellend is en 35% plat.

Tabel 8: Berekening oppervlakte daken volgens BGA, met factor 0.707 voor de projectie op een horizontaal vlak¹⁸

Daktype	Oppervlakte dak	Oppervlakte hellend dak
Plat	A_{grond}	0
Hellend	0	$A_{grond}/0.707$
Gemengd	$0.35 A_{grond}$	$0.65 A_{grond}/0.707$

Oppervlakte muren

Als ratio tussen diepte en breedte van het huis wordt een factor f_{db} van 2/3 aangenomen. De breedte b en diepte d worden dan

$$b = \sqrt{A_{grond} \cdot f_{db}},$$

$$d = \sqrt{A_{grond} / f_{db}}.$$

Afhankelijk van de gebouwtypologie en het type daken wordt het totale buitengeveloppervlak dan bepaald aan de hand van Tabel 9, op basis van een vaste verdiepingshoogte h_{verd} (aannee 2.7 m). Bij hellende of gemengde daken wordt aangenomen dat de zolder als hoogste verdieping volledig is ingesloten door het dak, en dat het aangenomen zadeldak

¹⁸ Op basis van de aanname van een dakhelling van 45° wordt de horizontale projectie bekomen via $\cos(45^\circ)=0.707$.

volgens de diepte georiënteerd is. Bij gesloten bebouwing wordt daarom geen muuroppervlak van de zolder in rekening gebracht, terwijl voor halfopen en open bebouwing wordt

Tabel 9: Berekening totale buitengeveloppervlak volgens BGA

Gebouwtypologie	Daktype	Totale buitengeveloppervlak
Open	Plat	$2 \cdot (b + d) \cdot h_{verd} \cdot n_{verd}$
	Hellend/ Gemengd	$2 \cdot (b + d) \cdot h_{verd} \cdot (n_{verd} - 1) + 2 \cdot d \cdot d/4$
Halfopen	Plat	$(2 \cdot b + d) \cdot h_{verd} \cdot n_{verd}$
	Hellend/ Gemengd	$(2 \cdot b + d) \cdot h_{verd} \cdot (n_{verd} - 1) + d \cdot d/4$
Gesloten	Plat	$2 \cdot b \cdot h_{verd} \cdot n_{verd}$
	Hellend/ Gemengd	$2 \cdot b \cdot h_{verd} \cdot (n_{verd} - 1)$

Beschermd volume

Het beschermd volume wordt berekend via eerder gedefinieerde parameters, waarbij de exacte berekening afhankelijk is van de aanwezige daktypes. Voor hellende en gemengde daken wordt het volume van de zolder begroot met een correctiefactor van 0.5 (aanname dakhelling 45°). Voor een gemengd dak wordt opnieuw 65% hellend dak en 35% plat dak aangenomen.

Tabel 10: Berekening beschermd volume volgens BGA

Daktype	Aantal verdiepingen	Beschermd volume
Plat		$A_{tot} \cdot h_{verd}$
Hellend	1	$A_{grond} \cdot 1.5 \cdot h_{verd}$
	≥ 2	$A_{grond} \cdot [1 + 0.5 + (n_{verd} - 2)/f_{uitbreiding}] \cdot h_{verd}$
Gemengd	1	$A_{grond} \cdot h_{verd} \cdot (0.65 \cdot 1.5 + 0.35)$
	≥ 2	$A_{grond} \cdot [1 + 0.5 \cdot 0.65 + (n_{verd} - 2)/f_{uitbreiding}] \cdot h_{verd}$

6.1.2 Appartementen

Voor de dimensionering van individuele appartementen zijn er enkele wijzingen ten opzichte van de logica voor eengezinswoningen, hieronder beknopt zijn weergegeven.

1. Appartement gelijkvloers

- Oppervlakte begane grond/totale vloeroppervlakte

$$\begin{cases} A_{tot} = A_{grond} \cdot n_{verd} \\ A_{grond} = A_{tot}/n_{verd} \end{cases}$$

- Oppervlakte daken

Er is geen dak dat is blootgesteld aan de buitenomgeving zodat oppervlakte gelijk is aan 0.

- *Oppervlakte muren*

De oppervlakte van de muren is afhankelijk van het aantal verschillende oriëntaties van blootgestelde muren (gebruikersinput):

- Aantal blootgestelde muren = 1

$$A_{gevel} = 1 \cdot b \cdot h_{verd} \cdot n_{verd}$$

- Aantal blootgestelde muren = 2

$$A_{gevel} = 2 \cdot b \cdot h_{verd} \cdot n_{verd}$$

- Aantal blootgestelde muren = 3

$$A_{gevel} = (2 \cdot b + d) \cdot h_{verd} \cdot n_{verd}$$

- Aantal blootgestelde muren = 4

$$A_{gevel} = 2 \cdot (b + d) \cdot h_{verd} \cdot n_{verd}$$

- *Beschermd volume*

Het beschermd volume wordt bepaald als $A_{tot} \cdot h_{verd}$.

2. Appartement middenverdiep

- *Oppervlakte begane grond/totale vloeroppervlakte*

Er is geen begane grond die is blootgesteld aan de buitenomgeving zodat $A_{grond} = 0$.

- *Oppervlakte daken*

Er is geen dak dat is blootgesteld aan de buitenomgeving zodat oppervlakte gelijk is aan 0.

- *Oppervlakte muren*

Idem appartement gelijkvloers

- *Beschermd volume*

Idem appartement gelijkvloers

3. Appartement bovenste verdieping

- *Oppervlakte begane grond/totale vloeroppervlakte*

Er is geen begane grond die is blootgesteld aan de buitenomgeving zodat $A_{grond} = 0$.

- *Oppervlakte daken*

Zie Tabel 8.

- *Oppervlakte muren*

Idem appartement gelijkvloers

- *Beschermd volume*

Zie Tabel 10

6.2 Annex B: Zonnestraling in EBECS

Tabel 11: Zonnestraling verticale oppervlakken in EPC en de **gekalibreerde EBECS-logica**¹⁹ (MJ/m²)

Maand/Oriëntatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
Januari	25/ 25	27/26	45/59	85/126	108/166	85/129	45/61	27/26
Februari	42/39	46/43	79/88	129/153	159/194	129/159	79/94	46/46
Maart	80/73	96/104	147/198	204/291	234/334	204/284	147/198	96/105
April	117/109	152/178	214/291	261/363	272/375	261/352	214/283	152/178
Mei	169/150	219/222	285/313	315/344	307/327	315/338	285/311	219/224
Juni	184/176	233/242	292/323	309/335	293/312	309/348	292/344	233/261
Juli	179/171	226/242	285/330	308/348	297/325	308/359	285/350	226/260
Augustus	146/128	190/194	259/290	300/337	304/335	300/338	259/297	190/204
September	98/85	126/129	194/232	259/313	287/350	259/313	194/233	126/135
Oktober	61/54	71/67	121/143	188/241	228/301	188/247	121/148	71/69
November	30/29	33/31	58/70	106/141	135/182	106/143	58/71	33/32
December	20/21	21/21	35/50	69/118	88/157	69/122	35/53	21/21

¹⁹ Bron: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR

Tabel 12: Zonnestraling oppervlakken onder 45° in EPC en de **gekalibreerde EBECS-logica** (MJ/m²)

Maand/Oriëntatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
Januari	42/ 44	44/46	66/81	98/136	114/164	98/138	66/83	44/46
Februari	69/68	77/79	115/126	160/181	181/211	160/185	115/130	77/80
Maart	129/129	159/186	219/285	274/373	300/411	274/369	219/281	159/185
April	208/230	257/318	327/436	378/519	398/544	378/510	327/424	257/312
Mei	337/351	373/398	443/486	485/534	496/542	485/529	443/480	373/395
Juni	375/414	398/436	459/511	490/546	495/553	490/558	459/530	398/453
Juli	360/400	386/431	448/514	482/554	489/562	482/565	448/530	386/446
Augustus	279/283	324/346	399/441	449/500	466/517	449/501	399/441	324/348
September	155/156	211/232	290/336	356/421	386/457	356/420	290/336	211/232
Oktober	99/95	117/121	177/203	238/291	268/337	238/297	177/208	117/123
November	50/52	53/55	83/97	124/155	144/185	124/157	83/98	53/56
December	33/37	34/37	50/68	78/122	91/150	78/124	50/70	34/37

Tabel 13: Zonnestraling horizontale oppervlakken in EPC en de **gekalibreerde EBECS-logica** (MJ/m²)

Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	Oktober	November	December

71/85	127/135	246/305	372/478	510/547	532/591	518/588	456/490	326/364	194/219	90/102	55/71
-------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	-------

Tabel 14: Zonnestraling voor PV (onder 35°) in EPC en de gekalibreerde EBECS-logica (MJ/m²)

Maand/Oriëntatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
Januari	49/48	50/50	67/83	92/129	105/152	92/130	67/85	50/50
Februari	82/74	88/87	118/130	152/177	169/201	152/180	118/133	88/88
Maart	155/147	179/207	225/294	268/369	288/402	268/367	225/290	179/205
April	244/295	282/353	337/453	377/525	392/550	377/518	337/443	282/346
Mei	376/408	403/438	458/509	491/553	499/562	491/548	458/503	403/435
Juni	410/470	428/480	475/537	499/571	503/580	499/582	475/554	428/495
Juli	395/457	415/474	463/539	490/578	495/588	490/586	463/553	415/487
Augustus	318/340	353/380	412/459	451/512	464/530	451/512	412/460	353/381
September	193/193	236/256	298/347	350/421	373/453	350/421	298/347	236/256
Oktober	120/102	134/135	180/210	229/285	252/323	229/289	180/213	134/137
November	59/56	61/61	85/99	116/148	132/173	116/150	85/101	61/61
December	38/40	39/40	51/70	73/114	83/137	73/117	51/71	39/41

vision on technology for a better world

