

LVS³

Onderbouwing van de duurzaamheid van staalconstructies

Ontwerphandleiding



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



INHOUDSOPGAVE

1	Introductie en doel	6
2	Computercode en omgeving	6
3	Algemene eigenschappen van het programma AMECO3	7
3.1	Voorwoord	7
3.2	Installatie	9
3.3	Talen	9
3.4	Eenheden-afspraken	9
4	Technische beschrijving	10
4.1	Definitie van een Project	10
4.1.1	Definitie van een gebouwconstructie en algemene data	10
4.1.1.1	Algemene parameters	10
4.1.1.2	Vloerplaten	12
4.1.1.3	Draagconstructie	13
4.1.1.4	Transportaannamen	13
4.1.1.5	Einde levensduur	14
4.1.2	Definitie van een brug	15
4.1.2.1	Draagconstructie	15
4.1.2.2	Transportaannamen	16
4.1.2.3	Einde levensduur	17
4.1.3	Gebouwschil	17
4.1.3.1	Gevelgeometrie	17
4.1.3.2	Geveleigenschappen	17
4.1.3.3	Begane grondvloer	18
4.1.3.4	Additionele parameters	19
4.1.3.5	Dak	20
4.1.4	Gebruik van het gebouw	20
4.1.5	Installaties	21
4.1.5.1	Verwarmingssysteem	21
4.1.5.2	Koelsysteem	21
4.1.5.3	Ventilatiesysteem	22
4.1.5.4	Warm tapwater (DHW) systeem	22
4.2	Constanten en specifieke parameters	22
4.3	Berekening van het milieu-effect van een constructie	23
4.3.1	Uitgangspunten	23
4.3.1.1	Parameters die de milieu-effecten beschrijven	26
4.3.1.2	Parameters die het gebruik van grondstoffen, secundaire materialen en brandstoffen en het watergebruik beschrijven	28
4.3.1.3	Overige milieu-informatie die de afvalcategoriën beschrijft	29
4.3.1.4	Overige milieu-informatie die de outputstromen beschrijft	29
4.3.2	Milieu-effect van een gebouw	30
4.3.2.1	Module A	30
4.3.2.2	Module B: Gebruiksfase	31
4.3.2.3	Module C	45

4.3.2.4	Module D.....	46
5	Resultaten van de software.....	48
5.1	Gedetailleerde resultaten van de gebruiksfase.....	48
5.1.1	Energiebehoefte voor verwarming van de ruimte	48
5.1.2	Energiebehoefte voor koeling van de ruimte	49
5.1.3	Energiebehoefte voor warm tapwater (DHW-productie)	50
5.1.4	Energietotalen.....	50
5.1.5	Zonnewarmtewinsten.....	51
5.2	Globale resultaten van de gebruiksfase	51
6	Handleiding bij het gebruik van de AMECO3 software.....	54
6.1	Project.....	54
6.2	Gebouw	55
6.2.1	Algemene parameters	55
6.2.2	Locatie.....	58
6.2.3	Gebouwschil	60
6.2.4	Begane grondvloer	64
6.2.5	Dak.....	65
6.2.6	Gebruik.....	66
6.2.7	Installaties	67
6.2.8	Constructie	68
6.2.9	Vloeren.....	69
6.2.10	Transport	70
6.2.11	Resultaten	71
6.2.11.1	Staafdiagrammen	71
6.2.11.2	Tabel	74
6.2.11.3	Cirkelgrafiek	75
6.2.11.4	Berekeningsblad.....	76
7	Case studies.....	79
7.1	Kantoorgebouw	79
7.1.1	Introductie.....	79
7.1.2	Beschrijving van het gebouw.....	79
7.1.3	Duurzaamheidsanalyse met de AMECO3 software	83
7.1.3.1	Inputdata in de AMECO3 software	83
7.1.3.2	Resultaten van de berekening met AMECO3	87
7.2	Woongebouw - CasaBuna in Roemenië	91
7.2.1	Beschrijving van het gebouw.....	91
7.2.2	Inputdata in de AMECO3 software	94
7.2.2.1	Algemene inputdata van het woongebouw in AMECO3	94
7.2.2.2	Inputdata voor de geometrie (Modules A-C-D).....	94
7.2.2.3	Inputdata voor de componenten van het gebouw (Module A-B-C-D)	95
7.2.2.4	Inputdata voor de gebruiksfase van het gebouw (Module B)	96
7.2.2.5	Algemene data voor de constructie van het gebouw (Module A-C-D).....	97
7.2.2.6	Data voor het transport van elementen (Module A)	98
7.2.3	Resultaten van de berekening met AMECO3.....	99
7.3	Industriehal.....	104
7.3.1	Toepassingsgebied van de studie	104
7.3.2	Beschrijving van het gebouw.....	104
7.3.3	Constructief systeem	104
7.3.4	Gebouwschilcomponenten	106
7.3.5	Installaties.....	106

7.3.6	Belangrijkste hypothese	106
7.3.7	Inputdata in de AMECO3 software	107
7.3.7.1	Algemene inputdata van het industriegebouw in AMECO3.....	107
7.3.7.2	Inputdata voor de geometrie (Modules A-C-D).....	107
7.3.7.3	Inputdata voor de componenten van het gebouw (Module A-B-C-D)	108
7.3.7.4	Inputdata voor de gebruiksfase van het gebouw (Module B)	109
7.3.7.5	Algemene data voor de constructie van het gebouw (Module A-C-D).....	109
7.3.7.6	Data voor het transport van elementen (Module A).....	110
7.3.8	Resultaten van de berekening met AMECO3.....	111
7.3.8.1	Staalconstructiesysteem in staalsoort S235	111
7.3.8.2	Staalconstructiesysteem in staalsoort S460	116
7.3.8.3	Betonnen constructiesysteem	117
7.3.8.4	Vergelijking van de GWP milieu-effecten van de constructieve oplossingen in S235 en S460	121
7.3.8.5	Vergelijking van de GWP milieu-effecten van het staal S460 vs het betonnen constructiesysteem.	123
7.3.9	Analyse van de duurzaamheidsvoordelen als gevolg van de toename van de isolatiedikte.....	123
8	Verwijzingen	127

1 Introductie en doel

Het doel van dit document is informatie te verstrekken over de verschillende stappen gebruikt voor de duurzaamheidsbepaling van staal en staal-beton gebouwen in de AMECO software.

Dit document werd gemaakt voor het toepassingsgebied van het disseminatieproject **LVS³: Onderbouwing van de duurzaamheid van staalconstructies (Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures)** (RFS2-CT-2013-00016).

De Ontwerphandleiding richt zich op:

- Een beschrijving van het berekeningsproces: de technische specificaties met in detail de opeenvolgende stappen die zijn gehanteerd voor de duurzaamheidsbepaling van gebouwen die zijn gebruikt in de AMECO software,
- Een handleiding bij het gebruik van de AMECO tool,
- Toepassing van AMECO op case studies.

De benaderingen die zijn gebruikt in de software werden ontwikkeld en gevalideerd binnen het toepassingsgebied van het Europese RFCS project SB-Steel: *Sustainability of Steel Buildings (SB_Steel, 2014)*.

Deze complementaire methodologieën zijn:

- de macro-componenten benadering, gericht op de levenscyclusbepaling van gebouwen en/of gebouwcomponenten, maar exclusief de kwantificering van de energie in de gebruiksfase van een gebouw;
- een benadering gericht op de gebruiksfase van een gebouw die de kwantificering van de gebruiksenergie van gebouwen mogelijk maakt.

Het **Achtergronddocument**, ook beschikbaar in het kader van dit RFCS LVS³ project, levert de gedetailleerde beschrijving van de aangehouden benaderingen: voor de bepaling van milieu-effecten over de levenscyclus en voor de evaluatie van de energiebehoeftes van een gebouw tijdens zijn levensduur.

2 Computercode en omgeving

AMECO is een tool die de milieu-effecten bepaalt van de draagconstructies gemaakt van staal en beton. AMECO 3 is een uitbreiding van AMECO (versie 2), die voorstelt om de gebruiksfase van het gebouw in beschouwing te nemen.

AMECO 3 gebruikt de VB2008 computertaal. Deze taal is gebaseerd op de Microsoft .NET technologie. Er wordt daarnaast aangenomen dat de Microsoft .NET Skeletwork is geïnstalleerd op de computer van de gebruiker. De .NET Skeletwork is automatisch opgenomen in de nieuwe besturingssystemen Microsoft Vista en Seven maar niet in oudere, waarvoor de eindgebruiker het moet installeren vóór het gebruik van AMECO 3.

De ontwikkeling is gebaseerd op de .NET Skeletwork-versie 2.0, die kan worden geïnstalleerd op de volgende besturingssystemen: Windows 2000 Service Pack 3; Windows 98; Windows 98 Second Edition; Windows ME; Windows Server 2003, Windows XP Service Pack 2. Er moet nog worden opgemerkt dat AMECO 3 mogelijk niet compatibel is met een niet eerder vermelde configuratie.

3 Algemene eigenschappen van het programma AMECO3

3.1 Voorwoord

AMECO 3 gaat over gebouwen of bruggen gemaakt van staal en beton. Het neemt 24 soorten hoeveelheden verdeeld over de volgende groepen in beschouwing:

- Hoeveelheden die de milieu-effecten (GWP, ODP, AP, EP, POPCP, ADP-grondstoffen, ADP-fossiele brandstoffen) beschrijven.
- Hoeveelheden die het gebruik van grondstoffen, secundaire materialen en brandstoffen, en watergebruik beschrijven (het gebruik van hernieuwbare primaire energie, exclusief hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen, het gebruik van hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen, het totale gebruik van hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen), het gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie, exclusief niet-hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen, het gebruik van niet-hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen, het totale gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen), het gebruik van secundair materiaal, het gebruik van hernieuwbare secundaire brandstoffen, het gebruik van niet-hernieuwbare secundaire brandstoffen, het gebruik van drinkwater).
- Overige milieu-informatie die de afvalcategoriën beschrijft (gestort gevaarlijk afval, gestort niet-gevaarlijk afval, gestort radioactief afval).
- Overige milieu-informatie die outputstromen beschrijft (componenten voor hergebruik, materialen voor recycling, materialen voor energierugwinning, geëxporteerde energie).

Bovendien wordt elke hoeveelheid uitgesplitst in 4 modules (Product en Constructiefase, Gebruiksfase, Einde levensduur, Milieuvoordelen en -belastingen buiten de systeemgrenzen).

Index	Data beschikbaar?	Afkorting	Aanduiding	Eenheid
Milieu-effecten				
1	Ja	GWP	Broeikaseffect	tCO ₂ eq
2	Ja	ODP	Aantasting ozonlaag	tCFCeq
3	Ja	AP	Verzuring	tSO ₂ eq
4	Ja	EP	Vermesting	tPO ₄ eq
5	Ja	POCP	Fotochemische oxydantvorming	tEtheneeq
6	Ja	ADP-e	Uitputting – grondstoffen	tSbeq
7	Ja	ADP-ff	Uitputting – fossiele brandstoffen	GJ NCV

Gebruik van grondstof, secundaire materialen en brandstoffen				
8	Nee	RPE	Gebruik van hernieuwbare primaire energie, exclusief hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen	GJ NCV
9	Nee	RER	Gebruik van hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen	GJ NCV
10	Ja	RPE-totale	Totale gebruik van hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen)	GJ NCV
11	Nee	Non-RPE	Gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie, exclusief niet hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen	GJ NCV
12	Nee	Non-RER	Gebruik van niet-hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen	GJ NCV
13	Ja	Non-RPE-totale	Totale gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen)	GJ NCV
14	Nee	SM	Gebruik van secundair materiaal	t
15	Nee	RSF	Gebruik van hernieuwbare secundaire brandstoffen	GJ NCV
16	Nee	Non-RSF	Gebruik van niet-hernieuwbare secundaire brandstoffen	GJ NCV
17	Ja	NFW	Gebruik van drinkwater	10 ³ m ³
Overige milieu-informatie die de afvalcategoriën beschrijft				
18	Ja	HWD	Gestort gevaarlijk afval	t
19	Ja	Non-HWD	Gestort niet-gevaarlijk afval	t
20	Ja	RWD	Gestort radioactief afval	t
Overige milieu-informatie die de outputstromen beschrijft				
21	Nee	CR	Componenten voor hergebruik	t
22	Nee	MR	Materialen voor recycling	t
23	Nee	MER	Materialen voor energierterugwinning	t
24	Nee	EE	Geëxporteerde energie	t

Tabel 1 : Milieu-effecten

De belangrijkste additionele eigenschap van AMECO 3 is de introductie van de gebruiksfase in de berekening van het milieu-effect. Het maakt het mogelijk de energiebehoeftes te schatten voor een variëteit aan installaties (verwarming, koeling...). De berekening hiervan is gebaseerd op verschillende internationale normen zoals ISO-13370, ISO-13789 en ISO-13790 evenals op de Europese norm (EN 15316).

AMECO heeft de mogelijkheid hetzij een gebouw of een brug te beschouwen. De uitbreiding met de gebruiksfase is echter alleen beschikbaar voor gebouwen.

3.2 Installatie

AMECO wordt geleverd met een installatiepakket, gegenereerd door de gratis applicatie “Install Creator”, inclusief:

- het .exe bestand;
- elke benodigde dynamische of componenten bibliotheek (.dll bestanden);
- de databases;
- de helpbestanden;
- de taalbestanden;
- de iconen en benodigde afbeeldingen.

3.3 Talen

AMECO is een meertalige applicatie. Alle teksten weergegeven in de grafische gebruikersinterface worden gelezen in afzonderlijke taalbestanden, die elk betrekking hebben op een taal. De tekst in de taalbestanden is gegroepeerd in blokken en weergegeven door kernwoorden.

3.4 Eenheden-afspraken

Ten aanzien van de parameters die moeten worden gedefinieerd, zal de volgende voorgeschreven eenheid worden beschouwd voor de grafische gebruikersinterface:

Gewicht:	tonnen
Afmetingen:	m
Vloerdikten:	mm
Afstanden:	km
Dichtheden:	kg/m ³
Vloeroppervlakte	m ²
Energiebehoefte	kWh

De eenheden gebruikt voor de milieu-effecten zijn gegeven in Tabel 10 (zie § 5.2 Globale resultaten van de gebruiksfase).

4 Technische beschrijving

4.1 Definitie van een Project

Voor de berekening van milieu-effecten zijn verschillende hoeveelheden nodig die de constructie beschrijven, de wijze waarop elementen worden getransporteerd naar de bouwplaats, en tot slot enige informatie over hoe de betrokken elementen gebruikt zullen worden na de sloop van de constructie.

Voor de berekening van de gebruiksfase zijn verschillende hoeveelheden nodig die het gebouw definiëren, hetgeen hierna wordt beschreven vóór de vergelijkingen gedetailleerd aan de orde komen. Hieronder betekent de letter ***m*** maand, waarbij het getal *m* varieert van 1 tot 12, en de afkorting ***dir*** betekent richting uit N, W, O en Z.

4.1.1 Definitie van een gebouwconstructie en algemene data

4.1.1.1 Algemene parameters

De algemene definitie van het gebouw is gegeven door parameters die door de gebruiker te definiëren zijn:

Lengte	ℓ_b
Breedte	w_b
Aantal vloeren	$n_{b,fl}$
Gebruiksoppervlakte van de vloeren	$a_{b,fl,custom}$

De defaultoppervlakte van de vloeren is berekend door de relatie:

$$a_{b,fl,default} = n_{b,fl} \ell_b w_b \quad (\text{Eq 1})$$

Volgens de berekeningsopties die zijn gekozen door de gebruiker, wordt de volgende vloeroppervlakte gebruikt in de berekeningen:

$$\begin{aligned} a_{b,fl} &= a_{b,fl} && \text{als de oppervlakte wordt gedefinieerd door de gebruiker} \\ a_{b,fl} &= a_{b,fl,default} && \text{anders} \end{aligned} \quad (\text{Eq 2})$$

De locatie van het gebouw moet worden gekozen uit een van de steden opgenomen in de stedendatabase.

Voor elke stad worden de volgende parameters gedefinieerd in de database:

Land	
$\theta_{ext}(m)$	buitentemperatuur in maand <i>m</i> [°C]
$I_{sol,k}(m, dir)$	zonnestraling vallend in richting <i>dir</i> in maand <i>m</i> [W/m²]
$I_{sol,k,roof}(m)$	zonnestraling vallend op het dak in maand <i>m</i> [W/m²]
$f_{H,shut}(m)$	fractie van de dag waarin het nacht is in maand <i>m</i> voor de verwarmingsmodus (te beschouwen extra isolatie geleverd door zonweringen) [-]
$f_{sh,with}(m, dir)$	gewogen fractie van de tijd gedurende welke de zonwering in gebruik is [-]
Latitude	breedtegraad van de stad
Climate	kan zijn sub-polair, gematigd of tropen
Geiger Climate	kan zijn Csa, Csb, Cfb, Dfb, Dfc

Als de parameter Climate bekend is, wordt de volgende parameter verkregen:

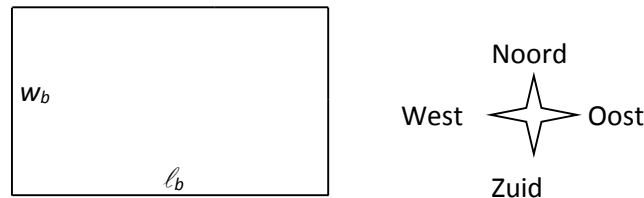
$\Delta\theta_{er}$ gemiddelde verschil tussen buitenluchttemperatuur en schijnbare hemeltemperatuur, afhankelijk van *Climate* (zie **Tabel 15**) [°C]

Annex 3 geeft tabellen van deze waarden voor Coimbra, Tampere en Timisoara.

Verschillende gebruiksfuncties zijn beschikbaar voor het gebouw (Woongebouw (RB = Residential Building), Kantoorgebouw (OB = Office Building), Winkelgebouw (CB = Commercial Building) en Industriegebouw (IB = Industrial Building)). Deze keuze heeft gevolgen voor verschillende defaultwaarden, die zijn opgesomd in de volgende paragrafen.

De vorm van het gebouw is rechthoekig. De daarmee verband houdende data zijn:

ℓ_b	lengte van noord- en zuidgevel [m]
w_b	lengte van oost- en westgevel [m]
$n_{b,fl}$	aantal tussenvloeren [-]
$h_{floor,ceiling}$	verdiepingshoogte (identiek voor alle vloeren) [m]
met de voorwaarde	$h_{floor,ceiling} < h_{floor}$
$a_{b,fl,custom}$	gebruiksoppervlakte van de vloeren [m ²]



Figuur 1 : Gebouwworm

De totale oppervlakte van het gebouw wordt berekend met:

$$a_{b,fl,default} = (n_{b,fl} + 1) \cdot \ell_b \cdot w_b$$

De vloeroppervlakte die wordt gebruikt in de berekeningen voor module A, C en D is de oppervlakte van de tussenvloeren.

Deze oppervlakte wordt automatisch bepaald volgens:

$$a_{b,fl,interm,default} = n_{b,fl} \cdot \ell_b \cdot w_b$$

Er worden drie overige oppervlakten gebruikt:

$A_{conditionedarea}$	totale oppervlakte van de geconditioneerde zones [m ²]
A_{area1}	oppervlakte van primaire geconditioneerde ruimten (hogere interne warmtewinsten) [m ²]
A_{area2}	oppervlakte van overige geconditioneerde ruimten (lagere interne warmtewinsten) [m ²]

Ze voldoen aan: $A_{conditionedarea} = A_{area1} + A_{area2}$

$A_{conditionedarea}$ is gelijk aan het totale oppervlakte van het gebouw $a_{b,fl,default}$, terwijl A_{area1} en A_{area2} worden berekend als een percentage van $A_{conditionedarea}$ met gebruikmaking van **Tabel 13** in **Annex 2** (Area 1 voor primaire geconditioneerde oppervlakten, en Area 2 voor overige geconditioneerde oppervlakten). Deze 3 oppervlakten worden niet weergegeven.

4.1.1.2 Vloerplaten

Staalementen:

De staalementen gebruikt voor de vloerplaten van het gebouw worden gedefinieerd door de volgende parameter.

Type vloerplaat, te kiezen uit de volgende lijst:

- Vlakke vloerplaat (geen staalplaat)
- Staalplaat-betonvloer
- Verloren bekisting
- Prefab
- Staalframevloer

De staalplaten worden gekozen met dezelfde database als in AMECO [1].

Het totale gewicht van de stalen vloerplaten in het gebouw wordt verkregen door:

$$m_{tss} = m_{ssu} a_{b,fl} \quad (\text{Eq 3})$$

met m_{ssu} het gewicht van de stalen vloerplaten (per eenheid van oppervlakte) conform de database;
 $a_{b,fl}$ de vloeroppervlakte (cf. 4.1.1.1), zie Eq. 1 en 2.

Betonelementen:

De volgende parameters van de betonelementen worden gebruikt:

Betontype, te kiezen uit de volgende lijst:

- Ter plaatse gestort
- Prefab

Betonkwaliteit, te kiezen uit de volgende lijst:

- C20/25
- C30/37

Totale dikte van de vloer

t_{tfl}

Wapeningstaal

m_{conrs}

Het totale betongewicht m_{consl} wordt berekend met gebruikmaking van:

$$m_{consl} = a_{b,fl} \rho_{consl} (t_{tfl} - t_{minss} + V_{tmin}) / 10^6 \quad (\text{Eq 4})$$

waar $a_{b,fl}$ de vloeroppervlakte (cf. 4.1.1.1)

$\rho_{consl} = 2360 \text{ kg/m}^3$

t_{minss} de minimum vloerhoogte van de staalplaat, conform de database

V_{tminss} het volume van het beton voor de minimum vloerdikte, conform de database

Opmerkingen:

- Voor staalframevloeren geldt $m_{consl} = 0$
- Voor vloeren zonder staalplaten worden $t_{minss} = 0$ en $V_{tmin} = 0$ ingevuld in de vorige formule.

4.1.1.3 Draagconstructie

Staalementen:

De parameters die de staalementen van de constructie beschrijven worden ingevoerd door de gebruiker:

Totale gewicht van liggers	m_{tsb}
Totale gewicht van kolommen	m_{tsc}
Totale gewicht van stiftdeuvels	m_{tst}
Totale gewicht van bouten	m_{tbo}
Totale gewicht van platen in verbindingen	m_{tpl}

Verliespercentage voor staalprofielen	s_{plos}
---------------------------------------	------------

Het laatste betekent dat voor het totale gewicht m van een profiel in de constructie $m (1 + s_{plos})$ van dit profiel geproduceerd moet worden.

Betonelementen:

De parameters die de betonconstructie beschrijven zijn, zoals voor de vloerplaten:

Totale gewicht van betonnen liggers	m_{tcb}
Totale gewicht van betonnen kolommen	m_{tcc}
Totale gewicht van wapeningstaal	m_{trs}

Betontype, te kiezen uit de volgende lijst:

- Ter plaatse gestort
- Prefab

Betonkwaliteit, te kiezen uit de volgende lijst:

- C20/25
- C30/37

Houtelementen:

Vanuit AMECO worden de houtelementen in beschouwing genomen door verschillende hoeveelheden. De nieuwe parameters die de houtelementen beschrijven zijn:

Totale gewicht van liggers	m_{twb}
Totale gewicht van kolommen	m_{twc}

4.1.1.4 Transportaannamen

Betontransport van productie naar bouwplaats:

De parameters die het betontransport definiëren zijn:

Afstand voor op de bouwplaats geproduceerd beton	d_{conmix}
Afstand voor prefab beton	d_{conreg}

AMECO berekent de onderdelen van op de bouwplaats geproduceerd beton en prefab beton als volgt:

$$\text{Deel van op de bouwplaats geproduceerd beton: } m_{conmix} = m_1 + m_2 \quad (\text{Eq 5})$$

$$\text{Deel van prefab beton: } m_{conreg} = m_3 + m_4 \quad (\text{Eq 6})$$

waar $m_1 = m_{consl}$ als het betontype voor de betonnen vloerelementen (cf. 4.1.1.2) ter plaatse gestort is; anders $m_1 = 0$

$m_2 = m_{tcb} + m_{tcc} + m_{trs}$ als het betontype voor de betonelementen van de draagconstructie (cf. 4.1.1.3) ter plaatse gestort is; anders $m_2 = 0$

$m_3 = m_{consl}$ als het betontype voor de betonnen vloerelementen (cf. 4.1.1.2) prefab is; anders $m_3 = 0$

$m_4 = m_{tcb} + m_{tcc} + m_{trs}$ als het betontype voor de betonelementen van de draagconstructie (cf. 4.1.1.3) prefab is; anders $m_4 = 0$

Staaltransport van productie naar bouwplaats:

De gebruiker heeft de mogelijkheid de gemiddelde waarden van de Europese database voor staaltransport te beschouwen of niet.

AMECO berekent het totale gewicht van getransporteerd staal als volgt:

$$m_{tstrtot} = m_{tss} + m_{conrs} + m_{tsb} + m_{tsc} + m_{tsst} + m_{tbo} + m_{tpl} + m_{trs} \quad (\text{Eq 7})$$

Als de gemiddelde waarden niet worden gebruikt zijn de volgende additionele parameters nodig:

Staalgewicht getransporteerd met de trein	m_{str}
Afstand voor staal getransporteerd met de trein	d_{str}
Staalgewicht getransporteerd met een gewone vrachtwagen	m_{sreg}
Afstand voor staal getransporteerd met een gewone vrachtwagen	d_{sreg}

Bovendien moet aan de volgende relatie worden voldaan:

$$m_{tstrtot} = m_{str} + m_{sreg} \quad (\text{Eq 8})$$

Houttransport van productie naar bouwplaats:

De parameters die het houttransport definiëren zijn:

Houtgewicht getransporteerd met de trein	m_{wtr}
Afstand voor hout getransporteerd met de trein	d_{wtr}
Houtgewicht getransporteerd met een gewone vrachtwagen	m_{wreg}
Afstand voor hout getransporteerd met een gewone vrachtwagen	d_{wreg}

AMECO berekent het totale gewicht van getransporteerd hout:

$$m_{twtrtot} = m_{twb} + m_{twc} \quad (\text{Eq 9})$$

Met Eq 9 moet aan de volgende relatie worden voldaan:

$$m_{twtrtot} = m_{wtr} + m_{wreg} \quad (\text{Eq 10})$$

4.1.1.5 Einde levensduur

De gebruiker heeft de mogelijkheid alle parameters gerelateerd aan het einde levensduur van de elementen te veranderen.

Staal:

Voor staalementen wordt een fractie gerecycled na de sloop van het gebouw. Het percentage van gerecyclede elementen is aangeduid als $eo_{element}$. Bovendien kan een deel van de liggers en kolommen worden hergebruikt, waarvoor een specifiek percentage re_{sbc} is geïntroduceerd. De fractie van het materiaal dat niet wordt gerecycled of hergebruikt gaat verloren.

Derhalve zijn de percentages die het einde levensduur van staal vastleggen en die moeten worden ingevoerd door de gebruiker:

Recycling van wapeningstaal	eol_{srs}
Recycling van staalplaten voor vloeren	eol_{sd}
Recycling van liggers en kolommen	eol_{sbc}
Hergebruik van liggers en kolommen	re_{sbc}
Recycling van stiftdeuvels en bouten	eol_{sstbo}
Recycling van platen in verbindingen	eol_{spl}

Beton:

Betonelementen worden niet gerecycled maar in plaats daarvan kan in rekening worden gebracht wanneer het betonpuin wordt hergebruikt als wegverharding. Het percentage van de betonelementen dat wordt hergebruikt als wegverharding is aangeduid $val_{element}$.

De parameters die het gebruik van betonpuin als wegverharding vastleggen en die moeten worden ingevoerd door de gebruiker:

Puin uit vloeren als wegverharding	val_{confl}
Puin uit de constructie als wegverharding	val_{const}

Hout:

Na de sloop van een gebouw, wordt een fractie van de houten elementen verbrand. Tijdens dit proces wordt een fractie van de energie die vrijkomt bij verbranding omgezet in elektrische energie in de energiecentrale.

De parameter die het einde levensduur van hout vastlegt, is een percentage dat moet worden ingevoerd door de gebruiker:

Verbranding met energierugwinning van constructieve houtelementen	inc_w
--	---------

4.1.2 Definitie van een brug

4.1.2.1 Draagconstructie

Staal:

De parameters die de staalementen van de brug vastleggen en moeten worden ingevoerd door de gebruiker zijn:

Totale gewicht van profielen	m_{tspbr}
Totale gewicht van stiftdeuvels	m_{tstbr}
Totale gewicht van platen in verbindingen	m_{tepbr}
Totale gewicht van overige profielen	m_{totbr}
Totale gewicht van overige wapeningstaven	m_{torbr}

Verliespercentage voor staalprofielen	s_{plos}
---------------------------------------	------------

Het laatste betekent dat voor het totale gewicht m van een profiel in de constructie $m(1 + s_{plos})$ van dit profiel geproduceerd moet worden.

Beton:

De parameters die de betonelementen van de brug beschrijven worden als volgt gemodificeerd:

Totale gewicht van beton	m_{tcbr}
Totale gewicht van wapeningstaal	m_{trsbr}

Betontype, te kiezen uit de volgende lijst:

- Ter plaatse gestort
- Prefab

Betonkwaliteit, te kiezen uit de volgende lijst:

- C20/25
- C30/37

4.1.2.2 Transportaannamen

Betontransport van productie naar bouwplaats:

De parameters die het betontransport vastleggen zijn:

Afstand voor op de bouwplaats geproduceerd beton	$d_{conmixbr}$
Afstand voor prefab beton	$d_{conregbr}$

AMECO berekent de onderdelen van beton die op de bouwplaats geproduceerd worden of prefab worden aangeleverd als volgt:

Deel van op de bouwplaats geproduceerd beton:	$m_{conmixbr}$
Deel van prefab beton:	$m_{conregbr}$

waar $m_{conmixbr} = m_{tcbr}$ als het betontype van de betonelementen ter plaatse gestort is; anders 0
 $m_{conregbr} = m_{tcbr}$ als het betontype van de betonelementen prefab is; anders 0

Staaltransport van productie naar bouwplaats:

De gebruiker heeft de mogelijkheid de gemiddelde waarden van de Europese database voor staaltransport te beschouwen of niet.

AMECO berekent het totale gewicht van getransporteerd staal als volgt:

$$m_{tstrtotbr} = m_{tspr} + m_{tstr} + m_{tepr} + m_{totbr} + m_{torbr} + m_{trsbr} \quad (\text{Eq 11})$$

Als de gemiddelde waarden niet worden gebruikt zijn de volgende additionele parameters nodig:

Staalgewicht getransporteerd met de trein	m_{strbr}
Afstand voor staal getransporteerd met de trein	d_{strbr}
Staalgewicht getransporteerd met een gewone vrachtwagen	m_{sregbr}
Afstand voor staal getransporteerd met een gewone vrachtwagen	d_{sregbr}

Bovendien moet aan de volgende relatie worden voldaan:

$$m_{tstrtotbr} = m_{strbr} + m_{sregbr} \quad (\text{Eq 12})$$

4.1.2.3 Einde levensduur

Op de dezelfde manier als voor een gebouw, heeft de gebruiker de mogelijkheid alle parameters gerelateerd aan het einde levensduur van de elementen van een brug te veranderen.

Staal:

Als bij gebouwen, zijn de percentages die het einde levensduur van staal vastleggen en die moeten worden gedefinieerd door de gebruiker:

Recycling van profielen	eol_{spbr}
Hergebruik van profielen	re_{spbr}
Recycling van stiftdeuvels	eol_{stbr}
Recycling van platen in verbindingen	eol_{sepbr}
Recycling van overige profielen	eol_{sotbr}
Recycling van overige wapeningstaven	eol_{sorbr}
Recycling van wapeningstaal	eol_{srsbr}

Beton:

Met dezelfde definitie als voor gebouwen, is het percentage dat het hergebruik van betonpuin als wegverharding vastlegt en dat moet worden gedefinieerd door de gebruiker:

Betonpuin als wegverharding	val_{conbr}
-----------------------------	---------------

4.1.3 Gebouwschil

4.1.3.1 Gevelgeometrie

De beschrijving van de wanden omvat de volgende parameters:

$A_{lat,tot}(dir)$:	oppervlakte van de wand geïoriënteerd op richting dir , automatisch berekend als het product van lengte en hoogte [m ²]
$A_{lat,opening}(dir)$	de oppervlakte van de openingen in de dir wand gedefinieerd door een percentage van het totale oppervlakte van de gevel [m ²]
$A_{lat}(dir)$:	netto oppervlakte van de wand geïoriënteerd op richting dir , automatisch berekend als het verschil tussen $A_{lat,tot}(dir)$ en $A_{lat,opening}(dir)$ [m ²]
$F_{glazing,sh}(dir)$	beschaduwingsreductiefactor van openingen in de dir wand, verborgen defaultwaarde 1
$F_{walls,sh}(dir)$	beschaduwingsreductiefactor van de dir wand, verborgen defaultwaarde 1.

4.1.3.2 Geveleigenschappen

De gebruiker selecteert de typen wanden en openingen (*WandType* en *OpeningType*) uit de onderwerpen van de corresponderende lijsten van macro-componenten (zie **Tabel 17** en **Tabel 16** in Annex 2) en de daarmee verband hebbende variabelen worden ge-updated:

U_{walls}	U-waarde voor wanden [W/(m ² .K)], niet aan te passen
$k_{m,walls}$	thermische traagheid per vierkante meter [J/(m ² .K)], verborgen en niet aan te passen
$U_{mean,opening}$	U-waarde voor openingen [W/(m ² .K)], niet aan te passen
g_n	doorlaatbaarheid voor zonne-energie voor straling loodrecht op het glas, verborgen parameter (zie Tabel 16 in Annex 2) [-]

De selectie van de zonwering (*ShadingType* en *ShadingColor*, zie **Tabel 22** in Annex 2 bepaalt de variabele:

f_f doorlaatbaarheid voor zonne-energie van raam met zonwering [-]

De defaultwaarden voor *ShadingType* en *ShadingColor* zijn “Geen zonwering” en “Gemiddeld”. De *ShadingColor* wordt niet weergegeven.

De selectie van rolluiken (*ShutterType*, zie **Tabel 14** in Annex 2) heeft effect op de waarde van 4 variabelen:

R_{sh} additionele warmteweerstand bij een specifieke luchtdoorlatendheid van de rolluiken [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$]
 ΔR_{high} hoge of erg hoge doorlatendheid [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$]
 ΔR_{avg} gemiddelde doorlatendheid [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$]
 ΔR_{low} lage doorlatendheid [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$]

Deze 4 variabelen zijn verborgen.

De volgende variabelen zijn ook verborgen:

NightHeatingActivation voor het beheersen van de rolluiken worden deze gesloten tijdens de nacht om de warmteverliezen in het winterseizoen door het raam te beperken, defaultwaarde volgens

Type zonwering	Dagkoeling
Geen zonwering	<i>Nee</i>
Alle andere keuzen	<i>Ja</i>

Tabel 24 in Annex 2.

DayCoolingActivation voor het beheersen van de zonweringen worden deze geactiveerd tijdens de dag om de zonnewarmtewinsten in het zomerseizoen door de ramen te beperken, defaultwaarde volgens

Type zonwering	Dagkoeling
Geen zonwering	<i>Nee</i>
Alle andere keuzen	<i>Ja</i>

Tabel 24 in Annex 2.

FrameAreaFraction defaultwaarde 0,3 [-]

4.1.3.3 Begane grondvloer

De volgende parameters worden gebruikt om de begane grondvloer te definiëren:

U_f U-waarde voor de begane grondvloer [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
GroundFloorType type begane grondvloer dat door de gebruiker gekozen moet worden als “Vloerplaat op begane grondvloer” of “Uitkragend”,
 $D_{concretebasefloor}$ dikte van de betonnen begane grondvloer, defaultwaarde 0 [m]
 $M_{steelbasefloor}$ massa van wapeningstaal, defaultwaarde 0 [t]

Het *SoilType* (verborgen defaultwaarde) kent twee variabelen:

(ρc) warmtecapaciteit van de grond (zie **Tabel 23** in Annex 2), verborgen [$\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$]
 λ warmtegeleidingscoëfficiënt van de grond (zie **Tabel 23**), verborgen [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]

Eén overige verborgen variabele wordt gebruikt:

w_{ground} dikte van de kelderwanden, defaultwaarde 0,2 [m]

De omtrek en de oppervlakte van de begane grondvloer worden niet weergegeven en automatisch berekend met gebruikmaking van:

$$P_{eri} = 2(w_b + l_b)$$

$$A_{ground} = w_b \cdot l_b$$

Afhankelijk van de begane grondvloer (*GroundFloorType*), worden de volgende parameters bepaald. Deze worden niet weergegeven.

- Vloerplaat op begane grondvloer
Verschillende opties zijn beschikbaar voor de isolatie (*Edgeinsulation*): “geen”, “horizontaal”, “verticaal” of “beide”.
De overige parameters zijn:

$d_{n,hor}$	dikte van de horizontale randisolatie [mm]
λ_{hor}	warmtegeleidingscoëfficiënt van de horizontale randisolatie [W/(m·K)]
w_{hor}	breedte van de horizontale randisolatie [m]
$d_{n,vert}$	dikte van de verticale randisolatie [mm]
λ_{vert}	warmtegeleidingscoëfficiënt van de verticale randisolatie [W/(m·K)]
w_{vert}	lengte van de verticale randisolatie [m]
- Uitkragend
De parameters die een uitkragende begane grondvloer definiëren zijn:

h	hoogte van de wand boven maaiveld zoals voor een begane grondvloer van het keldertype [m]
h_z	hoogte van de wand onder maaiveld [m]
A_{irflow}	het ventilatievoud, defaultwaarde 0,1 [aantal luchtwisselingen per uur]
A_{wind}	oppervlakte van de ventilatieopeningen per meter omtrek, ingesteld op 1, verborgen [m²/m]
$w_{avgspeed}$	gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte, verborgen [m/s]

De laatste 3 parameters zijn aan elkaar gerelateerd door:

$$w_{avgspeed} = \frac{A_{irflow} \cdot A_{ground} \cdot (h + h_z)}{3600 \cdot P_{eri} \cdot A_{wind}}$$

4.1.3.4 Additionele parameters

Enkele additionele parameters zijn gerelateerd aan de gebouwschil. Deze parameters zijn verborgen.

R_{se}	warmteweerstand van het buitenoppervlak, defaultwaarde 0,04 [m²·K/W]
$\alpha_{s,c}$	absorptiecoëfficiënt voor zonnestraling, defaultwaarde 0,5 [-]
h_r	warmteoverdrachtscoëfficiënt door straling aan de buitenzijde, defaultwaarde 4,5 [W/(m²·K)]
C_m	warmtecapaciteit aan de binnenzijde [J/K], bepaald door:

$$C_m = k_{m,walls} \cdot \sum_{dir} A_{lat}(dir) + k_{m,roof} \cdot A_{roof} + k_{m,ext,floor} \cdot A_{ext,floor} + k_{m,ground} \cdot A_{ground} \\ + k_{m,interm,floor} \cdot a_{b,fl,interm} + k_{m,intern,walls} \cdot \left(Ratio_{intern,walls} \cdot \sum_{dir} A_{lat,tot}(dir) \right)$$

Waar:

$k_{m,walls}$	warmtecapaciteit aan de binnenzijde van de wanden [J/K/m²], waarde volgens de geselecteerde macro-component voor de wand
$k_{m,roof}$	warmtecapaciteit aan de binnenzijde van het dak [J/K/m²], waarde volgens de geselecteerde macro-component voor het dak

$k_{m,ext,floor}$	warmtecapaciteit aan de binnenzijde van buitenvloeren [J/K/m ²], defaultwaarde 50000 J/K/m ²
$k_{m,ground}$	warmtecapaciteit aan de binnenzijde van begane grondvloeren [J/K/m ²], defaultwaarde 50000 J/K/m ²
$k_{m,interm,floor}$	warmtecapaciteit aan de binnenzijde van tussenvloeren [J/K/m ²], defaultwaarde 50000 J/K/m ²
$k_{m,intern,walls}$	warmtecapaciteit aan de binnenzijde van binnenwanden [J/K/m ²], defaultwaarde tweemaal de waarde van $k_{m,walls}$ J/K/m ²
$Ratio_{intern,walls}$	verhouding van de oppervlakte van binnenwanden en de geveleppervlakten, defaultwaarde 40%

4.1.3.5 Dak

De gebruiker selecteert de macro-component voor het dak volgens

Dak macro-component	U- waarde	Km
Waterdicht membraan	0,31	22456,0
Macro Dak 2	0,373	13435,0

Tabel 25 in Annex 2.

De volgende parameters definiëren het dak:

U_{roof}	U-waarde voor een vlak dak, defaultwaarde afhankelijk van de macro-component, niet aan te passen [W/(m ² ·K)]
$A_{ext,floor}$	oppervlakte van de buitenvloer, defaultwaarde 0, verborgen [m ²]
A_{roof}	oppervlakte van het vlakke deel van het dak, defaultwaarde berekend volgens de gebouwafmetingen, verborgen [m ²]
$A_{slopedroof}$	oppervlakte van het hellende deel van het dak, defaultwaarde 0, verborgen [m ²]
$A_{roof,opening}$	oppervlakte van de openingen in het dak, defaultwaarde 0, verborgen [m ²]
$F_{glazing,sh,roof}$	beschaduwingsreductiefactor van de openingen in het dak, defaultwaarde 1, verborgen
$U_{slopedroof}$	U-waarde voor het hellend dak, defaultwaarde 0, verborgen [W/(m ² ·K)]
$U_{ext,floor}$	U-waarde voor de buitenvloer, defaultwaarde 0, verborgen [W/(m ² ·K)]
$U_{floorunconditionedspace}$	U-waarde voor de vloer van de ongeconditioneerde ruimte, defaultwaarde 0, verborgen [W/(m ² ·K)]

4.1.4 Gebruik van het gebouw

Het gebruik van het gebouw is verdeeld in drie perioden per dag; bovendien wordt er een onderscheid gemaakt tussen werk- en weekenddagen. Tot slot worden er twee onderwerpen beschouwd voor het gebruik: aan de ene kant de aanwezigheid van gebruikers, aan de andere kant, de lichtbehoefte. Deze keuzen kunnen verschillend zijn tussen de primaire geconditioneerde ruimten (oppervlakte 1) en de overige geconditioneerde ruimten (oppervlakte 2).

Elk van de 24 keuzen wordt beschreven door drie hoeveelheden:

$h_{function,beg,place,Date,i}$	begintijd [h]
$h_{function,end,place,Date,i}$	eindtijd [h]
$Gain_{function,place,Date,i}$	interne warmtewinst [h]

Waar $function \in \{\text{gebruik; licht}\}$, $place \in \{\text{oppervlakte 1; oppervlakte 2}\}$, $Date \in \{\text{Maandag tot Vrijdag; Zaterdag tot Zondag}\}$, $i \in \{1; 2; 3\}$.

De defaultwaarden worden getoond in **Tabel 27** tot **Tabel 30** (in Annex 2) afhankelijk van het gebouwtype. Deze 24 hoeveelheden zijn verborgen.

De binnencondities worden gerelateerd aan het comfort voor de gebruikers en worden gedefinieerd door 4 parameters. De defaultwaarden zijn ingesteld volgens **Tabel 31** in Annex 2 en deze zijn niet aan te passen:

$\theta_{int,set,H}$	verwarmingstemperatuur [°C]
$\theta_{int,set,C}$	koeltemperatuur [°C]
n_H	ventilatievoud voor de verwarmingsmodus (per m ²) [ac/h]
n_C	ventilatievoud voor de koelmodus (per m ²) [ac/h]

4.1.5 Installaties

Vier onderdelen van de gebouwinstallaties zijn beschouwd.

4.1.5.1 Verwarmingssysteem

De gebruiker moet het type verwarmingssysteem instellen ($\eta_{HeatingType_System}$, zie **Tabel 18** in Annex 2).

Deze keuze heeft gevolgen voor de efficiëntie van het verwarmingssysteem dat wordt beschouwd in de berekeningen:

$\eta_{HeatingEfficiencySystem}$	efficiëntie van het verwarmingssysteem, dat in de gebruikersmodus verborgen is [-]
----------------------------------	--

De gebruikte energie ($EnergyType_{heating}$), met defaultwaarden ingesteld volgens **Tabel 33** in Annex 2, omvat een conversiefactor van totale energie naar primaire energie:

$k_{energytype,heating}$	energietype (zie Tabel 21 in Annex 2) [kgoe/kWh]
--------------------------	---

Deze twee velden zijn verborgen.

De volgende hoeveelheden worden gebruikt maar niet weergegeven. De waarden zijn ingesteld volgens **Tabel 32** in Annex 2.

$h_{begd,heating}$	begintijd voor het werkschema [h]
$h_{end,heating}$	eindtijd voor het werkschema [h]
$NbDay_{working,heating}$	aantal werkdagen per week [-]

4.1.5.2 Koelsysteem

De gebruiker moet het type koelsysteem instellen ($\eta_{CoolingType_System}$, zie **Tabel 19** in Annex 2).

Deze keuze heeft gevolgen voor de efficiëntie van het koelsysteem:

$\eta_{CoolingEfficiencySystem}$	efficiëntie van het koelsysteem, verborgen [-]
----------------------------------	--

De gebruikte energie ($EnergyType_{cooling}$), met defaultwaarden ingesteld volgens **Tabel 33** in Annex 2, omvat een conversiefactor van totale energie naar primaire energie:

$k_{energytype,cooling}$	energietype (zie Tabel 21) [kgoe/kWh]
--------------------------	---

Deze twee velden zijn verborgen.

Tot slot wordt, zoals voor het verwarmingssysteem, een vergelijkbare variabele gedefinieerd die verborgen is en met een defaultwaarde is ingesteld volgens **Tabel 34**:

$NbDay_{working,cooling}$ aantal werkdagen per week [-]

4.1.5.3 Ventilatiesysteem

De definitie van het ventilatiesysteem gaat uit van het gebruik van een warmteterugwinningssysteem (*HeatRecovery*). In dat geval zijn de karakteristieken van het systeem:

$HeatRecovery\%$ fractie van het volume aan luchtstroom dat door het warmteterugwinningssysteem gaat, defaultwaarde 0,8, verborgen [-]
 η_{hru} efficiëntie van het warmteterugwinningssysteem, defaultwaarde 0,6, verborgen [-]

4.1.5.4 Warm tapwater (DHW) systeem

Het type warm tapwatersysteem (DHW = Domestic Hot Water) ($\eta_{TypeDHW}$, zie **Tabel 20** in Annex 2) is gerelateerd aan de efficiëntie van het DHW systeem:

η_{DHW} efficiëntie van het DHW systeem, in de normale modus verborgen [-]

De gebruikte energie ($EnergyType_{DHW}$), met defaultwaarden ingesteld volgens **Tabel 35**, omvat een conversiefactor van totale energie naar primaire energie:

$k_{energytype,DHW}$ energietype (zie **Tabel 21**) [kgoe/kWh]

Het DHW systeem hangt af van verschillende parameters:

$\theta_{w,t}$ verlangde watertemperatuur bij het tappunt, defaultwaarde 60, verborgen [°C]
 $\theta_{w,outside}$ inlaat-watertemperatuur, defaultwaarde 15, verborgen [°C]
 $DHW_{energyreduction}$ fractie van de DHW-energie die wordt geleverd door hernieuwbare energiebronnen, defaultwaarde 0, verborgen [-]

4.2 Constanten en specifieke parameters

Algemene constanten:

$MonthLength(m)$ aantal seconden in de maand m in megaseconden
 $MonthDay(m)$ aantal dagen in de maand m [-]
 $NbDayWorking(m)$ aantal werkdagen in de maand m [-]

De volgende parameters worden behandeld op een specifieke manier. Aanvankelijk betrof het inputdata, maar omdat hun betekenis voor de gebruiker mogelijk onduidelijk is, worden ze in AMECO 3 behandeld als constanten.

F_w correctiefactor voor niet-reflecterend glas [-]
 f_w windafschermingsfactor [-]
 $b_{tr,U}$ aanpassingsfactor voor een ongeconditioneerde ruimte [-]

$F_{r,v}$	stralingsfactor voor een verticaal dak [-]
$F_{r,h}$	stralingsfactor voor horizontale wanden [-]

Specifieke parameters voor de **verwarmingsmodus**:

$k_{D,cor,H}$	correctiefactor voor warmtetransport door transmissie [-]
$k_{cor,ve,H}$	correctiefactor voor warmtetransport door ventilatie [-]
$k_{cor,int,H}$	correctiefactor voor interne warmtewinsten [-]
$k_{cor,H}$	correctiefactor voor zonnewarmtewinsten [-]
a_{H0}	dimensieloze numerieke referentieparameter [-]
τ_{H0}	referentie tijdsconstante [h]
$b_{H,red}$	empirische correlatiefactor (ingesteld op 3) [-]

Enkele van deze parameters hangen af van het GeigerClimate en de aanwezigheid van een zonwering (zie **Tabel 26**).

Specifieke parameters voor de **koelmodus**:

$k_{D,cor,C}$	correctiefactor voor warmtetransport door transmissie [-]
$k_{cor,ve,C}$	correctiefactor voor warmtetransport door ventilatie [-]
$k_{cor,int,C}$	correctiefactor voor interne warmtewinsten [-]
$k_{cor,C}$	correctiefactor voor zonnewarmtewinsten [-]
a_{C0}	dimensieloze numerieke referentieparameter [-]
τ_{C0}	referentie tijdsconstante [h]
$b_{C,red}$	empirische correlatiefactor (ingesteld op 3) [-]

Enkele van deze parameters hangen af van het GeigerClimate en de aanwezigheid van zonwering (zie **Tabel 26**).

Constanten voor de DHW-productie:

In overeenstemming met EN15316-3-1 zijn de volgende drie constanten gedefinieerd (woongebouwen).

$$X = 62 \text{ [l/(dag.m}^2\text{)]}$$

$$Y = 160 \text{ [l/(dag.m}^2\text{)]}$$

$$Z = 2 \text{ [l/(dag.m}^2\text{)]}$$

4.3 Berekening van het milieu-effect van een constructie

4.3.1 Uitgangspunten

De methode die wordt gebruikt door AMECO omvat 24 milieu-effectindicatoren, elk verdeeld in vier modules:

- Module A: Product- en Constructiefase
- Module B: Gebruiksfasen
- Module C: Einde levensduur
- Module D: Milieuvoordelen en -belastingen buiten de systeemgrenzen

De 24 indicatoren hanteren dezelfde vergelijkingen. De enige verschillen hiertussen zijn de waarden van de coëfficiënten. Al deze coëfficiënten zijn gegeven in tabellen 2 en 3.

De aanduiding van elke coëfficiënt is gegeven in Tabel 2 en de waarden zijn gegeven in de volgende paragrafen. De waarde van alle parameters die zijn gedefinieerd in dit hoofdstuk kunnen worden weergegeven door AMECO. Alle parameters van dit hoofdstuk hebben dezelfde waarden voor gebouwen als voor bruggen. Ze zijn niet aan te passen.

In AMECO worden de milieu-effectcoëfficiënten gedefinieerd voor 10 indicatoren. De resterende 14 indicatoren worden ingesteld op nul.

Beschouwde milieu-effectcoëfficiënt	Aanduiding
RER: Staalplaat, worldsteel	$k_{RERStPI}$
RER: Staalprofielen, worldsteel	$k_{RERStSec}$
GLO: Stalen wapeningstaven, worldsteel	k_{GLOSt}
RER: Staal verzinkt, worldsteel	$k_{RERStHDG}$
DE: Beton C20/25, PE	$k_{DEConC20}$
DE: Beton C30/37, PE	$k_{DEConC30}$
DE: Gelamineerd hout, PE [voor 1 kg]	k_{DEW}
GLO: Waarde van schroot, worldsteel	k_{GLO}
Stalen gebouw sloop - milieu-effect voor 1kg behandeld	$k_{StBldgDem}$
CH: afdanking, gebouw, beton, niet gewapend, naar stort	k_{CHCon}
CH: afdanking, gebouw, wapeningstaal, naar stort	k_{CHSt}
CH: afdanking, gebouw, beton, niet gewapend, naar sorteringsbedrijf [incl. 40% naar afgeschermd afvalstortplaats]	$k_{CHConPlt}$
CH: afdanking, gebouw, wapeningstaal, naar sorteringsbedrijf	$k_{CHStPlt}$
CH: afdanking, beton, 5% water, naar afvalstortplaats voor inert materiaal	$k_{CHConLdf}$
CH: grind, niet gespecificeerd, naar mijn	k_{CHGr}
RER: afvalstortplaats voor inert materiaal (staal), PE	$k_{RERStLdf}$
EU-27: Afvalverbranding van houtproducten (OSB, spaanplaat) ELCD/CEWEP <p-agg> [1 kg hout]	k_{EUWWa}
Credit voor afvalverbranding (agg minus p-agg)	k_{Wa}
EU-27: afvalstortplaats van houtproducten (OSB, spaanplaat) PE <p-agg>	k_{EUWLdf}
CH: afdanking, inert materiaal, 0% water, naar afgeschermd afvalstortplaats	k_{CHLdf}
RER: waarde transport vrachtwagen, PE [voor 1 tkm]	k_{RERALT}
Transport met de trein [voor 1 tkm]	k_{Tr}
Transport met een betonmixer-vrachtwagen [voor 100 kgkm]	k_{Cont}
Gemiddelde Europese transport voor staal [voor 1 t over gemiddelde Europese afstand]	k_{StAvg}
EU-27: Electriciteit, gemengd, PE [1 kWh]	k_{EUElec}
Electriciteit Output Recovery	k_{EOR}
RER: Staalplaat, worldsteel (schrootinzet)	$k_{RERStPIO}$
RER: Staalprofielen, worldsteel (schrootinzet)	$k_{RERStSecO}$
RER: Staal verzinkt, worldsteel (schrootinzet)	$k_{RERStHDGO}$
GLO: Stalen wapeningstaven, worldsteel (schrootinzet)	k_{GLOStO}

Tabel 2: Aanduiding van de coëfficiënten

De afkortingen gebruikt in **Tabel 2** betekenen:

- GLO : Wereld (gemiddelde)
- DE : Duitsland (gemiddelde)
- CH : Zwitserland (gemiddelde)

De 5 laatste milieu-effectcoëfficiënten (zonder eenheid) hebben dezelfde waarde voor alle milieu-effectindicatoren:

k_{EOR}	8.865E-01
$k_{RERStPIO}$	1.125E-01
$k_{RERStSec0}$	8.492E-01
$k_{RERStHDG0}$	9.162E-02
k_{GLOSt0}	6.983E-01

Tabel 3 : Waarden voor de coëfficiënten voor schrootinzet

4.3.1.1 Parameters die de milieu-effecten beschrijven

Tabel 4 bevat de waarden van de coëfficiënten voor de indicatoren GWP, ODP, AP, EP, POCP, ADP-grondstoffen, ADP-fossiele brandstoffen.

	GWP	ODP	AP	EP	POCP	APD-e	ADP-ff
	t CO2 eq / t	t CFC eq / t	t SO2 eq / t	t Ethene eq / t	t PO4 eq / t	t Sb eq / t	GJ NCV / t
$k_{RERStPI}$	2.458E+00	9.112E-09	6.229E-03	4.424E-04	1.170E-03	5.396E-07	2.538E+01
$k_{RERStSec}$	1.143E+00	4.948E-08	3.158E-03	2.706E-04	5.051E-04	-7.001E-06	1.239E+01
k_{GLOSt}	1.244E+00	1.110E-08	3.533E-03	2.802E-04	5.494E-04	-2.103E-06	1.349E+01
$k_{RERStHDG}$	2.556E+00	3.726E-08	6.980E-03	4.486E-04	1.243E-03	2.318E-05	2.621E+01
$k_{DEConC20}$	9.883E-02	5.635E-11	1.485E-04	2.610E-05	1.740E-05	1.553E-07	4.626E-01
$k_{DEConC30}$	1.114E-01	6.562E-11	1.524E-04	2.553E-05	1.778E-05	1.867E-07	4.545E-01
k_{DEW}	-1.185E+00	1.347E-09	1.179E-03	1.418E-04	1.243E-04	1.317E-07	7.670E+00
k_{GLO}	1.512E+00	-4.834E-08	3.610E-03	9.974E-05	8.072E-04	7.272E-06	1.598E+01
$k_{StBldgDem}$	8.810E-04	3.251E-12	9.345E-06	1.193E-06	8.336E-07	3.461E-10	1.212E-01
k_{CHCon}	1.401E-02	3.098E-09	8.901E-05	2.551E-05	1.590E-05	1.448E-08	2.771E-01
k_{CHSt}	6.732E-02	9.741E-09	4.988E-04	1.387E-04	7.727E-05	2.544E-08	1.017E+00
$k_{CHConPlt}$	1.398E-02	2.527E-09	3.581E-04	2.831E-05	1.456E-05	1.956E-08	2.398E-01
$k_{CHStPlt}$	6.139E-02	7.782E-09	4.629E-04	1.295E-04	6.945E-05	2.279E-08	8.537E-01
$k_{CHConLdf}$	7.102E-03	2.128E-09	4.226E-05	1.223E-05	8.602E-06	7.345E-09	1.785E-01
k_{CHGr}	2.824E-03	3.257E-10	1.760E-05	6.317E-06	2.284E-06	9.374E-09	3.626E-02
$k_{RERStLdf}$	1.396E-02	1.368E-11	8.491E-05	1.163E-05	8.972E-06	4.949E-09	1.865E-01
k_{EUWWa}	1.671E+00	2.920E-09	6.252E-04	1.428E-04	4.099E-05	-4.267E-08	5.289E-01
k_{Wa}	-7.514E-01	-7.786E-08	-4.946E-03	-2.013E-04	-2.622E-04	-3.164E-08	-8.651E+00
k_{EUWLdf}	1.455E+00	2.606E-10	4.386E-04	1.878E-03	3.408E-04	1.370E-08	1.082E+00
k_{CHLdf}	1.228E-02	3.091E-09	7.480E-04	2.565E-05	1.382E-05	1.490E-08	2.781E-01
k_{RERALT}	4.714E-02	1.749E-11	3.085E-04	7.432E-05	-1.260E-04	1.861E-09	6.515E-01
k_{Tr}	1.711E-02	8.846E-10	8.593E-05	9.950E-06	7.298E-06	1.250E-09	2.036E-01
k_{Cont}	1.201E-02	4.452E-12	7.527E-05	1.806E-05	-3.035E-05	4.739E-10	1.659E-01
k_{StAvg}	2.422E+01	1.328E-07	1.548E-01	3.578E-02	-5.727E-02	1.037E-06	3.301E+02
k_{EUElec}	4.887E-01	3.192E-08	2.083E-03	1.118E-04	1.267E-04	4.007E-08	5.569E+00

Tabel 4: Waarden van de milieu-effectcoëfficiënten

4.3.1.2 Parameters die het gebruik van grondstoffen, secundaire materialen en brandstoffen en het watergebruik beschrijven

Tabel 5 bevat waarden van coëfficiënten voor de volgende drie indicatoren:

- Totale gebruik van hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen) [RPE-Totaal].
- Totale gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen) [Niet-RPE-Totaal].
- Gebruik van drinkwater [NFW].

	RPE-Totaal	Niet-RPE totaal	NFW
	GJ NCV / t	GJ NCV / t	10 ³ m ³ / t
$k_{RERStPI}$	2.987E-01	2.577E+01	1.352E-02
$k_{RERStSec}$	6.107E-01	1.419E+01	1.332E-03
k_{GLOSt}	2.362E+00	1.406E+01	1.387E-02
$k_{RERStHDG}$	5.477E-01	2.768E+01	1.586E-02
$k_{DEConC20}$	3.458E-02	5.084E-01	3.208E-04
$k_{DEConC30}$	3.692E-02	5.077E-01	3.225E-04
k_{DEW}	1.855E+01	8.766E+00	6.636E-01
k_{GLO}	-8.226E-01	1.423E+01	1.307E-02
$k_{StBldgDem}$	4.747E-03	1.216E-01	1.228E-04
k_{CHCon}	2.259E-03	2.879E-01	1.264E-02
k_{CHSt}	5.325E-03	1.043E+00	3.083E-02
$k_{CHConPlt}$	8.531E-03	2.821E-01	4.905E-02
$k_{CHStPlt}$	9.525E-03	9.019E-01	5.568E-02
$k_{CHConLdf}$	1.464E-03	1.855E-01	7.997E-03
k_{CHGr}	6.248E-03	6.613E-02	3.753E-02
$k_{RERStLdf}$	1.450E-02	1.960E-01	2.788E-04
k_{EUWWa}	1.618E-02	6.576E-01	4.269E-03
k_{Wa}	-1.063E+00	-1.172E+01	-1.042E-03
k_{EUWLdf}	4.911E-02	1.134E+00	3.901E-02
k_{CHLdf}	4.758E-03	3.005E-01	3.552E-04
k_{RERALT}	2.553E-02	6.539E-01	6.604E-04
k_{Tr}	3.643E-02	2.858E-01	1.561E-04
k_{Cont}	6.499E-03	1.665E-01	1.681E-04
k_{StAvg}	1.694E+01	3.428E+02	3.275E-01
k_{EUElec}	1.246E+00	8.534E+00	3.829E-03

Tabel 5: Waarden van coëfficiënten voor het gebruik van grondstoffen, secundaire materialen en brandstoffen en voor het watergebruik

Door het gebrek aan data zijn de coëfficiënten voor de volgende indicatoren ingesteld op nul (hetgeen leidt tot een milieu-effectwaarde van nul):

- Gebruik van hernieuwbare primaire energie, exclusief hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen [RPE].
- Gebruik van hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen [RER].
- Gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie, exclusief niet-hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen [Niet-RPE].
- Gebruik van niet-hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen [Niet-RER].
- Gebruik van secundair materiaal [SM].

- Gebruik van hernieuwbare secundaire brandstoffen [RSF].
- Gebruik van niet-hernieuwbare secundaire brandstoffen [Niet-RSF].

4.3.1.3 Overige milieu-informatie die de afvalcategoriën beschrijft

Tabel 6 bevat waarden van coëfficiënten voor de volgende indicatoren:

- Gestort gevaarlijk afval.
- Gestort niet-gevaarlijk afval.
- Gestort radioactief afval.

	Gestort gevaarlijk afval	Gestort niet-gevaarlijk afval	Gestort radioactief afval
	t / t	t / t	t / t
$k_{RERStPI}$	-6.239E-04	-1.306E-03	-1.663E-04
$k_{RERStSec}$	-5.212E-04	-8.676E-04	-3.832E-04
k_{GLOSt}	-2.460E-04	-1.186E-04	-1.428E-04
$k_{RERStHDG}$	-4.771E-04	-6.745E-04	-4.717E-04
$k_{DEConC20}$	0.000E+00	0.000E+00	-1.859E-05
$k_{DEConC30}$	0.000E+00	0.000E+00	-2.164E-05
k_{DEW}	0.000E+00	1.483E+00	4.461E-04
k_{GLO}	-1.536E-05	-3.524E-06	5.177E-04
$k_{StBldgDem}$	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
k_{CHCon}	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
k_{CHSt}	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
$k_{CHConPlt}$	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
$k_{CHStPlt}$	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
$k_{CHConLdf}$	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
k_{CHGr}	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
$k_{RERStLdf}$	0.000E+00	1.000E+00	-3.459E-06
k_{EUWWa}	0.000E+00	-6.430E-02	-3.659E-05
k_{Wa}	0.000E+00	1.940E+00	9.767E-04
k_{EUWLdf}	0.000E+00	4.813E-01	-1.972E-05
k_{CHLdf}	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
k_{RERALT}	0.000E+00	0.000E+00	-9.099E-07
k_{Tr}	0.000E+00	0.000E+00	-3.383E-05
k_{Cont}	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
k_{StAvg}	0.000E+00	0.000E+00	-5.190E-03
k_{EUElec}	0.000E+00	-1.827E+00	-1.220E-03

Tabel 6: Waarden voor overige milieu-informatie die de afvalcategoriën beschrijft

4.3.1.4 Overige milieu-informatie die de outputstromen beschrijft

De coëfficiënten zijn onbekend en in AMECO 3 ingesteld op nul voor de volgende vier indicatoren:

- Componenten voor hergebruik.
- Materialen voor recycling.
- Materialen voor energierterugwinning.
- Geëxporteerde energie.

4.3.2 Milieu-effect van een gebouw

4.3.2.1 Module A

De vergelijkingen voor de bepaling van de milieu-effecten voor module A zijn:

Module A			
Productfase	A1 Winning grondstoffen	Betonvloeren	$m_{consl} k_{DECon}$
		Staalplaten	$m_{tss} k_{RERStHDG}$
		Betonconstructie	$(m_{tcb} + m_{tcc}) k_{DECon}$
		Wapeningstaal	$(m_{conrs} + m_{trs}) k_{GLOSt}$
		Stalen liggers	$m_{tsb} (1 + S_{plos}) k_{RERStSec}$
		Stalen kolommen	$m_{tsc} (1 + S_{plos}) k_{RERStSec}$
		Houten liggers	$m_{twb} k_{DEW}$
		Houten kolommen	$m_{twc} k_{DEW}$
	A3 Fabricage	Productieverliezen	$(m_{tsb} + m_{tsc}) S_{plos} k_{RERALT} / 10$
		Stalen stiftdeuvels en bouten	$(m_{tst} + m_{tbo}) k_{GLOSt}$
		Platen in verbindingen	$m_{tpl} k_{RERStPI}$
	A1-A3	Macro-component	
Constructiefase	A4 Transport	Beton - mixer vrachtwagen	$m_{conmix} d_{conmix} k_{Cont} / 100$
		Beton - gewone vrachtwagen	$m_{conreg} d_{conreg} k_{RERALT} / 1000$
		Staal - gewone vrachtwagen	$m_{sreg} d_{sreg} k_{RERALT} / 1000$
		Staal - trein	$m_{str} d_{str} k_{Tr} / 1000$
		Staal - gemiddelde transport	$m_{tstrtot} k_{StAvg}$
		Hout - trein	$m_{wtr} d_{wtr} k_{Tr} / 1000$
		Hout - gewone vrachtwagen	$m_{wreg} d_{wreg} k_{RERALT} / 1000$
		Macro-component	
		Totaal Module A	

Tabel 7: Milieu-effecten voor module A

In deze tabel laten de blauw geaccentueerde vergelijkingen de relaties zien die zijn gemodificeerd of toegevoegd in het kader van het LVS3 project.

Ten aanzien van de parameters toegevoegd voor de begane grondvloer, zijn de volgende vergelijkingen gemodificeerd:

Totale betongewicht $m_{consl, LVS3}$:

$$m_{consl, LVS3} = m_{consl} + D_{concretebasefloor} A_{ground} \cdot \rho_{consl}$$

Massa van wapeningstaal:

$$(m_{conrs} + m_{trs} + M_{steelbasefloor}) k_{GLOSt}$$

Een additioneel deel is in beschouwing genomen voor de productfase:

*Macro – component*_{A1-A3}

$$= \sum_{dir} A_{lat}(dir) \cdot k_{A1-A3,wall} + \sum_{dir} A_{lat,opening}(dir) \cdot k_{A1-A3,opening} + A_{roof} \cdot k_{A1-A3,roof}$$

Het totale gewicht van getransporteerd staal $m_{tstrtot,LVS3}$ is:

$$m_{tstrtot,LVS3} = m_{tstrtot} + M_{steelbasefloor}$$

Een additioneel deel is in beschouwing genomen voor de constructiefase:

$$Macro - component_{A4} = \sum_{dir} A_{lat}(dir) \cdot k_{A4,wall} + \sum_{dir} A_{lat,opening}(dir) \cdot k_{A4,opening} + A_{roof} \cdot k_{A4,roof}$$

De waarden van $k_{A1-A3,wall}$, $k_{A4,wall}$, $k_{A1-A3,opening}$ en $k_{A4,opening}$ zijn aangegeven in Annex 4.

4.3.2.2 Module B: Gebruiksfase

De berekening van de gebruiksfase omvat verschillende stappen. De eerste stap is de bepaling van karakteristieken van de begane grondvloer.

Daarna worden de energiebehoefte voor de verwarming van de ruimte en de daarmee verband hebbende zonnearmtewinsten geëvalueerd.

Een vergelijkbare procedure is gebruikt voor de koeling van de ruimte en de daarmee verband hebbende zonnearmtewinsten.

De volgende stap gaat over het warm tapwatersysteem (DHW = Domestic Hot Water).

Het laatste deel vat al deze berekeningen samen.

4.3.2.2.1 Evaluatie van de karakteristieken van de begane grondvloer (ISO 13370)

Het doel van dit deel is $H_g, H_{pi}, H_{pe}, \alpha$ en β te bepalen.

Onafhankelijk van het *GroundFloorType* worden de volgende tussenvariabelen geschat:

$$B' = \frac{A_{ground}}{0.5P_{eri}}$$

$$d_{ground} = w_{ground} + \frac{\lambda}{U_f}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{3.15 \cdot 10^7 \lambda}{\pi(\rho c)}}$$

$$U_g = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi B' + d_{ground}} \cdot \ln \left(1 + \frac{\pi B'}{d_{ground}} \right)$$

- omdat de binnentemperatuur als constant is aangenomen, hebben we:

$$H_{pi} = 0$$

- bovendien is voor het beschouwde type begane grondvloer de waarde van α uniek:

$$\alpha = 0$$

De rest van de hoeveelheden hangt af van het **type begane grondvloer**.

- **Vloerplaat op de begane grondvloer**

- β is ingesteld op één voor de vloerplaat op de begane grondvloer:

$$\beta = 1$$

H_g bepaling:

$$U = \begin{cases} U_g & \text{if } d_{ground} < B' \\ \frac{\lambda}{0.457B' + d_{ground}} & \text{anders} \end{cases}$$

Dit leidt tot:

$$H_g = U \cdot A_{ground}$$

H_{pe} bepaling

$$d'_{n,hor} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_{hor}} - 1 \right) \cdot d_{n,hor} \cdot 10^{-3}$$

$$d'_{n,vert} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_{vert}} - 1 \right) \cdot d_{n,vert} \cdot 10^{-3}$$

$$H_{pe,hor} = 0.37P_{eri} \cdot \lambda \cdot \left[\left(1 - \exp\left(-\frac{w_{hor}}{\delta}\right) \right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground} + d'_{n,hor}}\right) + \exp\left(-\frac{w_{hor}}{\delta}\right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground}}\right) \right]$$

$$H_{pe,vert} = 0.37P_{eri} \cdot \lambda \cdot \left[\left(1 - \exp\left(-\frac{2 \cdot w_{vert}}{\delta}\right) \right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground} + d'_{n,vert}}\right) + \exp\left(-\frac{2 \cdot w_{vert}}{\delta}\right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground}}\right) \right]$$

$$H_{pe} = \begin{cases} 0.37P_{eri} \cdot \lambda \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground}}\right) & \text{als edgeinsulation = geen} \\ H_{pe,hor} & \text{als edgeinsulation = horizontaal} \\ H_{pe,vert} & \text{als edgeinsulation = verticaal} \\ \min(H_{pe,hor}; H_{pe,vert}) & \text{anders} \end{cases}$$

H_{pe} bepaling

$$H_{pe} = \left\{ \begin{array}{l} 0.37P_{eri} \cdot \lambda \cdot \left[\exp\left(\frac{-h_z}{\delta}\right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground}}\right) + 2 \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-h_z}{\delta}\right)\right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_w}\right) \right] \\ \hspace{15em} \text{als BasementType} = \text{verwarmd} \\ \\ A_{ground} \cdot U_f \cdot \frac{0.37P_{eri} \cdot \lambda \cdot \left(2 - \exp\left(\frac{-h_z}{\delta}\right)\right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground}}\right) + h \cdot P_{eri} \cdot U_{walls} + 0.33n_H \cdot V}{\frac{(A_{ground} + h_z \cdot P_{eri}) \cdot \lambda}{\delta} + h \cdot P_{eri} \cdot U_{walls} + 0.33n_H \cdot V + A_{ground} \cdot U_f} \\ \hspace{15em} \text{als BasementType} = \text{onverwarmd voor de verwarmingsberekening} \\ \\ A_{ground} \cdot U_f \cdot \frac{0.37P_{eri} \cdot \lambda \cdot \left(2 - \exp\left(\frac{-h_z}{\delta}\right)\right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground}}\right) + h \cdot P_{eri} \cdot U_{walls} + 0.33n_C \cdot V}{\frac{(A_{ground} + h_z \cdot P_{eri}) \cdot \lambda}{\delta} + h \cdot P_{eri} \cdot U_{walls} + 0.33n_C \cdot V + A_{ground} \cdot U_f} \\ \hspace{15em} \text{als BasementType} = \text{onverwarmd voor de koelingsberekening} \end{array} \right.$$

- **Uitkragende vloer**

- β is op nul ingesteld voor de uitkragende vloer:

$$\beta = 0$$

 H_g bepaling

$$U_x = \frac{2 \cdot h \cdot U_{walls}}{B'} + \frac{1450 \cdot A_{wind} \cdot w_{avgspeed} \cdot f_w}{B'}$$

$$U_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g}}$$

$$H_g = U_{eq} \cdot A_{ground}$$

 H_{pe} bepaling

$$H_{pe} = U_f \cdot \frac{0.37P_{eri} \cdot \lambda \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta}{d_{ground}}\right) + U_x \cdot A_{ground}}{\frac{\lambda}{\delta} + U_x + U_f}$$

4.3.2.2.2 Energiebehoefte voor verwarming van de ruimte en zonnewarmtewinsten

De berekening van de energiebehoefte en de zonnewarmtewinsten is tamelijk vergelijkbaar voor verwarming en voor koeling. Slechts een paar vergelijkingen verschillen en enkele variabelen hebben specifieke waarden afhankelijk van de beschouwde modus. Derhalve wordt de berekening in AMECO 3 gebaseerd op dezelfde module en worden de specificaties van elke modus in beschouwing genomen.

- **Voorbepaling**

Vóór de bepaling van de energiebehoefte voor de verwarming van de ruimte, worden de hoeveelheden gerelateerd aan de verwarmingsmodus vastgesteld. Deze zijn:

$$H_g = H_{g,H}$$

$$H_{pi} = H_{pi,H}$$

$$H_{pe} = H_{pe,H}$$

$$\bar{\theta}_l = \theta_{int,set,H}$$

$$k_{D,cor} = k_{D,cor,H}$$

$$k_{cor,ve} = k_{cor,ve,H}$$

$$k_{cor,int} = k_{cor,int,H}$$

$$k_{cor} = k_{cor,H}$$

$$f_{shut}(m) = f_{H,shut}(m)$$

$$AFR_{floor} = n_H$$

$$a_0 = a_{H0}$$

$$\tau_0 = \tau_{H0}$$

$$b_{red} = b_{H,red}$$

$$\eta_{EfficiencySystem} = \eta_{HeatingEfficiencySystem}$$

$$k_{energytype} = k_{energytype,heating}$$

- **Warmtetransport door transmissie**

De volgende formules richten zich op het warmtetransport naar de grond.

Het jaargemiddelde van de buitentemperatuur is:

$$\bar{\theta}_e = \sum_m \frac{\theta_{ext}(m)}{12}$$

De amplitudes van de variaties in de maandelijkse gemiddelde temperatuur zijn:

$$\hat{\theta}_l = 0$$

$$\hat{\theta}_e = \frac{\max(\theta_{ext}(m)) - \min(\theta_{ext}(m))}{2}$$

En de maandelijkse gemiddelde temperaturen voor de maand m volgen uit:

$$\theta_i(m) = \bar{\theta}_l - \hat{\theta}_l \cdot \cos\left(2\pi \frac{m - \tau_m}{12}\right)$$

$$\theta_e(m) = \bar{\theta}_e - \hat{\theta}_e \cdot \cos\left(2\pi \frac{m - \tau_m}{12}\right)$$

Waar τ_m de maandindex is wanneer de buitentemperatuur minimaal is.

De maandelijkse warmtestroom is:

$$\phi(m) = H_g \cdot (\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_e) - H_{pi} \hat{\theta}_i \cdot \cos\left(2\pi \frac{m - \tau_m + \alpha}{12}\right) + H_{pe} \hat{\theta}_e \cdot \cos\left(2\pi \frac{m - \tau_m - \beta}{12}\right)$$

Dit leidt tot de maandelijkse warmtecoëfficiënt van de grond:

$$H_g(m) = \frac{\phi(m)}{\theta_i(m) - \theta_e(m)}$$

Tot slot is het totale warmtetransport naar de grond:

$$Q_{tr,g}(m) = \frac{24}{1000} \cdot \phi(m) \cdot MonthDay(m) \text{ [kWh]}$$

Het warmtetransport door transmissie wordt berekend voor elk afzonderlijk deel van de gebouwschil, namelijk de wanden, het glas, het dak, de buitenvloer en de begane grondvloer.

Wanden

$$A_{lat} = \sum_{dir} A_{lat}(dir)$$

Met het totale buitenoppervlakte van wanden wordt de warmteoverdrachtscoëfficiënt voor transmissie door de wanden naar buiten berekend:

$$H_{D,walls} = U_{walls} \cdot A_{lat} \cdot k_{D,cor}$$

De totale warmtetransport door transmissie via de wanden is:

$$Q_{tr,walls}(m) = \frac{H_{D,walls}}{3.6} (\bar{\theta}_i - \theta_{ext}(m)) \cdot MonthLength(m) \text{ [kWh]}$$

Glas

$$A_{lat,opening} = \sum_{dir} A_{lat,opening}(dir)$$

$$U_{W+shut,0} = \frac{1}{\frac{1}{U_{mean,opening}} + R_{sh} + \Delta R_{avg}}$$

$$U_{W+shut}(m) = U_{W+shut,0} \cdot f_{shut}(m) + U_{mean,opening} \cdot (1 - f_{shut}(m))$$

De warmteoverdrachtscoëfficiënt voor transmissie door het glas naar buiten is dus:

$$H_{D,glazing}(m) = \begin{cases} U_{W+shut}(m) \cdot A_{lat,opening} \cdot k_{D,cor} & \text{if } NightHeatdingActivation = JA \\ U_{mean,opening} \cdot A_{lat,opening} \cdot k_{D,cor} & \text{anders} \end{cases}$$

En de daarmee verband hebbende totale warmtetransport door transmissie via het glas:

$$Q_{tr,glazing}(m) = \frac{H_{D,glazing}(m)}{3.6} (\bar{\theta}_i - \theta_{ext}(m)) \cdot MonthLength(m) \text{ [kWh]}$$

Buitenvloer en begane grondvloer

De formule voor de warmteoverdrachtscoëfficiënt voor transmissie door de buitenvloer is:

$$H_{D,ext,floor} = U_{ext,floor} \cdot A_{ext,floor} \cdot k_{D,cor}$$

Derhalve volgt de totale warmtetransport door transmissie via de buitenvloer uit:

$$Q_{tr,ext,floor}(m) = \frac{H_{D,ext,floor}}{3.6} (\bar{\theta}_i - \theta_{ext}(m)) \cdot MonthLength(m) \text{ [kWh]}$$

Het totale warmtetransport door transmissie naar de grond is gegeven door:

$$Q_{tr,ground}(m) = Q_{tr,g}(m) \cdot k_{D,cor} \text{ [kWh]}$$

Dak

De warmteoverdrachtscoëfficiënten voor transmissie door het dak zijn op de dezelfde manier gedefinieerd met andere coëfficiënten:

$$H_{D,roof} = U_{roof} \cdot A_{roof} \cdot k_{D,cor}$$

$$H_{D,pitchedroof} = U_{slopedroof} \cdot A_{slopedroof} \cdot b_{tr,U} \cdot k_{D,cor}$$

De vergelijkingen voor het totale warmtetransport door transmissie via het dak zijn:

$$Q_{tr,roof}(m) = \frac{H_{D,roof}}{3.6} (\bar{\theta}_i - \theta_{ext}(m)) \cdot MonthLength(m) \text{ [kWh]}$$

$$Q_{tr,pitchedroof}(m) = \frac{H_{D,pitchedroof}}{3.6} (\bar{\theta}_i - \theta_{ext}(m)) \cdot MonthLength(m) \text{ [kWh]}$$

Het totale warmtetransport door transmissie wordt vervolgens berekend:

$$Q_{tr}(m) = Q_{tr,walls}(m) + Q_{tr,glazing}(m) + Q_{tr,ext,floor}(m) + Q_{tr,roof}(m) + Q_{tr,ground}(m) + Q_{tr,pitchedroof}(m) \text{ [kWh]}$$

De warmteoverdrachtscoëfficiënten voor transmissie naar de grond en naar ongeconditioneerde ruimten worden geschat door:

$$H_{g,cor}(m) = H_g(m) \cdot k_{D,cor}$$

$$H_u = A_{slopedroof} \cdot U_{unconditionedarea} \cdot b_{tr,U} \cdot k_{D,cor}$$

De totale warmteoverdrachtscoëfficiënt voor transmissie is bepaald met:

$$H_D(m) = H_{D,walls} + H_{D,glazing}(m) + H_{D,ext,floor} + H_{D,roof}$$

$$H_{tr,adj}(m) = H_D(m) + H_{g,cor}(m) + H_u$$

- **Warmtetransport door ventilatie**

Het warmtetransport door ventilatie omvat de volgende formules:

Hoeveelheid luchtstroom (m³/s):

$$q_{ve,k} = \frac{AFR_{floor} \cdot h_{floor,ceiling} \cdot A_{conditionedarea}}{3600}$$

Temperatuuraanpassingsfactor:

$$b_{ve,k} = \begin{cases} 1 & \text{als } HeatRecovery = NEE \\ 1 - \frac{HeatRecovery\%}{100} \cdot \eta_{hru} & \text{anders} \end{cases}$$

De over de tijd gemiddelde hoeveelheid luchtstroom (m³/s):

$$q_{ve,k,mn} = q_{ve,k} \cdot f_{ve,t,k}$$

, met de tijdsfractie van de dag dat de luchtstroom in bedrijf is:

$$f_{ve,t,k} = 1$$

De warmteoverdrachtscoëfficiënt door ventilatie is daarom:

$$H_{ve,adj} = 1200 \cdot b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn}$$

En het daarmee verband hebbende totale warmtetransport door ventilatie volgt:

$$Q_{ve}(m) = \frac{H_{ve,adj}}{3.6} (\bar{\theta}_i - \theta_{ext}(m)) \cdot MonthLength(m) \cdot k_{cor,ve} \text{ [kWh]}$$

• Interne warmtewinsten

Interne warmtewinsten gerelateerd aan de aanwezigheid van gebruikers en apparaten in het gebouw en voor de verlichting van het gebouw worden berekend met dezelfde methode.

Er worden enkele tussenvariabelen geïntroduceerd:

$$\begin{aligned} PartA = A_{area1} \cdot [& |h_{occ,beg,kitch,MtoF,1} - h_{occ,end,kitch,MtoF,1}| \cdot Gain_{occ,kitch,MtoF,1} \\ & + |h_{occ,beg,kitch,MtoF,2} - h_{occ,end,kitch,MtoF,2}| \cdot Gain_{occ,kitch,MtoF,2} \\ & + |24 - h_{occ,beg,kitch,MtoF,3} + h_{occ,end,kitch,MtoF,3}| \cdot Gain_{occ,kitch,MtoF,3}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PartB = A_{area2} \cdot [& |h_{occ,beg,other,MtoF,1} - h_{occ,end,other,MtoF,1}| \cdot Gain_{occ,other,MtoF,1} \\ & + |h_{occ,beg,other,MtoF,2} - h_{occ,end,other,MtoF,2}| \cdot Gain_{occ,other,MtoF,2} \\ & + |24 - h_{occ,beg,other,MtoF,3} + h_{occ,end,other,MtoF,3}| \cdot Gain_{occ,kitch,MtoF,3}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PartC = A_{area1} \cdot [& |h_{occ,beg,kitch,StoS,1} - h_{occ,end,kitch,StoS,1}| \cdot Gain_{occ,kitch,StoS,1} \\ & + |h_{occ,beg,kitch,StoS,2} - h_{occ,end,kitch,StoS,2}| \cdot Gain_{occ,kitch,StoS,2} \\ & + |24 - h_{occ,beg,kitch,StoS,3} + h_{occ,end,kitch,StoS,3}| \cdot Gain_{occ,kitch,StoS,3}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PartD = A_{area2} \cdot [& |h_{occ,beg,other,StoS,1} - h_{occ,end,other,StoS,1}| \cdot Gain_{occ,other,StoS,1} \\ & + |h_{occ,beg,other,StoS,2} - h_{occ,end,other,StoS,2}| \cdot Gain_{occ,other,StoS,2} \\ & + |24 - h_{occ,beg,other,StoS,3} + h_{occ,end,other,StoS,3}| \cdot Gain_{occ,kitch,StoS,3}] \end{aligned}$$

Vervolgens worden de warmtewinsten van gebruikers en apparaten afgeleid:

$$\phi_{int,mn}(m) = \frac{NbDayWorking(m) \cdot \{PartA + PartB\}}{1000} + \frac{(MonthDay(m) - NbDayWorking(m)) \cdot \{PartC + PartD\}}{1000}$$

PartA2, PartB2, PartC2, PartD2 worden op de dezelfde manier bepaald als voor *PartA, PartB, PartC, PartD*, maar met gebruikmaking van “verlichtings” waarden in plaats van “gebruiks” waarden.

En de warmtewinsten van verlichting zijn:

$$\phi_{int,l,mn}(m) = \frac{NbDayWorking(m) \cdot \{PartA2 + PartB2\}}{1000} + \frac{(MonthDay(m) - NbDayWorking(m)) \cdot \{PartC2 + PartD2\}}{1000}$$

De totale warmtewinsten van interne bronnen worden tot slot geschat door:

$$Q_{int}(m) = (\phi_{int,mn}(m) + \phi_{int,l,mn}(m)) \cdot k_{cor,int} \text{ [kWh]}$$

• Zonnewarmtewinsten

De berekening van zonnewarmtewinst (de warmtewinst door invallende zonnestraling) kan worden verdeeld in twee delen. Het eerste deel behandelt glas terwijl het tweede zich richt op (dichte) wanden.

Glas

De zonnestraling door glas wordt geschat door:

$$F_{glazing,sh,ok,k} A_k I_{sol,k}(m, dir) = k_{cor} \cdot A_{lat,opening}(dir) \cdot F_{glazing,sh}(dir) \cdot I_{sol,k}(m, dir) \cdot g_n \cdot F_w \cdot (1 - FrameAreaFraction)$$

$$F_{glazing,sh,ok,k} A_k I_{sol,k,hor}(m) = A_{roof,opening} \cdot F_{glazing,sh,roof} \cdot I_{sol,k,roof}(m) \cdot g_n \cdot F_w \cdot (1 - FrameAreaFraction)$$

En de straling naar de hemel door:

$$\phi_{r,glazing}(dir) = U_{mean,opening} \cdot R_{se} \cdot A_{lat,opening}(dir) \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} \cdot F_{r,v}$$

$$\phi_{r,glazing,hor} = U_{mean,opening} \cdot R_{se} \cdot A_{roof,opening} \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} \cdot F_{r,h}$$

De warmtestroom door zonnewarmtewinsten door glas wordt vervolgens afgeleid:

$$\phi_{glazing,sol,mn,k}(m, dir) = F_{glazing,sh,ok,k} A_k I_{sol,k}(m, dir) - \phi_{r,glazing}(dir)$$

$$\phi_{glazing,sol,mn,k,hor}(m) = F_{glazing,sh,ok,k} A_k I_{sol,k,hor}(m) - \phi_{r,glazing,hor}$$

Tenslotte worden de totale zonnewarmtewinsten door glas bepaald:

$$Q_{sol,glazing}(m) = \frac{MonthLength(m)}{3.6} \cdot \left[\sum_{dir} \phi_{glazing,sol,mn,k}(m, dir) + \phi_{glazing,sol,mn,k,hor}(m) \right] \text{ [kWh]}$$

Wanden

De zonnestraling voor wanden wordt geschat door:

$$F_{walls,sh,ok,k} A_k I_{sol,k}(m, dir) = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_{walls} \cdot A_{lat}(dir) \cdot F_{walls,sh}(dir) \cdot I_{sol,k}(m, dir) \cdot k_{cor}$$

$$F_{walls,sh,ok,k} A_k I_{sol,k,hor}(m) = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_{roof} \cdot A_{roof} \cdot I_{sol,k,roof}(m)$$

En de straling naar de hemel door:

$$\phi_{r,walls}(dir) = U_{walls} \cdot R_{se} \cdot A_{lat}(dir) \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} \cdot F_{r,v}$$

$$\phi_{r,walls,hor} = U_{roof} \cdot R_{se} \cdot A_{roof} \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er} \cdot F_{r,h}$$

Zoals voor glas, is de warmtestroom door zonnewarmtewinsten via de wanden (waarbij de beschaduwingsreductiefactor van de wand niet is opgenomen in de berekening):

$$\phi_{walls,sol,mn,k}(m, dir) = F_{walls,sh,ok,k} A_k I_{sol,k}(m, dir) - \phi_{r,walls}(dir)$$

$$\phi_{walls,sol,mn,k,hor}(m) = F_{walls,sh,ok,k} A_k I_{sol,k,hor}(m) - \phi_{r,walls,hor}$$

Tot slot wordt de totale zonnewarmtewinst door wanden bepaald:

$$Q_{sol,walls}(m) = \frac{MonthLength(m)}{3.6} \cdot \left[\sum_{dir} \phi_{walls,sol,mn,k}(m, dir) + \phi_{walls,sol,mn,k,hor}(m) \right] \text{ [kWh]}$$

- Totale warmtetransport en warmtewinsten**

Het totale warmtetransport Q_{ht} en de warmtewinsten Q_{gn} worden berekend volgens:

$$Q_{ht}(m) = Q_{tr}(m) + Q_{ve}(m)$$

$$Q_{gn}(m) = Q_{sol,glazing}(m) + Q_{sol,walls}(m) + Q_{int}(m)$$

- Energiebehoefte voor verwarming**

Het laatste deel gaat over de berekening van de energiebehoefte voor verwarming. Het bestaat uit twee deelstappen: de schatting van de dynamische parameters en de verwarmingsmaandlengte.

Dynamische parameters

Een eerste gebruikswinstfactor wordt geïntroduceerd:

$$\gamma_H(m) = \frac{Q_{gn}(m)}{Q_{ht}(m)}$$

De tijdsconstante van het gebouw wordt gedefinieerd door:

$$\tau = \frac{C_m}{3600 H_{tr,adj}(1) + H_{ve,adj}}$$

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

Ook een tweede gebruikswinstfactor wordt gebruikt:

$$\eta_{gn}(m) = \begin{cases} \frac{a}{a+1} & \text{als } \gamma_H(m) = 1 \\ \frac{1}{\gamma_H(m)} & \text{als } \gamma_H(m) < 0 \\ \frac{1 - \gamma_H(m)^a}{1 - \gamma_H(m)^{1+a}} & \text{anders} \end{cases}$$

Verwarmingsmaandlengte

$$\begin{aligned} \gamma_{lim} &= \frac{1+a}{a} \\ \gamma_H(m+0.5) &= \frac{\gamma_H(m) + \gamma_H(m+1)}{2} \\ \gamma_H(m-0.5) &= \frac{\gamma_H(m-1) + \gamma_H(m)}{2} \\ \gamma_1(m) &= \min(\gamma_H(m-0.5); \gamma_H(m+0.5)) \\ \gamma_2(m) &= \max(\gamma_H(m-0.5); \gamma_H(m+0.5)) \\ \gamma_{1bool}(m) &= \begin{cases} 0 & \text{als } \gamma_1(m) > \gamma_{lim} \text{ of } \gamma_1(m) < 0 \\ \text{"MINDER"} & \text{anders} \end{cases} \\ \gamma_{2bool}(m) &= \begin{cases} \text{"MEER"} & \text{als } \gamma_2(m) > \gamma_{lim} \\ 0 & \text{als } \gamma_2(m) < 0 \\ 1 & \text{anders} \end{cases} \end{aligned}$$

Twee tussenvariabelen worden gedefinieerd:

$$\begin{aligned} val(m) &= \frac{1}{2} \frac{\gamma_{lim} - \gamma_1(m)}{\gamma_H(m) - \gamma_1(m)} \\ interm(m) &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{\gamma_{lim} - \gamma_H(m)}{\gamma_2(m) - \gamma_H(m)} \end{aligned}$$

En ook een randconditie die afhangt van de waarde van de verwarmingsmaandhoeveelheden:

$$cond(m) = \begin{cases} 0 & \text{als } \gamma_{1bool}(m) \neq \text{"MINDER"} \\ 1 & \text{als } \gamma_{2bool}(m) \neq \text{"MEER"} \\ val(m) & \text{als } \gamma_H(m) > \gamma_{lim} \\ interm(m) & \text{anders} \end{cases}$$

Zodanig dat de uiteindelijke variabele $\gamma_{cor}(m)$ kan worden geschat:

$$\gamma_{cor}(m) = \begin{cases} cond(m) & \text{if } \gamma_1(m) > 0 \text{ or } \gamma_2(m) > 0 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

Energiebehoefte voor verwarming

$$f_{hr} = \frac{h_{end,heating} - h_{beg,heating}}{24} \cdot \frac{NbDay_{working,heating}}{7}$$

$$a_{red}(m) = \begin{cases} f_{hr} & \text{als } 1 - \frac{b_{red} \cdot \tau_0 \cdot \gamma_H(m) \cdot (1 - f_{hr})}{\tau} < f_{hr} \\ 1 & \text{als } 1 - \frac{b_{red} \cdot \tau_0 \cdot \gamma_H(m) \cdot (1 - f_{hr})}{\tau} > 1 \\ 1 - \frac{b_{red} \cdot \tau_0 \cdot \gamma_H(m) \cdot (1 - f_{hr})}{\tau} & \text{anders} \end{cases}$$

De maandelijkse energiebehoefte (logischerwijs benodigde energie) volgt uit:

$$Q_{H,month}(m) = a_{red}(m) \cdot \max\left(0; Q_{ht}(m) - \max\left(0; \eta_{gn}(m)\right) \cdot Q_{gn}(m)\right) \cdot \gamma_{cor}(m) \text{ [kWh]}$$

De jaarlijkse energiebehoefte (logischerwijs benodigde energie) is dan:

$$Q_{nd} = \sum_m Q_{month}(m) \text{ [kWh/jaar]}$$

Aldus wordt de jaarlijks geleverde (totale of secundaire) energie gedefinieerd door:

$$Q_{delivered} = \begin{cases} 0 & \text{als de gebruiker geen verwarmingssysteem geselecteerd heeft} \\ \frac{Q_{nd}}{\eta_{EfficiencySystem}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{jaar}} \right] & \text{anders} \end{cases}$$

En de daarmee verband hebbende jaarlijkse primaire energiebehoefte voor de verwarming is:

$$Q_{prim} = Q_{delivered} \cdot k_{energytype} \text{ [kgoe/jaar]}$$

4.3.2.2.3 Energiebehoefte voor koeling van de ruimte en zonnewarmtewinsten

Zoals gesteld in 4.3.2.2.2 blijven de meeste formules die zijn gebruikt voor de verwarming ook geldig voor de koelmodus. Daarom worden hier slechts de formules die veranderd zijn beschreven.

- **Voorbepaling**

De eerste stap is de bepaling van de variabelen die gerelateerd zijn aan de koelmodus:

$$H_g = H_{g,C}$$

$$H_{pi} = H_{pi,C}$$

$$H_{pe} = H_{pe,C}$$

$$\bar{\theta}_i = \theta_{int,set,C}$$

$$k_{D,cor} = k_{D,cor,C}$$

$$k_{cor,ve} = k_{cor,ve,C}$$

$$k_{cor,int} = k_{cor,int,C}$$

$$k_{cor} = k_{cor,C}$$

$$f_{shut}(m) = 0$$

$$AFR_{floor} = n_C$$

$$a_0 = a_{C0}$$

$$\tau_0 = \tau_{C0}$$

$$b_{red} = b_{C,red}$$

$$\eta_{EfficiencySystem} = \eta_{CoolingEfficiencySystem}$$

$$k_{energytype} = k_{energytype,cooling}$$

- **Warmtetransport naar de grond**

In dat deel zijn de vergelijkingen niet veranderd.

- **Warmtetransport door transmissie**

Het warmtetransport voor transmissie door glas naar buiten wordt:

$$H_{D,glazing}(m) = U_{mean,opening} \cdot A_{lat,opening} \cdot k_{D,cor}$$

- **Warmtetransport door ventilatie**

De volgende formules worden vereenvoudigd voor de koelmodus:

$$f_{ve,t,k} = 1$$

$$b_{ve,k} = 1$$

- **Interne warmtewinsten**

Vergelijkingen blijven hetzelfde als voor de verwarmingsmodus.

- **Zonnewarmtewinsten**

Voor het glas evolueren de formules voor zonnestraling tot:

$$F_{C,sh,gl}(m, dir) = 1 - f_{sh,with}(m, dir) + f_{sh,with}(m, dir) \cdot \frac{f_f}{g_n \cdot F_w}$$

$$A_{sol,c}(m, dir) = \begin{cases} F_{C,sh,gl}(m, dir) \cdot g_n \cdot F_w \cdot (1 - FrameAreaFraction) & \text{als DayCoolingActivation} = JA \\ g_n \cdot F_w \cdot (1 - FrameAreaFraction) & \text{anders} \end{cases}$$

$$F_{glazing,sh,ok,k} A_k I_{sol,k}(m, dir) = A_{lat,opening}(dir) \cdot F_{glazing,sh}(dir) \cdot I_{sol,k}(m, dir) \cdot A_{sol,c}(m, dir) \cdot k_{cor}$$

- **Totale warmtetransport en warmtewinsten**

De formules zijn identiek.

- **Dynamische parameters**

De tweede gebruikswinstfactor is:

$$\eta_{gn}(m) = \begin{cases} \frac{a}{a+1} & \text{als } \gamma_H(m) = 1 \\ 1 & \text{als } \gamma_H(m) < 0 \\ \frac{1 - \gamma_H(m)^{-a}}{1 - \gamma_H(m)^{-(1+a)}} & \text{anders} \end{cases}$$

- **Koelingsmaandlengte**

De stap van de verwarmingsmaandlengte wordt nu de stap van de koelingsmaandlengte. Hoewel de benadering globaal dezelfde is, zijn de nieuwe daarmee verband hebbende formules:

$$\begin{aligned} inv \gamma_{lim} &= \frac{1+a}{a} \\ inv \gamma_H(m) &= \frac{1}{\gamma_H(m)} \\ inv \gamma_H(m+0.5) &= \frac{inv \gamma_H(m) + inv \gamma_H(m+1)}{2} \\ inv \gamma_H(m-0.5) &= \frac{inv \gamma_H(m-1) + inv \gamma_H(m)}{2} \\ inv \gamma_1(m) &= \min(inv \gamma_H(m-0.5); inv \gamma_H(m+0.5)) \\ inv \gamma_2(m) &= \max(inv \gamma_H(m-0.5); inv \gamma_H(m+0.5)) \\ inv \gamma_{1bool}(m) &= \begin{cases} 0 & \text{als } inv \gamma_1(m) > inv \gamma_{lim} \\ "MINDER" & \text{anders} \end{cases} \\ inv \gamma_{2bool}(m) &= \begin{cases} "MEER" & \text{als } inv \gamma_2(m) > inv \gamma_{lim} \\ 1 & \text{anders} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} invval(m) &= \frac{1}{2} \frac{inv \gamma_{lim} - inv \gamma_1(m)}{inv \gamma_H(m) - inv \gamma_1(m)} \\ invterm(m) &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{inv \gamma_{lim} - inv \gamma_H(m)}{inv \gamma_2(m) - inv \gamma_H(m)} \\ invcond(m) &= \begin{cases} 0 & \text{als } inv \gamma_{1bool}(m) \neq MINDER \\ 1 & \text{als } inv \gamma_{2bool}(m) \neq MEER \\ invval(m) & \text{als } inv \gamma_H(m) > inv \gamma_{lim} \\ invterm(m) & \text{anders} \end{cases} \\ \gamma_{cor}(m) &= \begin{cases} invcond(m) & \text{als } inv \gamma_1(m) > 0 \text{ of } inv \gamma_2(m) > 0 \\ 1 & \text{anders} \end{cases} \end{aligned}$$

- **Energiebehoefte voor koeling**

Zoals bij de stap van de koelingsmaandlengte, wordt de stap van de energiebehoefte voor koeling afgeleid van de stap van de energiebehoefte voor de verwarming.

Slechts twee formules zijn veranderd:

$$f_{hr} = \frac{NbDay_{working,cooling}}{7}$$

De maandelijkse energiebehoefte (logischerwijs benodigde energie) voor koeling is:

$$Q_{C,month}(m) = a_{red}(m) \cdot \max(0; Q_{gn}(m) - \max(0; \eta_{gn}) \cdot Q_{ht}(m)) \cdot \gamma_{cor}(m)$$

De jaarlijkse primaire energiebehoefte voor koeling is:

$$Q_{delivered} = \begin{cases} 0 & \text{als de gebruiker geen koelsysteem geselecteerd heeft} \\ \frac{Q_{nd}}{\eta_{EfficiencySystem}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{jaar}} \right] & \text{anders} \end{cases}$$

4.3.2.2.4 Energiebehoefte voor warm tapwater (DHW-productie)

De eerste stap is een paar tussenhoeveelheden te bepalen:

$$a = \begin{cases} \frac{X \cdot \ln(A_{conditionedarea}) - Y}{A_{conditionedarea}} & \text{als } A_{conditionedarea} > 30 \\ Z & \text{anders} \end{cases}$$

$$V_w = a \cdot A_{conditionedarea}$$

$$\Delta T_{req} = \theta_{w,t} - \theta_{w,outside}$$

$$Q_w(m) = \frac{4.182}{3.6} \frac{V_w}{1000} \Delta T_{req} \cdot MonthDay(m) \text{ [kWh]}$$

De jaarlijkse energiebehoefte voor DHW (logischerwijs benodigde energie) is:

$$Q_{DHW,nd} = \sum_m Q_w(m) \text{ [kWh/jaar]}$$

De jaarlijks geleverde (totale of secundaire) energie voor DHW is:

$$Q_{DHW,delivered} = \begin{cases} 0 & \text{als de gebruiker geen DHW systeem geselecteerd heeft} \\ Q_{DHW,nd} \cdot \frac{1 - DHW_{energyreduction}}{\eta_{DHW}} \text{ [kWh/jaar]} & \text{anders} \end{cases}$$

Derhalve is de jaarlijkse primaire energiebehoefte voor DHW:

$$Q_{DHW,prim} = Q_{DHW,delivered} \cdot k_{energytype,DHW} \text{ [kgoe/jaar]}$$

4.3.2.3 Module C

De vergelijkingen voor de bepaling van de milieu-effecten voor module C zijn:

Module C			
Einde levensduur	C1 Sloop	Staalplaten	$m_{tss} k_{StBldgDem}$
		Stalen liggers	$m_{tsb} k_{StBldgDem}$
		Stalen kolommen	$m_{tsc} k_{StBldgDem}$
		Stalen stiftdeuvels en bouten	$(m_{tst} + m_{tbo}) k_{StBldgDem}$
		Platen in verbindingen	$m_{tpl} k_{StBldgDem}$
	C2 Transport	Staalplaten	$m_{tss} k_{RERALT} / 10$
		Stalen liggers	$m_{tsb} k_{RERALT} / 10$
		Stalen kolommen	$m_{tsc} k_{RERALT} / 10$
		Stalen stiftdeuvels en bouten	$(m_{tst} + m_{tbo}) k_{RERALT} / 10$
		Platen in verbindingen	$m_{tpl} k_{RERALT} / 10$
		Houten liggers	$m_{twb} k_{RERALT} / 10$
		Houten kolommen	$m_{twc} k_{RERALT} / 10$
		Macro-component	
	C3 Afvalverwerking	Betonvloeren naar sorteringsbedrijf	$m_{consl} eol_{srs} k_{Corr}$
		Betonconstructie naar sorteringsbedrijf	$(m_{tcb} + m_{tcc}) eol_{srs} k_{Corr}$
		Wapeningstaven naar sorteringsbedrijf	$(m_{conrs} + m_{trs}) eol_{srs} k_{CHStPlt}$
	C4 Afdanking	Staalplaten	$m_{tss} (1 - eol_{sd}) k_{RERStLdf}$
		Stalen liggers	$m_{tsb} (1 - eol_{sbc}) k_{RERStLdf}$
		Stalen kolommen	$m_{tsc} (1 - eol_{sbc}) k_{RERStLdf}$
		Stalen stiftdeuvels en bouten	$(m_{tst} + m_{tbo}) (1 - eol_{stbo}) k_{RERStLdf}$
		Platen in verbindingen	$m_{tpl} (1 - eol_{spl}) k_{RERStLdf}$
		Betonvloeren naar afvalstortplaats	$m_{consl} [(1 - eol_{srs}) k_{CHCon} + (eol_{srs} - val_{confl}) k_{CHConLdf}]$
		Betonconstructie naar afvalstortplaats	$(m_{tcb} + m_{tcc}) [(1 - eol_{srs}) k_{CHCon} + (eol_{srs} - val_{const}) k_{CHConLdf}]$
		Wapeningstaven naar afvalstortplaats	$(m_{conrs} + m_{trs}) (1 - eol_{srs}) k_{CHSt}$
		Houten liggers	$m_{twb} (inc_w k_{EUWWa} + (1 - inc_w) k_{EUWLdf})$
		Houten kolommen	$m_{twc} (inc_w k_{EUWWa} + (1 - inc_w) k_{EUWLdf})$
		Macro-component	
	Totaal Module C		Som van alle hoeveelheden in module C

Tabel 8: Milieu-effecten voor module C

De vergelijkingen die zijn gemodificeerd of toegevoegd in het kader van het LVS3 project zijn blauw geaccentueerd.

Ten aanzien van de parameters die zijn toegevoegd voor de begane grondvloer, zijn de volgende vergelijkingen gemodificeerd:

Een additioneel deel is in beschouwing genomen voor het transport:

$$Macro - component_{C2} = \sum_{dir} A_{lat}(dir) \cdot k_{C2,wall} + \sum_{dir} A_{lat,opening}(dir) \cdot k_{C2,opening} + A_{roof} \cdot k_{C2,roof}$$

Het totale betongewicht $m_{consl,LVS3}$:

$$m_{consl,LVS3} = m_{consl} + D_{concretebasefloor} A_{ground} \cdot \rho_{consl}$$

Wapeningstaven naar het sorteringsbedrijf

$$(m_{conrs} + m_{trs} + M_{steelbasefloor}) eol_{srs} k_{CHStPlt}$$

Wapeningstaven naar de afvalstortplaats:

$$(m_{conrs} + m_{trs} + M_{steelbasefloor}) (1 - eol_{srs}) k_{CHSt}$$

Een additioneel deel is in beschouwing genomen voor het transport:

$$Macro - component_{C4} = \sum_{dir} A_{lat}(dir) \cdot k_{C4,wall} + \sum_{dir} A_{lat,opening}(dir) \cdot k_{C4,opening} + A_{roof} \cdot k_{C4,roof}$$

De waarden van $k_{C2,wall}$, $k_{C4,wall}$, $k_{C2,opening}$ en $k_{C4,opening}$ zijn gegeven in **Annex 4**.

4.3.2.4 Module D

De vergelijkingen voor de bepaling van de milieu-effecten voor module D zijn:

Module D			
Milieuvoordelen en -belastingen buiten de systeemgrenzen	D Milieuvoordelen	Betonvloeren	- $m_{consl} \text{ } val_{confi} \text{ } k_{CHGr}$
		Staalplaten	- $m_{tss} (eol_{sd} - k_{RERStHDGO}) \text{ } k_{GLO}$
		Betonconstructie	- $(m_{tcb} + m_{tcc}) \text{ } val_{const} \text{ } k_{CHGr}$
		Wapeningstaal	- $(m_{conrs} + m_{trs}) (eol_{srs} - k_{GLOSt0})$
		Stalen liggers	- $m_{tsb} [(eol_{sbc} - k_{RERStSec0}) \text{ } k_{GLO} + re_{sbc} (k_{RERStSec} - k_{StAvg} / 1000)]$
		Stalen kolommen	- $m_{tsc} [(eol_{sbc} - k_{RERStHDGO}) \text{ } k_{GLO} + re_{sbc} (k_{RERStSec} - k_{StAvg} / 1000)]$
		Stalen stiftdeuvels en bouten	- $(m_{tst} + m_{tbo}) (eol_{stbo} - k_{GLOSt0}) \text{ } k_{GLO}$
		Platen in verbindingen	- $m_{tpl} (eol_{spl} - k_{RERStPIO}) \text{ } k_{GLO}$
		Houten liggers	- $m_{twb} (inc_w \text{ } k_{Wa} + (1 - inc_w) \text{ } k_{EOR} \text{ } k_{EUElec} / 3.6)$
		Houten kolommen	- $m_{twc} (inc_w \text{ } k_{Wa} + (1 - inc_w) \text{ } k_{EOR} \text{ } k_{EUElec} / 3.6)$
		Macro-component	
Totaal Module D			Som van alle hoeveelheden in module D

Tabel 9: Milieu-effecten voor module D

De vergelijkingen die zijn gemodificeerd of toegevoegd in het kader van het LVS3 project zijn blauw geaccentueerd.

Ten aanzien van de parameters die zijn toegevoegd voor de begane grondvloer, zijn de volgende vergelijkingen gemodificeerd:

Totale betongewicht $m_{consl,LVS3}$:

$$m_{consl,LVS3} = m_{consl} + D_{concretebasefloor} A_{ground} \cdot \rho_{consl}$$

Effect van het wapeningstaal:

$$- (m_{conrs} + m_{trs} + M_{steelbasefloor}) (eol_{srs} - k_{GLOSt0})$$

Een additioneel deel is in beschouwing genomen voor het transport:

$$Macro - component_D = \sum_{dir} A_{lat}(dir) \cdot k_{D,wall} + \sum_{dir} A_{lat,opening}(dir) \cdot k_{D,opening} + A_{roof} \cdot k_{D,roof}$$

De waarden van $k_{D,wall}$, $k_{D,wall}$, $k_{D,opening}$ en $k_{D,opening}$ zijn gegeven in **Annex 4**.

5 Resultaten van de software

De resultaten van AMECO worden als volgt weergegeven op het tabblad Resultaten, afhankelijk van de opties die gekozen zijn door de gebruiker:

- als een berekeningsblad,
- als een histogram of een tabel voor het geselecteerde milieu-effect. Het histogram maakt onderscheid tussen de modules A, C, D en ook het totaal van A tot en met C en A tot en met D.
- als een cirkelgrafiek, waarin het totaal van A tot en met C en A tot en met D voor alle milieu-effecten samengevat wordt.

De gedetailleerde resultaten voor de gebruiksfase worden weergegeven in specifieke tabellen in het berekeningsblad, volgens de beschrijving in 5.1. De resultaten voor de milieu-effecten worden weergegeven in zowel het berekeningsblad als in de grafische interface.

5.1 Gedetailleerde resultaten van de gebruiksfase

Tabellen met resultaten voor de gebruiksfase worden weergegeven in het berekeningsblad, een voor de energiebehoefte voor de verwarming van de ruimte, een voor de energiebehoefte voor koeling van de ruimte, een voor de energiebehoefte voor DHW-productie, een waarbij de energietotalen samengevat worden en tot slot een gewijd aan de zonnewarmtewinsten. De grafische presentatie is gebaseerd op het excelbestand geleverd door Universiteit van Coimbra, zoals wordt gepresenteerd in de volgende paragrafen.

5.1.1 Energiebehoefte voor verwarming van de ruimte

Voor het warmtetransport door transmissie, wordt de som van de positieve elementen over de maand weergegeven. Het omvat:

$$\begin{aligned}
 Q_{tr,walls} &= \sum_m \max(Q_{tr,walls}(m), 0) \\
 Q_{tr,glazing} &= \sum_m \max(Q_{tr,glazing}(m), 0) \\
 Q_{tr,extfloor} &= \sum_m \max(Q_{tr,ext,floor}(m), 0) \\
 Q_{tr,roof} &= \sum_m \max(Q_{tr,roof}(m), 0) + \max(Q_{tr,pitchedroof}(m), 0) \\
 Q_{tr,ground} &= \sum_m \max(Q_{tr,ground}(m), 0) \\
 Q_{tr,total} &= \sum_m \max(Q_{tr}(m), 0)
 \end{aligned}$$

Voor het warmtetransport door ventilatie en de warmtewinsten, worden de optellingen op de volgende wijze berekend:

$$\begin{aligned}
 Q_{ve} &= \sum_m \max(Q_{ve}(m), 0) \\
 Q_{sol,glaz} &= \sum_m \max(Q_{sol,glazing}(m), 0)
 \end{aligned}$$

$$Q_{sol,opaq} = \sum_m Q_{sol,walls}(m)$$

$$Q_{int} = \sum_m Q_{int}(m)$$

Bovendien wordt de uitsplitsing van het warmtetransport (warmtetransport door transmissie en warmtetransport door ventilatie) weergegeven in een staafdiagram.

In aanvulling op deze hoeveelheden, worden de maandelijkse energiebehoeften voor de verwarming van de ruimte en de daarmee verband hebbende globale hoeveelheden getoond. Waarden per vierkante meter van ongeconditioneerde ruimten worden eveneens berekend.

ENERGIE VOOR VERWARMING VAN DE RUIMTE										Verwarmingsmaandlengte: 4,5							
WARMTETRANSPORT DOOR TRANSMISSIE							kWh/jaar			WARMTETRANSPORT VENTILATIE		kWh/jaar			WARMTEWINSTEN		
						GLAS				DICHT					INTERN		
$Q_{tr,WALLS}$	$Q_{tr,GLAZING}$	$Q_{tr,EXT FLOOR}$	$Q_{tr,ROOF}$	$Q_{tr,GROUND}$	$Q_{tr,TOTAL}$	Q_{ve}				$Q_{sol,GLAZ}$	$Q_{sol,OPAQ}$				Q_{int}		
2395,1	4373,4	321,2	0,0	782,0	9038,0			2849,2			17162,7	470,0	6679,3				
ENERGIEVRAAG VOOR VERWARMING																	
$Q_{H,nd}$	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC					
kWh	211,5	140,5	52,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,7	178,3					
kWh/m ²	1,7	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,4					
ENERGIE-UITSPILTING																	
GEBOUWTTOTALEN VERWARMING																	
ENERGIEVRAAG		681,8	kWh/jaar														
		5,5	kWh/m ² /jaar														
GELEVERDE ENERGIE		170,4	kWh/jaar		PRIMAIR		49,4	kgoe/jaar									
COP: 4		1,4	kWh/m ² /j		f_{conv} : 0,29		0,4	kgoe/m ² /j									

Figuur 2: Excel berekeningsblad dat de resultaten levert voor de energiebehoefte voor de verwarming van de ruimte

5.1.2 Energiebehoefte voor koeling van de ruimte

Omdat dezelfde hoeveelheden in zowel de verwarmingsmodus als de koelmodus worden bepaald, worden de resultaten op dezelfde manier getoond (zie Figuur 3).

ENERGIE VOOR KOELING VAN DE RUIMTE										Koelseizoenlengte:		5,2
WARMTETRANSPORT DOOR TRANSMISSIE						kWh/jaar	WARMTETRANSPORT VENTILATIE		kWh/year	WARMTEWINSTEN		
										GLAS	DICHT	INTERN
$Q_{tr,WALLS}$	$Q_{tr,GLAZING}$	$Q_{tr,EXT FLOOR}$	$Q_{tr,ROOF}$	$Q_{tr,GROUND}$	$Q_{tr,TOTAL}$		Q_{ve}			Q_{sol}	Q_{sol}	Q_{int}
4278,0	9914,4	573,8	0,0	1458,3	18460,5		10517,4			8836,4	565,1	7547,6
ENERGIEBEHOEFTE VOOR KOELING												
$Q_{C,nd}$	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	0,0	0,0	0,0	0,0	334,1	676,9	853,7	717,0	578,4	78,9	0,0	0,0
kWh/m ²	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	5,5	6,9	5,8	4,7	0,6	0,0	0,0
GEBOUWTTOTALEN VOOR KOELING												
ENERGIEVRAAG						3239,1	kWh/jaar					
						26,2	kWh/m ² /jaar					
GELEVERDE ENERGIE		1079,7	kWh/jaar		PRIMAIR		313,1	kgoe/jaar				
COP:		3	8,7	kWh/m ² /j		f_{conv} :		0,29	2,5	kgoe/m ² /j		

Figuur 3: Excel berekeningsblad dat de resultaten levert voor de energiebehoefte voor koeling van de ruimte

5.1.3 Energiebehoefte voor warm tapwater (DHW-productie)

Voor de warm tapwater-productie worden slechts de maandelijkse energiebehoefte en de jaarlijkse daarmee verband hebbende waarde gepresenteerd, zoals getoond in Figuur 4.

ENERGIEBEHOEFTE VOOR DHW PRODUCTIE												
Q _{C,nd}	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	217,8	203,3	225,1	217,8	225,1	217,8	225,1	225,1	217,8	225,1	217,8	225,1
kWh/m ²	1,8	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
GEBOUWOTALEN VOOR DHW PRODUCTIE												
ENERGIEVRAAG		2642,6	kWh/jaar									
		21,3	kWh/m ² /jaar									
GELEVERDE ENERGIE		2936,3	kWh/jaar		PRIMAIRE ENERGIE		851,5	kgoe/jaar				
η:		0,90	23,7		f _{conv} :		0,29	6,9		kgoe/m ² /jaar		
			kWh/m ² /i					kgoe/m ² /jaar				

Figuur 4: Excel berekeningsblad dat de resultaten levert voor de energiebehoefte voor DHW-productie

5.1.4 Energietotalen

Een deel van het tabblad Resultaten geeft de totalen, die als volgt bepaald worden:

$$Q_{H+C,nd}(m) = Q_{H,month}(m) + Q_{C,month}(m)$$

$$Q_{T,nd}(m) = Q_{H,month}(m) + Q_{C,month}(m) + Q_{DHW,month}(m)$$

De jaarlijkse totale energiebehoefte is de samenvoeging van de jaarlijkse energiebehoefte voor de verwarming van de ruimte, de jaarlijkse energiebehoefte voor de koeling van de ruimte en de jaarlijkse energiebehoefte voor DHW. De totale geleverde energie en de primaire energie worden bepaald op de dezelfde manier.

ENERGIETOTALEN (DHW + VERWARMING + KOELING)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Q _{H+C,nd} (kWh)	211,5	140,5	52,7	0,0	334,1	676,9	853,7	717,0	578,4	78,9	98,7	178,3
Q _{T,nd} (kWh)	429,3	343,8	277,7	217,8	559,2	894,7	1078,8	942,0	796,2	304,0	316,5	403,4
Q _{DHW,nd} (kWh)	217,8	203,3	225,1	217,8	225,1	217,8	225,1	225,1	217,8	225,1	217,8	225,1
GEBOUWOTALEN PER JAAR												
TOTALE ENERGIE-BEHOEFTE		6563,5	kWh/jaar									
		53,0	kWh/m ² /jaar									
TOTALE GELEVERDE ENERGIE		4186,4	kWh/jaar		TOTALE PRIMAIRE ENERGIE		1214,1	kgoe/jaar				
		33,8	kWh/m ² /i					9,8		kgoe/m ² /jaar		

Figuur 5: Excel berekeningsblad dat de resultaten levert als samenvatting van de energietotalen

5.1.5 Zonnewarmtewinsten

De maandelijkse warmtewinsten voor glas en wanden worden getoond in twee tabellen (zie Figuur 6).

ZONNEWARMTEWINSTEN												
VERWARMINGSMODUS												
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
$Q_{sol,GLAS}$ (kWh)	1121,8	1069,1	1554,4	1673,5	1671,9	1712,5	1770,3	1803,8	1589,4	1393,5	918,3	884,1
$Q_{sol,DICHT}$ (kWh)	-10,1	0,9	39,1	64,5	73,7	89,7	94,7	86,5	51,9	21,1	-16,6	-25,3
KOELINGSMODUS												
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
$Q_{sol,GLAS}$ (kWh)	435,2	559,9	736,4	846,6	1066,5	1037,3	991,2	803,3	738,7	614,1	524,0	483,0
$Q_{sol,DICHT}$ (kWh)	-4,4	6,5	47,4	73,8	83,3	99,9	105,2	96,9	60,6	28,5	-11,9	-20,8

Figuur 6: Excel berekeningsblad dat de resultaten levert voor de zonnewarmtewinsten

5.2 Globale resultaten van de gebruiksfase

Het doel van AMECO is de milieu-effecten te bepalen, zodat de gedetailleerde informatie die berekend is in de gebruiksfase moet worden geëvalueerd in termen van milieu-effecten. Om dit te doen is de volgende procedure gebruikt voor elke van de 24 milieu-effecten:

$$ModuleB_{impact} = Q_{heating,delivered} \cdot k_{heating} + Q_{cooling,delivered} \cdot k_{cooling} + Q_{DHW,delivered} \cdot k_{DHW}$$

Waar $k_{heating}$, $k_{cooling}$, k_{DHW} afhangt van het energietype en het milieu-effect volgens onderstaande tabel.

Afkorting	Aanduiding	Electriciteit	Gas-vormige brandstof	Vloeibare brandstof	Vaste brandstof	Bio-massa	Eenheid
Milieu-effecten							
GWP	Broeikaseffect	4,82E-01	4,84E-01	4,33E-01	2,92E-01	0	tCO ₂ eq
ODP	Aantasting ozonlaag	4,32E-10	7,97E-11	3,11E-11	3,02E-11	0	tCF ₂ eq
AP	Verzuring	2,28E-03	1,61E-03	2,95E-03	1,34E-03	0	tSO ₂ eq
EP	Vermeesting	1,20E-04	7,85E-05	1,46E-04	1,70E-04	0	tPO ₄ eq
POCP	Fotochemische oxydantvorming	1,34E-04	3,49E-04	4,41E-04	1,43E-04	0	tEtheneeq
ADP-e	Uitputting – grondstoffen	6,63E-08	1,18E-07	1,04E-07	5,01E-09	0	tS _{beq}
ADP-ff	Uitputting – fossiele brandstoffen	8,48E+00	5,02E+01	5,07E+01	2,79E+01	0	GJ NCV

Tabel 10: Milieu-effectcoëfficiënten voor de gebruiksfase

Gebruik van grondstof, secundaire materialen en brandstoffen							
RPE	Gebruik van hernieuwbare primaire energie exclusief hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen	1,41E+00	2,41E-01	8,53E-02	5,72E-02	0	GJ NCV
RER	Gebruik van hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen	0	0	0	0	0	GJ NCV
RPE-totale	Totale gebruik van hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen)	1,41E+00	2,41E-01	8,53E-02	5,72E-02	0	GJ NCV
Non-RPE	Gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie exclusief niet-hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen	4,90E+00	5,05E+00	8,06E+00	1,28E+00	0	GJ NCV
Non-RER	Gebruik van niet-hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen	3,60E+00	4,52E+01	4,26E+01	2,66E+01	0	GJ NCV
Non-RPE-totale	Totale gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen)	8,50E+00	5,03E+01	5,07E+01	2,79E+01	0	GJ NCV
SM	Gebruik van secundair materiaal	0	0	0	0	0	t
RSF	Gebruik van hernieuwbare secundaire brandstoffen	1,73E-04	3,37E-04	2,97E-04	1,53E-05	0	GJ NCV
Non-RSF	Gebruik van niet-hernieuwbare secundaire brandstoffen	1,82E-03	3,54E-03	3,13E-03	1,60E-04	0	GJ NCV
NFW	Gebruik van drinkwater	1,84E+00	3,12E-01	1,36E-01	6,88E-02	0	10 ³ m ³

Tabel 10: Milieu-effectcoëfficiënten voor de gebruiksfase (vervolg)

Overige milieu-informatie die de afvalcategoriën beschrijft							
HWD	Gestort gevaarlijk afval	0	0	0	0	0	t
Non-HWD	Gestort niet-gevaarlijk afval	1,92E+00	3,32E-01	1,10E-01	4,94E+00	0	t
RWD	Gestort radioactief afval	1,25E-03	2,07E-04	6,31E-05	2,47E-05	0	t

Tabel 10: Milieu-effectcoëfficiënten voor de gebruiksfase (vervolg)

Overige milieu-informatie die de outputstromen beschrijft							
CR	Componenten voor hergebruik	0	0	0	0	0	t
MR	Materialen voor recycling	0	0	0	0	0	t
MER	Materialen voor energie-terugwinning	0	0	0	0	0	t
EE	Geëxporteerde energie	0	0	0	0	0	t

Tabel 11: Milieu-effectcoëfficiënten voor de gebruiksfase (vervolg)

6 Handleiding bij het gebruik van de AMECO3 software

AMECO3 maakt het mogelijk berekeningen te maken van de milieu-effecten van elk gebouwtype en van bruggen. Voor gebouwtoepassingen maakt AMECO 3 het ook mogelijk de energie tijdens het gebruik te berekenen, inclusief de energieverbruiken van verwarming, koeling en heet tapwater (DHW).

Deze handleiding heeft als doel om het helpmenu van voorgaande versies van AMECO voor het gebouwproject aan te passen in overeenstemming met de nieuwe verbeteringen die zijn doorgevoerd in het kader van het LVS³ project.

Verschillende modules zijn beschikbaar voor de input en behandeling van de parameters. De modules worden geselecteerd met het menu Studie en weergegeven op het werkblad. Voor de complete studie van een gebouw, inclusief de gebruiksfase, zijn er de volgende modules:

- Project
- Gebouw
- Gebouwschil
- Begane grondvloer
- Dak
- Gebruik
- Installaties
- Vloeren
- Constructie
- Transport
- Resultaten

Als het veld corresponderend met de optie “Alleen constructie” is geselecteerd als “Ja”, zijn slechts de volgende modules beschikbaar:

- Project
- Gebouw
- Vloeren
- Constructie
- Transport

De gebruiker kan het doel van de berekening kiezen bij de module Gebouw.

6.1 Project

In deze module moeten optionele parameters worden gedefinieerd om het project te identificeren. Deze parameters worden gebruikt voor de uitvoer van het berekeningsblad, maar de velden kunnen leeg blijven zonder de berekeningen te beïnvloeden. De vijf volgende parameters kunnen worden opgegeven:

- de naam van het project
- de naam van het gebouw
- het bedrijf dat de studie uitvoert
- de naam van de gebruiker
- een opmerking.

Deze velden zijn optioneel en kunnen leeg blijven zonder de berekeningen te beïnvloeden.

Coimbra_case study_v1.ame | AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport Results

Project identification

Identification

Project name: Residential LVS³ case study

Building name: Low-rise residential building in Portugal

Company:

Prepared by:

Comment:

Figuur 7: Projectdefinitie

6.2 Gebouw

6.2.1 Algemene parameters

Coimbra_case study_v1.ame | AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport Results

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length: 9.0 m

East - West facade length: 11.0 m

Floor height: 3 m

Number of intermediate floors: 1

Area of intermediate floors: 99 m²

Total area of building: 198.0 m²

Structure only: No

Building type: Residential

Location

Country:

Location: Coimbra

Display

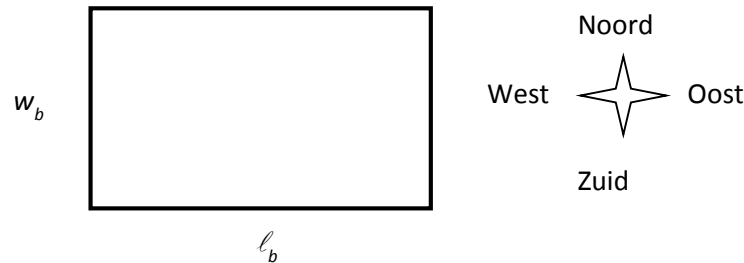
North
West East
South

Figuur 8: Belangrijkste gebouweigenschappen, wanneer ook de berekening van de gebruiksfase wordt uitgevoerd

In deze module definieert de gebruiker de algemene parameters van het gebouw:

- de Noord en Zuid lengte ℓ_b ;
- de Oost en West lengte w_b ;

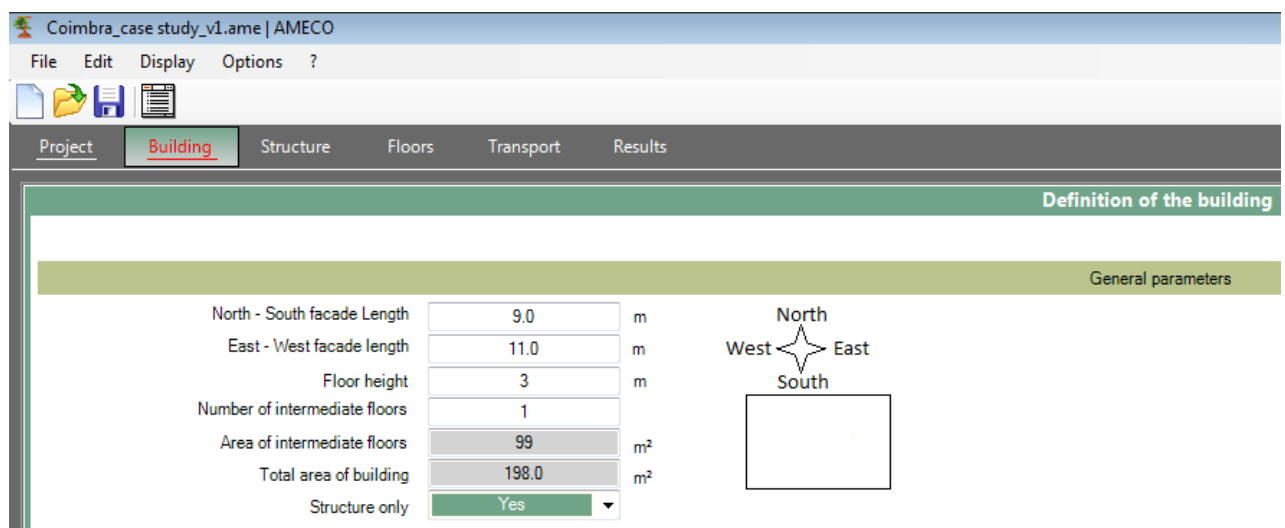
De definitie van deze afmetingen maakt het mogelijk de oriëntatie van het gebouw aan te geven. Slechts een rechthoekig gebouw kan worden ingevoerd in AMECO3.



Figuur 9: Gebouwworm

- de vloerhoogte;
- het aantal vloeren n ;
- de totale oppervlakten van de tussenvloeren, berekend uit de bovenstaande parameters. De berekening is gebaseerd op $a_{\text{def,floors}} = n \ell_b w_b$, aannemende dat elke vloer dezelfde oppervlakte heeft. Dit is exclusief de oppervlakte van de begane grondvloer;
- de totale oppervlakte van het gebouw, berekend door $N+1$ vloeren in beschouwing te nemen;
- het doel van de berekening door het veld "Alleen constructie".

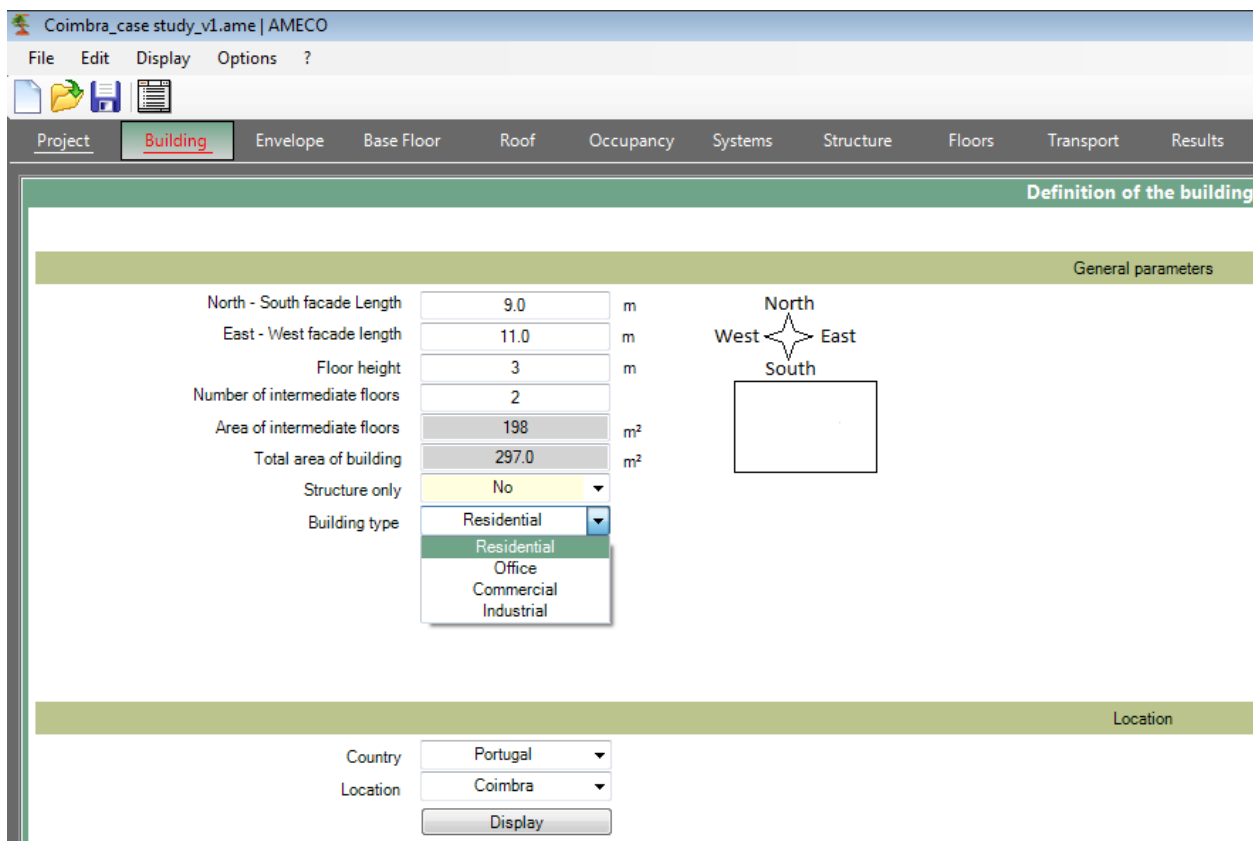
Deze optie biedt de mogelijkheid aan de gebruiker, door "Ja" te kiezen, om de berekeningen van de energieverbruiken over te slaan. In dat geval zullen slechts de milieu-effecten als gevolg van de materialen die worden gebruikt om de gebouwconstructie te maken, zoals primaire liggers, kolommen en tussenvloeren, en de daarmee corresponderende milieu-effecten door transport, in beschouwing worden genomen in de berekening.



Figuur 10: Belangrijkste gebouweigenschappen, wanneer de berekening van de gebruiksfase niet wordt uitgevoerd

Als de gebruiker "Nee" selecteert, worden de extra modules weergegeven, die zijn gerelateerd aan de definitie van de parameters die nodig zijn om de gebruiksenergie van het gebouw te berekenen. Het eerste veld dat is weergegeven wanneer de gebruiksfase is opgenomen in de berekeningen, is het gebouwtype;

- Het gebouwtype kan worden geselecteerd van het pull-down menu, met de volgende keuzen:
 - Woning
 - Kantoor
 - Winkel
 - Industriehal;



Figuur 11: Selectie van het gebouwtype

Het gebouwtype heeft alleen een effect op de berekening van de gebruiksfase. Dit omdat de gebruikers van het gebouw een invloed hebben op de verbruiken van het gebouw. Verlichtingssinstallaties produceren bijvoorbeeld extra warmte in kantoren, waardoor een toename van de koelbehoefte kan ontstaan.

Voor elk gebouwtype is een specifiek gebruiksscenario gedefinieerd, zoals het gebruik, verlichting en allocatie tussen zones die verschillende functies binnen eenzelfde gebouw hebben, uitgedrukt als een percentage van de totale vloeroppervlakte. De details van het gebruiksscenario corresponderend met elk gebouwtype worden getoond in de volgende hoofdstukken van deze Ontwerphandleiding.

6.2.2 Locatie

In het onderste deel van de module definieert de gebruiker de locatie van het gebouw, door te selecteren:

- het land ;
- een daarmee corresponderende stad ;

23 landen en 48 steden zijn beschikbaar in AMECO3:

Land	Stad
Oostenrijk	Wenen, Graz
Wit-Rusland	Minsk
België	Brussel
Tsjechië	Praag
Engeland	Londen
Finland	Helsinki, Tampere
Frankrijk	Nantes, Parijs, Montpellier, Marseille, Nice
Duitsland	Berlinj, München, Hamburg
Griekenland	Thessaloniki, Athene
Italië	Milaan, Rome, San Remo, Genua
Nederland	Amsterdam
Noorwegen	Oslo
Polen	Warschau
Portugal	Lissabon, Porto, Coimbra
Roemenië	Boekarest, Timisoara
Rusland	Moskou, Archangelsk
Slowakije	Bratislava
Slovenië	Ljubljana
Spanje	Madrid, Barcelona, Sevilla, La Coruna, Salamanca, Vigo, Bilbao
Zweden	Stockholm, Kiruna, Ostersund
Zwitserland	Zürich
Turkije	Istanbul, Ankara
Oekraïne	Kiev

Coimbra_case study_v1.ame | AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	9.0	m
East - West facade length	11.0	m
Floor height	3	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	1	
Area of intermediate floors	99	m ²
Total area of building	198.0	m ²
Structure only	No	
Building type	Commercial	

North
West ★ East
South

Location

Country	Portugal
Location	Portugal Romania Russia Slovakia Slovenia Spain Sweden Turkey

Figuur 12: Selectie van het land

Coimbra_case study_v1.ame | AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	9.0	m
East - West facade length	11.0	m
Floor height	3	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	1	
Area of intermediate floors	99	m ²
Total area of building	198.0	m ²
Structure only	No	
Building type	Commercial	

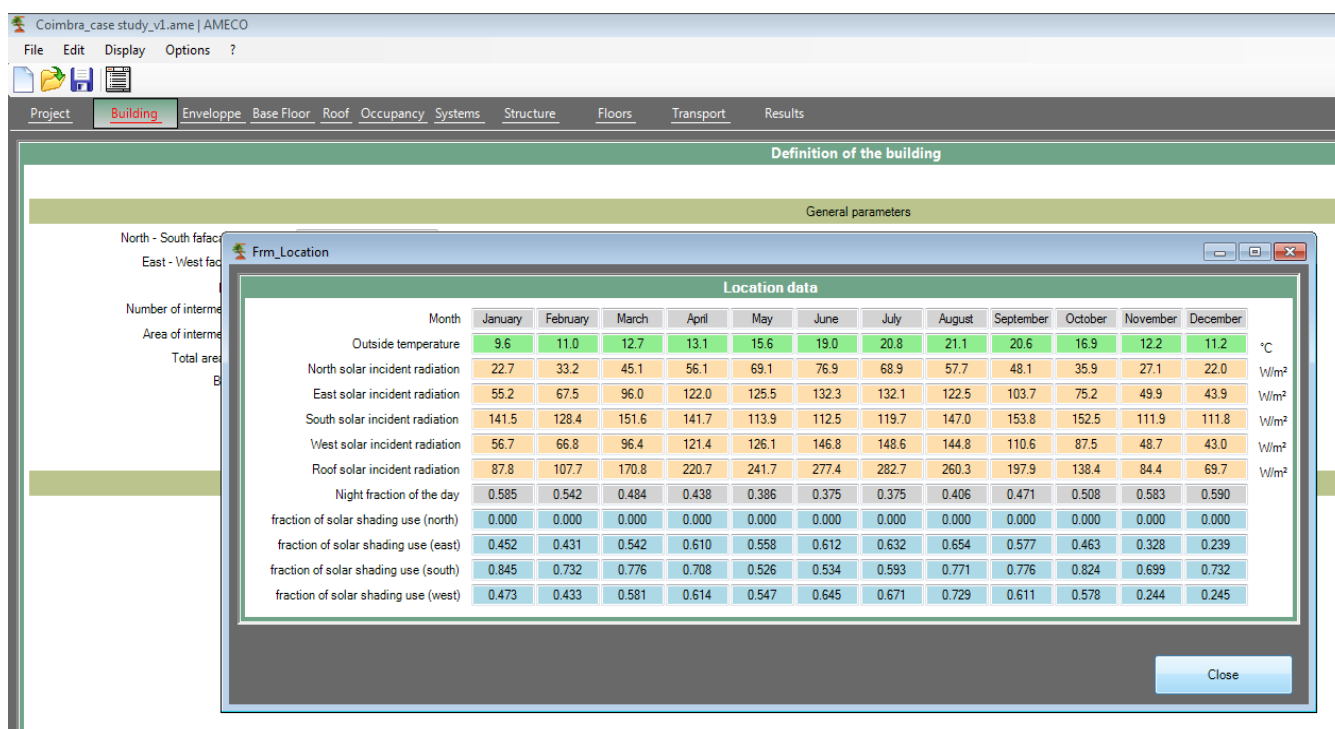
North
West ★ East
South

Location

Country	Portugal
Location	Coimbra Coimbra_dbg Lisbon Porto

Figuur 13: Selectie van de corresponderende stad

Door op de knop “Geef weer” te drukken, kan de gebruiker de klimaatdata zien, die gerelateerd is aan de geselecteerde locatie, zoals is weergegeven in de volgende figuur:

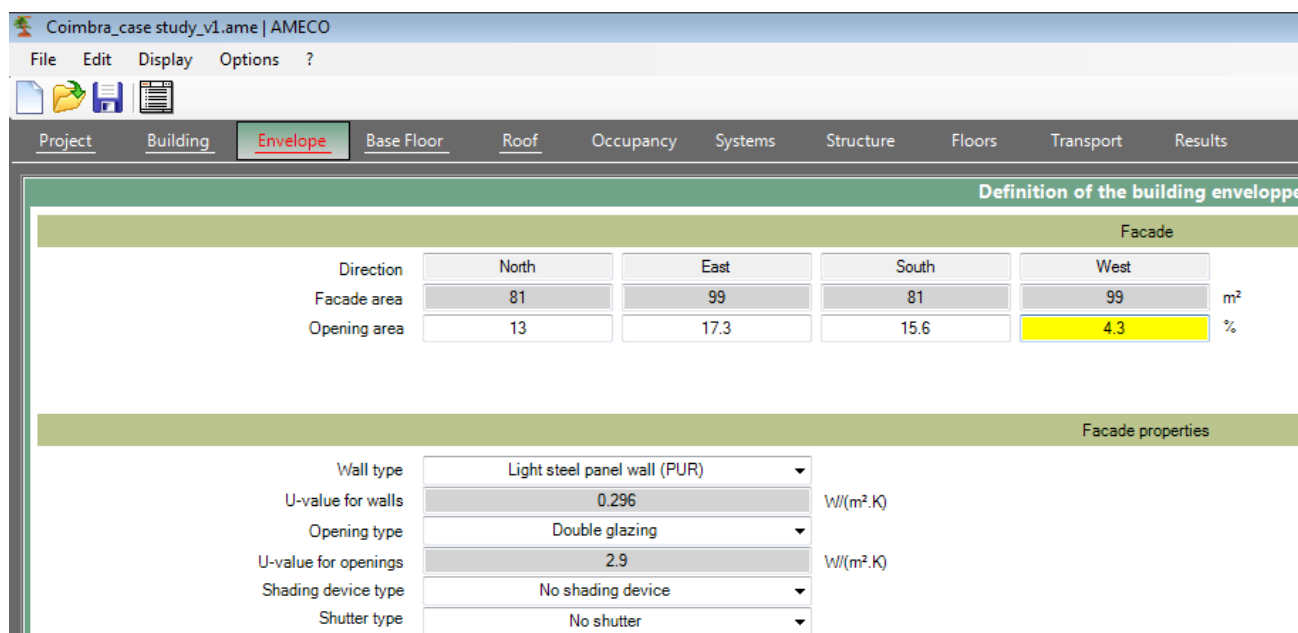


Figuur 14: Data van de locatie

6.2.3 Gebouwschil

Op het bovenste deel van het onderdeel over de gebouwschil heeft de gebruiker toegang tot de volgende eigenschappen:

- De oppervlakten van de wanden die automatisch worden berekend voor elke oriëntatie. Deze oppervlakten worden verkregen door de corresponderende lengte met de verdiepinghoogte en het aantal vloeren + 1 te vermenigvuldigen;
- De openingsoppervlakten voor elke oriëntatie, door een percentage van het totale oppervlakte van de gevel te definiëren.



Figuur 15: Beschrijving van de gebouwschil

In het onderste deel van het onderdeel over de gebouwschil worden de geveleigenschappen gedefinieerd:

- Het wandtype, waaruit de gevel is opgebouwd.

Er zijn 3 belangrijke wandtypen gedefinieerd in AMECO 3:

- o Wand met lichte stalen panelen;
- o Mestelwerk spouwmuur;
- o Sandwichpaneel.

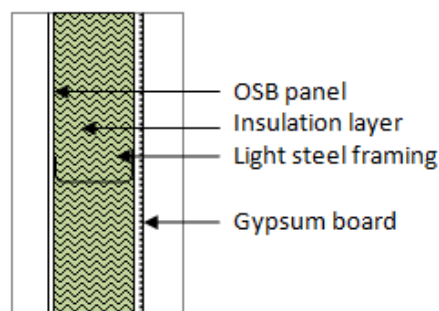
De lichte wand met stalen panelen en de mestelwerk spouwmuur zijn beschikbaar met verschillende typen isolatiemateriaal:

- o steenwol;
- o EPS (geëxpandeerd polystyreen);
- o XPS (geëxtrudeerd polystyreen);
- o PUR (polyurethaan).

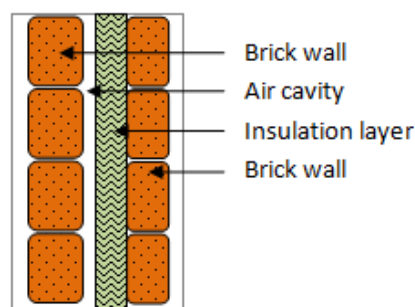
Sandwichpanelen zijn gebaseerd op polyurethaan, met verschillende dikten: 80 mm en 200 mm.

De wandtypen worden geïllustreerd in de volgende figuren:

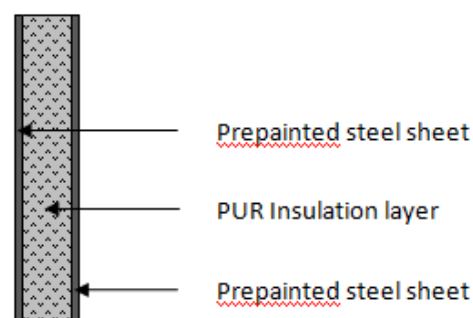
Light steel panel wall:



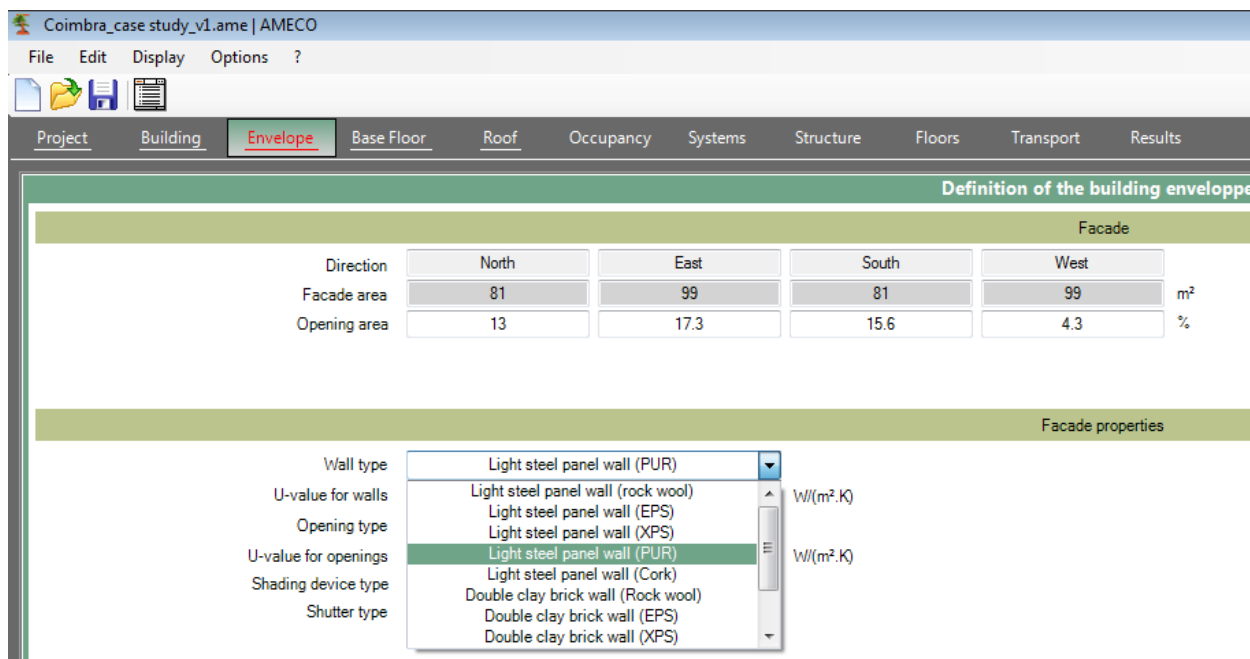
Double clay brick wall:



Sandwich panel:



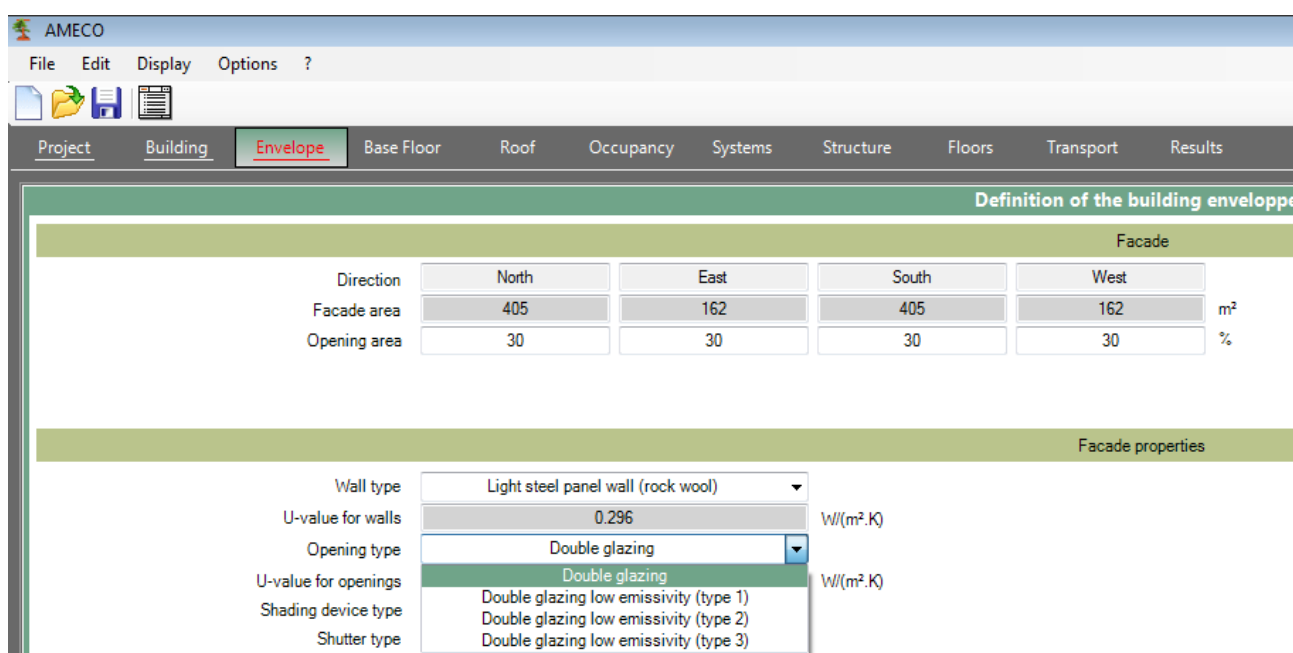
Figuur 16: Componenten en beschrijving van de wanden die beschikbaar zijn in AMECO3



Figuur 17: Selectie van het wandtype

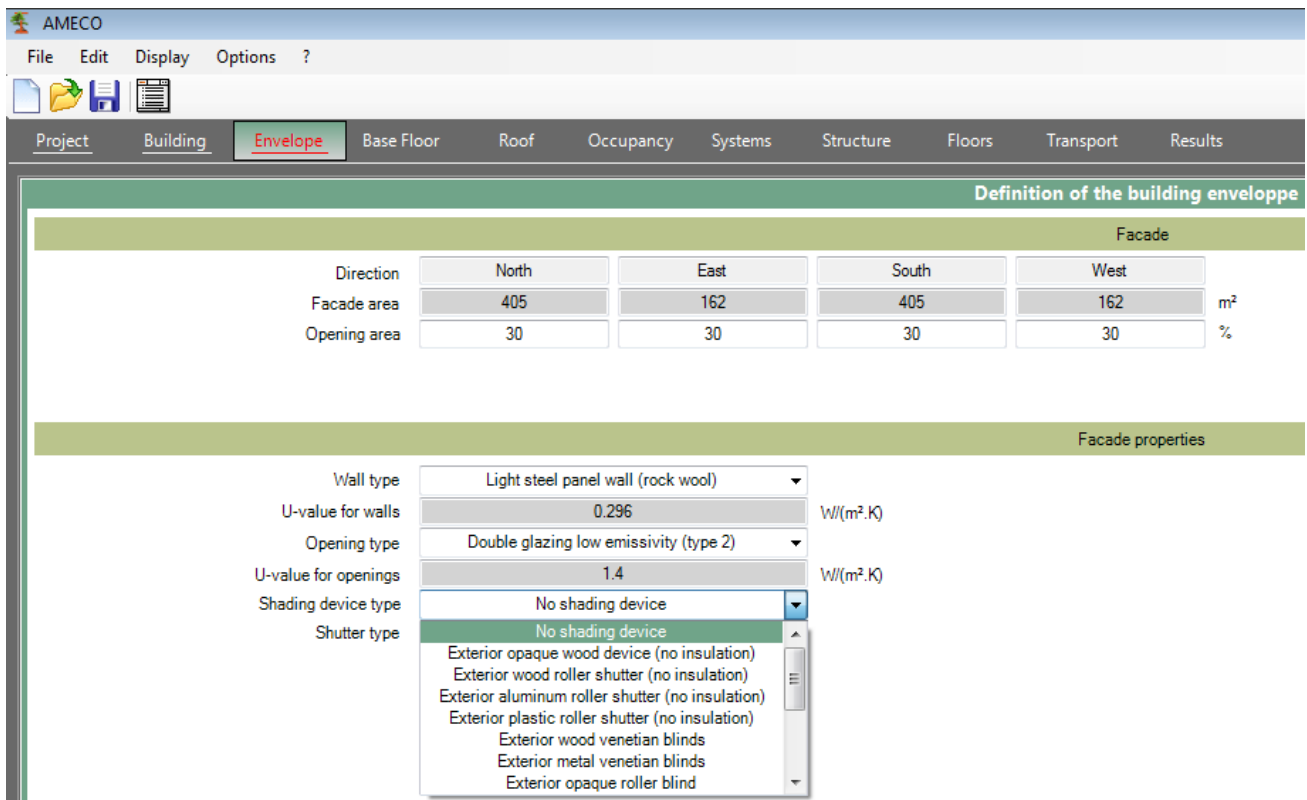
De corresponderende milieu-effecten zijn voor alle wandconfiguraties beschreven in het achtergronddocument.

- De U-waarde, ook bekend als de thermische doorlaatbaarheid, is weergegeven in overeenstemming met de selectie door de gebruiker.
De U-waarden van de wandtypen worden berekend, waarbij de daarin opgenomen koudebruggen in de beschouwing meegenomen worden.
- De openingstypen, met verschillende U-waarden, zoals:
 - o Dubbel glas
 - o Dubbel glas van lage emissiviteit (type 1)
 - o Dubbel glas van lage emissiviteit (type 2)
 - o Dubbel glas van lage emissiviteit (type 3)



Figuur 18: Selectie van het openingstype

- De U-waarde van het geselecteerde raamtype;
- Het type zonwering, zoals:
 - o Geen zonwering
 - o Ondoorzichtige houten luik buiten (geen isolatie)
 - o Houten rolluik buiten (geen isolatie)
 - o Aluminium rolluik buiten (geen isolatie)
 - o Plastic rolluik buiten (geen isolatie)
 - o Houten jalouziën buiten
 - o Metalen jalouziën buiten
 - o Ondoorzichtige roljalouziën buiten



Figuur 19: Selectie van het zonweringtype

- Het type rolluik, dat kan worden geselecteerd uit de volgende lijst:
 - o Geen rolluik
 - o Ondoorzichtige houten luik buiten (geen isolatie)
 - o Houten rolluik buiten (geen isolatie)
 - o Aluminium rolluik buiten (geen isolatie)
 - o Plastic rolluik buiten (geen isolatie)
 - o Houten jalouziën buiten
 - o Metalen jalouziën buiten
 - o Ondoorzichtige roljalouziën buiten

AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building **Envelope** Base Floor Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport Results

Definition of the building envelope

Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	405	162	405	162	m ²
Opening area	30	30	30	30	%

Facade properties

Wall type: Light steel panel wall (rock wool)

U-value for walls: 0.296 W/(m².K)

Opening type: Double glazing low emissivity (type 2)

U-value for openings: 1.4 W/(m².K)

Shading device type: No shading device

Shutter type: No shutter

Exterior aluminum roller shutter (no insulation)

Exterior opaque wood device (no insulation)

Exterior wood roller shutter (no insulation)

Exterior plastic roller shutter (no insulation)

Exterior wood venetian blinds

Exterior metal venetian blinds

Exterior opaque roller blind

Figuur 20: Selectie van het rolluikentype

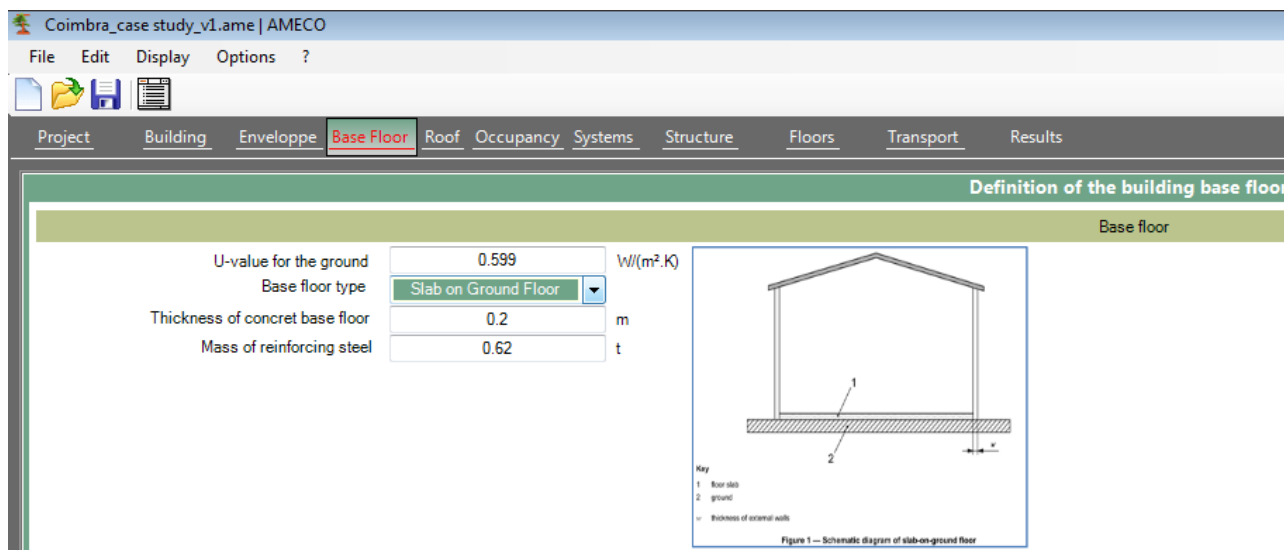
6.2.4 Begane grondvloer

Deze module heeft als doel de eigenschappen van de begane grondvloer te definiëren:

- de U-waarde van de begane grondvloer, afhankelijk van de hoeveelheid isolatie;
- het type begane grondvloer, te selecteren uit de volgende keuzen:
 - o vloerplaat op het maaiveld
 - o keldervloer

Het type begane grondvloer heeft een invloed op het thermisch gedrag van het gebouw en wordt gekenmerkt door parameters die zijn ingesteld als defaultwaarden om de interface te vereenvoudigen. Deze als defaultwaarden ingestelde parameters zijn volledig beschreven in het achtergronddocument.

- de dikte van de vloerplaat, in meter, en
- het totale gewicht van de wapeningstaven, in tonnen, gebruikt als wapening in de vloerplaat.



Figuur 21: Beschrijving van de begane grondvloer

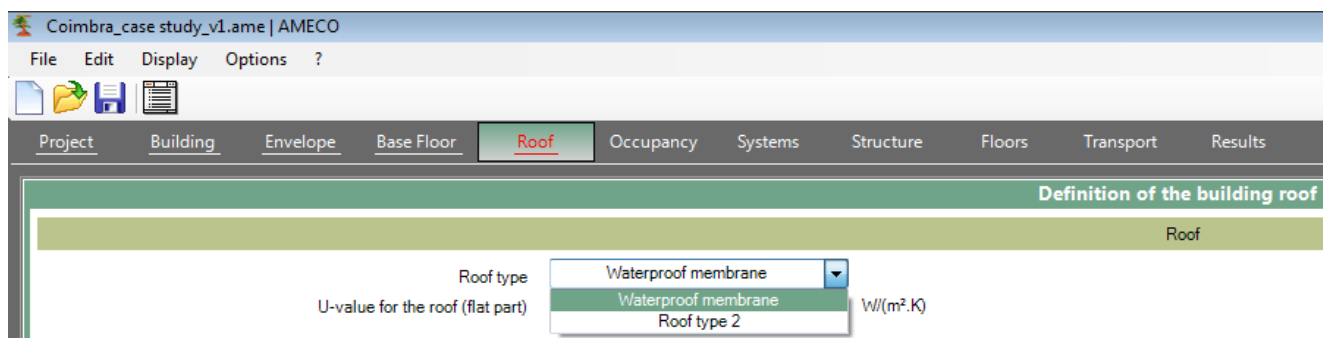
6.2.5 Dak

In deze module wordt de dakcomponent gedefinieerd:

- Het daktype;
- De corresponderende U-waarde wordt weergegeven.

Er zijn twee daktypen beschikbaar:

- Stalen dak met waterdichte folie
- Daktype 2

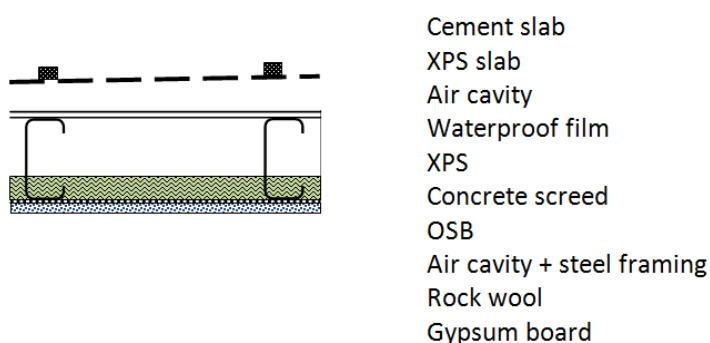


Figuur 22: Selectie van de dakcomponent

Weatherproof membrane steel roof:



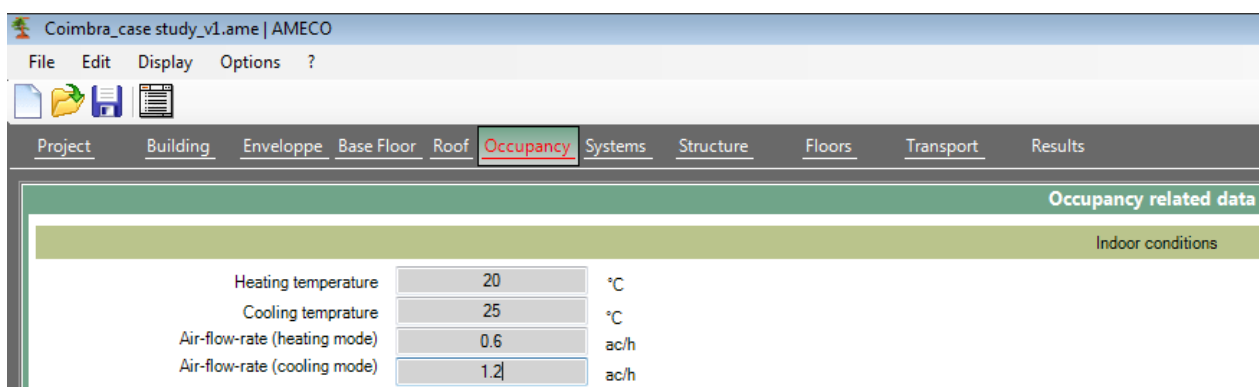
Roof type 2 :

**Figuur 23:** Daktypen die beschikbaar zijn in AMECO3

6.2.6 Gebruik

Deze module heeft als doel om de binnencondities die in de berekening worden gebruikt te definiëren:

- De voor de verwarming ingestelde temperatuur, in graden, waarbij het verwarmingssysteem activeert als de binnentemperatuur onder deze temperatuur ligt;
- De voor de koeling ingestelde temperatuur, in graden, waarbij het koelsysteem activeert als de binnentemperatuur boven deze temperatuur ligt;
- Het ventilatievoud, in aantal luchtwisselingen per uur, corresponderend met de verwarmingsmodus;
- Het ventilatievoud corresponderend met de koelmodus;

**Figuur 24:** Parameters gerelateerd aan het gebruiksscenario van het woongebouw

Deze parameters zijn ingesteld als vaste waarden en hangen rechtstreeks af van het gebouwtype dat door de gebruiker in de gebouwmodule geselecteerd is.

6.2.7 Installaties

Deze module is gewijd aan de te definiëren actieve energiesystemen:

- Het type verwarmingssysteem, dat kan worden gekozen uit de volgende typen:
 - o Electrisch
 - o Verwarming met gasvormige brandstof
 - o Verwarming met vloeibare brandstof
 - o Verwarming met vaste brandstof
 - o Splitverwarming
 - o Geen verwarming
- Het type koelsysteem, dat kan zijn:
 - o Splitkoeling
 - o Koelmachine (compressiecyclus)
 - o Koelmachine machine (absorptiecyclus)
 - o Geen koeling
- Het warmteterugwinningsysteem. Deze parameter, uitgedrukt als een percentage, moet worden gespecificeerd als het gebouw is uitgerust met een dubbel-flux ventilatiesysteem. In geval van natuurlijke ventilatie is geen warmteterugwinningsysteem van toepassing in het gebouw.
- Het type warm tapwater (domestic hot water) DHW-systeem, dat kan worden gekozen uit de volgende lijst:
 - o Elektrische boiler
 - o Gasboiler
 - o Afzonderlijke waterverwarmer (condensatie)
 - o Afzonderlijke waterverwarmer
 - o Geen DHW

The screenshot shows the AMECO software interface with the 'Systems' tab selected. The 'Description of building systems' section contains the following configuration options:

- Heating system type:** Split (heating) (selected)
- Cooling type system:** Split (heating) (selected)
- Heat recovery system:** Yes
- Heat recovery percentage:** 80
- DHW system type:** No DHW

Figuur 25: Selectie van het type verwarmingssysteem

AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport Results

Description of building systems

Heating system

Heating system type Split (heating)

Cooling system

Cooling type system Split (cooling)

Ventilation system

Heat recovery system Yes

Heat recovery percentage 80

DHW system

DHW system type

- No DHW
- Electric boiler
- Gas boiler
- Stand-alone water heater (condensation)
- Stand-alone water heater
- No DHW

Figuur 26: Selectie van het type warm tapwatersysteem (DHW)

6.2.8 Constructie

In deze module moeten de stalen elementen van de gebouwconstructie worden gespecificeerd, uitgedrukt in tonnen.

Coimbra_case study_v1.ame | AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems **Structure** Floors Transport Results

Bearing structure of the building

Steel elements

Beams (Hot rolled profiles)	60.00	t
Columns (Hot rolled profiles)	120.0	t
Studs	0.0	t
Bolts	0.600	t
Plate Connections	0.0	t
Total mass of structure	180.6	t

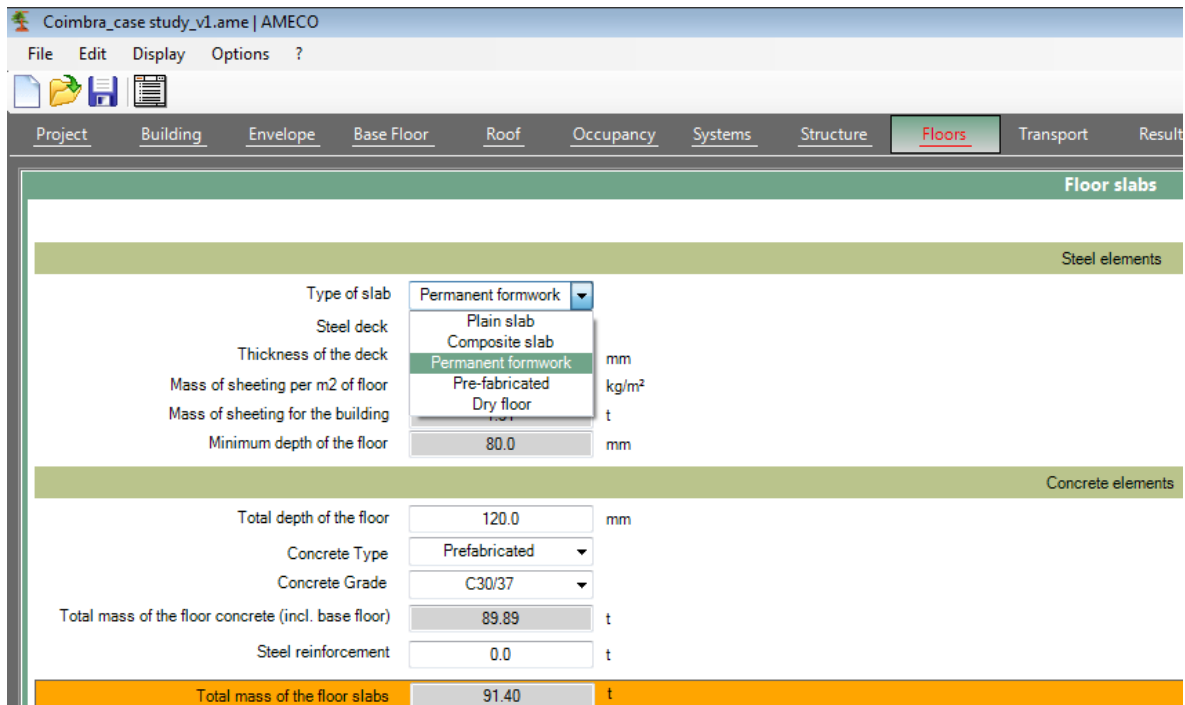
Figuur 27: Definitie van de gewichten van de verschillende stalen constructie-elementen

Stalen elementen

- het totale gewicht van de stalen liggers;
- het totale gewicht van de stalen kolommen;
- het totale gewicht van de stiftdeuvels;
- het totale gewicht van de bouten;
- het totale gewicht van de stalen onderdelen (staalplaten in verbindingen, hoeklijnen ...).

6.2.9 Vloeren

In deze module zijn de parameters voor het ontwerp van de tussenvloeren nodig.



The screenshot shows the AMECO software interface for the 'Floors' module. The 'Type of slab' dropdown menu is open, displaying the following options: Plain slab, Composite slab, Permanent formwork (highlighted), Pre-fabricated, and Dry floor. The interface also displays various parameters for the floor elements, categorized into Steel elements and Concrete elements.

Parameter	Value	Unit
Type of slab	Permanent formwork	
Steel deck		
Thickness of the deck		mm
Mass of sheeting per m2 of floor		kg/m²
Mass of sheeting for the building		t
Minimum depth of the floor	80.0	mm
Total depth of the floor	120.0	mm
Concrete Type	Prefabricated	
Concrete Grade	C30/37	
Total mass of the floor concrete (incl. base floor)	89.89	t
Steel reinforcement	0.0	t
Total mass of the floor slabs	91.40	t

Figuur 28: Selectie en definitie van de elementen van de tussenvloeren, indien aanwezig.

Afhankelijk van de keuze van het vloertype, moet de gebruiker de karakteristieken specificeren van de stalen en/of betonnen vloerelementen.

Stalen elementen

- het type vloerplaat, te kiezen uit de volgende lijst:
 - o vlakke vloerplaat,
 - o staalplaat-betonvloeren,
 - o verloren bekisting,
 - o prefab en
 - o staalframevloeren.

Al deze types, behalve de eerste, zijn gebaseerd op het gebruik van specifieke staalplaten.

- de staalplaat gebruikt voor de vloerplaat is (indien geen vlakke vloerplaat gekozen is) te kiezen uit een lijst met geselecteerde type vloeren in de staalplaatdatabase;
- de dikte van de staalplaten (indien geen vlakke vloerplaat gekozen is) is te kiezen uit een lijst met geselecteerde staalplaten in de staalplaatdatabase;
- indien geen vlakke vloerplaat gekozen is, is het gewicht van de geselecteerde staalplaten weergegeven als het totale gewicht van staalplaten voor het gebouw.

Betonnen elementen

- het cementgehalte van het beton dat wordt gebruikt voor de vloeren;
- de (default) dichtheid van het beton wordt automatisch berekend uit het cementgehalte;
- de dichtheid van het beton van de vloeren moet worden gedefinieerd, hetzij gelijk aan de defaultwaarde of rechtstreeks ingevoerd door de gebruiker;
- de totale dikte van de vloeren (inclusief de staalplaten indien aanwezig);
- van de totale dikte van de vloeren, de dichtheid van het beton en de vloeroppervlakte, wordt het totale betongewicht van de vloeren berekend en weergegeven.
- het totale gewicht aan wapeningstaal voor de vloeren moet ook ingevoerd worden.

Als het gebouw geen tussenvloer heeft, moet de gebruiker direct door naar de volgende module.

6.2.10 Transport

In deze module worden de parameters voor het transport van de elementen van het gebouw ingevoerd.

Transport van stalen elementen

De gebruiker heeft de mogelijkheid te selecteren tussen gemiddelde data voor het Europese transport of eigen data van de gebruiker. In het eerste geval worden de defaultwaarden, die gedetailleerd zijn opgenomen in het achtergronddocument, in beschouwing genomen in de berekening. In het laatste geval moet de volgende data door de gebruiker worden gedefinieerd:

- het staalgewicht dat wordt getransporteerd met een elektrische trein;
- de afstand afgelegd door deze elektrische treinen (enkele reis van de constructiewerkplaats naar de bouwplaats);
- het staalgewicht dat wordt getransporteerd met gewone vrachtwagens;
- de afstand afgelegd door deze vrachtwagens (enkele reis van de constructiewerkplaats naar de bouwplaats);
- de som van de staalgewichten getransporteerd met de trein en getransporteerd met gewone vrachtwagens is gelijk aan het totale gewicht van het staal in het gebouw, inclusief liggers, kolommen, bouten, overige stalen onderdelen, staalplaten en wapeningstaal.

Transport van betonnen elementen

Voor het transport van het beton zijn twee manieren mogelijk: hetzij het beton wordt geproduceerd op de bouwplaats, hetgeen transport van vloeibare beton met betonmixer-vrachtwagens betekent, of het beton wordt geprefabriceerd in fabrieken, hetgeen transport van prefab elementen met gewone vrachtwagens betekent. De volgende parameters moeten daarom opgegeven worden voor het transport van beton:

- het gewicht van het op de bouwplaats geproduceerde beton, dat vervolgens wordt getransporteerd met betonmixer-vrachtwagens;
- de afstand afgelegd door deze mixer-vrachtwagens (enkele reis van de betonfabriek naar de bouwplaats);
- het gewicht van het prefab beton, getransporteerd met gewone vrachtwagens;
- de afstand afgelegd door deze gewone vrachtwagens (enkele reis van de fabriek naar de bouwplaats);
- uiteraard is de som van het betongewicht dat wordt geproduceerd op de bouwplaats en dat van het prefab beton gelijk aan het totale gewicht aan beton in het gebouw (vloeren en constructie).

De gemiddelde waarden die worden gebruikt zijn beschreven in het achtergronddocument.

The screenshot displays the 'Transport' tab in the AMECO software. The interface is divided into two main sections: 'Steel elements' and 'Concrete elements'.

Steel elements:

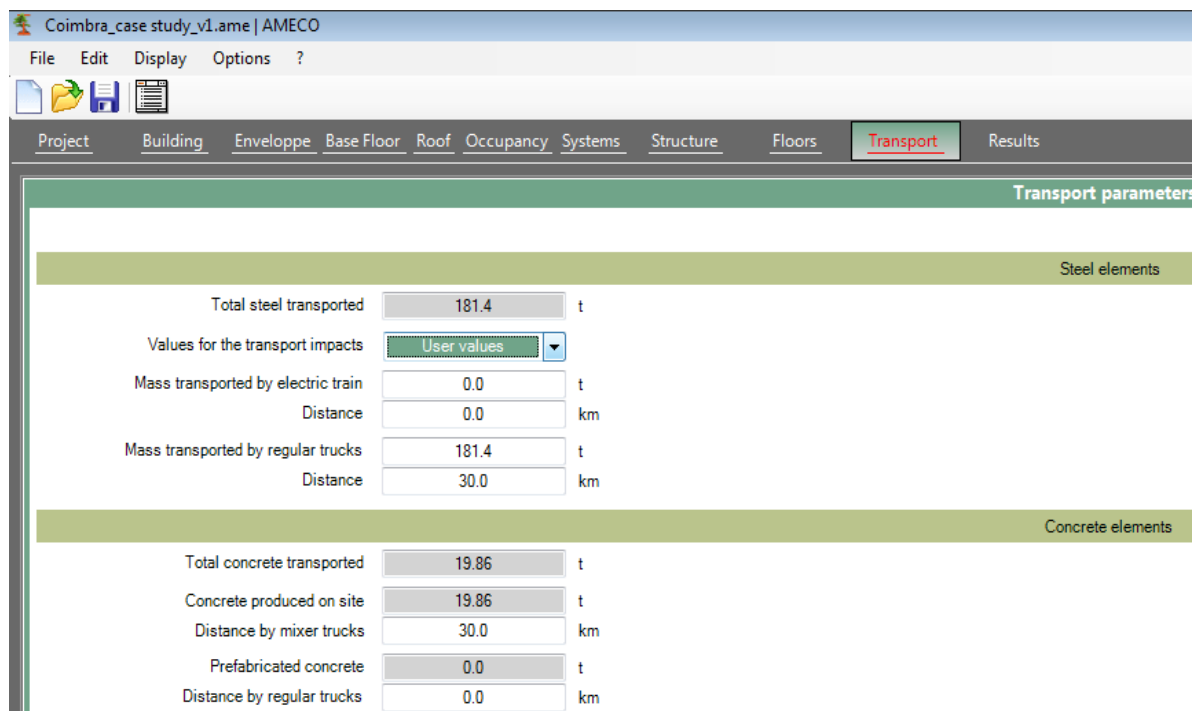
- Total steel transported: 181.4 t
- Values for the transport impacts: A dropdown menu is open, showing 'Average values' selected, with options for 'Average values' and 'User values'.

Concrete elements:

- Total concrete transported: 19.86 t
- Concrete produced on site: 19.86 t
- Distance by mixer trucks: 30.0 km
- Prefabricated concrete: 0.0 t
- Distance by regular trucks: 0.0 km

Figuur 29: Definitie van de parameters die zijn gerelateerd aan het transport van de materialen, in de defaultmodus

Als “Door de gebruiker op te geven waarde” is geselecteerd moeten de volgende parameters worden gespecificeerd:



Steel elements	
Total steel transported	181.4 t
Values for the transport impacts	User values
Mass transported by electric train	0.0 t
Distance	0.0 km
Mass transported by regular trucks	181.4 t
Distance	30.0 km

Concrete elements	
Total concrete transported	19.86 t
Concrete produced on site	19.86 t
Distance by mixer trucks	30.0 km
Prefabricated concrete	0.0 t
Distance by regular trucks	0.0 km

Figuur 30: Definitie van de parameters die zijn gerelateerd aan het transport van de materialen, in de gebruikersmodus

6.2.11 Resultaten

De berekening wordt uitgevoerd wanneer de gebruiker op de knop “Resultaten” drukt.

De resultaten van de berekeningen kunnen hetzij worden geschreven in het berekeningsblad of direct worden weergegeven in de gebruikersinterface door middel van de module “Resultaten”. In dit laatste geval, dat hierna wordt beschreven, zijn staafdiagrammen, cirkeldiagrammen en tabellen beschikbaar.

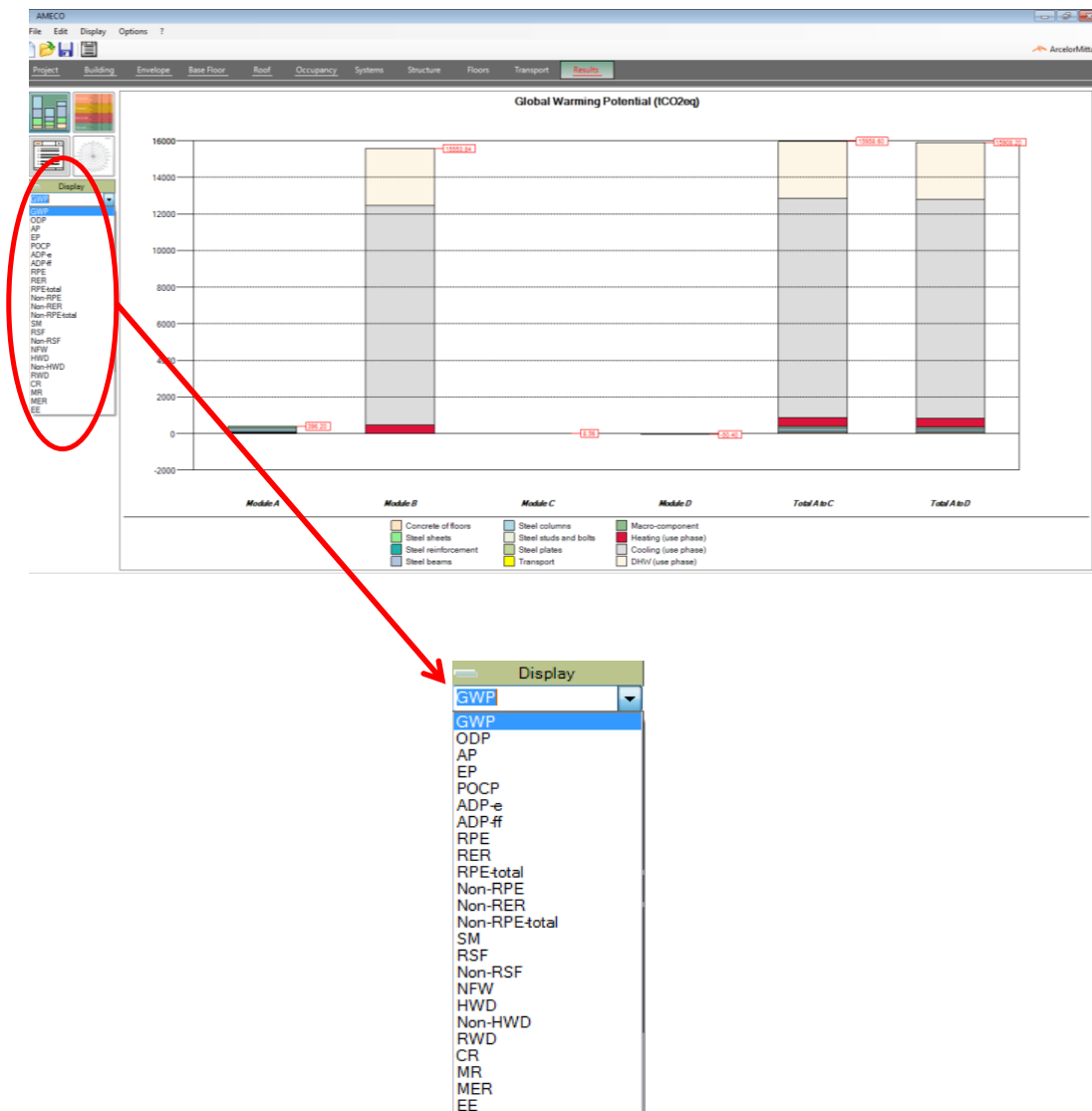
6.2.11.1 Staafdiagrammen

Eén specifiek staafdiagram kan voor elke indicator worden getekend in de interface:

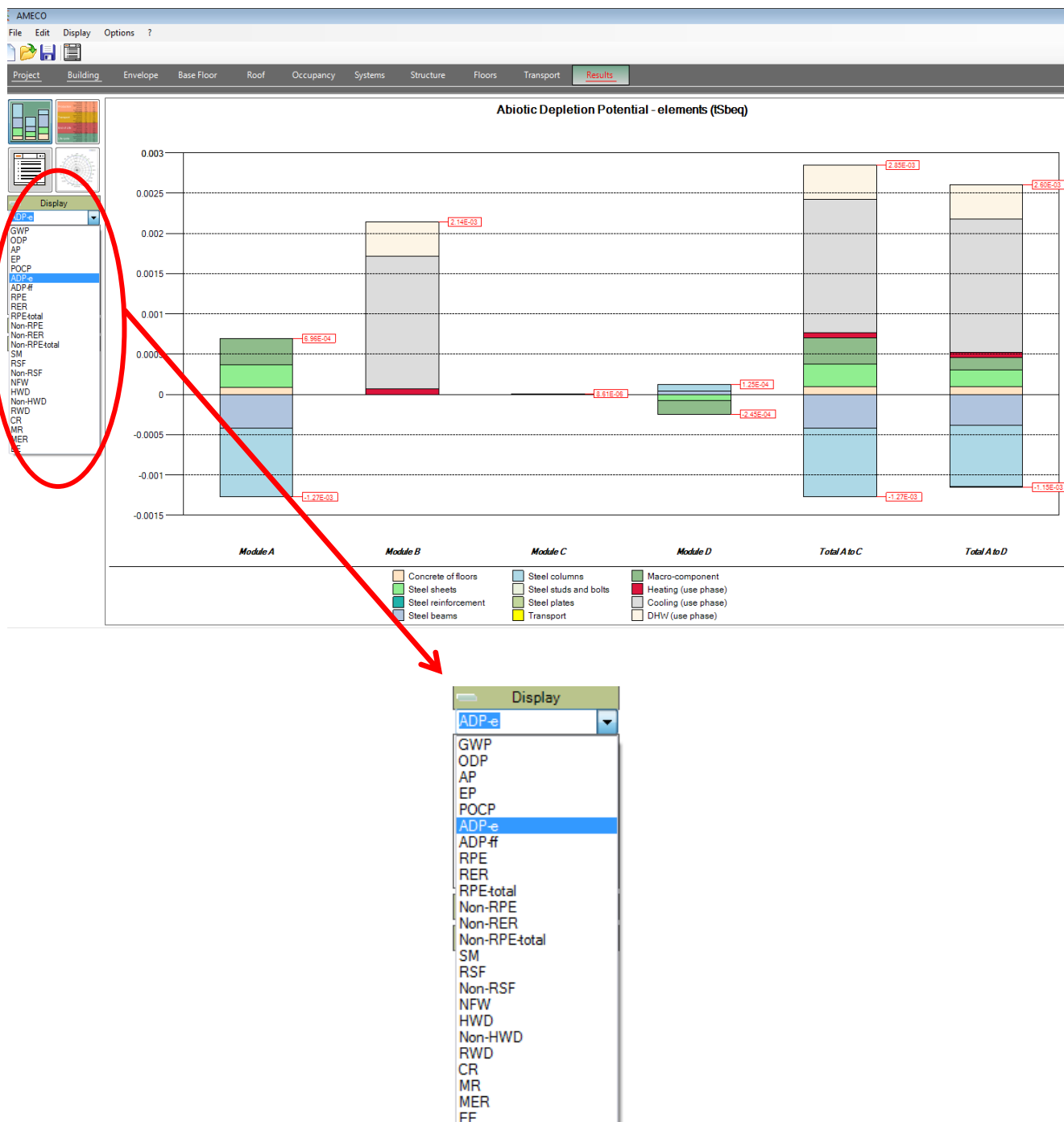
- Indicatoren die de milieu-effecten beschrijven (EN15978)
 - o Broeikaseffect, GWP (kg CO₂ equiv)
 - o Aantasting ozonlaag, ODP (kg CFC 11 equiv)
 - o Verzuring van land en water; AP (kg SO₂- equiv)
 - o Vermesting, EP (kg (PO₄)₃- equiv)
 - o Fotochemische oxydantvorming, POCP (kg Ethene equiv)
 - o Uitputting van grondstoffen, ADP_grondstoffen (kg Sb equiv)
 - o Uitputting van fossiele brandstoffen, ADP_fossiele brandstoffen (MJ)
- Indicatoren die het grondstofgebruik beschrijven (EN15978)
 - o Gebruik van hernieuwbare primaire energie exclusief energievoorraden gebruikt als ruwe materialen, (MJ, netto calorische waarde)
 - o Gebruik van hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materiaal (MJ, netto calorische waarde)

- Gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie exclusief primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materiaal (MJ, netto calorische waarde)
 - Gebruik van niet-hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruw materiaal (MJ, netto calorische waarde)
 - Gebruik van secundair materiaal (kg)
 - Gebruik van hernieuwbare secundaire brandstoffen (MJ)
 - Gebruik van niet-hernieuwbare secundaire brandstoffen (MJ)
 - Gebruik van drinkwater (m³)
- Indicatoren die de afvalcategoriën beschrijven (EN15978)
 - Gestort gevaarlijk afval (kg)
 - Niet-gestort gevaarlijk afval (kg)
 - Gestort radioactief afval (kg)
 - Indicatoren die de outputstromen die het systeem verlaten beschrijven (EN15978)
 - Componenten voor hergebruik (kg)
 - Materialen voor recycling (kg)
 - Materialen voor energierugwinning (geen afvalverbranding) (kg)
 - Geëxporteerde energie (MJ, voor elke energiedrager)

De keuze van de indicatoren kan worden gedaan in het Weergave-menu aan de linkerzijde van het scherm:



Figuur 31: Staafdiagram en de selectie van de weergegeven indicator GWP: broeikaseffect



Figuur 32: Staafdiagram en de selectie van de weergegeven indicator ADP-e: Uitputting – grondstoffen

De resultaten worden weergegeven voor de levenscyclus van het gebouw, voor alle modules:

- Module A : Productfase en constructiefase
- Module B : Gebruiksfase
- Module C : Einde levensduur-fase
- Module D : Milieuvoordelen en -belastingen buiten de systeemgrens van het product
- Module A tot en met C (i.e. de som van de 3 modules A, B en C)
- Module A tot en met D: de globale levenscyclus van het gebouw (i.e. de som van de 4 voorgaande modules)

Voor elke module worden de milieu-effecten gerepresenteerd voor de volgende sets van elementen (indien aanwezig in de constructie):

Constructieve componenten:

- Betonvloeren
- Beton van de constructie
- Staalplaten
- Wapeningstaal
- Stalen liggers
- Stalen kolommen
- Stalen stiftdeuvels en bouten
- Staalplaten in verbindingen

Gebouwschilcomponenten:

- Macro-component

Transport van alle componenten:

- Transport

Gebruiksfase

- Verwarming
- Koeling
- DHW

6.2.11.2 Tabel

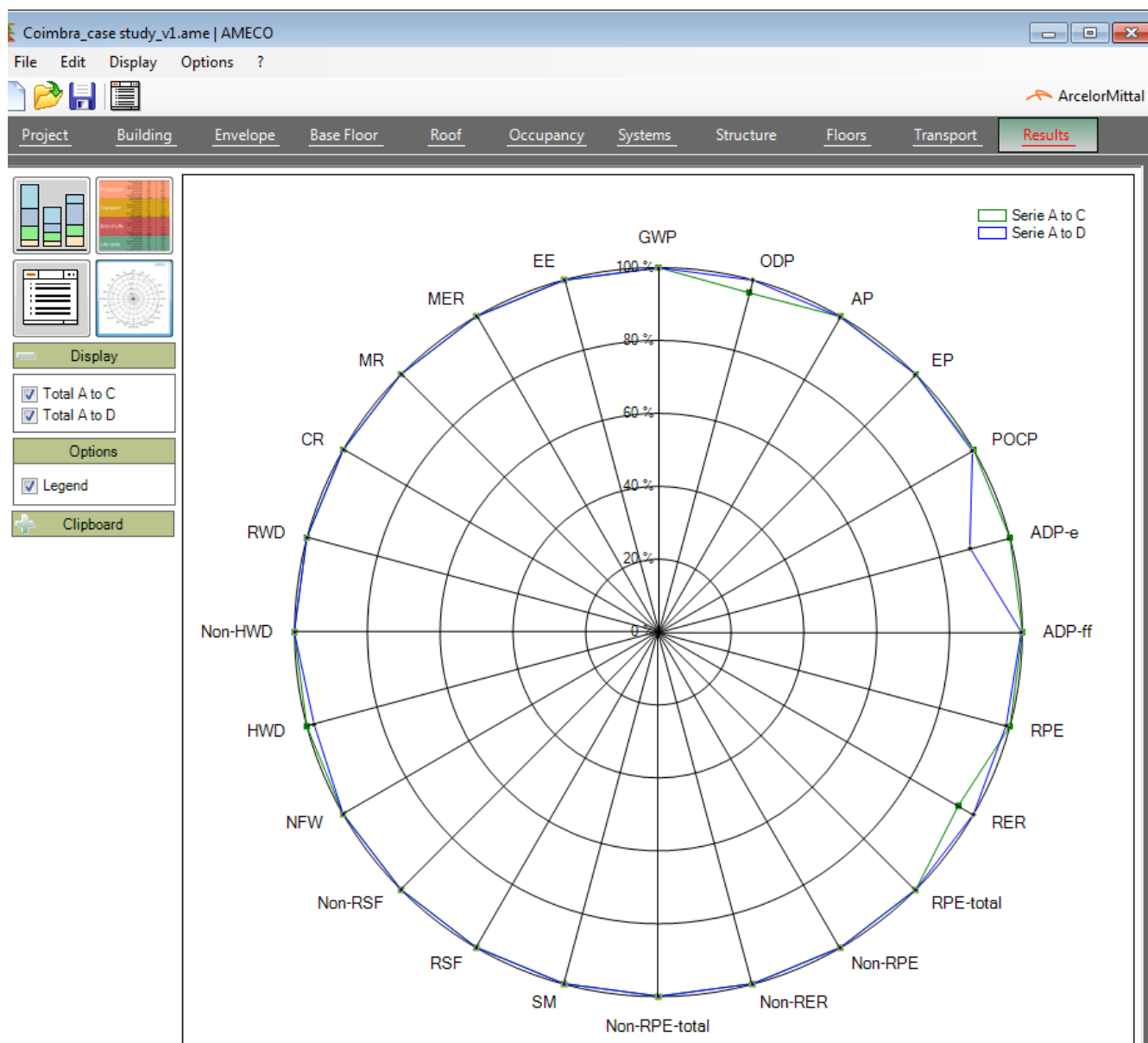
De resultaten van de milieu-effecten kunnen worden weergegeven in een tabel, voor elke fase en set van elementen, die zijn gebruikt voor de staafdiagrammen.

Building 1		ADP-e (tSbeq)
Module A	Concrete of floors	8.57E-05
	Steel sheets	2.85E-04
	Steel reinforcement	0.00E00
	Steel beams	-4.24E-04
	Steel columns	-8.49E-04
	Steel studs and bolts	-1.26E-06
	Plate Connections	0.00E00
	Transport	2.65E-07
	Macro-component	3.25E-04
	Module A	-5.78E-04
Module B	Energy need for space heating	6.41E-05
	Energy need for space cooling	1.65E-03
	Energy need for DHW production	4.28E-04
	Module B	2.14E-03
Module C	Concrete of floors	8.38E-06
	Steel sheets	9.58E-09
	Steel reinforcement	0.00E00
	Steel beams	4.68E-08
	Steel columns	9.36E-08
	Steel studs and bolts	4.68E-10
	Plate Connections	0.00E00
	Transport	0.00E00
	Macro-component	8.09E-08
	Module C	8.61E-06
Module D	Concrete of floors	-4.30E-07
	Steel sheets	-7.67E-05
	Steel reinforcement	0.00E00
	Steel beams	4.16E-05
	Steel columns	8.33E-05
	Steel studs and bolts	-1.10E-06
	Plate Connections	0.00E00
	Transport	0.00E00
	Macro-component	-1.67E-04
	Module D	-1.20E-04
	Concrete of floors	9.41E-05
	Steel sheets	2.85E-04
	Steel reinforcement	0.00E00
	Steel beams	-4.24E-04
	Steel columns	-8.48E-04

Figuur 33: Tabel die de resultaten voor de geselecteerde indicator weergeeft

6.2.11.3 Cirkelgrafiek

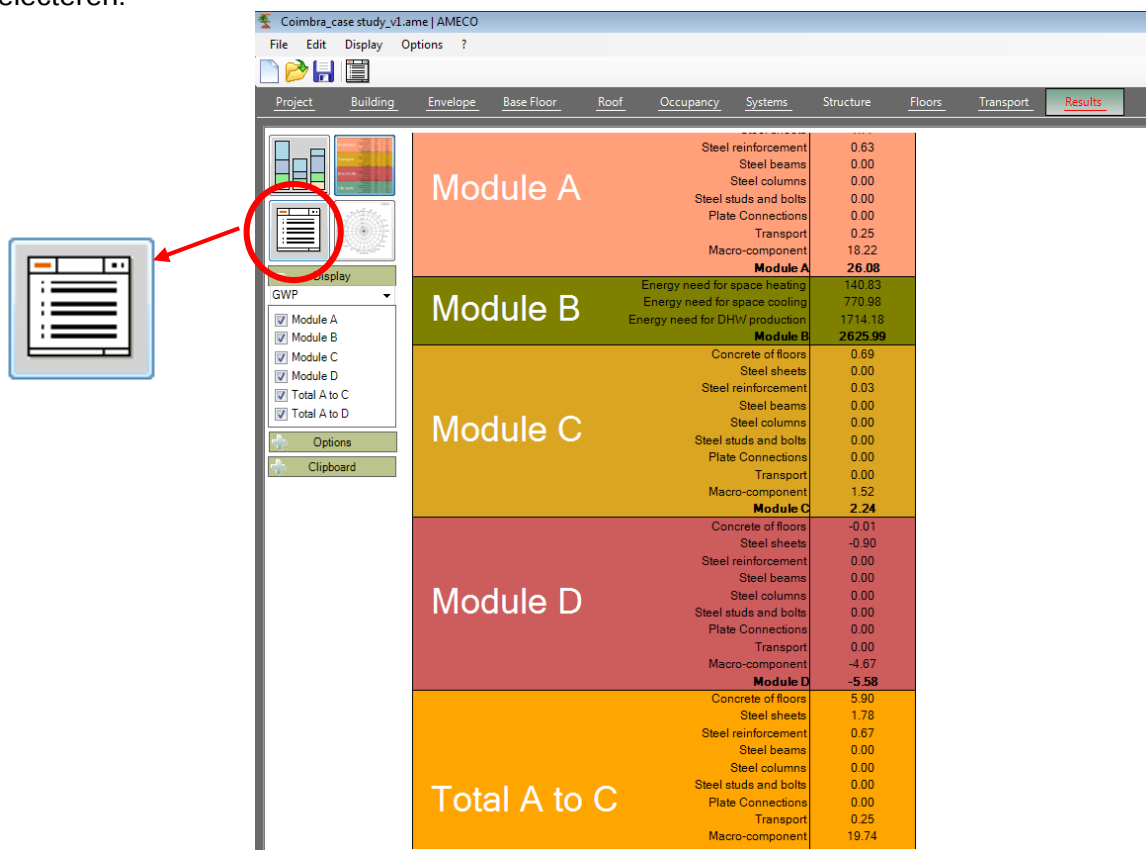
De gebruiker heeft ook de mogelijkheid de resultaten te laten zien in een cirkelgrafiek, waarmee het totaal van de modules A tot en met C en A tot en met D voor alle indicatoren samengevat wordt.



Figuur 34: Cirkelgrafiek

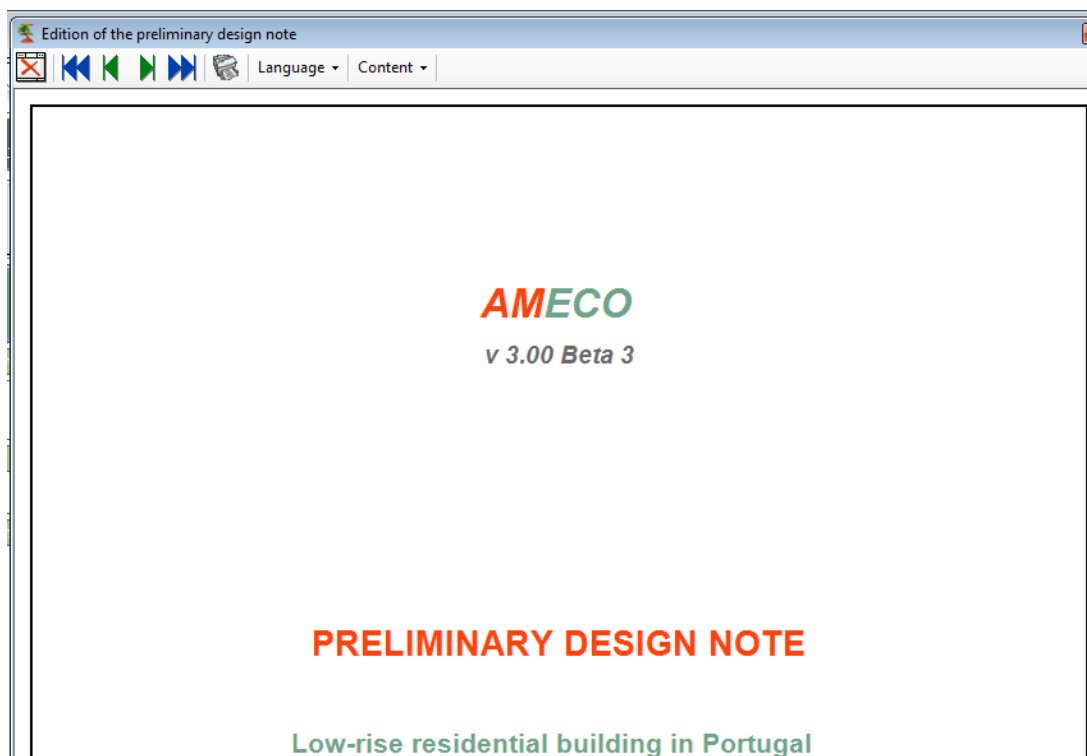
6.2.11.4 Berekeningsblad

Een berekeningsblad, ook wel genoemd “Voorlopig ontwerpproport”, kan worden gegenereerd door het icoon te selecteren:



Figuur 35: Knop Berekeningsblad

Dit rapport, dat kan worden geprint, geeft alle invoer en uitvoer van het gebouw weer.



Figuur 36: Voorlopig ontwerpproport

Synthesis*Synthesis of results for Low-rise residential building in Portugal*

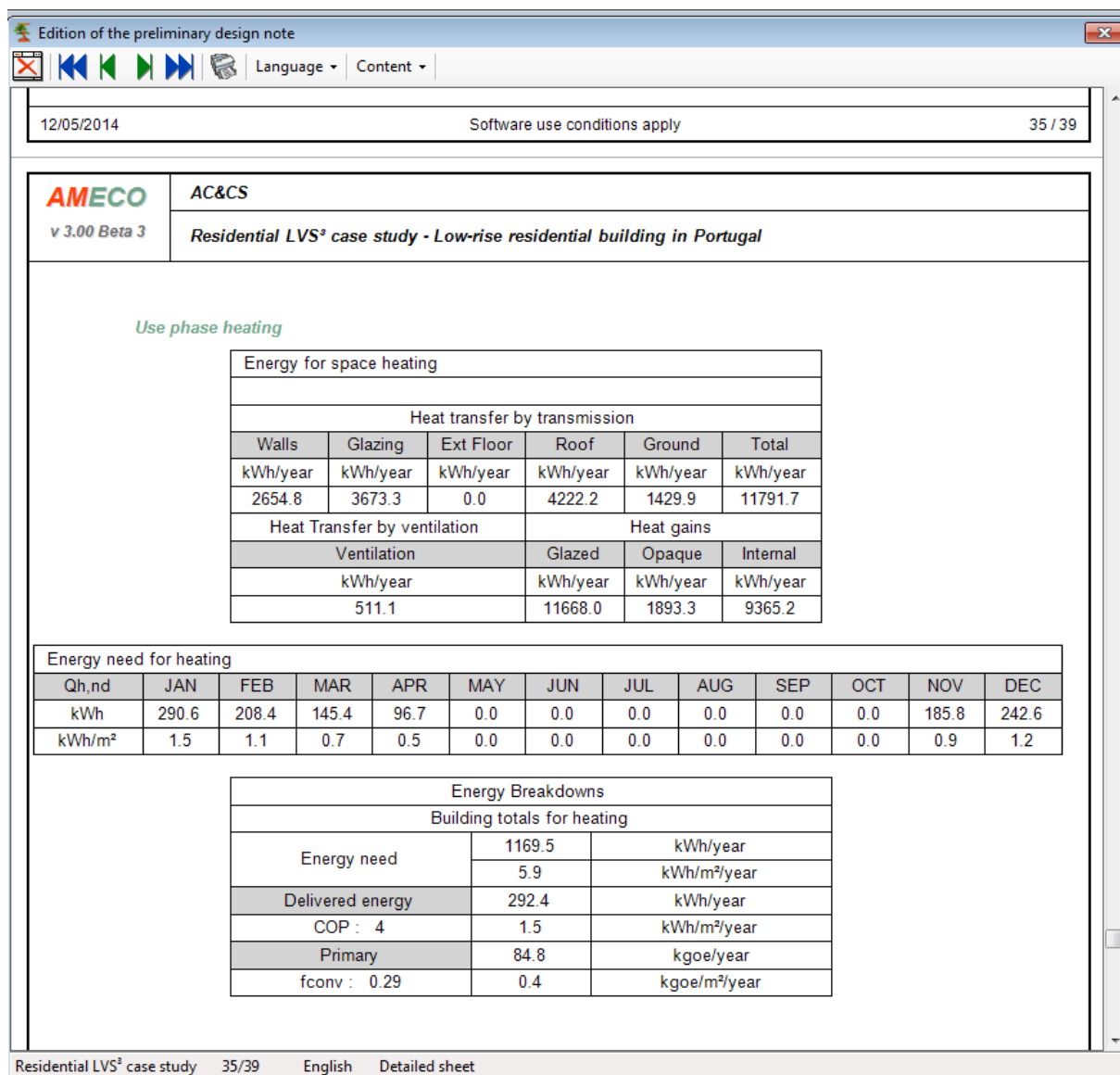
	Module A	Module B	Module C	Module D	Total A to C	Total A to D
GWP (tCO ₂ eq)	26.08	2625.99	2.24	-5.58	2654.32	2648.73
ODP (tCFCeq)	1.70E-07	2.36E-06	1.50E-07	9.90E-08	2.68E-06	2.78E-06
AP (tSO ₂ eq)	6.81E-02	1.24E01	5.44E-03	-1.74E-02	1.25E01	1.25E01
EP (tPO ₄ eq)	8.29E-03	6.55E-01	1.55E-03	-6.36E-04	6.65E-01	6.64E-01
POCP (tEtheneeq)	8.70E-03	7.32E-01	8.46E-04	-3.16E-03	7.42E-01	7.39E-01
ADP-e (tSbeq)	6.79E-05	3.61E-04	8.87E-07	-4.85E-05	4.30E-04	3.82E-04
ADP-ff (GJ NCV)	292.54	46225.20	14.61	-87.50	46532.35	46444.85
RPE (GJ NCV)	200.15	7710.97	1.09	-79.03	7912.21	7833.18
RER (GJ NCV)	40.38	0.00	0.05	2.01	40.43	42.44
RPE-total (GJ NCV)	5.44	7710.97	0.31	0.46	7716.73	7717.19
Non-RPE (GJ NCV)	104.35	26714.85	15.29	-8.79	26834.50	26825.71
Non-RER (GJ NCV)	0.45	19627.40	0.00	0.00	19627.86	19627.86
Non-RPE-total (GJ NCV)	104.80	46342.26	15.29	-8.79	46462.36	46453.57
SM (t)	47.15	0.00	0.00	0.00	47.15	47.15
RSF (GJ NCV)	1.61	0.95	0.00	0.00	2.55	2.55
Non-RSF (GJ NCV)	16.92	9.90	0.00	0.00	26.83	26.83
NFW (1000 m3)	28.44	10030.69	5.85	0.42	10064.99	10065.41
HWD (t)	4.56E-04	0.00E00	0.00E00	-9.15E-06	4.56E-04	4.47E-04
Non-HWD (t)	31.36	10476.45	0.87	-2.41	10508.68	10506.27
RWD (t)	2.42E-03	6.81E00	2.70E-06	-3.08E-04	6.81E00	6.81E00
CR (t)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MR (t)	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.60
MER (t)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EE (t)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Detailed results*Global Warming Potential*

	Module A tCO ₂ eq	Module B tCO ₂ eq	Module C tCO ₂ eq	Module D tCO ₂ eq	Total A to C tCO ₂ eq	Total A to D tCO ₂ eq
Steel total	2.41	0.00	0.04	-0.90	2.44	1.54
Floor sheets	1.77	0.00	0.00	-0.90	1.78	0.88
Concrete total	5.20	0.00	0.69	-0.01	5.90	5.88
Concrete slabs	5.20	0.00	0.69	-0.01	5.90	5.88
Use phase total	0.00	2536.56	0.00	0.00	2536.56	2536.56
Heating	0.00	57.22	0.00	0.00	57.22	57.22
Cooling	0.00	765.16	0.00	0.00	765.16	765.16
DHW	0.00	1714.18	0.00	0.00	1714.18	1714.18
Transport	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25
Total impact of module	26.08	2536.56	2.24	-5.58	2564.89	2559.31

Figuur 37: Tabellen die beschikbaar zijn in het voorlopig ontwerprapport, waarbij de resultaten voor alle indicatoren zichtbaar worden

De gedetailleerde resultaten voor de gebruiksfase worden gegeven in het voorlopig ontwerprapport.



Figuur 38: Tabel gerelateerd aan de verbruiken in de gebruiksfase

7 Case studies

7.1 Kantoorgebouw

7.1.1 Introductie

Het doel is de berekening van het milieu-effect van een kantoorgebouw te presenteren en de verschillende constructietypes te vergelijken, met gebruikmaking van de AMECO3 software.

Drie typen constructiesystemen worden geanalyseerd:

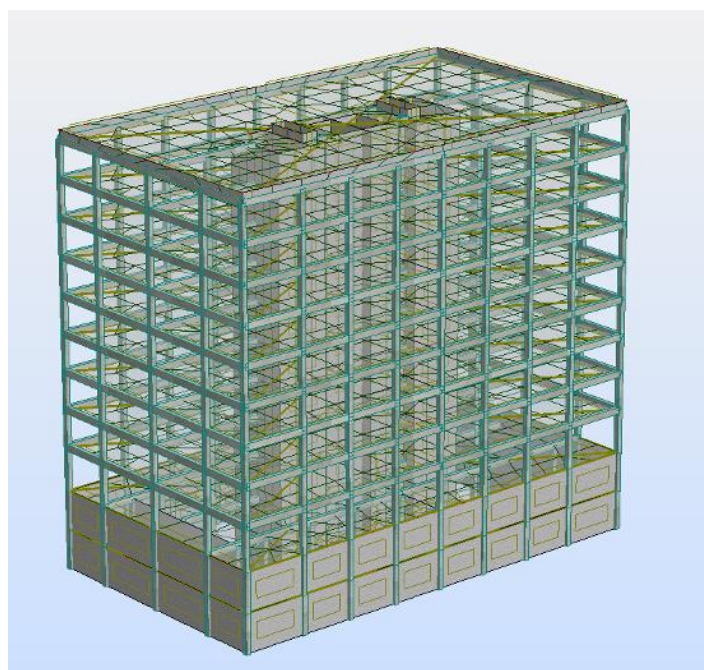
- een samenwerkende staal-beton constructie
- een betonconstructie
- een geoptimaliseerde samenwerkende staal-beton constructie (deze optimalisatie heeft plaatsgevonden op basis van een op duurzaamheid geoptimaliseerd ontwerp)

Het constructief ontwerp werd op verzoek van ArcelorMittal gedaan binnen het toepassingsgebied van een studie door een extern ingenieurbureau. Bovendien werd dit constructief ontwerp ook beoordeeld door een groep van onafhankelijke experts [4].

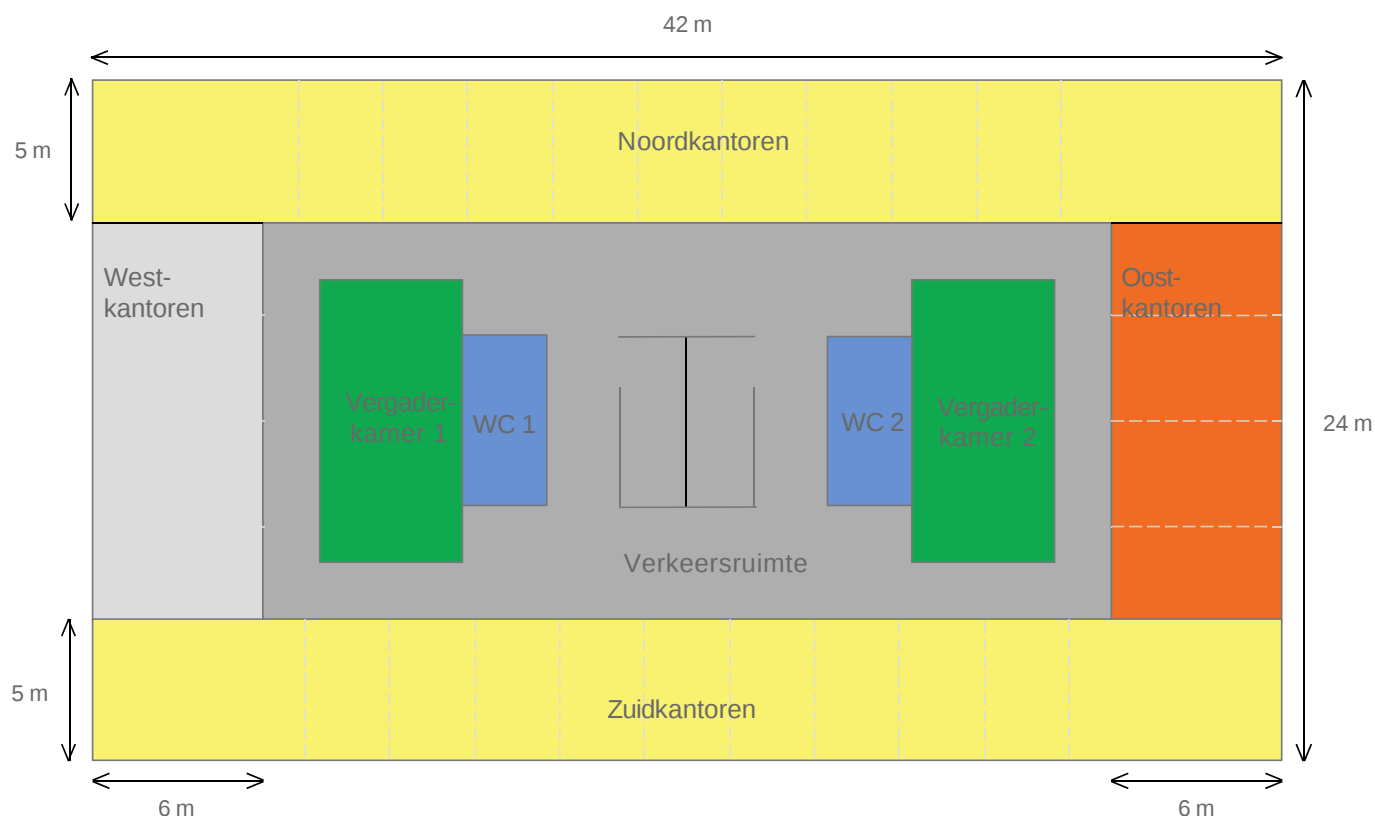
De 3 systemen zijn in Europa gebruikelijk voor kantoorgebouwen.

7.1.2 Beschrijving van het gebouw

Afmetingen van het gebouw	42,4 m x 24,4 m
Aantal bouwlagen boven maaiveld	b.g. + 8 verdiepingen (9)
Aantal bouwlagen onder maaiveld	2
Hoogte van het gebouw	31,2 m
Verdiepingshoogte (bovenkant vloer tot bovenkant vloer)	3,4 m (behalve de begane grondvloer met 4,0 m)



Figuur 39: 3D overzicht van het gebouw, inclusief de niveau's onder maaiveld



Figuur 40: Typische vloerverdeling

Verschillende oplossingen:

De elementen waarin de 3 gebouwen zich onderscheiden, betreffen alleen de bovengrondse constructie (kolommen, liggers en vloerplaten), en de centrale stabiliteitskern. De overige elementen van de constructie (fundering en ondergrondse constructie), de gebouwschil en de binnenafwerking zijn identiek.

De gebouwschil bestaat uit lichte staalpanelen, geïsoleerd met 50 mm geëxtrudeerde polystyreen (XPS). De ramen zijn voorzien van dubbele beglazing, met zonwering voor de ramen op het zuiden. Het dak is geïsoleerd met 180 mm geëxpandeerde polystyreen (EPS).

De verwarming en koeling zijn gebaseerd op een splitsysteem en er is een mechanisch ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Een elektrische boiler levert de behoefte aan warm water.

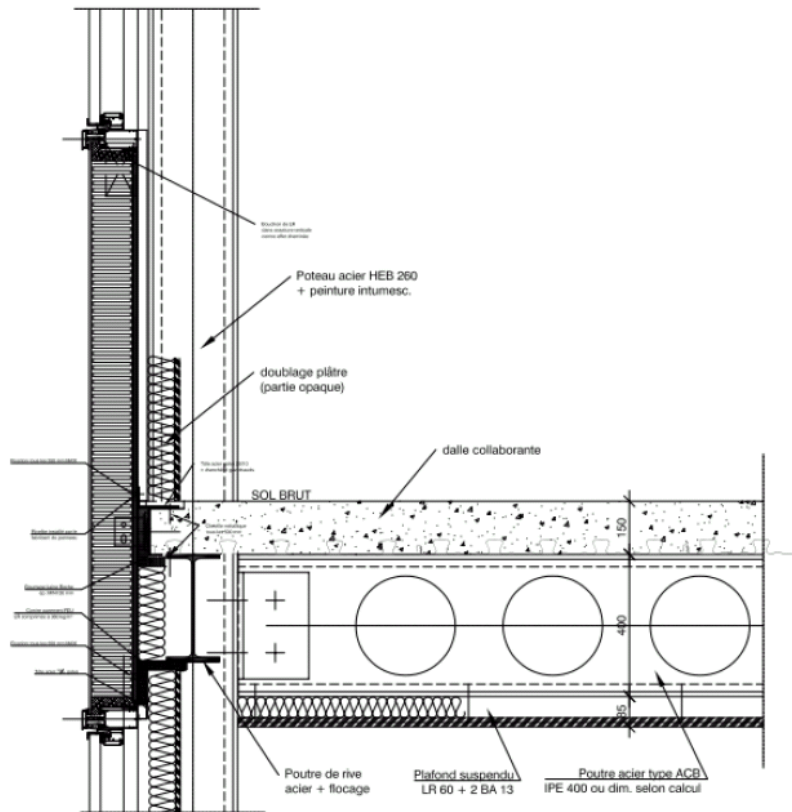
De diensten die worden geleverd door de gebouwen, worden als equivalent beschouwd omdat de bruikbare gebouwoppervlakten gelijk zijn. Dit hoewel het volume van het gebouw iets groter is in het geval van staal-beton constructies dan in het geval van een betonconstructie.

De gebouwen zijn ontworpen in de klimaatregio van Parijs.

De ontwerplevensduur (LTS) voor gebouwen is 100 jaar. Inderdaad is het voor kantoorgebouwen in de overgrote meerderheid van de gevallen zo dat de constructieve elementen de levensduur van het gebouw bepalen; de overige elementen kunnen worden gerenoveerd of vervangen. In deze studie zijn de materialen van de constructies echter compatibel met een levensduur van 100 jaar. Tot slot is het interessant op te merken dat de ontwerplevensduur geen onderscheidend element is tussen de verschillende gebouwconstructies die zijn onderzocht in deze studie.

1. Samenwerkende staal-betonoplossing

Het samenwerkende staal-beton gebouw heeft een samenwerkende staal-beton bovenconstructie en een betonnen kern.



Figuur 41: Gedetailleerd overzicht van het constructiesysteem

Zoals getoond in Figuur 41, is het constructiesysteem gemaakt van staal-betonliggers met ronde gaten in staal S355, die met stalen stiftdeuvels verbonden zijn aan de staalplaat-betonvloer.

De staalplaat-betonvloer bestaat uit de COFRA+60 staalplaat en beton C30/37.

De kern van het gebouw is van beton.

Deze constructie correspondeert met de state-of-the-art bouwwijze van kantoorgebouwen op de Franse markt.

2. Betonoplossing

Het betonnen gebouw heeft een prefab kanaalplaatvloer ondersteund door een gewapend betonconstructie en een betonnen kern.

De prefab kanaalplaatvloer en het gewapend beton zijn van beton C30/37.

De kern van het gebouw is in beton.

Deze constructie correspondeert eveneens met de actuele bouwwijze van kantoorgebouwen op de Franse markt.

3. Op duurzaamheid geoptimaliseerde samenwerkende staal-beton constructie

Het op duurzaamheid geoptimaliseerde samenwerkende staal-betongebouw heeft een samenwerkende staal-beton bovenconstructie en een stalen kern.

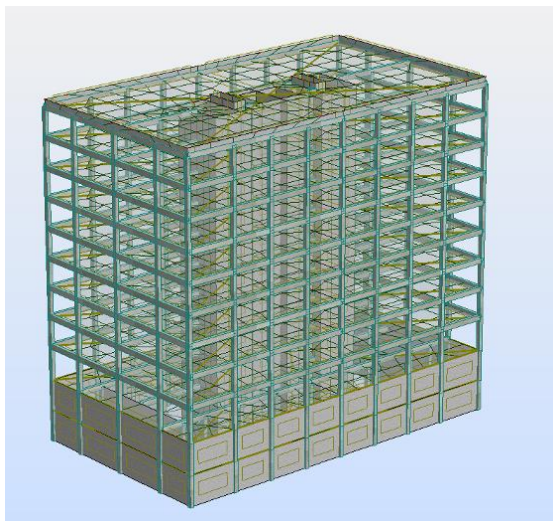
Het constructiesysteem is gemaakt van staal-betonliggers met ronde gaten in staal S460 die met stalen stiftdeuvels verbonden zijn aan de staalplaat-betonvloer.

De staalplaat-betonvloer bestaat uit de COFRA+60 staalplaat en beton C30/37.

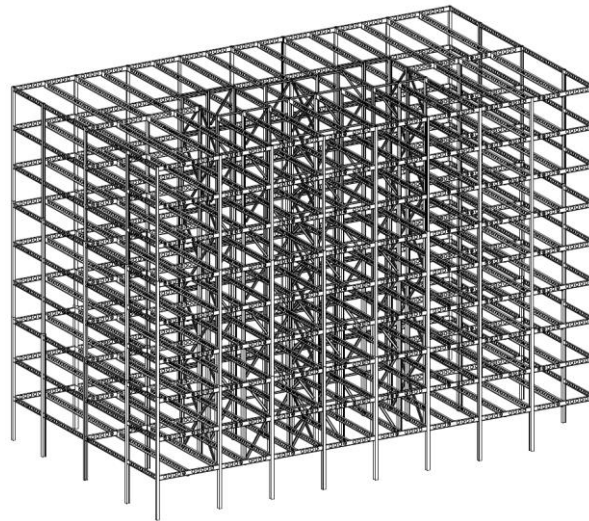
De kern van het gebouw is in staal.

Deze constructie correspondeert met de actuele bouwwijze van kantoorgebouwen op de Franse markt, maar is geoptimaliseerd in termen van materiaalgebruik om de duurzaamheidsfootprint te minimaliseren.

Centrale kern van de gebouwen:



Figuur 42: Betonnen kern (oplossingen 1 & 2)



Figuur 43: Stalen kern (oplossing 3)

Constructieve data voor de 3 oplossingen:

Boven-constructie	Constructie				Vloerplaat			
Waarden in tonnen (t)	Staalprofielen	Staalplaten in verbindingen	Beton C30/37	Staalwape-ning	Staal-elemen-ten	Totale dikte	Beton-vloer	Staalwape-ning
Staal S355	239,9 t	14,994 t	-	-	70,6 t (Cofraplus 60)	150 mm	2246 t	16,56 t
Beton	-	-	1199 t	59,1 t	-	240 mm + 70 mm druk-laag	4688 t	16,56 t
Staal S460	197,1 t	11,827 t	-	-	70,6 t (Cofraplus 60)	150 mm	2246 t	16,56 t
Staalkern	75,46 t	6,037 t	-	-	-	-	-	-
Betonkern	-	-	1941 t	44,16 t				

met: Gebouw 1 = Constructie in staal S355, en betonkern
 Gebouw 2 = Constructie in beton, met betonkern
 Gebouw 3 = Constructie in staal S460, en staalkern

NB: dichtheid van het beton= 2500 kg/m³

7.1.3 Duurzaamheidsanalyse met de AMECO3 software

7.1.3.1 Inputdata in de AMECO3 software

⇒ Algemene inputdata van het gebouw 1 in AMECO3

The screenshot shows the AMECO3 software window titled 'Office Steel 355.ame | AMECO'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Display', 'Options', and '?'. Below the menu bar are icons for file operations. The 'Project' tab is selected in the top navigation bar, with other tabs including 'Building', 'Enveloppe', 'Base Floor', 'Roof', 'Occupancy', 'Systems', and 'Structure'. The main area is titled 'Project identification' and contains a table for project data.

Identification	
Project name	Office building in steel
Building name	Office in Steel S355
Company	ArcelorMittal
Prepared by	Françoise
Comment	

⇒ Inputdata voor de gebouwschil (Modules A-C-D)

- Definitie van de algemene data van het gebouw:

The screenshot shows the 'Definition of the building' section in the AMECO3 software. It contains a table for general parameters and a compass rose diagram.

General parameters		
North - South facade Length	42.4	m
East - West facade length	24.4	m
Floor height	3.4	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	8	
Area of intermediate floors	8276.48	m ²
Total area of building	9311	m ²
Structure only	No	▼
Building type	Office	▼

Compass rose diagram showing North, South, East, and West directions.

Location	
Country	France ▼
Location	Paris ▼
Display	

- Definitie van de gebouwschil: thermische karakteristieken (U-waarden) gebruikt voor de gebouwschil (wanden, openingen, grond en dak) worden overgenomen van de componenten die zijn geïmplementeerd in AMECO3.

Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport	Results
Definition of the building envelope								
Facade								
Direction	North	East	South	West				
Facade area	1297.44	746.64	1297.44	746.64	m ²			
Opening area	30	30	30	30	%			
Facade properties								
Wall type	Light steel panel wall (rock wool)							
U-value for walls	0.296				W/(m ² .K)			
Opening type	Double glazing low emissivity (type 1)							
U-value for openings	1.7				W/(m ² .K)			
Shading device type	No shading device							
Shutter type	No shutter							

- Definitie van de begane grondvloer van het gebouw:

Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport
Definition of the building base floor									
Base floor									
U-value for the base floor	0.599			W/(m ² .K)					
Base floor type	Suspended Floor								
Thickness of concret base floor	0.2			m					
Mass of reinforcing steel	0			t					
Internal heat capacity of ground	50000			J/(m ² .K)					
Internal heat capacity of intermediate floor	50000			J/(m ² .K)					
Internal heat capacity of internal wall	20000			J/(m ² .K)					

- Definitie van het dak:

Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport
Definition of the building roof							
Roof							
Roof type	Roof type 2						
U-value for the roof (flat part)	0.373			W/(m ² .K)			

⇒ Inputdata voor de gebruiksfase van het gebouw (Module B)

- Definitie van het gebruik:

Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
Occupancy related data						
Comfort requirements						
Heating set-point temperature		20		°C		
Cooling set-point temperature		26		°C		
Air-flow-rate (heating mode)		0.6		ac/h		
Air-flow-rate (cooling mode)		1		ac/h		

- Beschrijving van de installaties:

Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
Description of building systems						
Heating system						
Heating system type		Split (heating)				
Cooling system						
Cooling type system		Split (cooling)				
Mechanical ventilation system						
Heat recovery system		Yes				
Heat recovery percentage		80				
DHW system						
DHW system type		Electric boiler				

⇒ Algemene data voor de constructie van het gebouw (Module A-C-D)

- Beschrijving van de draagconstructie:

Bearing structure of the building		
Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	239.9	t
Columns (Hot rolled profiles)	0.0	t
Studs	0.0	t
Bolts	0.0	t
Plate Connections	14.99	t
Concrete elements		
Concrete Type	In-situ/Poured	▼
Concrete Grade	C30/37	▼
Beams	0.0	t
Columns	1941	t
Steel reinforcement	44.16	t
Wood elements		
Beams	0.0	t
Columns	0.0	t
Total mass of structure	2240	t

- Beschrijving van de vloersystemen:

Floor slabs		
Steel elements		
Type of slab	Composite slab	▼
Steel deck	Cofraplus 60	▼
Thickness of the deck	0.750	▼ mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53	kg/m²
Mass of sheeting for the building	70.6	t
Minimum depth of the floor	100	mm
Concrete elements		
Total depth of the floor	150.0	mm
Concrete Type	In-situ/Poured	▼
Concrete Grade	C30/37	▼
Total mass of the floor concrete (incl. base floor)	2735	t
Steel reinforcement	0.0	t
Total mass of the floor slabs	2805	t

⇒ Data voor het transport van elementen (Module A)

Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport
Transport parameters								
Steel elements								
Total steel transported	369.6		t					
Values for the transport impacts	User values		▼					
Mass transported by electric train	0.0		t					
Distance	0.0		km					
Mass transported by regular trucks	369.6		t					
Distance	500		km					
Concrete elements								
Total concrete transported	4676		t					
Concrete produced on site	4676		t					
Distance by mixer trucks	50.0		km					
Prefabricated concrete	0.0		t					
Distance by regular trucks	0.0		km					

7.1.3.2 Resultaten van de kekening met AMECO3

Gebouw 1: staal S355 – betonkern

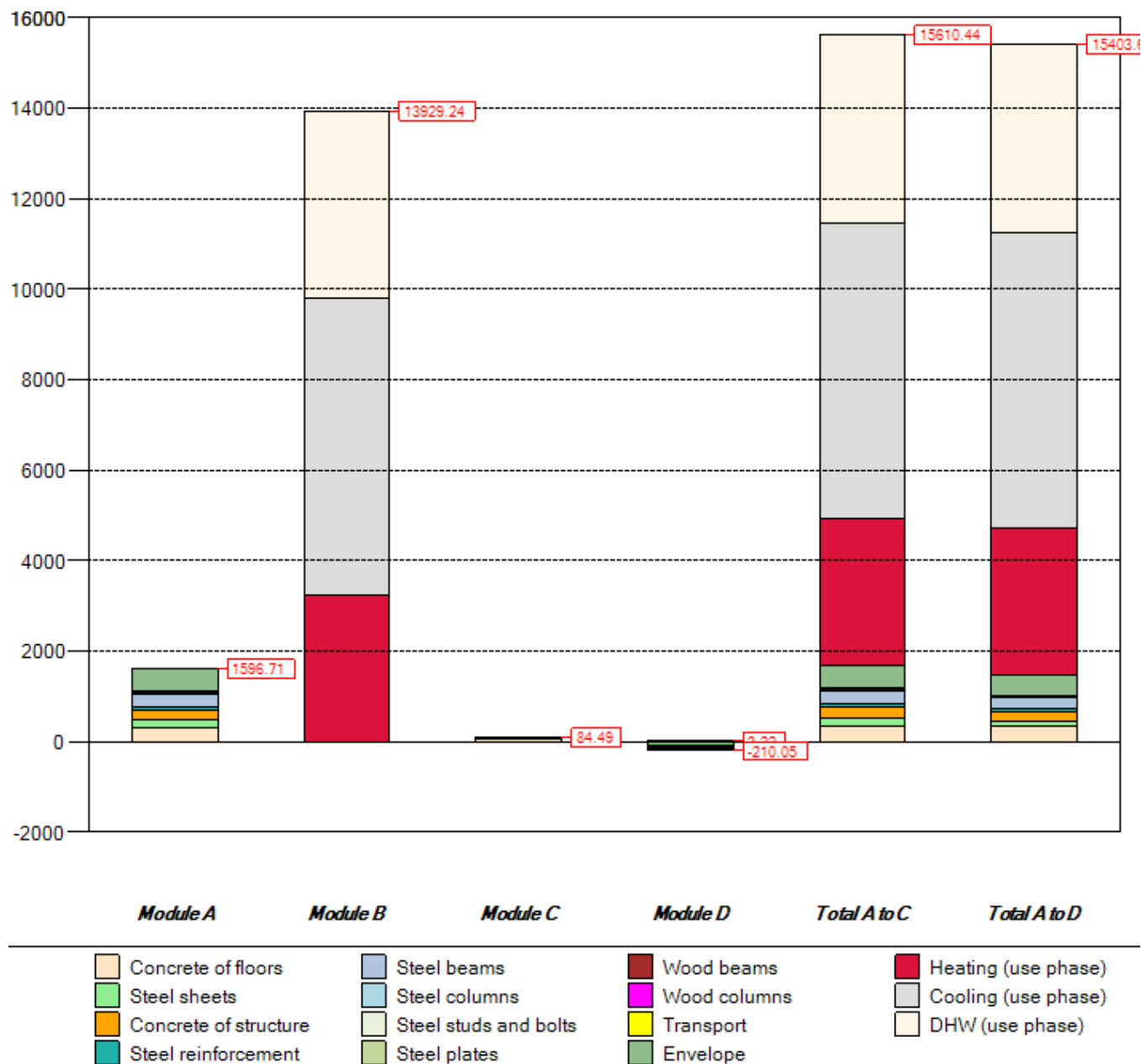
Gedetailleerde resultaten voor het broeikaseffect GWP (t CO₂eq):

Kantoorgebouw in staal S355	Module A tCO ₂ eq	Module B tCO ₂ eq	Module C tCO ₂ eq	Module D tCO ₂ eq	Totaal A tot en met C tCO ₂ eq	Totaal A tot en met D tCO ₂ eq
Staal totaal	549,17	0	4,71	-148,78	553,88	405,1
Liggers	276,92	0	1,38	-40,71	278,3	237,59
Kolommen	0	0	0	0	0	0
Platen in verbindingen	36,84	0	0,09	-19,66	36,93	17,27
Wapening	54,93	0	2,8	3,22	57,73	60,95
Stalen vloerplaten	180,48	0	0,44	-91,63	180,92	89,29
Beton totaal	520,77	0	63,22	-3,51	583,99	580,48
Beton in constructie	216,19	0	23,02	-2,74	239,21	236,47
Beton in vloeren	304,58	0	40,2	-0,77	344,78	344,01
Omhuiling	489,99	0	16,55	-54,54	506,54	452
Gebruiksfase totaal	0	13929,24	0	0	13929,24	13929,24
Verwarming	0	3233,37	0		3233,37	3233,37
Koeling	0	6543,84	0		6543,84	6543,84
Water	0	4152,03	0		4152,03	4152,03
Transport	36,78	0	0		36,78	36,78
Totale effect van module	1596,71	13929,24	84,48	-206,83	15610,43	15403,6

We kunnen uit deze resultaten opmerken dat de Module B, die de gebruiksfase is van het gebouw, dominant is in vergelijking met de overige modules.

Grafische resultaten voor het broeikaseffect GWP (t CO₂eq):

Global Warming Potential (tCO₂eq)



Gebouw 2: betonconstructie en -kern

Gedetailleerde resultaten voor het broeikaseffect GWP (t CO₂eq):

Kantoorgebouw in beton	Module A tCO ₂ eq	Module B tCO ₂ eq	Module C tCO ₂ eq	Module D tCO ₂ eq	Totaal A tot en met C tCO ₂ eq	Totaal A tot en met D tCO ₂ eq
Staal totaal	128,45	0	6,55	7,54	135	142,54
Liggers	0	0	0	0	0	0
Kolommen	0	0	0	0	0	0
Platen in verbindingen	0	0	0	0	0	0
Wapening	128,45	0	6,55	7,54	135	142,54
Stalen vloerplaten	0	0	0	0	0	0
Beton totaal	1078,55	0	133,44	-6,28	1211,99	1205,71
Beton in constructie	349,74	0	37,24	-4,43	386,98	382,55
Beton in vloeren	728,81	0	96,2	-1,85	825,01	823,16
Omhuiling	489,99	0	16,55	-54,54	506,54	452
Gebruiksfase totaal	0	13929,24	0	0	13929,24	13929,24
Verwarming		3233,37			3233,37	3233,37
Koeling		6543,84			6543,84	6543,84
Water		4152,03			4152,03	4152,03
Transport	60,56	0	0	0	60,56	60,56
Totale effect van module	1757,55	13929,24	156,54	-53,28	15843,33	15790,05

Gebouw 3: staal S460 constructie en kern

Gedetailleerde resultaten voor het broeikaseffect GWP (t CO₂eq):

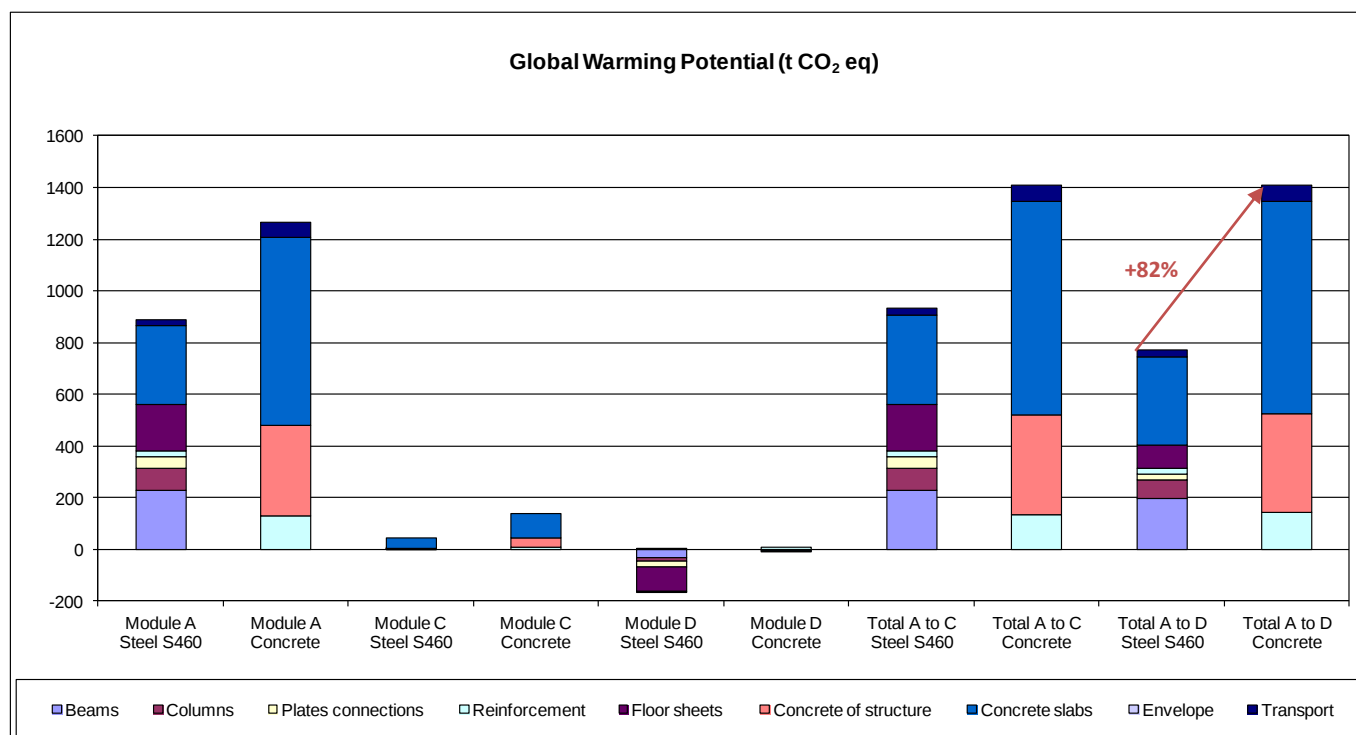
Kantoorgebouw in staal S460	Module A tCO ₂ eq	Module B tCO ₂ eq	Module C tCO ₂ eq	Module D tCO ₂ eq	Totaal A tot en met C tCO ₂ eq	Totaal A tot en met D tCO ₂ eq
Staal totaal	559,6	0	3,15	-160,09	562,75	402,66
Liggers	227,51	0	1,13	-33,44	228,64	195,2
Kolommen	87,1	0	0,43	-12,8	87,53	74,73
Platen in verbindingen	43,91	0	0,1	-23,43	44,01	20,58
Wapening	20,6	0	1,05	1,21	21,65	22,86
Stalen vloerplaten	180,48	0	0,44	-91,63	180,92	89,29
Beton totaal	304,58	0	40,2	-0,77	344,78	344,01
Beton in constructie	0	0	0	0	0	0
Beton in vloeren	304,58	0	40,2	-0,77	344,78	344,01
Omhuiling	489,99	0	16,55	-54,54	506,54	452
Gebruiksfase totaal	0	13929,24	0	0	13929,24	13929,24
Verwarming		3233,37			3233,37	3233,37
Koeling		6543,84			6543,84	6543,84
Water		4152,03			4152,03	4152,03
Transport	25,31	0	0	0	25,31	25,31
Totale effect van module	1379,48	13929,24	59,9	-215,4	15368,62	15153,22

Ook voor alle drie de gebouwen kunnen we opmerken dat Module B, die de gebruiksfase van het gebouw is, dominant is in vergelijking met de overige modules. Bovendien hangt de gebruiksfase niet af van het constructietype van het gebouw (beton of staal).

Deze resultaten laten zien dat de constructie een erg geringe invloed heeft op de globale milieu-effecten van het gebouw, in vergelijking met de exploitatie van en de activiteiten in het gebouw.

De volgende vergelijkingen zullen worden gedaan met weglating van de gebruiksfase van het gebouw. Dit om te accentueren hoe het gebouwtype de milieu-effecten werkelijk beïnvloedt.

De vergelijking tussen het gebouw in beton en het in staal geoptimaliseerde gebouw is geïllustreerd in de volgende figuur.



In termen van het milieu-effect GWP, laten de resultaten geleverd door de software zien dat er een groot verschil is tussen het betonnen gebouw en het op duurzaamheid geoptimaliseerde stalen gebouw, dat kan oplopen tot 53% voor module A tot C wanneer de recycling van staal en het hergebruik van betonpuin als wegverharding niet in beschouwing worden genomen, tot 82% als dit wel wordt gedaan.

Deze studie laat zien dat het gebruik van staal-betonconstructies een aantal voordelen oplevert op het gebied van duurzaamheid. Dit voordeel is vooral dankzij het lage gewicht van staal-betonconstructies. Er is aangetoond dat het mogelijk is om door tijdens het ontwerp het materiaalgebruik te minimaliseren de duurzaamheidsfootprint van de gebouwconstructie te verminderen.

De recycling van materiaal aan het einde van de levensduur (oneindige recycling van staal en gebruik van betonpuin als wegverharding) maakt constructies erg duurzaam. Het gebruik van Module D van EN 15804 maakt het mogelijk hiermee de duurzaamheidsfootprint van gebouw te optimaliseren.

Deze studie heeft aangetoond dat de staal-betonoplossing duidelijk de beste keuze voor de constructie van een kantoorgebouw. Deze oplossing maakt het gebruik van beide materialen in hun “sterkste kwaliteit” mogelijk. Dit betekent: beton op druk en staal op trek. Het maakt het mogelijk het effect van de doorbuiging op het ontwerp te verminderen, waardoor intussen de totale duurzaamheidsfootprint van het gebouw afneemt.

Dezelfde conclusie kan worden getrokken voor het gebruik van hogesterktestaal. Het verkleint het totale milieu-effect van staal-betonconstructies door vermindering van het materiaalgebruik.

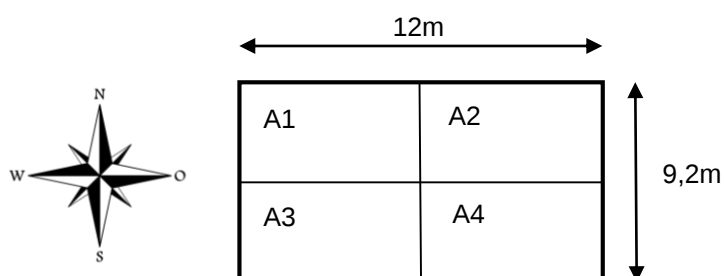
7.2 Woongebouw - CasaBuna in Roemenië

7.2.1 Beschrijving van het gebouw

Het Casa Buna concept is een 4-gezinshuis gelegen in Roemenië.



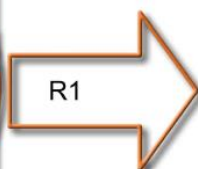
Het Casa Bună gebouw is verdeeld in 4 appartementen van 55 m² netto vloeroppervlakte, gelijk verdeeld over 2 vloeren.



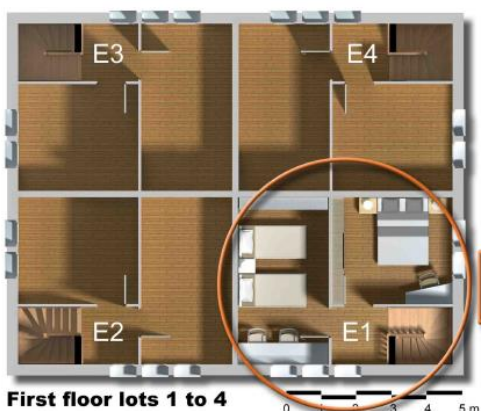
De totale hoogte van het gebouw is 6,85 m, tot de nok van het hellende dak. Omdat alleen een vlak dak kan worden gemodelleerd in AMECO3, is voor de gemiddelde hoogte van elke vloer 2,9 m aangehouden. Een verticale doorsnede en de plattegronden van het gebouw zijn te vinden in de figuren hieronder:



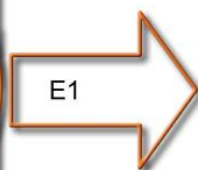
Ground floor lots 1 to 4



Ground floor lot 1



First floor lots 1 to 4



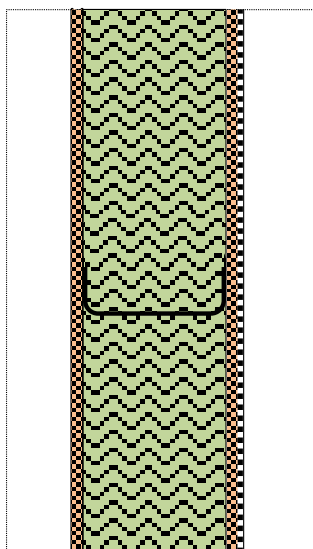
First floor lot 1

De volgende tabel vat de oppervlakten van de gebouwschil samen.

Tabel Wanden en glasoppervlakten

	Noord/Zuid [m ²]	West/Oost [m ²]	Som [m ²]
Wanden	47	41	87
Glas	22	12	34
Totale oppervlakten	69	53	122

De gevel is gebaseerd op een lichte staalframeconstructie, opgesloten tussen houten panelen (OSB), 120 mm steenwol, en gipsplaat aan de binnenzijde. De gevelopbouw is getoond in de figuur hieronder:



Er is geen additionele draagconstructie in het gebouw.

De vloer op het maaiveld is gemaakt van gewapend beton, is 0,2 m dik en geïsoleerd met 4 cm geëxtrudeerde polystyreen. Het gewicht van de wapeningstaven is 0,7 t. De tussenvloer is gebaseerd op het drogevloerprincipe.

De ramen zijn gemaakt van dubbel glas met lage-emissiviteit en PVC kozijnen.

De volgende tabel geeft de U-waarde van de gebouwelementen.

WANDEN	0,30	W/m ² .K
VLAK DAK	0,37	W/m ² .K
RAMEN	1,70	W/m ² .K
BEGANE GRONDVLOER	0,60	W/m ² .K

Als input moeten ook de warmtecapaciteiten opgegeven worden aan de binnenzijde van de vloeren en de binnenwanden. De details van de berekening worden hieronder getoond:

Begane grondvloer 0,2 m beton + tegels	74324	J/m ² K
Tussenvloer Linoleum + OSB + staalplaat + spouw + gipsplaten	32447	J/m ² K
Binnenwanden gipsplaten + steenwol + lichte staalframing + gipsplaten	13081	J/m ² K

De verwarmings- en koelingsbehoeften worden geleverd door splitsystemen, gebaseerd op insteltemperaturen van respectievelijk 20 en 25° C. Het gebouw wordt natuurlijk geventileerd. Het warm tapwatersysteem is gebaseerd op een elektrische boiler met 90% efficiëntie.

De funderingen zijn niet meegenomen in de gepresenteerde studie, evenals de scheidingswanden en deuren. De lichte onderdelen, zoals binnenafwerking, en de inrichting zijn ook niet meegenomen in de

analyse. Alleen extra verliezen als gevolg van aanwezige koudebruggen zijn opgenomen in het energieverbruik van het gebouw.

7.2.2 Inputdata in de AMECO3 software

7.2.2.1 Algemene inputdata van het woongebouw in AMECO3

Identification	
Project name	LVS3
Building name	CasaBuna dwelling
Company	AC&CS
Prepared by	Valérie
Comment	AMECO v3 beta4

7.2.2.2 Inputdata voor de geometrie (Modules A-C-D)

General parameters	
North - South facade Length	12 m
East - West facade length	9.2 m
Floor height	2.9 m
Floor height under ceiling	2.7 m
Number of intermediate floors	1
Area of intermediate floors	110.4 m ²
Total area of building	220.8 m ²
Structure only	No
Building type	Residential

North
West ★ East
South

Location	
Country	Romania
Location	Timisoara
Display	

7.2.2.3 Inputdata voor de componenten van het gebouw (Module A-B-C-D)

CasaBuna_Resid_CaseStudyv4.ame | AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building **Envelope** Base Floor Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport Results

Definition of the building envelope

Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m ²
Opening area	22	12	22	12	%

Facade properties

Wall type	Light steel panel wall (rock wool)	
U-value for walls	0.296	W/(m ² .K)
Opening type	Double glazing low emissivity (type 1)	
U-value for openings	1.7	W/(m ² .K)
Shading device type	No shading device	
Shutter type	No shutter	

AMECO

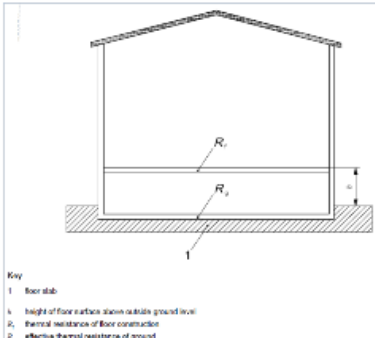
File Edit Display Options ?

Project Building Envelope **Base Floor** Roof Occupancy Systems Structure Floors Tran

Definition of the building base floor

Base floor

U-value for the base floor	0.599	W/(m ² .K)
Base floor type	Suspended Floor	
Thickness of concret base floor	0.2	m
Mass of reinforcing steel	0.7	t
Internal heat capacity of ground	469660	J/(m ² .K)
Internal heat capacity of intermediate floor	37314	J/(m ² .K)
Internal heat capacity of internal wall	26782	J/(m ² .K)



Key:
 1 floor slab
 2 height of floor surface above outside ground level
 3 thermal resistance of floor construction
 4 effective thermal resistance of ground

CasaBuna_Resid_CaseStudyv4.ame | AMECO

File Edit Display Options ?

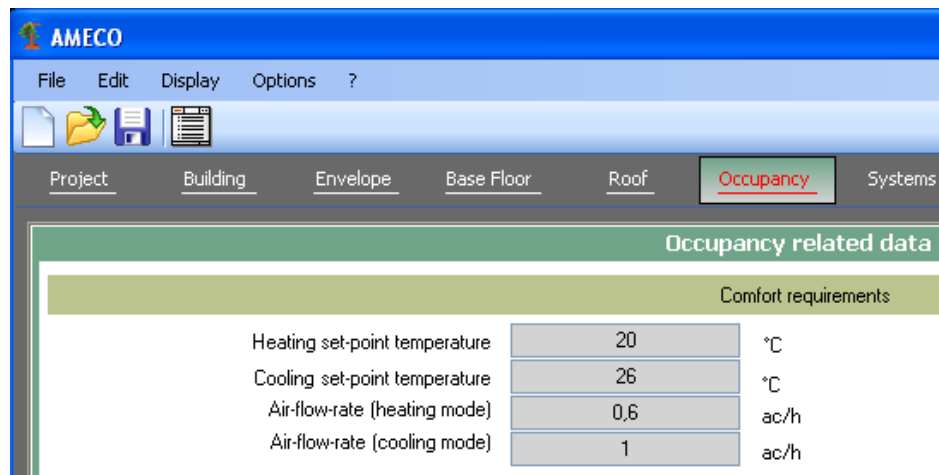
Project Building Envelope Base Floor **Roof** Occupancy Systems Structure Floors Transport Results

Definition of the building roof

Roof

Roof type	Roof type 2	
U-value for the roof (flat part)	0.373	W/(m ² .K)

7.2.2.4 Inputdata voor de gebruiksfase van het gebouw (Module B)



AMECO

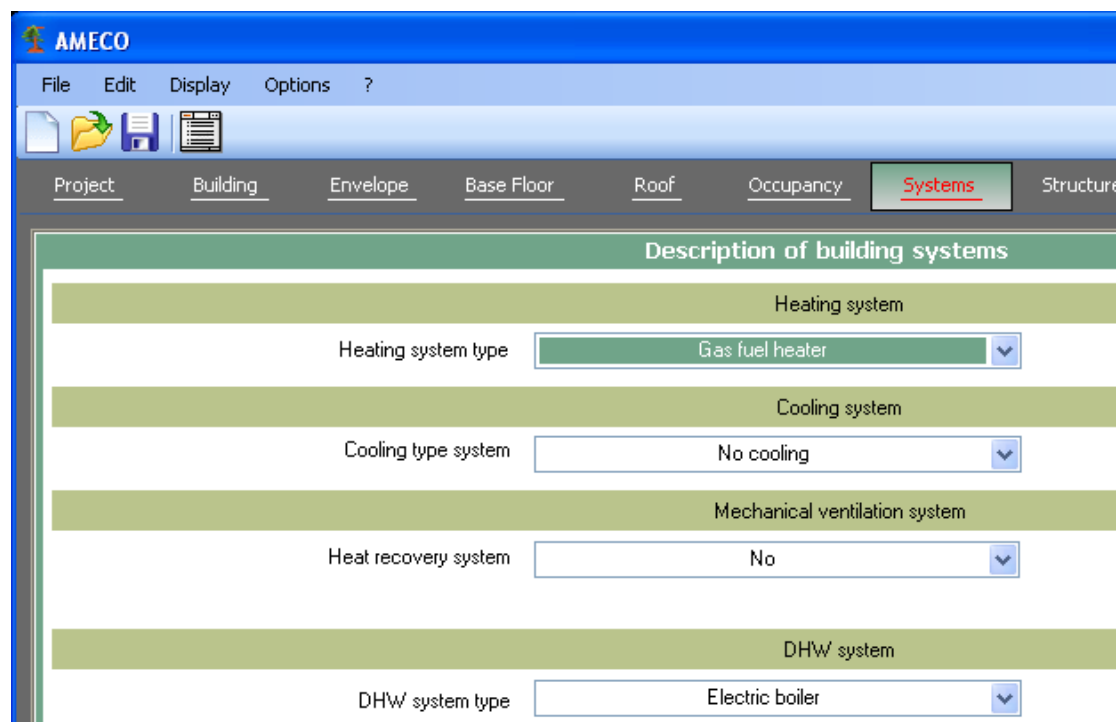
File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems

Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h



AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

DHW system

DHW system type

7.2.2.5 Algemene data voor de constructie van het gebouw (Module A-C-D)

AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems **Structure**

Bearing structure of the building

Steel elements

Beams (Hot rolled profiles)	0	t
Columns (Hot rolled profiles)	0	t
Studs	0,0	t
Bolts	0	t
Plate Connections	0,0	t
Total mass of structure	0,0	t

AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems Structure **Floors**

Floor slabs

Steel elements

Type of slab	Dry floor	
Steel deck	Suportsol 56	
Thickness of the deck	0,750	mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8,00	kg/m²
Mass of sheeting for the building	0,883	t

Concrete elements

Total mass of the floor slabs	52,99	t
--------------------------------------	--------------	----------

7.2.2.6 Data voor het transport van elementen (Module A)

The screenshot shows the AMECO software interface with the 'Transport' tab selected. The 'Transport parameters' section is active, displaying data for steel and concrete elements.

Steel elements

Total steel transported	1,583	t
Values for the transport impacts	Average values	

Concrete elements

Total concrete transported	52,11	t
Concrete produced on site	52,11	t
Distance by mixer trucks	30,0	km
Prefabricated concrete	0,0	t
Distance by regular trucks	0,0	km

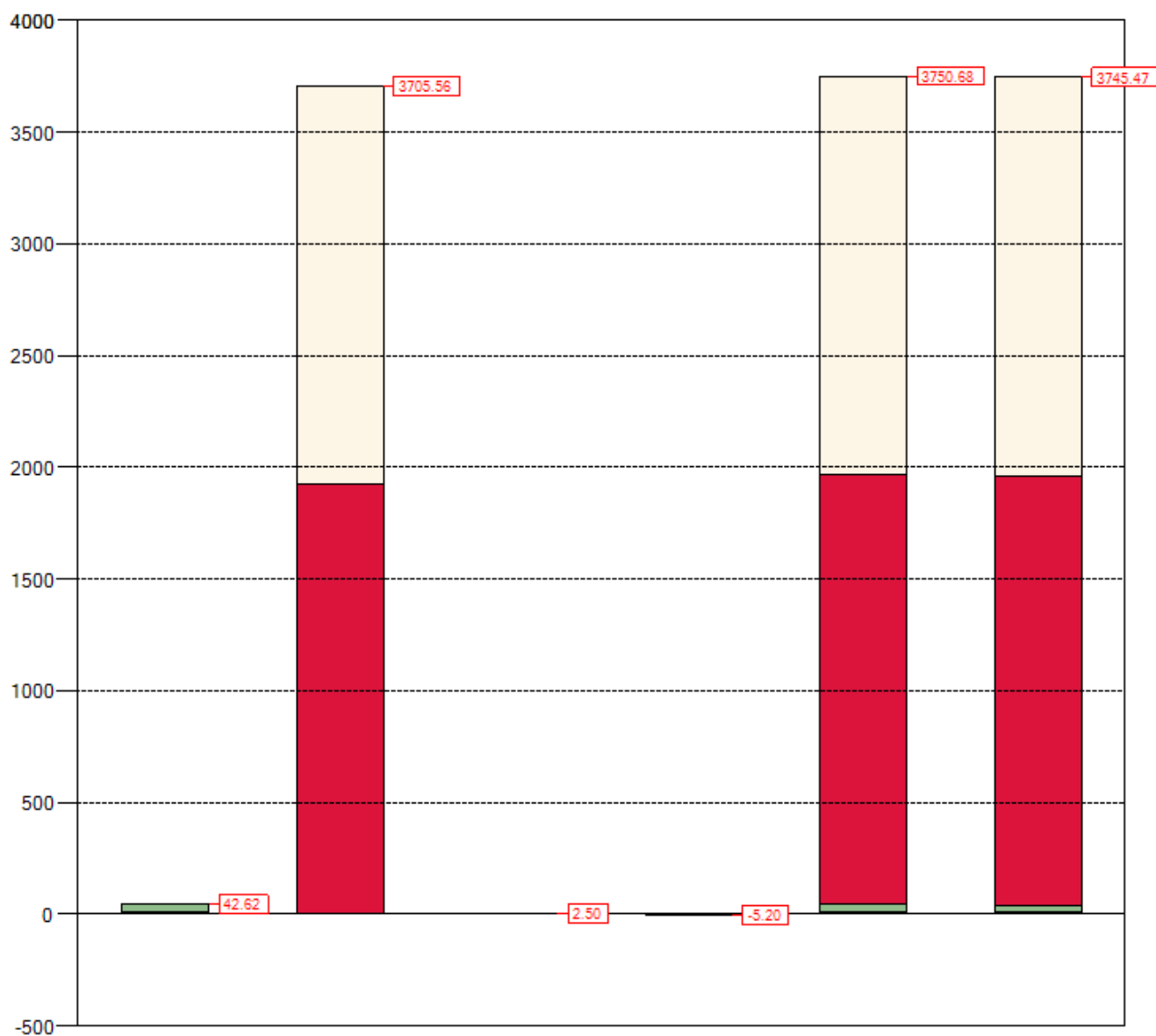
7.2.3 Resultaten van de berekening met AMECO3

De tabel die alle resultaten opsomt van de milieu-effecten voor de gehele levenscyclus van woongebouw CasaBuna wordt hieronder getoond:

Synthesis of results for CasaBuna dwelling

	Module A	Module B	Module C	Module D	Total A to C	Total A to D
GWP (tCO ₂ eq)	42.62	3705.56	2.50	-5.20	3750.68	3745.47
ODP (tCFCeq)	5.40E-07	1.92E-06	1.68E-07	1.04E-07	2.63E-06	2.73E-06
AP (tSO ₂ eq)	1.68E-01	1.48E01	6.82E-03	-1.54E-02	1.50E01	1.50E01
EP (tPO ₄ eq)	1.60E-02	7.56E-01	1.80E-03	-5.05E-04	7.74E-01	7.74E-01
POCP (tEtheneeq)	1.66E-02	1.88E00	1.19E-03	-3.06E-03	1.90E00	1.90E00
ADP-e (tSbeq)	8.55E-05	7.15E-04	1.06E-06	-4.81E-05	8.02E-04	7.54E-04
ADP-ff (GJ NCV)	425.87	230888.89	19.13	-81.51	231333.89	231252.38
RPE (GJ NCV)	304.22	6191.49	3.87	-70.42	6499.58	6429.16
RER (GJ NCV)	81.29	0.00	0.25	1.96	81.53	83.49
RPE-total (GJ NCV)	7.11	6191.49	0.35	0.59	6198.95	6199.54
Non-RPE (GJ NCV)	138.18	38193.48	17.25	-11.15	38348.92	38337.77
Non-RER (GJ NCV)	0.66	192789.01	0.00	0.00	192789.67	192789.67
Non-RPE-total (GJ NCV)	138.85	230982.49	17.25	-11.15	231138.59	231127.44
SM (t)	52.68	0.00	0.00	0.00	52.68	52.68
RSF (GJ NCV)	1.79	1.98	0.00	0.00	3.77	3.77
Non-RSF (GJ NCV)	18.87	20.80	0.00	0.00	39.67	39.67
NFW (1000 m ³)	1281.53	8049.61	139.52	-29.94	9470.66	9440.73
HWD (t)	5.94E-04	0.00E00	0.00E00	-1.17E-05	5.94E-04	5.82E-04
Non-HWD (t)	38.17	8431.51	1.25	-3.07	8470.93	8467.86
RWD (t)	3.11E-03	5.45E00	3.91E-06	-3.93E-04	5.45E00	5.45E00
CR (t)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MR (t)	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.76
MER (t)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EE (t)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

De resultaten laten zien dat de gebruiksfase dominant is voor alle milieu-effecten. Concentrerend op het milieu-effect van het broeikas effect GWP, dat weergegeven is in de volgende grafiek, staat de gebruiksfase voor meer dan 99% van het totale GWP milieu-effect (module A tot en met D) van het gebouw. De milieu-effecten van de constructie zijn vrijwel verwaarloosbaar.

Global Warming Potential (tCO₂eq)

Module A

Module B

Module C

Module D

Total A to C

Total A to D

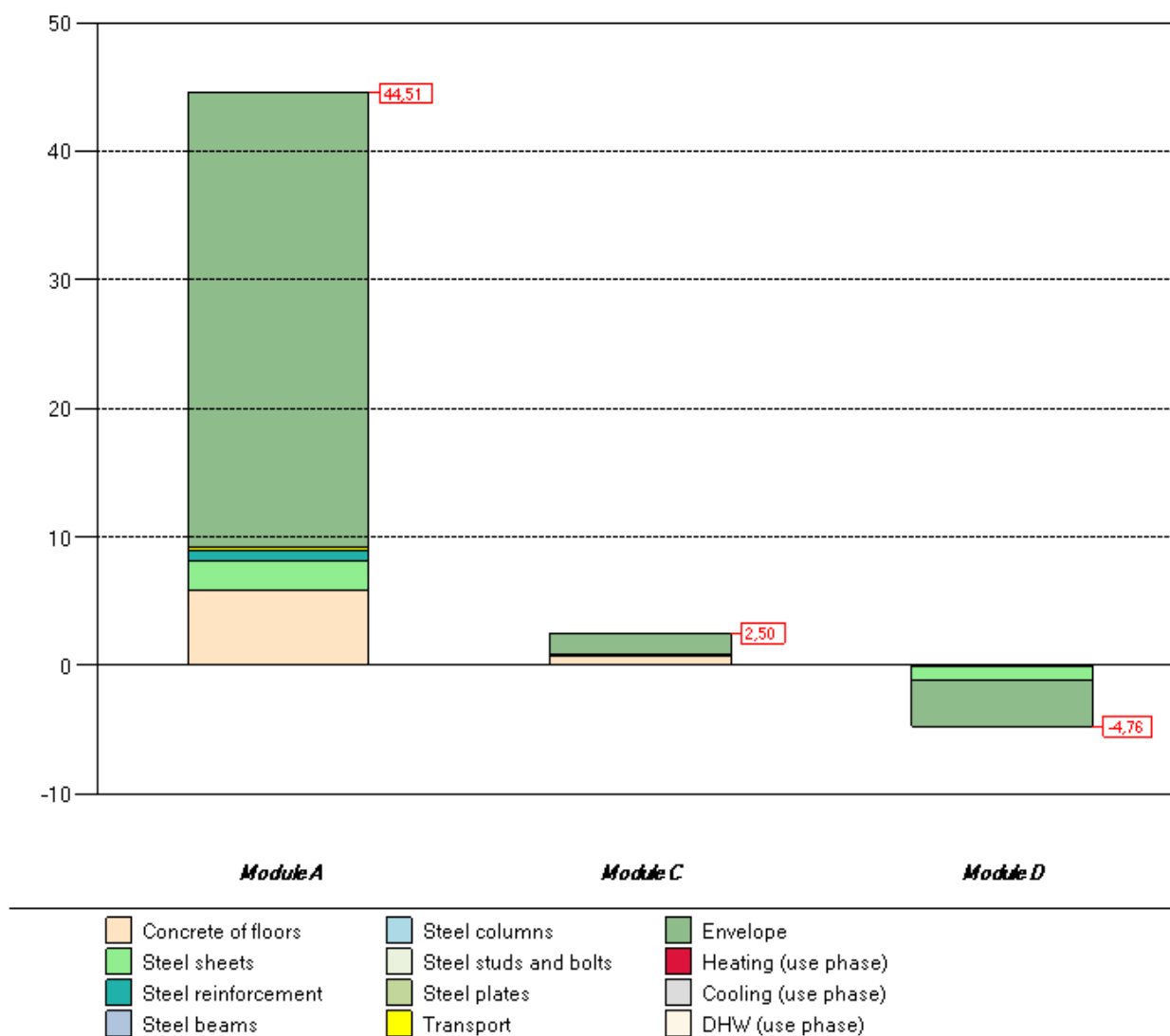
Concrete of floors
Steel sheets
Steel reinforcement
Steel beams

Steel columns
Steel studs and bolts
Steel plates
Transport

Envelope
Heating (use phase)
Cooling (use phase)
DHW (use phase)

CasaBuna dwelling		GWP (tCO ₂ eq)
Module A	Concrete of floors	5.80
	Steel sheets	2.26
	Steel reinforcement	0.87
	Steel beams	0.00
	Steel columns	0.00
	Steel studs and bolts	0.00
	Plate Connections	0.00
	Transport	0.23
	Envelope	33.46
	Module A	42.62
Module B	Energy need for space heating	1922.38
	Energy need for space cooling	0.00
	Energy need for DHW production	1783.18
Module B		3705.56
Module C	Concrete of floors	0.77
	Steel sheets	0.01
	Steel reinforcement	0.04
	Steel beams	0.00
	Steel columns	0.00
	Steel studs and bolts	0.00
	Plate Connections	0.00
	Transport	0.00
	Envelope	1.68
	Module C	2.50
Module D	Concrete of floors	-0.01
	Steel sheets	-1.15
	Steel reinforcement	0.00
	Steel beams	0.00
	Steel columns	0.00
	Steel studs and bolts	0.00
	Plate Connections	0.00
	Transport	0.00
	Envelope	-4.04
	Module D	-5.20
Total A to C		3750.68
Total A to D		3745.47

Concentrerend op het GWP milieu-effect van de productie van de materialen alleen (module A), kunnen we zien dat 79% van het totale milieu-effect het gevolg is van de gebouwschilcomponenten, waaronder gevel, dak en ramen.

Global Warming Potential (tCO₂eq)

Het energieverbruik van het gebouw is per jaar 15,6 kWh/m².

Use phase heating

Energy for space heating					
Heat transfer by transmission					
Walls	Glazing	Ext Floor	Roof	Ground	Total
kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year
4845.1	5968.3	0.0	3328.8	3008.7	16882.1
Heat Transfer by ventilation			Heat gains		
Ventilation			Glazed	Opaque	Internal
kWh/year			kWh/year	kWh/year	kWh/year
8963.6			14064.4	783.0	10757.0

Energy need for heating												
Qh,nd	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	911.2	606.4	435.1	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.9	454.8	816.6
kWh/m²	4.1	2.7	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.7

Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	3454.2	kWh/year
	15.6	kWh/m²/year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m²/year
Primary	341.5	kgoe/year
fconv : 0.086	1.5	kgoe/m²/year

Gegeven het feit dat de gebruiksfase 99% beslaat, laat deze studie het belang van een hoge thermische prestatie van de gebouwschil duidelijk zien, waarmee de milieu-effecten in de gebruiksfase verkleind kunnen worden. Hiermee is het mogelijk de totale miliebelasting over de hele levensduur van het gebouw te verminderen.

7.3 Industriebal

7.3.1 Toepassingsgebied van de studie

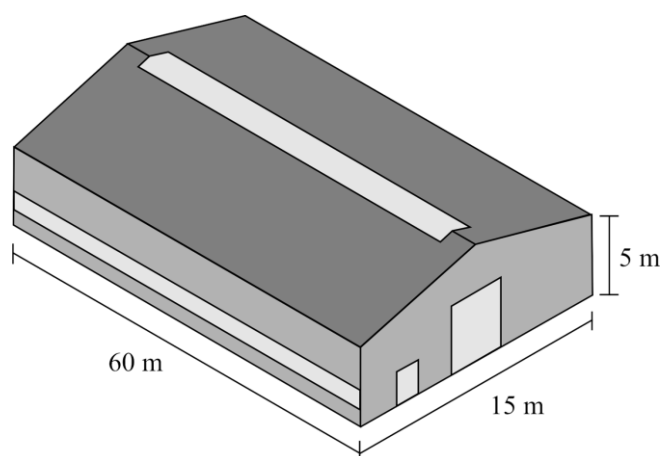
Het doel van de studie is de milieu-effecten van een industriegebouw te bepalen en te vergelijken tussen 2 verschillende constructiesystemen:

- in de fundering scharnierend portaal, opgebouwd uit warmgewalste staalprofielen;
- in de fundering ingeklemde kolommen en scharnierende liggers, opgebouwd uit gewapend betonkolommen & -liggers.

Twee verschillende staalsoorten zullen in beschouwing genomen worden in de berekening van het staalconstructiesysteem.

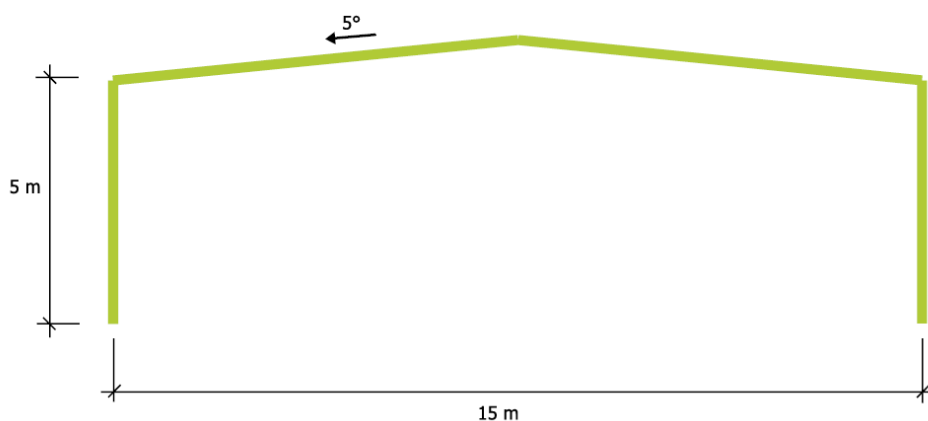
7.3.2 Beschrijving van het gebouw

Het eenlaagse gebouw is een industriehal van 900 m² en is te zien in de volgende figuur:



7.3.3 Constructief systeem

De portalen overspannen 15 m en de hart-op-hartafstand tussen de portalen is 6 m. De hoogte is 5 m en de dakhelling is 5°, zoals getoond in de volgende figuur:



De constructieve componenten voor de 3 systeemvarianten zijn beschreven in de volgende tabel:

Constructieve component	Variant 1 Staalskelet S235	Variant 2 Staalskelet S460	Variant 3 Betonskelet
Liggers	IPE 450	IPE 330	Prefab beton element T80 Wapening BSt 500 202,5 kg/m ³
Kolommen	Primair: IPE 400 Secundair: HEA 180	Primair: IPE 400 Secundair: HEA 180	Betonddoorsnede 0,4 x 0,4 m C30/37 Wapening BSt 500 108,1 kg/m ³

Een afbeelding van het stalen constructiesysteem is hieronder getoond.



De gebouwen zijn ontworpen in de klimaatregio Parijs.

De begane grondvloer is een gewapend betonnen vloerplaat op maaiveld, met isolatie langs de omtrek.

De opgave van de constructieve materialen wordt gegeven in de tabel hieronder.

Constructieve component	Variant 1 Staalskelet S235	Variant 2 Staalskelet S460	Variant 3 Betonskelet
Liggers	6,88 t	4,33 t	Beton : 34,19 t Wapening : 2,93 t
Kolommen	4,17 t	4,17 t	Beton : 30,12 t Wapening : 1,38 t
Stiftdeuvels	/	/	/
Bouten	43 kg	43 kg	/
Platen in verbindingen	336 kg	336 kg	/
Begane grondvloer	Beton : 425,7 kg 14,4 t	Beton : 425,7 kg 14,4 t	Beton : 425,7 kg 14,4 t

7.3.4 Gebouwschilcomponenten

De gevel bestaat uit een 80 mm polyurethaan sandwichpaneel, maar de dikten van de gevelcomponent worden verhoogd naar 200 mm dik om te zien wat de invloed is op de duurzaamheidsresultaten.

Het hellende dak (5°) is gemaakt van dragende staalplaten van 1 mm dik en 140 mm van minerale wol.

De ramen zijn gemaakt van dubbel glas en aluminium kozijnen.

De volgende tabel geeft de U-waarde van de gebouwelementen.

WANDEN : PUR sandwichpanelen		
Dikte : 80mm	0,33	W/m ² .K
Dikte : 200mm	0,12	
DAK	0,31	W/m ² .K
RAMEN	2,6	W/m ² .K
BEGANE GRONDVLOER	0,44	W/m ² .K

De interne warmtecapaciteit van de elementen van de gebouwschil worden hieronder beschreven.

Begane grondvloer 0,2 m beton	460000	J/m ² K
Tussenvloer	0	J/m ² K
Binnenwanden	0	J/m ² K

7.3.5 Installaties

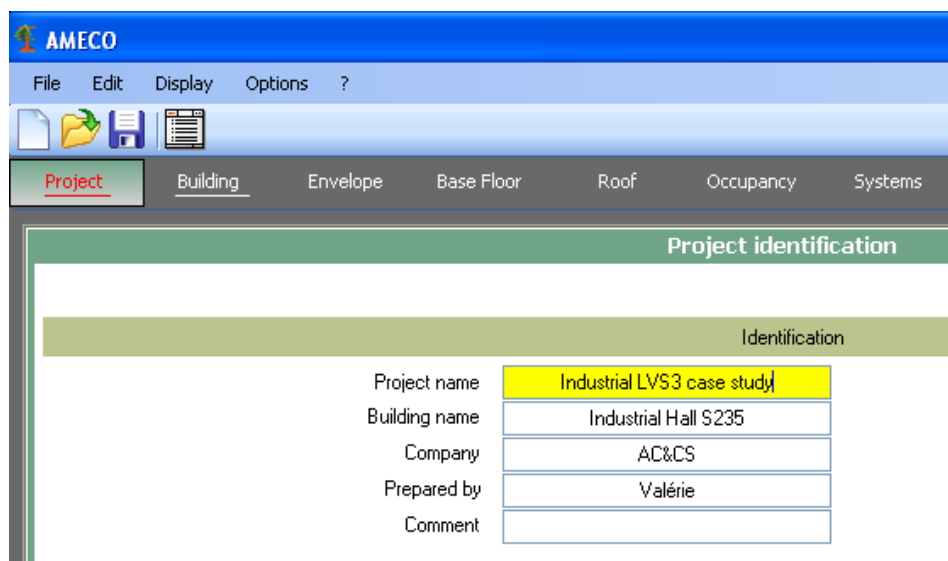
Het verwarmingssysteem is een verwarming met gasvormige brandstof, gebaseerd op een insteltemperatuur van 20° C. Er is geen koelsysteem, mechanische ventilatie of warm tapwatersysteem geïnstalleerd in het gebouw.

7.3.6 Belangrijkste hypothese

De funderingen zijn niet meegenomen in de gepresenteerde studie, evenals de scheidingswanden en de deuren. De lichte onderdelen, zoals de binnenafwerking, en de inrichting zijn ook niet meegenomen in de analyse. Alleen extra verliezen als gevolg van aanwezige koudebruggen zijn opgenomen in het energieverbruik van het gebouw.

7.3.7 Inputdata in de AMECO3 software

7.3.7.1 Algemene inputdata van het industriegebouw in AMECO3



AMECO

File Edit Display Options ?

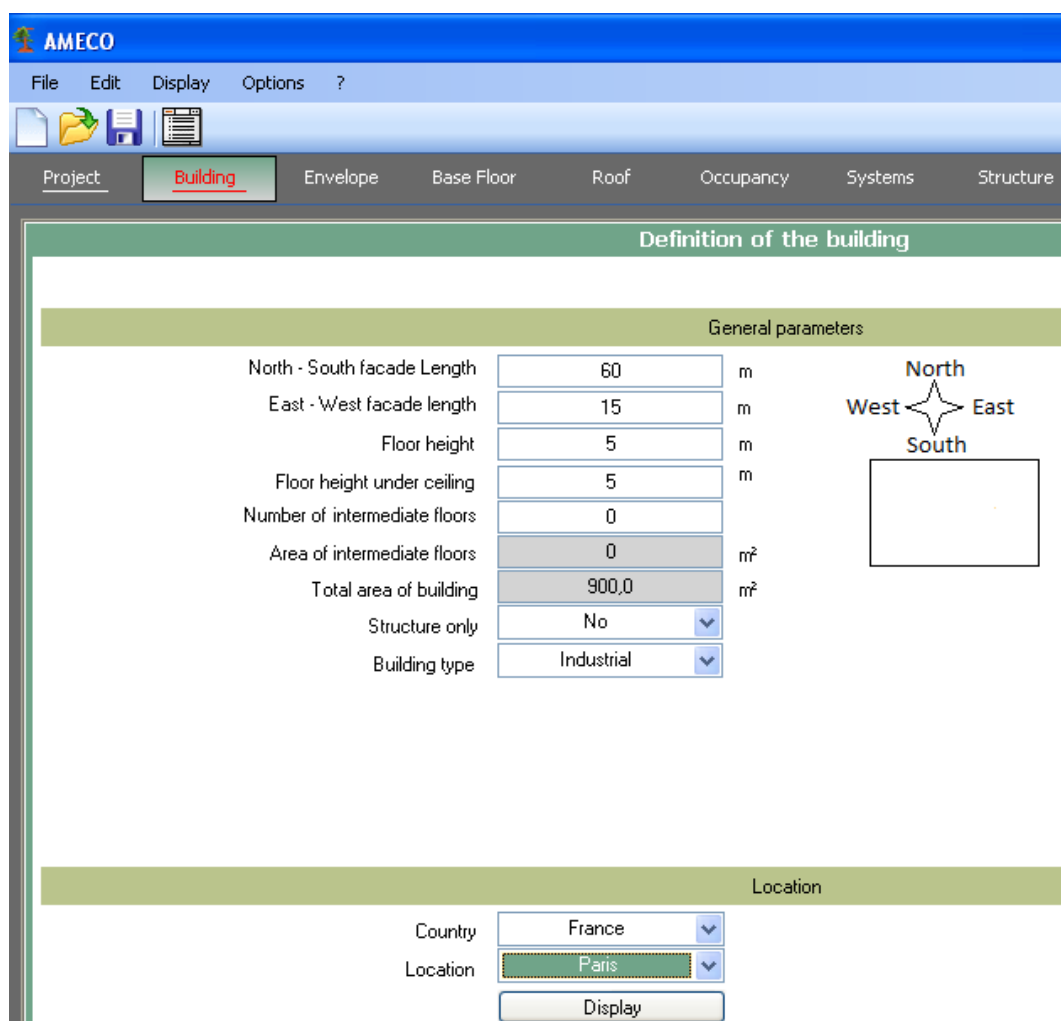
Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems

Project identification

Identification

Project name	Industrial LVS3 case study
Building name	Industrial Hall S235
Company	AC&CS
Prepared by	Valérie
Comment	

7.3.7.2 Inputdata voor de geometrie (Modules A-C-D)



AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems Structure

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	60	m
East - West facade length	15	m
Floor height	5	m
Floor height under ceiling	5	m
Number of intermediate floors	0	
Area of intermediate floors	0	m²
Total area of building	900,0	m²
Structure only	No	▼
Building type	Industrial	▼

North
West East
South

Location

Country	France	▼
Location	Paris	▼

Display

7.3.7.3 Inputdata voor de componenten van het gebouw (Module A-B-C-D)

AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building **Envelope** Base Floor Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport Results

Definition of the building envelope

Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	300	75	300	75	m ²
Opening area	14	50	14	50	%

Facade properties

Wall type	Sandwich panel (PUR 80 mm)	
U-value for walls	0,3	W/(m ² .K)
Opening type	Double glazing	
U-value for openings	2,9	W/(m ² .K)
Shading device type	No shading device	
Shutter type	No shutter	

Indus Hall_case study_S235v1.ame | AMECO

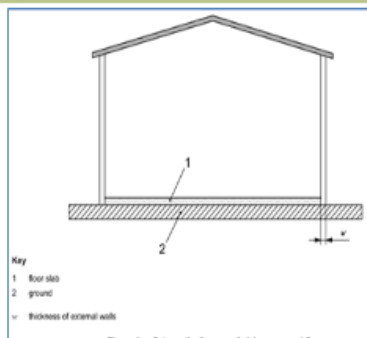
File Edit Display Options ?

Project Building Envelope **Base Floor** Roof Occupancy Systems Structure Floors Tra

Definition of the building base floor

Base floor

U-value for the base floor	0.44	W/(m ² .K)
Base floor type	Slab on Ground Floor	
Thickness of concret base floor	0.2	m
Mass of reinforcing steel	14.4	t
Internal heat capacity of ground	74612	J/(m ² .K)
Internal heat capacity of intermediate floor	0	J/(m ² .K)
Internal heat capacity of internal wall	0	J/(m ² .K)



Key
1 floor slab
2 ground
thickness of external walls

Figure 1 — Schematic diagram of slab-on-ground floor

AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor **Roof** Occupancy Systems Structure

Definition of the building roof

Roof

Roof type	Waterproof membrane	
U-value for the roof (flat part)	0,31	W/(m ² .K)

7.3.7.4 Inputdata voor de gebruiksfase van het gebouw (Module B)

Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature	18	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

DHW system

DHW system type

7.3.7.5 Algemene data voor de constructie van het gebouw (Module A-C-D)

Voor de industriehal met staalsoort S235:

Bearing structure of the building

Steel elements

Beams (Hot rolled profiles)	6.880	t
Columns (Hot rolled profiles)	4.170	t
Studs	0.0	t
Bolts	0.043	t
Plate Connections	0.336	t
Total mass of structure	11.43	t

Voor de industriehal met staalsoort S460:

Indus S460.ame | AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems **Structure**

Bearing structure of the building

Steel elements

Beams (Hot rolled profiles)	4,330	t
Columns (Hot rolled profiles)	4,170	t
Studs	0,0	t
Bolts	0,043	t
Plate Connections	0,336	t
Total mass of structure	8,879	t

7.3.7.6 Data voor het transport van elementen (Module A)

AMECO

File Edit Display Options ?

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy Systems Structure Floors **Transport**

Transport parameters

Steel elements

Total steel transported	25,61	t
Values for the transport impacts	Average values	

Concrete elements

Total concrete transported	424,8	t
Concrete produced on site	424,8	t
Distance by mixer trucks	30,0	km
Prefabricated concrete	0,0	t
Distance by regular trucks	0,0	km

7.3.8 Resultaten van de berekening met AMECO3

7.3.8.1 Staalconstructiesysteem in staalsoort S235

De tabel hieronder toont de resultaten voor elk milieu-effect van het gebouw gebaseerd op het constructiesysteem met staalsoort S235.

Synthesis of results for Industrial hall

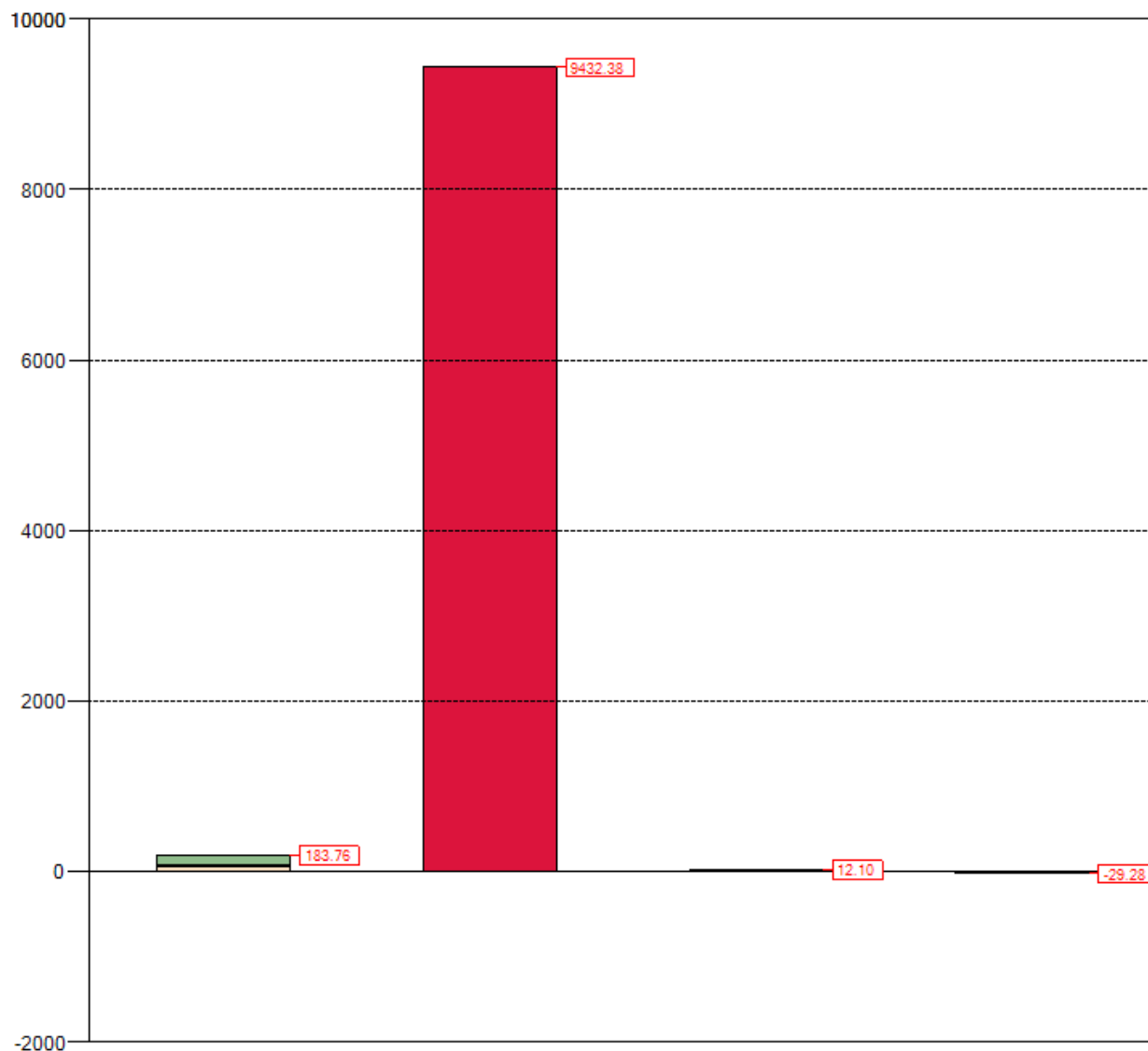
	Module A	Module B	Module C	Module D	Total A to C	Total A to D
GWP (tCO ₂ eq)	183.76	9432.38	12.10	-29.28	9628.25	9598.97
ODP (tCF ₂ eq)	1.09E-06	1.55E-06	1.42E-06	7.58E-07	4.06E-06	4.82E-06
AP (tSO ₂ eq)	5.26E-01	3.14E01	5.03E-02	-7.53E-02	3.19E01	3.19E01
EP (tPO ₄ eq)	6.40E-02	1.53E00	1.69E-02	-2.80E-03	1.61E00	1.61E00
POCP (tEtheneeq)	5.92E-02	6.80E00	8.53E-03	-1.51E-02	6.87E00	6.86E00
ADP-e (tSbeq)	1.75E-03	2.30E-03	8.20E-06	-2.54E-04	4.07E-03	3.81E-03
ADP-ff (GJ NCV)	2041.70	978869.63	138.42	-285.35	981049.75	980764.40
RPE (GJ NCV)	1285.91	4687.50	6.33	-264.44	5979.75	5715.31
RER (GJ NCV)	47.75	0.00	0.00	13.72	47.75	61.47
RPE-total (GJ NCV)	68.65	4687.50	2.91	-0.65	4759.06	4758.41
Non-RPE (GJ NCV)	887.83	98391.18	148.73	-22.75	99427.74	99404.99
Non-RER (GJ NCV)	2.43	880547.69	0.00	0.00	880550.12	880550.12
Non-RPE-total (GJ NCV)	890.26	978938.87	148.73	-22.75	979977.86	979955.11
SM (t)	444.40	0.00	0.00	-0.94	444.40	443.46
RSF (GJ NCV)	14.61	6.56	0.00	0.00	21.18	21.18
Non-RSF (GJ NCV)	153.83	69.05	0.00	0.00	222.88	222.88
NFW (1000 m ³)	30396.65	6075.63	157.18	-100.49	36629.47	36528.98
HWD (t)	4.53E-03	0.00E00	0.00E00	-9.19E-05	4.53E-03	4.44E-03
Non-HWD (t)	276.33	6464.29	5.42	-4.14	6746.03	6741.89
RWD (t)	2.37E-02	4.04E00	1.65E-05	-8.53E-04	4.06E00	4.06E00
CR (t)	0.00	0.00	0.00	1.11	0.00	1.11
MR (t)	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.33
MER (t)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EE (t)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

We zien dat de resultaten van Module B dominant zijn voor elke milieu-effect.

De details van het milieu-effect GWP zijn hieronder gedetailleerd weergegeven voor elke component en gebouwtype, inclusief transport.

Module B resulteert voor het gebouw met het S235 staalconstructiesysteem in circa 99% van het globale GWP milieu-effect (inclusief Module A tot en met D), zoals is te zien in de volgende grafiek:

Global Warming Potential (tCO₂eq)



Module A

Module B

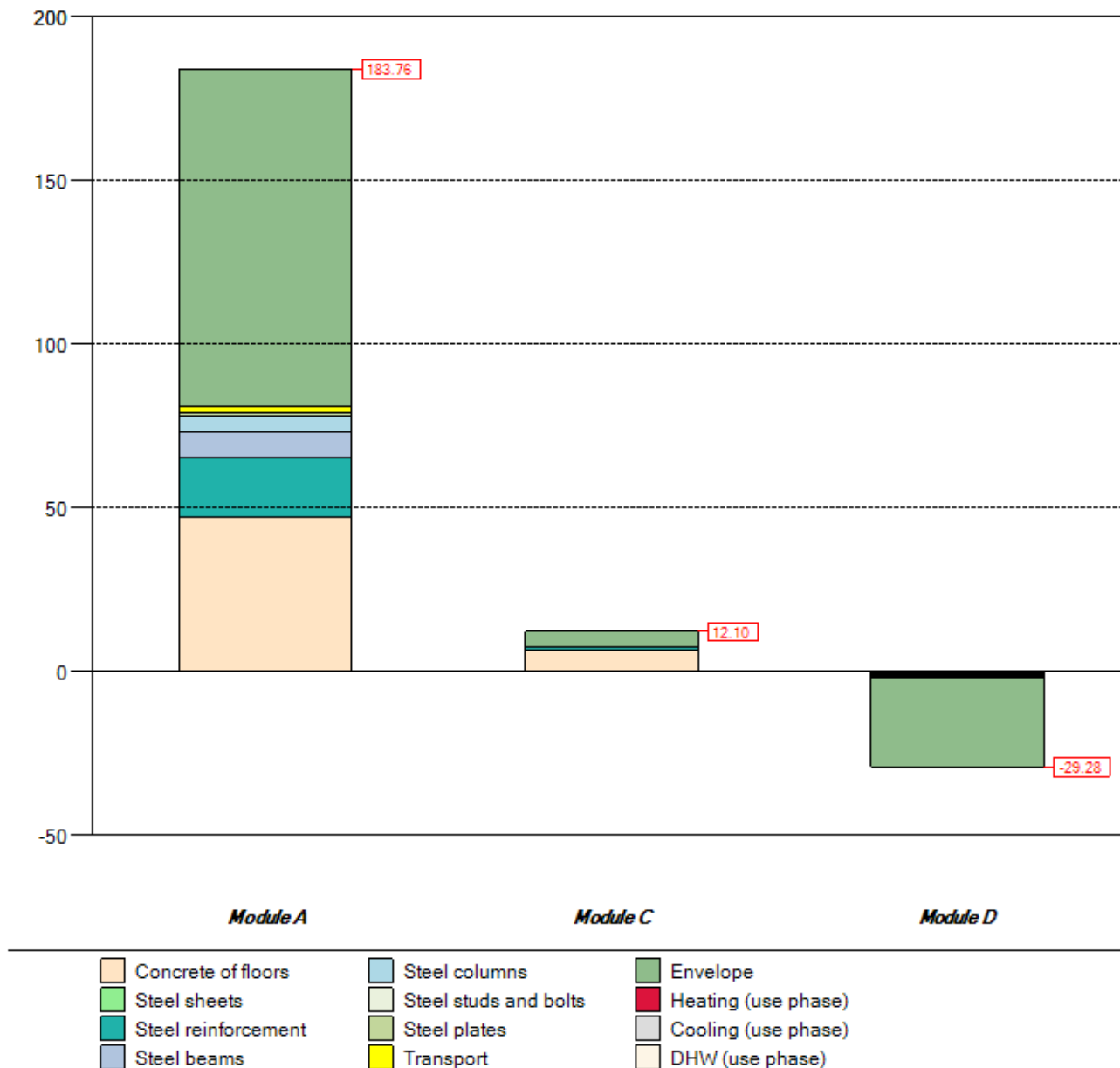
Module C

Module D

Concrete of floors	Steel columns	Envelope
Steel sheets	Steel studs and bolts	Heating (use phase)
Steel reinforcement	Steel plates	Cooling (use phase)
Steel beams	Transport	DHW (use phase)

De GWP milieu-effecten als gevolg van de materialen die zijn gebruikt om het gebouw te monteren, zoals voor de constructiesysteem en de gebouwschilcomponenten, worden getoond in de grafiek hieronder:

Global Warming Potential (tCO₂eq)

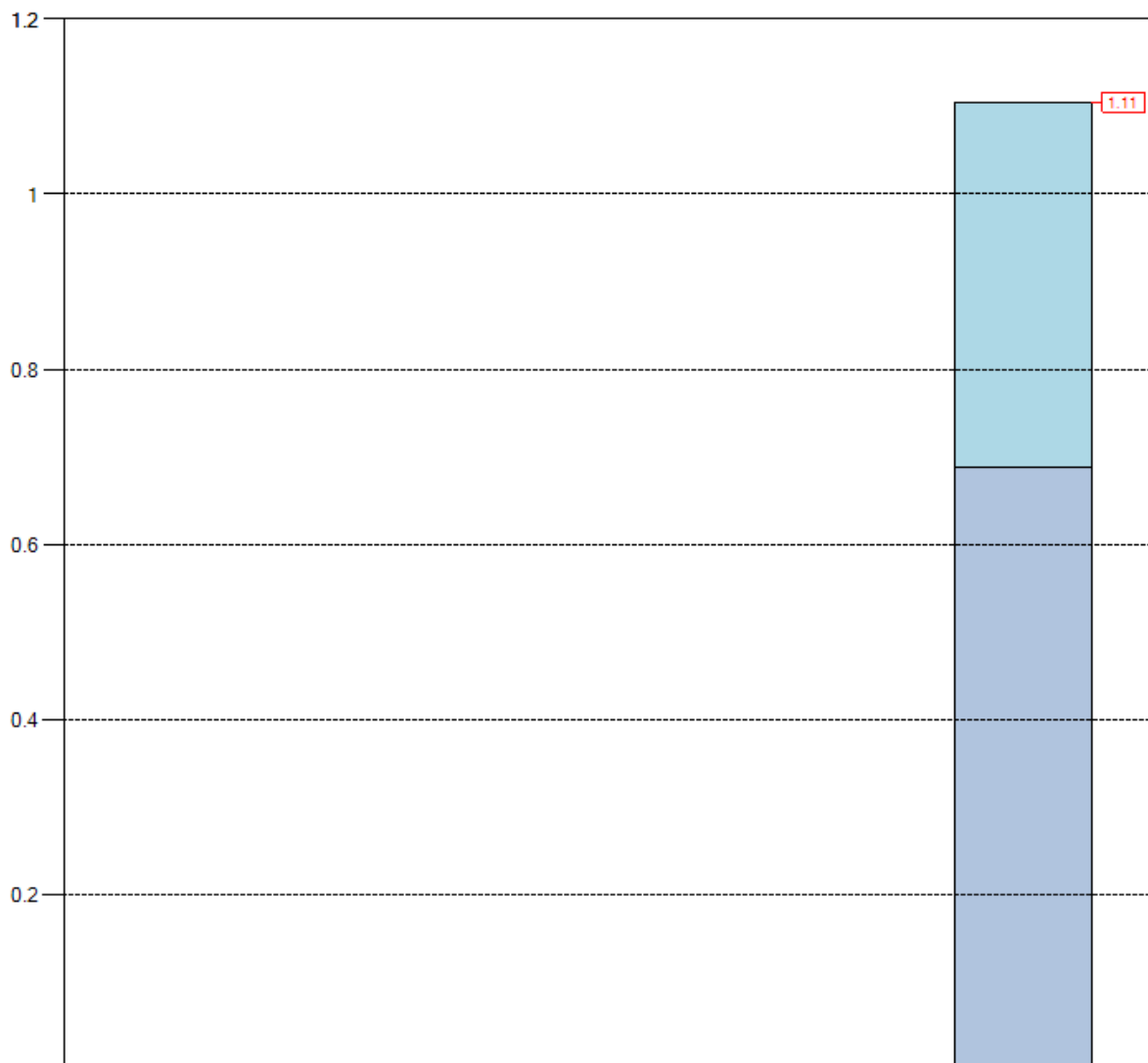
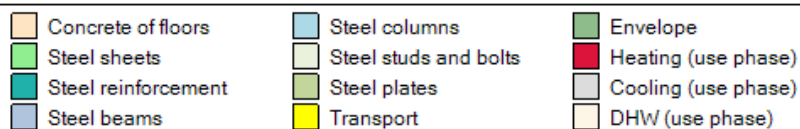


We kunnen voor module A zien dat de materialen van de gebouwschil 56 % van het totale GWP milieu-effect voor hun rekening nemen.

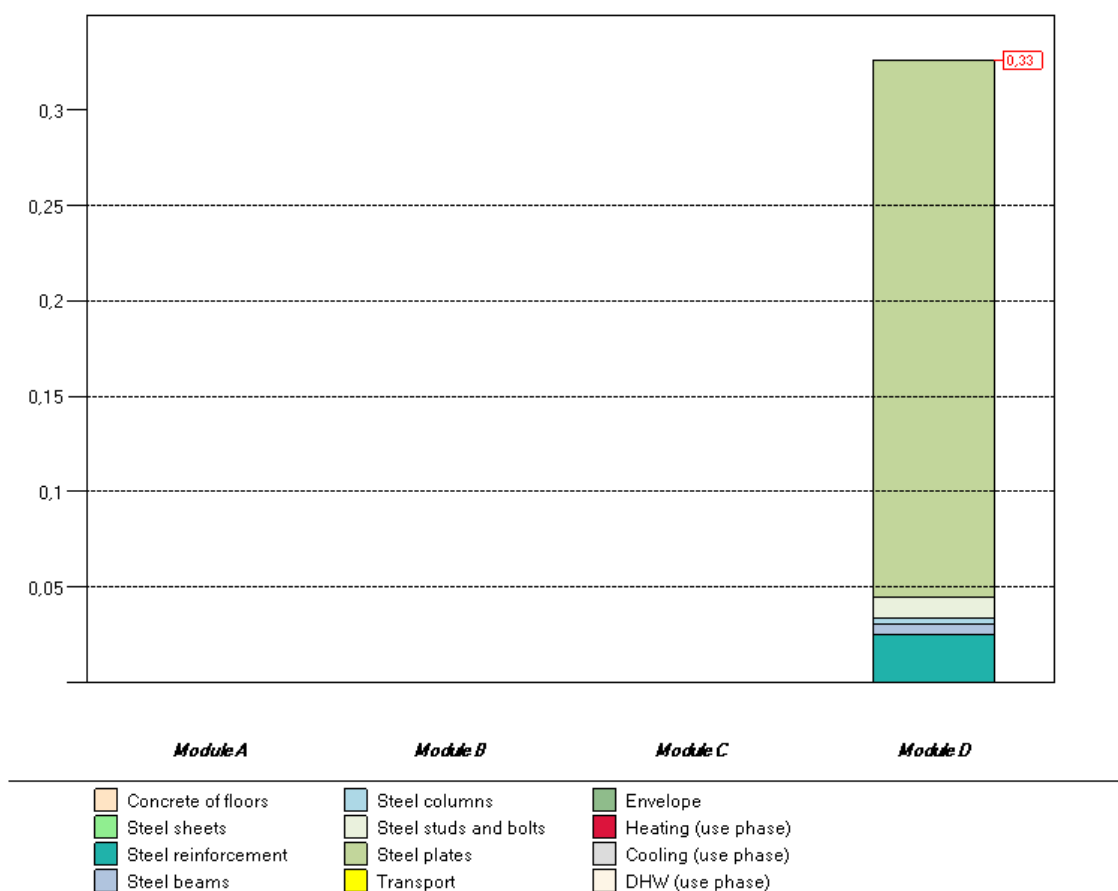
Het GWP milieu-effect van het constructiesysteem is 78,6 tCO₂-eq. Daarvan is 47,31 tCO₂-eq als gevolg van de betonvloeren, hetgeen 60% van de GWP milieu-effecten van het globale constructiesysteem vertegenwoordigt.

Module D accentueert de voordelen van het einde levensduur van de gebouwcomponenten, hetzij door het hergebruik van componenten, hetzij door materiaalrecycling, zoals getoond in de grafieken hieronder.

Components for reuse (t)

*Module A**Module B**Module C**Module D*

Materials for recycling (t)



Het energieverbruik door verwarming is per jaar 19 kWh/m² en gedetailleerd weergegeven in de tabel hieronder.

Use phase heating

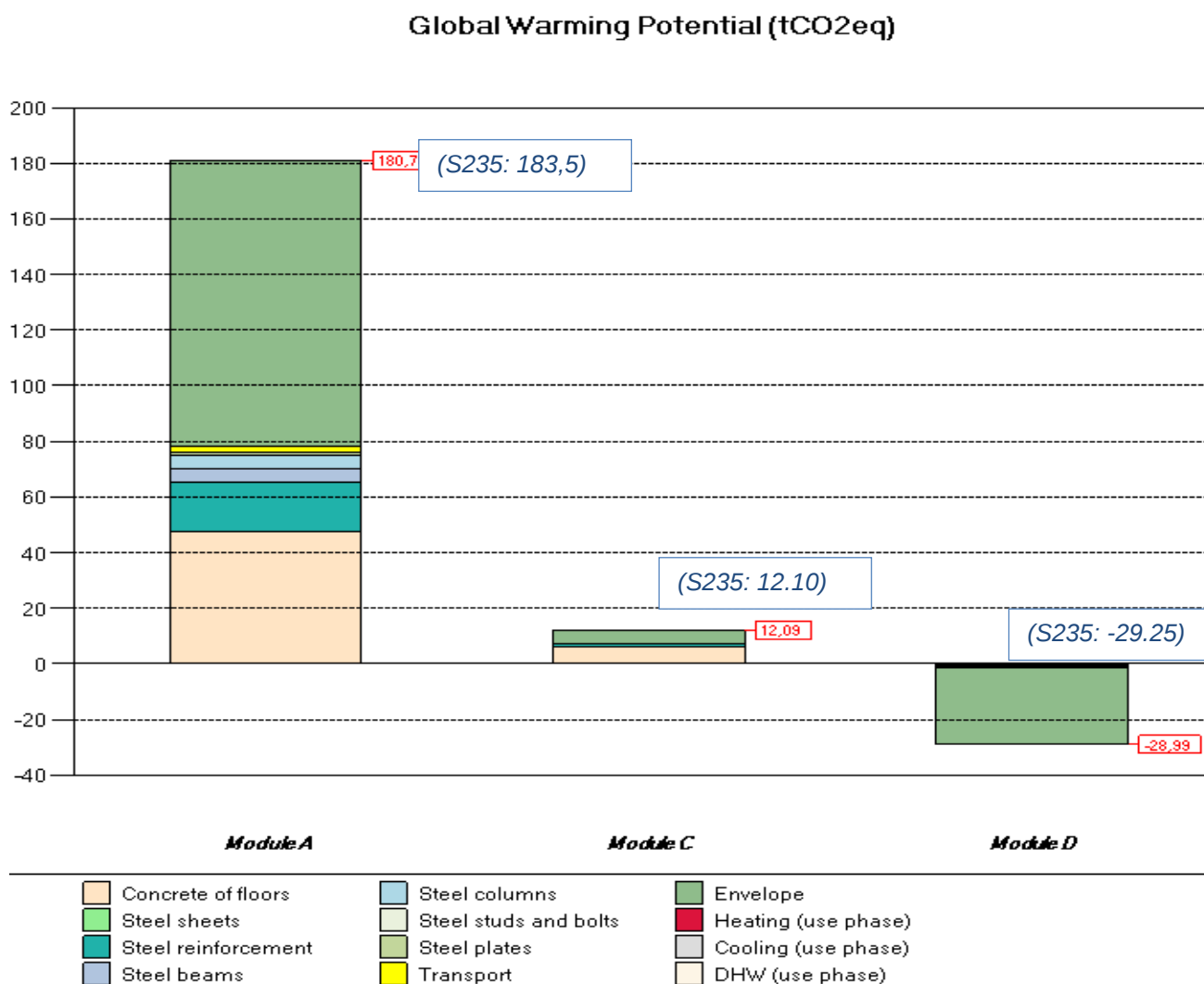
Energy for space heating					
Heat transfer by transmission					
Walls	Glazing	Ext Floor	Roof	Ground	Total
kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year
11050.9	28739.9	0.0	17389.8	11212.7	66993.5
Heat Transfer by ventilation			Heat gains		
Ventilation			Glazed	Opaque	Internal
kWh/year			kWh/year	kWh/year	kWh/year
52169.4			42631.5	1661.1	64941.9

Energy need for heating													
Q _{h,nd}	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
kWh	3642.1	3040.8	2279.5	1099.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	755.8	2582.3	3540.6	
kWh/m ²	4.0	3.4	2.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.9	3.9	

Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	16948.6	kWh/year
	18.8	kWh/m ² /year
Delivered energy	19481.1	kWh/year
COP : 0.87	21.6	kWh/m ² /year
Primary	1675.4	kgoe/year
fconv : 0.086	1.9	kgoe/m ² /year

7.3.8.2 Staalconstructiesysteem in staalsoort S460

Verhoging van de vloeigrens van het staal maakt het mogelijk het totale gewicht van de staalconstructie te verminderen: van 6,66 t S235 staal naar 4,33 t S460 staal. Dat betekent een totale reductie van 2,33 t staalconstructie-elementen. Als gevolg hiervan is er een reductie de het totale GWP milieu-effecten van de modules A, C & D.



Het GWP milieu-effect van het staalconstructiesysteem is dankzij de toename van de vloeigrens van het staal 10,69 tCO₂-eq, waarbij een netto reductie van 2,69 tCO₂-eq gerealiseerd wordt vergeleken met de GWP milieu-effecten van een constructie in staalsoort S235.

De GWP milieu-effecten als gevolg van de gebouwschilcomponenten nemen 57 % van het totale milieu-effect van de module A voor hun rekening, hetgeen gelijk is aan het percentage bij het S235 constructiesysteem.

De details van de GWP milieu-effecten van het S460 constructiesysteem worden hieronder getoond.

Detailed results*Global Warming Potential*

	Module A tCO ₂ eq	Module B tCO ₂ eq	Module C tCO ₂ eq	Module D tCO ₂ eq	Total A to C tCO ₂ eq	Total A to D tCO ₂ eq
Steel total	28.60	0.00	0.97	-1.44	29.57	28.13
Beams	5.00	0.00	0.03	-0.49	5.03	4.54
Columns	4.81	0.00	0.03	-0.47	4.84	4.37
Studs and bolts	0.05	0.00	0.00	-0.02	0.05	0.04
Plates connections	0.83	0.00	0.00	-0.43	0.83	0.40
Concrete total	47.31	0.00	6.29	-0.12	53.61	53.49
Concrete slabs	47.31	0.00	6.29	-0.12	53.61	53.49
Envelope	102.75	0.00	4.83	-27.43	107.58	80.15
Use phase total	0.00	9432.38	0.00	0.00	9432.38	9432.38
Heating	0.00	9432.38	0.00	0.00	9432.38	9432.38
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DHW	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transport	2.09	0.00	0.00	0.00	2.09	2.09
Total impact of module	180.76	9432.38	12.09	-28.99	9625.23	9596.24

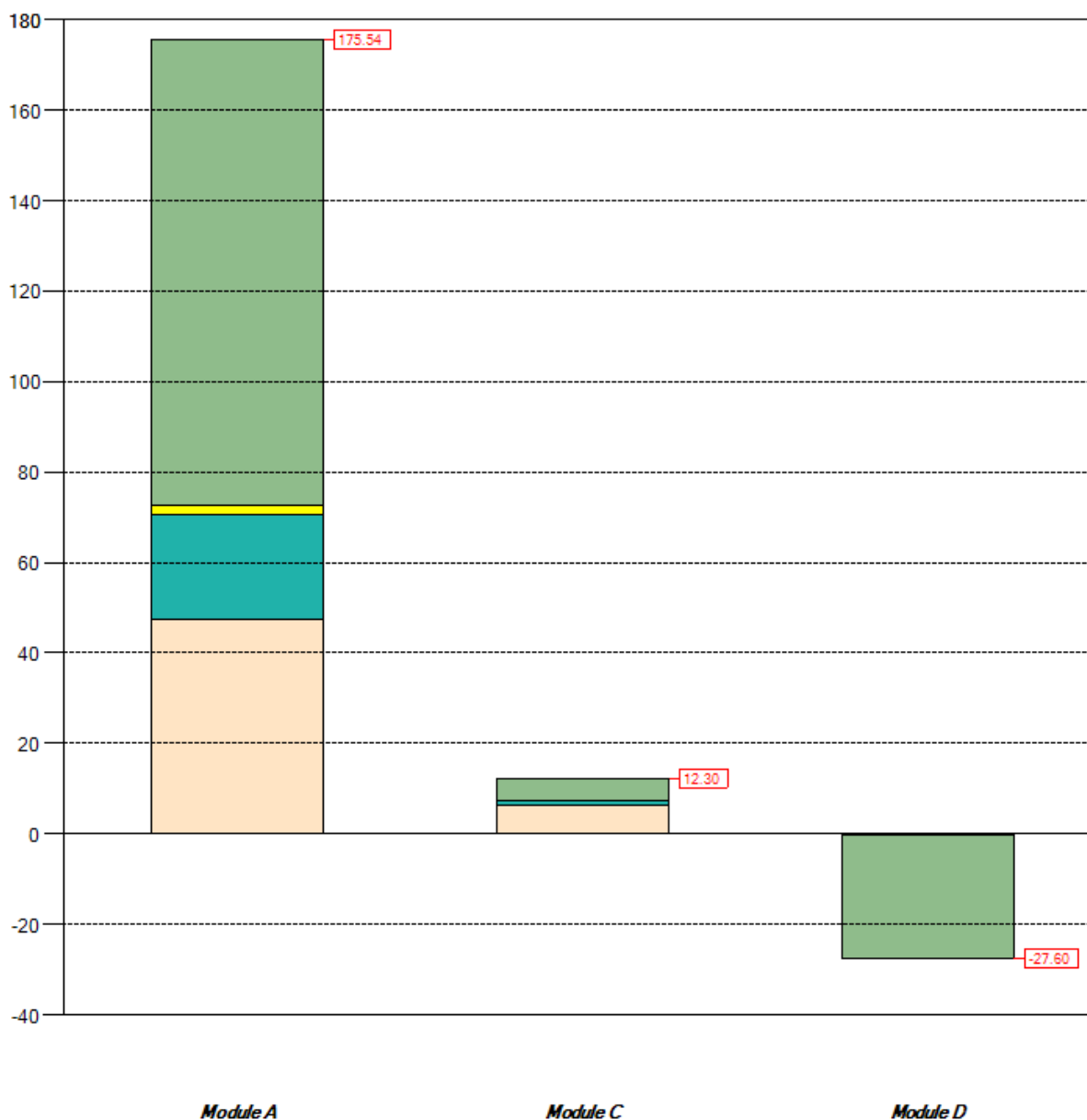
7.3.8.3 Betonnen constructiesysteem

De tabel hieronder somt alle GWP milieu-effecten op van het gebouw met een betonnen constructiesysteem.

Industrial hall		GWP (tCO ₂ eq)
Module A	Concrete of floors	47.31
	Steel sheets	0.00
	Steel reinforcement	23.26
	Steel beams	0.00
	Steel columns	0.00
	Steel studs and bolts	0.00
	Plate Connections	0.00
	Transport	2.21
	Envelope	102.75
	Module A	182.70
Module B	Energy need for space heating	9432.38
	Energy need for space cooling	0.00
	Energy need for DHW production	0.00
	Module B	9432.38
Module C	Concrete of floors	6.29
	Steel sheets	0.00
	Steel reinforcement	1.18
	Steel beams	0.00
	Steel columns	0.00
	Steel studs and bolts	0.00
	Plate Connections	0.00
	Transport	0.00
	Envelope	4.83
	Module C	13.07
Module D	Concrete of floors	-0.12
	Steel sheets	0.00
	Steel reinforcement	-0.05
	Steel beams	0.00
	Steel columns	0.00
	Steel studs and bolts	0.00
	Plate Connections	0.00
	Transport	0.00
	Envelope	-27.43
	Module D	-27.69
Total A to C		9628.16
Total A to D		9600.47

We kunnen zien dat de milieu-effecten als gevolg van de gebruiksfase wederom dominant zijn en gelijk aan die bij de stalen industriegebouwen.

De GWP milieu-effecten per component en per module worden hieronder gedetailleerd weergegeven.

Global Warming Potential (tCO₂eq)

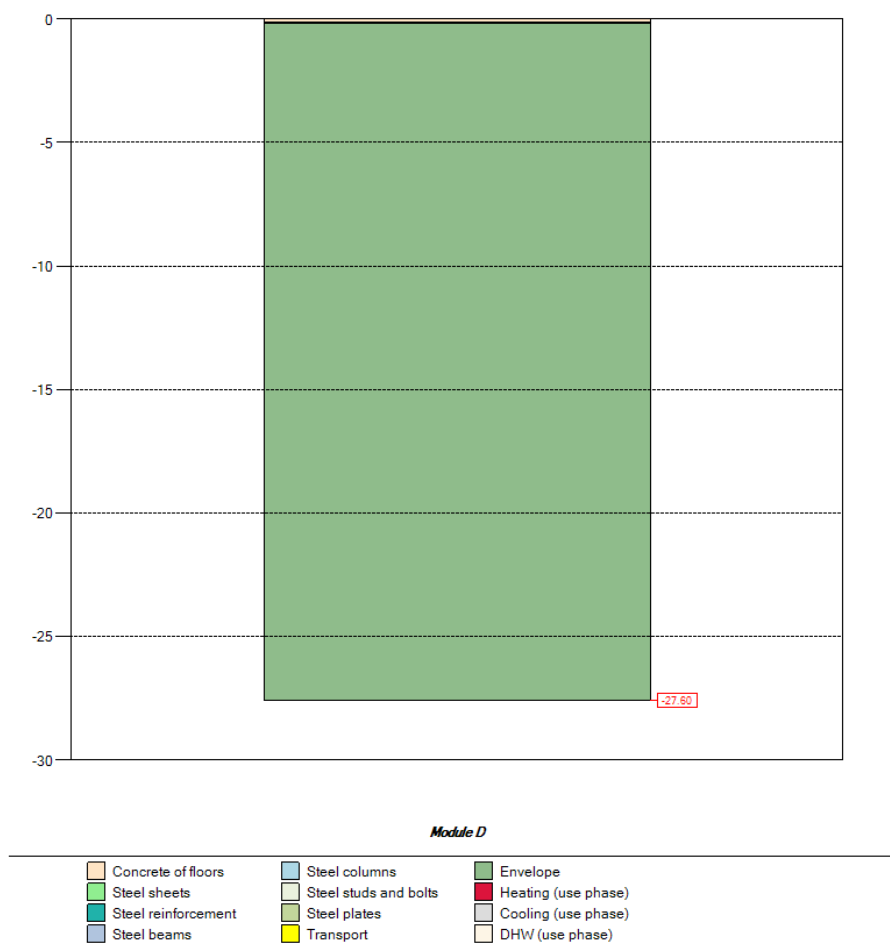
Module A heeft een totaal GWP milieu-effect van 182,7 tCO₂-eq. Het totale GWP milieu-effecten als gevolg van de constructiesysteem is gelijk aan 79,95 tCO₂-eq, met 29 % als gevolg van de wapeningstaven, zoals getoond in de volgende tabel.

Global Warming Potential

	Module A tCO ₂ eq	Module B tCO ₂ eq	Module C tCO ₂ eq	Module D tCO ₂ eq	Total A to C tCO ₂ eq	Total A to D tCO ₂ eq
Steel total	23.26	0.00	1.18	-0.05	24.44	24.39
Reinforcement	23.26	0.00	1.18	-0.05	24.44	24.39
Concrete total	54.48	0.00	7.06	-0.21	61.54	61.33
Concrete of structure	7.16	0.00	0.77	-0.09	7.93	7.84
Concrete slabs	47.31	0.00	6.29	-0.12	53.61	53.49
Envelope	102.75	0.00	4.83	-27.43	107.58	80.15
Use phase total	0.00	24590.14	0.00	0.00	24590.14	24590.14
Heating	0.00	24590.14	0.00	0.00	24590.14	24590.14
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DHW	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transport	2.21	0.00	0.00	0.00	2.21	2.21
Total impact of module	182.70	24590.14	13.07	-27.69	24785.91	24758.22

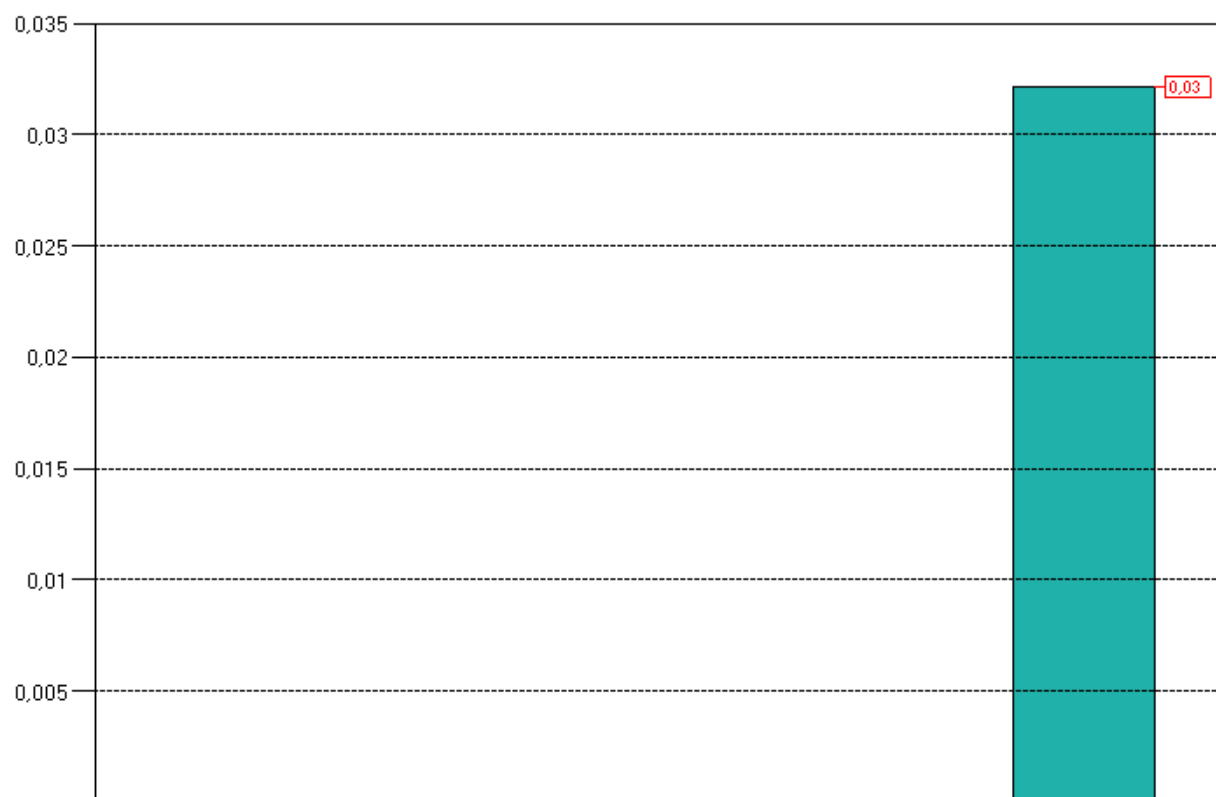
Het beton in de vloer staat voor 26 % van het totale GWP milieu-effecten van module A.

De grafiek hieronder toont de GWP milieu-effecten van module D, waarbij de voordelen van gerecyclede materialen in de gebouwschil duidelijk wordt: vooral lichte staalframe-elementen in de gevel en staalplaat in het dak.

Global Warming Potential (tCO₂eq)

De materialen die kunnen worden gerecycled vertegenwoordigen 0,03 t, hetgeen minder is dan het gebouw in staalsoort S235 (0,33 t).

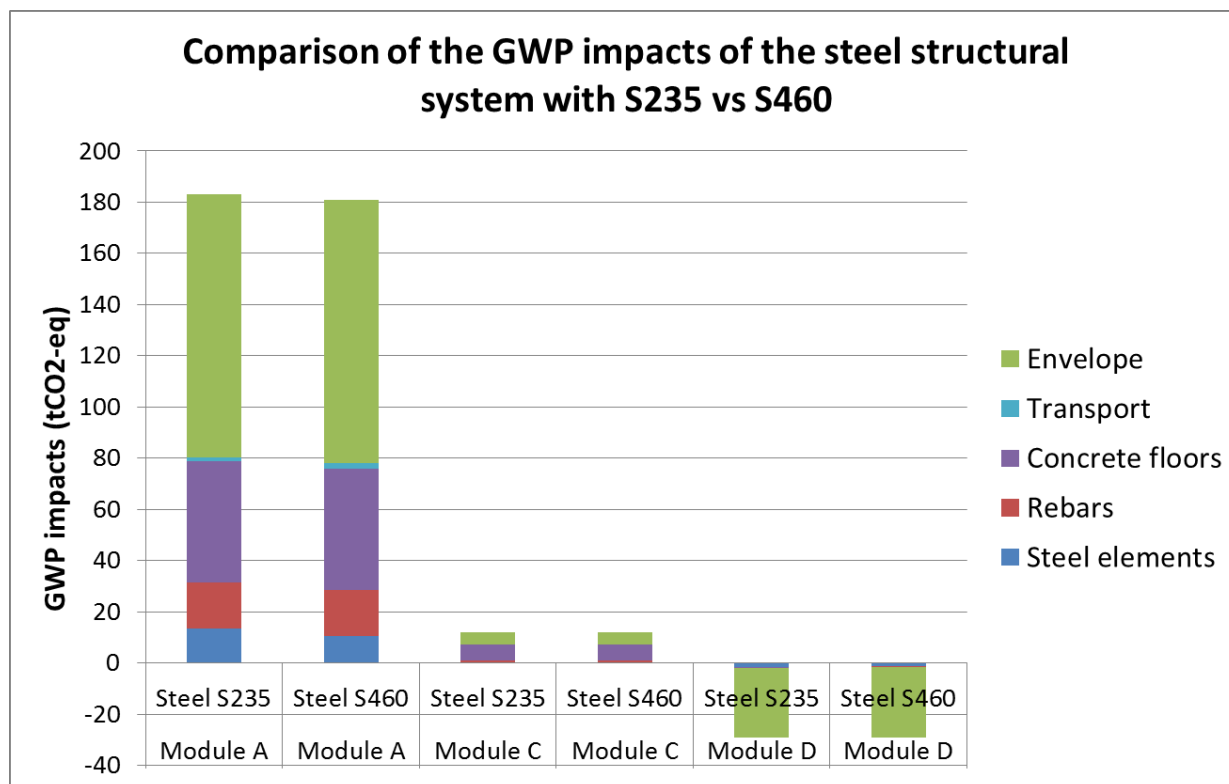
Materials for recycling (t)



<i>Module A</i>	<i>Module B</i>	<i>Module C</i>	<i>Module D</i>
 Concrete of floors	 Steel beams	 Wood beams	 Heating (use phase)
 Steel sheets	 Steel columns	 Wood columns	 Cooling (use phase)
 Concrete of structure	 Steel studs and bolts	 Transport	 DHW (use phase)
 Steel reinforcement	 Steel plates	 Envelope	

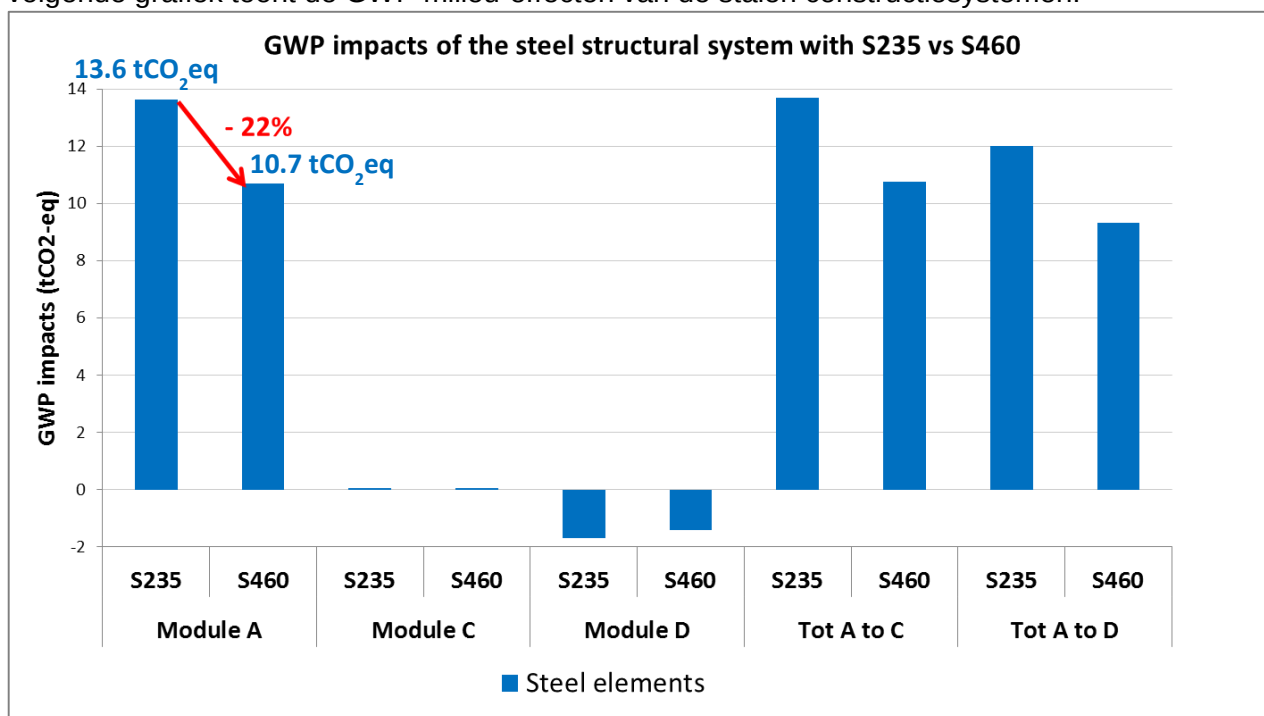
7.3.8.4 Vergelijking van de GWP milieu-effecten van de constructieve oplossingen in S235 en S460

De grafiek hieronder toont de vergelijking van de totale GWP milieu-effecten van de constructiesystemen gemaakt met staal S235 en S460.



Zoals eerder betoogd vertegenwoordigen de materialen in de gebouwschil ongeveer 56 % van de totale GWP milieu-effecten van de product- constructiefase(module A).

De volgende grafiek toont de GWP milieu-effecten van de stalen constructiesystemen:

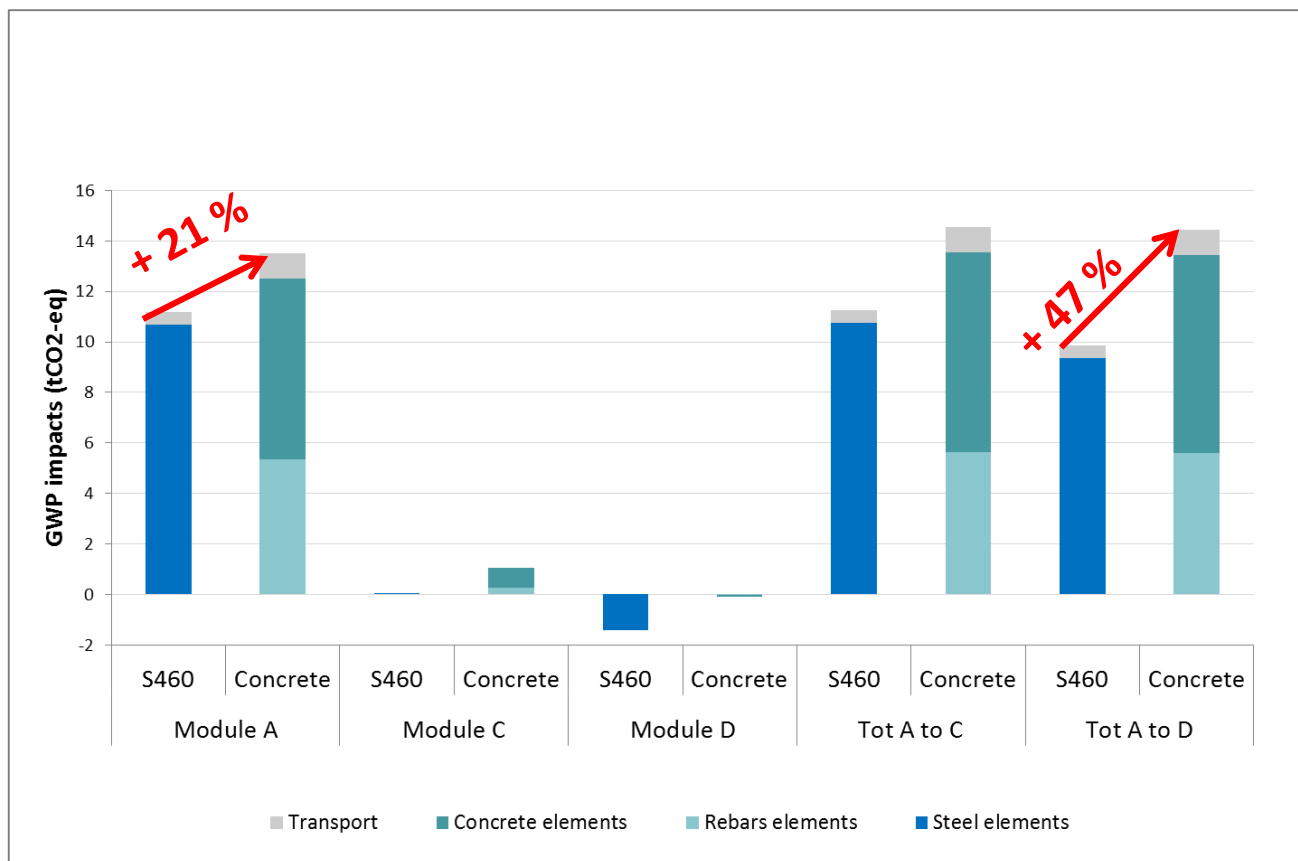


Verhoging van de staalsterkte maakt een totale gewichtsreductie mogelijk van 2,3 ton aan staalconstructie-elementen en een reductie van 22 % tCO₂eq voor module A van het constructiesysteem.

7.3.8.5 Vergelijking van de GWP milieu-effecten van het staal S460 vs het betonnen constructiesysteem.

De grafiek hieronder toont de vergelijking van de totale GWP milieu-effecten van het constructiesysteem gemaakt met staal S460 en beton, in module A, C & D.

De details van de GWP milieu-effecten van elk constructiesysteem worden hieronder getoond:



We kunnen zien dat oplossing met een betonconstructie een toename betekent met 47 % GWP milieu-effecten in tCO₂eq in de modules A tot en met D, en 21 % aan milieu-effecten als gevolg van de fabricage van materialen.

Dit maakt overduidelijk dat staalconstructies gemaakt van warmgewalste profielen milieuvriendelijker zijn betonconstructies, zelf zonder recycling in beschouwing te nemen. Dankzij recycling van materialen aan het einde van de levensduur (oneindige recycling van staal en gebruik van beton als wegverharding), neemt het verschil tussen de staal- en betonoplossing verder toe.

7.3.9 Analyse van de duurzaamheidsvoordelen als gevolg van de toename van de isolatiedikte

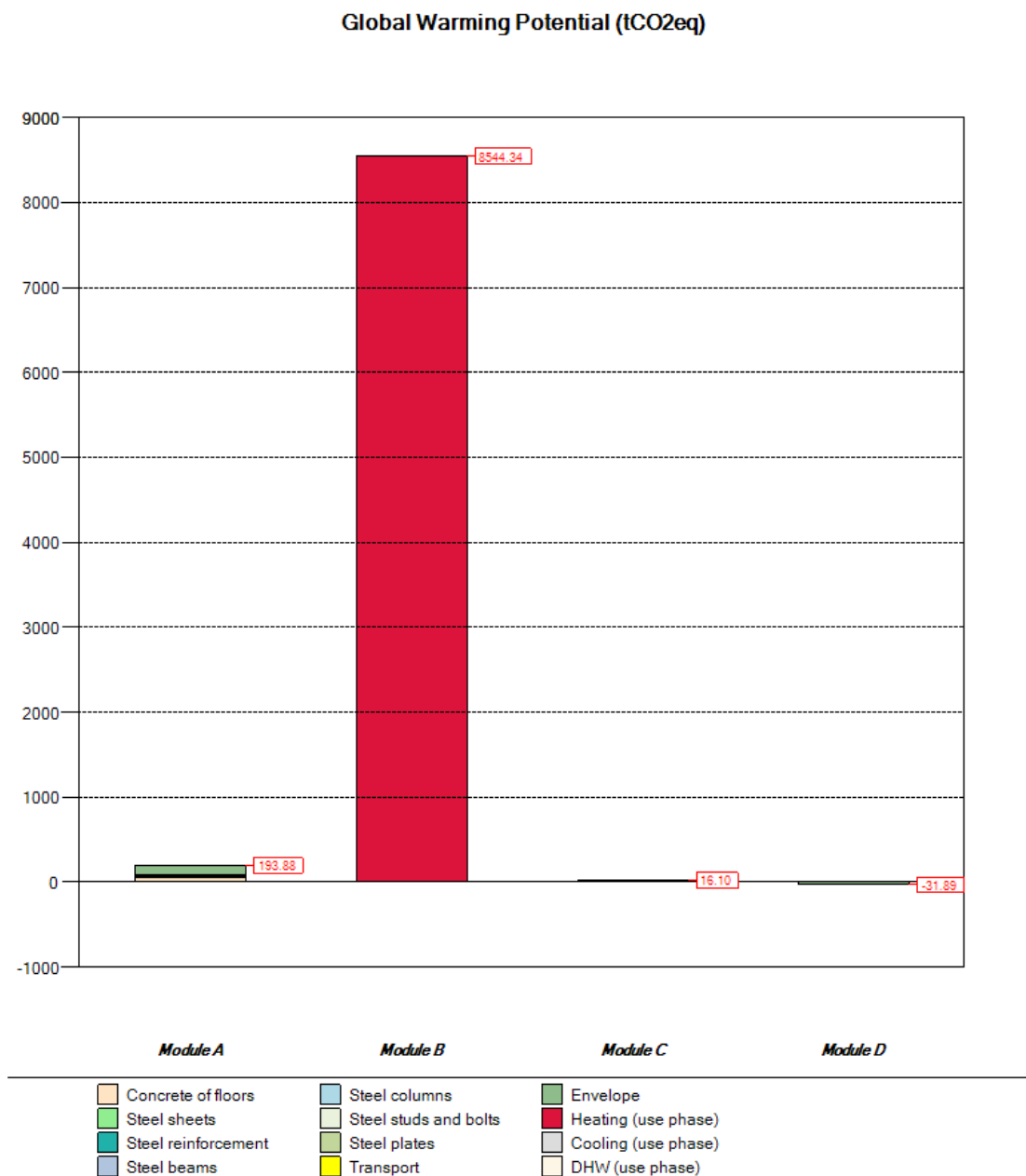
Zoals beschreven in het vorige hoofdstuk, levert de gebruiksfase meer dan 99 % van de totale GWP milieu-effecten gedurende de levenscyclus van het gebouw.

Om de energieverbruiken drastisch te beperken en daarmee de milieu-effecten van het gebouw, geldt als een algemene oplossing om de energie-efficiëntie van de gebouwschilcomponenten te verbeteren door de verhoging van de dikte van de isolatie.

Het is met AMECO eenvoudig om de invloed van zulke aanpassingen te analyseren.

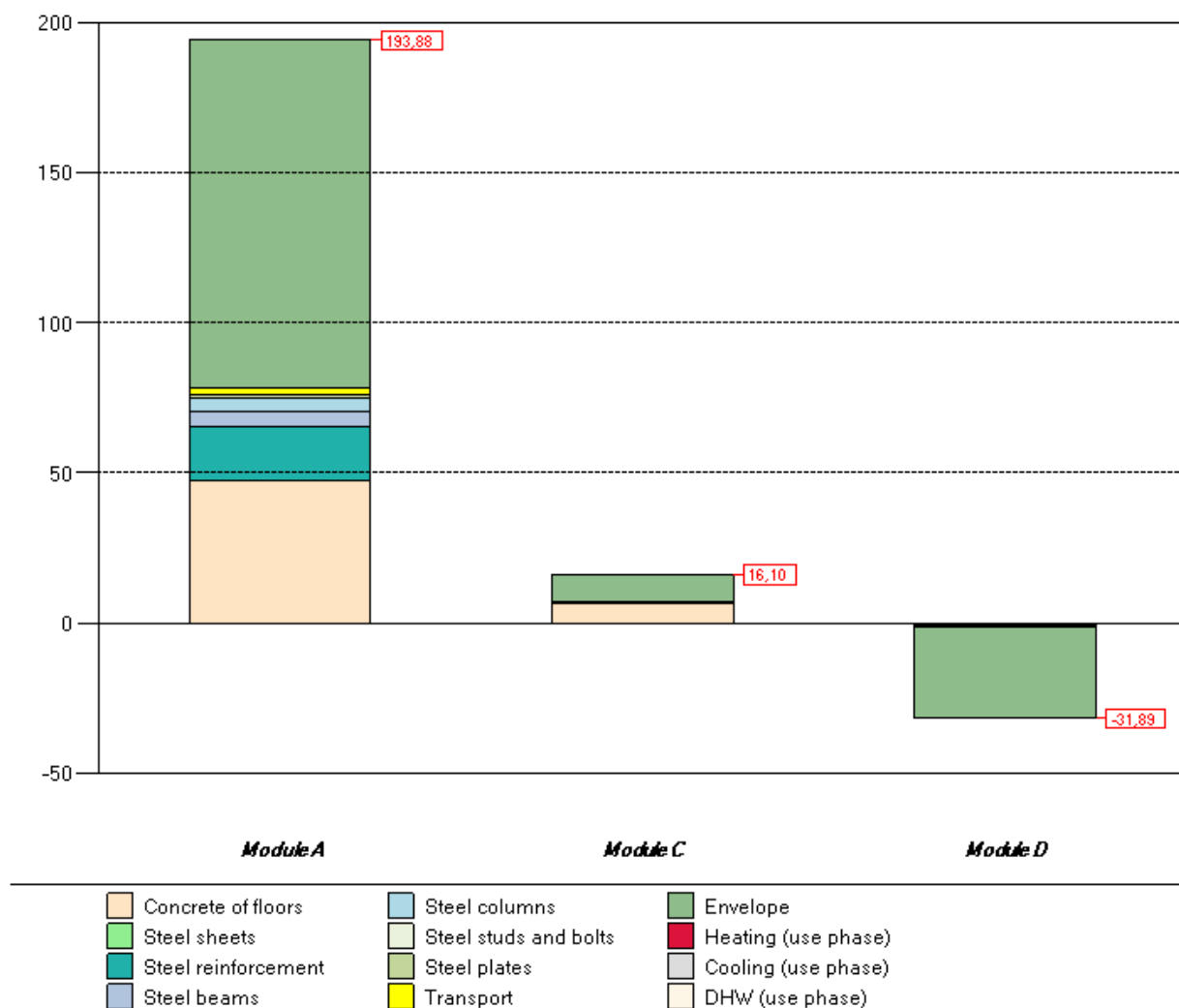
De dikte van de isolatie van de gevelcomponent (sandwichpanelen in dit geval) van 80 mm is vergroot tot 200 mm.

Het GWP milieu-effect voor de gebruiksfase is afgenomen en geeft een netto besparing van 888 tCO₂-eq:



Industrial hall		GWP (tCO ₂ eq)
Module A	Concrete of floors	47.31
	Steel sheets	0.00
	Steel reinforcement	17.91
	Steel beams	5.00
	Steel columns	4.81
	Steel studs and bolts	0.05
	Plate Connections	0.83
	Transport	2.09
	Envelope	115.87
	Module A	193.88
Module B	Energy need for space heating	8544.34
	Energy need for space cooling	0.00
	Energy need for DHW production	0.00
	Module B	8544.34
Module C	Concrete of floors	6.29
	Steel sheets	0.00
	Steel reinforcement	0.91
	Steel beams	0.03
	Steel columns	0.03
	Steel studs and bolts	0.00
	Plate Connections	0.00
	Transport	0.00
	Envelope	8.85
	Module C	16.10
Module D	Concrete of floors	-0.12
	Steel sheets	0.00
	Steel reinforcement	-0.04
	Steel beams	-0.49
	Steel columns	-0.47
	Steel studs and bolts	-0.02
	Plate Connections	-0.43
	Transport	0.00
	Envelope	-30.33
	Module D	-31.89
Total A to C		8754.33
Total A to D		8722.44

De extra hoeveelheid isolatie vergroot het totale GWP milieu-effect van module A tot 193,88 tCO₂-eq, hetgeen correspondeert met een toename van 13,12 tCO₂-eq.

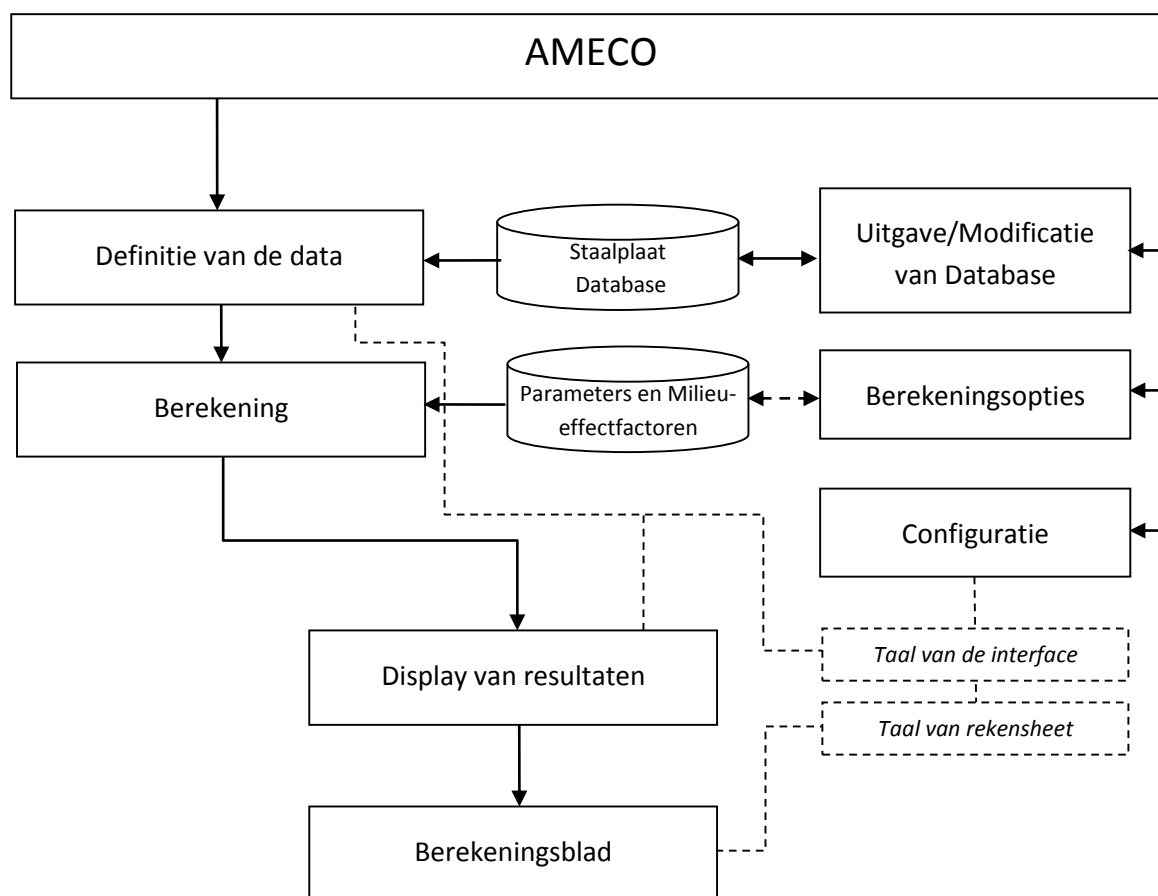
Global Warming Potential (tCO₂eq)

Vergeleken met de reductie in energieverbruik is dit verwaarloosbaar, waaruit het belang van het verbeteren van de energie-efficiëntie van een gebouw duidelijk blijkt.

8 Verwijzingen

- [1] P-O. MARTIN, AMECO SOFTWARE Technical Manual, report DRV/10-DRC-107/002-A, CTICM, 2010.
- [2] C. THAUVOYE, AMECO 2 SOFTWARE Technical and Software Specifications, report DRV/12-DRC-123/001-A, CTICM, 2012.
- [3] P. SANTOS, Excel sheet calculation, University of Coimbra, 2013
- [4] BIO Intelligence Service, Evaluation de la Qualité Environnementale de Bâtiments Tertiaires – Aspects environnementaux, ArcelorMittal, Juillet 2013

Annex 1. Globale Architectuur van AMECO



Annex 2. Niet-klimaattabellen

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MonthLength	2,6784	2,4192	2,6784	2,5920	2,6784	2,5920	2,6784	2,6784	2,5920	2,6784	2,5920	2,6784
MonthDay	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
NbDayWorking	23	20	21	22	23	20	23	22	21	23	21	22

Tabel 12: MonthLength [10^6 s], MonthDay [dagen] en NbDayWorking [dagen] in de maand m

Gebouwtype	Oppervlakte 1		Oppervlakte 2	
	Label	Default %	Label	Default %
RB	Woon-oppervlakte	40	Overige	60
OB	Kantoor-oppervlakte	80	Overige	20
CB	Winkel-oppervlakte	60	Overige	40
IB	Industriehal-oppervlakte	80	Overige	20

Tabel 13: Definities van oppervlakten

Rolluiken type	R_{sh} [$m^2 \cdot K/W$]	Luchtdoorlatendheid		
		$\Delta\rho_{hoog}$	$\Delta\rho_{gem.}$	$\Delta\rho_{loog}$
		[$m^2 \cdot K/W$]		
Geen rolluiken	0,00	0,00	0,00	0,00
Aluminum rolluiken buiten (geen isolatie)	0,01	0,00	0,12	0,00
Ondoorzichtig houten luiken buiten (geen isolatie)	0,10	0,00	0,16	0,00
Houten rolluiken buiten (geen isolatie)	0,10	0,00	0,16	0,00
Plastic rolluiken buiten (geen isolatie)	0,10	0,00	0,16	0,00
Houten jalouziën buiten	0,01	0,09	0,00	0,00
Metalen jalouziën buiten	0,01	0,09	0,00	0,00
Ondoorzichtige roljalouziën buiten	0,01	0,09	0,00	0,00
Doorzichtige roljalouziën buiten	0,01	0,09	0,00	0,00
Rolluiken binnen	0,01	0,00	0,00	0,24
Ondoorzichtige gordijnen binnen	0,00	0,00	0,00	0,00
Transparante gordijnen binnen	0,00	0,00	0,00	0,00
Ondoorzichtige houten schermen binnen	0,10	0,00	0,00	0,31
Rolluiken van plastic met foamvulling	0,15	0,13	0,19	0,26
Rolluiken van hout, 25 mm tot 30 mm dik	0,20	0,14	0,22	0,30

Tabel 14: R_{sh} , ΔR_{high} , ΔR_{avg} , ΔR_{low} additionele warmteweerstand bij een specifieke luchtdoorlatendheid van rolluiken

	$\Delta\theta_{er}$
SUB-POLAIR	9
GEMATIGD	11
TROPEN	13

Tabel 15: Gemiddelde verschil in temperatuur tussen de buitenluchttemperatuur en de schijnbare hemeltemperatuur (ISO 13790)

OpeningType	gn	U-waarde
Dubbel glas	0,78	2,9
Dubbel glas van lage-emissiviteit (type 1)	0,72	1,7
Dubbel glas van lage-emissiviteit (type 2)	0,67	1,4
Dubbel glas van lage-emissiviteit (type 3)	0,65	1,2

Tabel 16: Doorlaatbaarheid van zone-energie voor straling loodrecht op het glas gn, en U-waarde (bron EN 15193)

Wand macro-component	U-Waarde	km
B2010.20.1a(steenwol)	0,296	13391
B2010.20.1b(EPS)	0,296	13391
B2010.20.1c(XPS)	0,296	13391
B2010.20.1d(PUR)	0,296	13391
B2010.20.1e(kurk)	0,296	13391
B2010.20.2a(steenwol)	0,305	62047
B2010.20.2b(EPS)	0,305	62047
B2010.20.2c(XPS)	0,305	62047
B2010.20.2d(PUR)	0,305	62047
B2010.20.2e(kurk)	0,305	62047
B2010.20.2f(glaswol)	0,305	62047

Tabel 17: Wandtype

Verwarmingssysteme efficiëntie	
Elektrische weerstand	1
Verwarming op gasvormige brandstof	0,87
Verwarming op vloeibare Brandstof	0,8
Verwarming op vaste brandstof	0,6
Splitsysteem (Verwarming)	4

Tabel 18: Verwarmingssysteme efficiëntie

Koelsysteem efficiëntie	
Splitsysteem (Koeling)	3
Koelmachine (compressiecyclus)	3
Koelmachine (absorptiecycle)	0,8
Geen koeling	0,0

Tabel 19: Koelsysteem efficiëntie

DHW systeemefficiëntie	
Elektrische boiler	0,9
Gasboiler	0,6
Stand-alone waterverwarmer (condensatie)	0,72
Stand-alone waterverwarmer	0,4
Geen DHW	0,0

Tabel 20: DHW systeemefficiëntie

Energietype	
Electriciteit	0,29
Gas	0,086
Vloeibare brandstof	0,086
Vaste brandstof	0,086
Biomassa	0

Tabel 21: Conversiefactor naar primaire energie afhankelijk van het type uiteindelijke energie

Zonweringstype	Zonweringkleur		
	Licht	Tussengelegen	Donker
Geen zonwering	1,00	1,00	1,00
Ondoorzichtig houten luiken buiten (geen isolatie)	0,03	0,05	0,06
Houten rolluiken buiten (geen isolatie)	0,04	0,05	0,07
Aluminum rolluiken buiten (geen isolatie)	0,04	0,07	0,09
Plastic rolluiken buiten (geen isolatie)	0,04	0,07	0,09
Houten jalouziën buiten	0,08	0,08	0,08
Metalen jalouziën buiten	0,09	0,09	0,09
Ondoorzichtige roljalouziën buiten	0,04	0,06	0,08
Doorzichtige roljalouziën buiten	0,16	0,18	0,2
Rolluiken binnen	0,47	0,59	0,69
Ondoorzichtige gordijnen binnen	0,37	0,46	0,55
Transparante gordijnen binnen	0,39	0,48	0,58
Ondoorzichtige houten schermen binnen	0,35	0,46	0,58
Rolluiken van plastic buiten (met isolatie)	0,04	0,07	0,09
Rolluiken van hout, 25 mm tot 30 mm dik	0,04	0,05	0,07

Tabel 22: Thermische doorlaatbaarheid voor zonne-energie van een raam met zonwering

	λ	ρc
Klei of leem	1,5	3000000,00
Zand of grind	2	2000000,00
Homogene rots	3,5	2000000,00
Default	2	2000000,00

Tabel 23: Warmtegeleidingscoëfficiënt en warmtecapaciteit van grond (ISO 13370)

Type zonwering	Dagkoeling
Geen zonwering	<i>Nee</i>
Alle andere keuzen	<i>Ja</i>

Tabel 24: Defaultwaarden voor “Dagkoeling”

Type rolluik	Nachtverwarming
Geen rolluik	<i>Nee</i>
Alle andere keuzen	<i>Ja</i>

Tabel 25 : Defaultwaarden voor “Nachtverwarming”

Dak macro-component	U- waarde	Km
Waterdicht membraan	0,31	22456,0
Macro Dak 2	0,373	13435,0

Tabel 25: Macro-component voor het dak

	Verwarmingsmodus						Koelmodus					
Zonweringen AAN												
Regio	a _{H0}	τ _{H0}	k _{D,cor,H}	K _{cor,ve}	K _{cor,H}	K _{cor,int,H}	a _{C0}	T _{C0}	k _{D,cor,C}	K _{cor,ve,C}	K _{cor,C}	K _{cor,int,C}
Csa	1,00	15,67	1,00	1,00	0,90	0,93	1,20	15,00	1,07	1,00	0,83	0,90
Csb	1,33	15,00	1,00	1,07	0,97	0,93	1,10	15,00	1,03	1,10	0,97	1,00
Cfb	1,33	15,00	0,93	0,83	1,10	1,07	1,30	15,00	1,00	1,00	1,00	1,03
Dfb	1,30	14,67	0,83	0,90	1,25	1,25	1,00	15,00	1,07	1,07	0,97	1,00
Dfc	1,25	14,33	0,83	0,83	1,17	1,50	1,00	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Zonweringen UIT												
Regio	a _{H0}	τ _{H0}	k _{D,cor,H}	K _{cor,ve}	K _{cor,H}	K _{cor,int,H}	a _{C0}	T _{C0}	k _{D,cor,C}	K _{cor,ve,C}	K _{cor,C}	K _{cor,int,C}
Csa	0,93	15,00	1,00	1,00	1,03	1,03	1,25	15,00	1,17	1,33	0,83	0,90
Csb	1,13	15,00	1,00	0,97	1,03	1,00	0,93	15,00	1,08	1,17	0,87	0,87
Cfb	1,17	15,00	1,00	0,93	1,00	1,03	1,08	15,00	1,08	1,33	0,90	0,87
Dfb	1,33	15,00	0,93	0,87	1,17	1,10	1,20	15,00	1,00	1,00	0,83	0,90
Dfc	1,50	14,00	0,80	0,80	1,07	1,20	1,00	15,00	1,17	1,17	0,92	0,90

Tabel 26: Correctiefactoren voor elke klimaatregio

			WOONGEBOUWEN					
			Oppervlakte 1 (Woonkamer plus keuken)			Oppervlakte 2 (Overige geconditioneerde ruimten)		
			Van	Tot	Winst (W/m ²)	Van	Tot	Winst (W/m ²)
GEBRUIK	Maandag tot Vrijdag	Periode 1	07.00	17.00	8,0	07.00	17.00	1,0
		Periode 2	17.00	23.00	20,0	17.00	23.00	1,0
		Periode 3	23.00	07.00	2,0	23.00	07.00	6,0
	Zaterdag en Zondag	Periode 1	07.00	17.00	8,0	07.00	17.00	2,0
		Periode 2	17.00	23.00	20,0	17.00	23.00	4,0
		Periode 3	23.00	07.00	2,0	23.00	07.00	6,0
LICHT	Maandag tot Vrijdag	Periode 1	07.00	17.00	0	07.00	17.00	0
		Periode 2	17.00	23.00	10	17.00	23.00	5
		Periode 3	23.00	07.00	0	23.00	07.00	0
	Zaterdag en Zondag	Periode 1	07.00	17.00	10	07.00	17.00	5
		Periode 2	17.00	23.00	10	17.00	23.00	5
		Periode 3	23.00	07.00	0	23.00	07.00	0

Tabel 27: Defaultwaarden Gebruik en Lichtscenario's voor woongebouwen

			KANTOORGEBOUWEN					
			Oppervlakte 1: Kantoorruimten			Oppervlakte 2: Overige kamers, lobbies, corridors		
			Van	Tot	Winst (W/m ²)	Van	Tot	Winst (W/m ²)
GEBRUIK	Maandag to Vrijdag	Periode 1	07.00	17.00	20,0	07.00	17.00	8,0
		Periode 2	17.00	23.00	2,0	17.00	23.00	1,0
		Periode 3	23.00	07.00	2,0	23.00	07.00	1,0
	Zaterdag en Zondag	Periode 1	07.00	17.00	2,0	07.00	17.00	1,0
		Periode 2	17.00	23.00	2,0	17.00	23.00	1,0
		Periode 3	23.00	07.00	2,0	23.00	07.00	1,0
LICHT	Maandag to Vrijdag	Periode 1	07.00	17.00	10	07.00	17.00	5
		Periode 2	17.00	23.00	5	17.00	23.00	5
		Periode 3	23.00	07.00	0	23.00	07.00	0
	Zaterdag en Zondag	Periode 1	07.00	17.00	0	07.00	17.00	0
		Periode 2	17.00	23.00	0	17.00	23.00	0
		Periode 3	23.00	07.00	0	23.00	07.00	0

Tabel 28: Defaultwaarden Gebruik en Lichtscenario's voor kantoorgebouwen

			WINKELS					
			Oppervlakte 1			Oppervlakte 2		
			Van	Tot	Winst (W/m ²)	Van	Tot	Winst (W/m ²)
GEBRUIK	Maandag to Vrijdag	Periode 1	07.00	17.00	20,0	07.00	17.00	8,0
		Periode 2	17.00	23.00	2,0	17.00	23.00	1,0
		Periode 3	23.00	07.00	2,0	23.00	07.00	1,0
	Zaterdag en Zondag	Periode 1	07.00	17.00	2,0	07.00	17.00	1,0
		Periode 2	17.00	23.00	2,0	17.00	23.00	1,0
		Periode 3	23.00	07.00	2,0	23.00	07.00	1,0
LICHT	Maandag to Vrijdag	Periode 1	07.00	17.00	20,0	07.00	17.00	15
		Periode 2	17.00	23.00	0	17.00	23.00	0
		Periode 3	23.00	07.00	0	23.00	07.00	0
	Zaterdag en Zondag	Periode 1	07.00	17.00	20	07.00	17.00	15
		Periode 2	17.00	23.00	0	17.00	23.00	0
		Periode 3	23.00	07.00	0	23.00	07.00	0

Tabel 29: Defaultwaarden Gebruik en Lichtscenario's voor winkels

			INDUSTRIEGEBOUWEN					
			Oppervlakte 1			Oppervlakte 2		
			Van	To	Winst (W/m ²)	Van	Tot	Winst (W/m ²)
GEBRUIK	Maandag to Vrijdag	Periode 1	07.00	17.00	20,0	07.00	17.00	8,0
		Periode 2	17.00	23.00	2,0	17.00	23.00	1,0
		Periode 3	23.00	07.00	2,0	23.00	07.00	1,0
	Zaterdag en Zondag	Periode 1	07.00	17.00	2,0	07.00	17.00	1,0
		Periode 2	17.00	23.00	2,0	17.00	23.00	1,0
		Periode 3	23.00	07.00	2,0	23.00	07.00	1,0
LICHT	Maandag to Vrijdag	Periode 1	07.00	17.00	13	07.00	17.00	13
		Periode 2	17.00	23.00	5	17.00	23.00	5
		Periode 3	23.00	07.00	0	23.00	07.00	0
	Zaterdag en Zondag	Periode 1	07.00	17.00	0	07.00	17.00	0
		Periode 2	17.00	23.00	0	17.00	23.00	0
		Periode 3	23.00	07.00	0	23.00	07.00	0

Tabel 30: Defaultwaarden Gebruik en Lichtscenario's voor industriegebouwen

Velden	eenheid	RB	OB	CB	IB
Verwarmingstemperatuur	°C	20	20	20	18
Koeltemperatuur	°C	26	26	26	26
Ventilatievoud (verwarming) (minimum waarde voor een goede binnenluchtkwaliteit)	Aantal luchtwisselingen/uur	0,60	0,60	0,60	0,60
Ventilatievoud (koeling)	Aantal luchtwisselingen/uur	1,00	1,00 ^l	1,00 ^l	1,00

Tabel 31: Defaultwaarden voor Binnencondities

Velden	RB	OB	CB	IB
<i>Begintijd</i>	17h00	07h00	09h00	08h00
<i>Eindtijd</i>	23h00	17h00	19h00	17h00
<i>Aantal dagen / week</i>	7	5	6	5

Tabel 32: Defaultwaarden voor Verwarmingssystemen

<i>Verwarming-/Koelsysteemtype</i>	Defaultwaarde voor “gebruikte energie”
Elektrische weerstand	Electrisch
Verwarming op gasvormige brandstof	Gas
Verwarming op vloeibare brandstof	Vloeibare brandstof
Verwarming op vaste brandstof	Vaste brandstof
Splitsysteem (verwarming)	Electrisch
Splitsysteem (koeling)	Electrisch
Koelmachine compressie	Electrisch
Koelmachine absorptie	Electrisch

Tabel 33 : Defaultwaarden voor Energie gebruikt voor verwarming / Koeling

Velden	RB	OB	CB	IB
<i>Aantal dagen / week</i>	7	5	6	5

Tabel 34: Defaultwaarden voor “Aantal werkdagen voor koeling”

<i>DHW systeemtype</i>	Defaultwaarde voor “gebruikte energie”
Elektrische boiler	Electrisch
Gasboiler	Gas
Stand-alone waterverwarmer condensatie	Gas
Stand-alone waterverwarmer	Gas

Tabel 35: Defaultwaarden voor Energie gebruikt voor DHW-productie

Annex 3. Klimaattabellen

Land : **Portugal**

Latitude: 40

Climate: Gematigd

GeigerClimate: Csb

		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Invallende zonne- straling W/m ²	Noord	22,7	33,2	45,1	56,1	69,1	76,9	68,9	57,7	48,1	35,9	27,1	22,0
	Oost	55,2	67,5	96,0	122,0	125,5	132,3	132,1	122,5	103,7	75,2	49,9	43,9
	Zuid	141,5	128,4	151,6	141,7	113,9	112,5	119,7	147,0	153,8	152,5	111,9	111,8
	West	56,7	66,8	96,4	121,4	126,1	146,8	148,6	144,8	110,6	87,5	48,7	43,0
	Dak	87,8	107,7	170,8	220,7	241,7	277,4	282,7	260,3	197,9	138,4	84,4	69,7
Luchttemp. [°C]		9,6	11,0	12,7	13,1	15,6	19,0	20,8	21,1	20,6	16,9	12,2	11,2
f _{H,shut} [-]		0,585	0,542	0,484	0,438	0,386	0,375	0,375	0,406	0,471	0,508	0,583	0,590

Tabel 36: Klimaatdata voor **Coimbra**

Land : **Finland**

Latitude: 61

Climate: Gematigd

GeigerClimate: Dfc

		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Invallende zonne- straling W/m ²	Noord	3	12	27	46	70	82	72	56	36	17	6	2
	Oost	4	28	48	90	126	140	131	103	59	30	8	4
	Zuid	13	85	100	142	159	159	161	138	105	65	22	16
	West	5	31	54	90	129	139	139	101	59	30	8	4
	Dak	7	34	76	139	211	237	224	166	97	46	12	5
Luchttemp. [°C]		-6,3	-6,7	-2,6	3,0	9,3	13,5	16,6	15,2	9,5	4,6	-1,0	-4,2
f _{H,shut} [-]		0,727	0,616	0,500	0,376	0,267	0,183	0,226	0,328	0,450	0,565	0,693	0,750

Tabel 37 : Klimaatdata voor **Tampere**

Land : **Roemenië**

Latitude: 45

Climate: Gematigd

GeigerClimate: Cfb

		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Invallende zonne- straling W/m ²	Noord	19	28	43	57	72	80	74	61	47	34	22	16
	Oost	31	52	81	105	132	146	144	130	95	73	40	26
	Zuid	80	112	128	129	129	128	141	152	153	155	95	69
	West	32	54	74	102	125	138	141	131	98	76	39	28
	Dak	50	84	136	182	235	266	271	234	168	121	62	43
Luchttemp. [°C]		0,0	1,5	5,2	10,7	16,8	19,4	22,1	21,4	16,4	11,6	5,7	1,4
f _{H,shut} [-]		0,622	0,546	0,488	0,428	0,366	0,333	0,363	0,388	0,468	0,527	0,583	0,625

Tabel 38: Klimaatdata voor **Timisoara**

MONTH	$f_{sh-with}$			
	NOORD	OOST	ZUID	WEST
	[-]	[-]	[-]	[-]
JAN	0,00	0,45	0,85	0,47
FEB	0,00	0,43	0,73	0,43
MAR	0,00	0,54	0,78	0,58
APR	0,00	0,61	0,71	0,61
MEI	0,00	0,56	0,53	0,55
JUN	0,00	0,61	0,53	0,65
JUL	0,00	0,63	0,59	0,67
AUG	0,00	0,65	0,77	0,73
SEP	0,00	0,58	0,78	0,61
OCT	0,00	0,46	0,82	0,58
NOV	0,00	0,33	0,70	0,24
DEC	0,00	0,24	0,73	0,25

Tabel 39 : f_{shmet} , gewogen fractie van de tijd met de zonwering in gebruik voor Coimbra

MONTH	$f_{sh-with}$			
	NOORD	OOST	ZUID	WEST
	[-]	[-]	[-]	[-]
JAN	0,00	0,19	0,70	0,20
FEB	0,00	0,44	0,74	0,40
MAR	0,00	0,50	0,73	0,41
APR	0,00	0,52	0,65	0,48
MEI	0,00	0,59	0,65	0,54
JUN	0,00	0,63	0,62	0,59
JUL	0,00	0,62	0,70	0,62
AUG	0,00	0,64	0,76	0,63
SEP	0,00	0,53	0,79	0,57
OCT	0,00	0,48	0,84	0,53
NOV	0,00	0,27	0,70	0,28
DEC	0,00	0,12	0,64	0,17

Tabel 40 : f_{shmet} , gewogen fractie van de tijd met de zonwering in gebruik voor Timisoara

MONTH	$f_{sh-with}$			
	NOORD	OOST	ZUID	WEST
	[-]	[-]	[-]	[-]
JAN	0,00	0,00	0,05	0,00
FEB	0,00	0,00	0,59	0,00
MAR	0,00	0,00	0,47	0,05
APR	0,00	0,19	0,54	0,21
MEI	0,00	0,25	0,42	0,24
JUN	0,00	0,23	0,29	0,22
JUL	0,00	0,31	0,40	0,35
AUG	0,00	0,22	0,32	0,14
SEP	0,00	0,00	0,32	0,00
OCT	0,00	0,00	0,38	0,00
NOV	0,00	0,00	0,44	0,00
DEC	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 41 : f_{shmet} , gewogen fractie van de tijd met de zonwering in gebruik voor Tampere

Annex 4.Milieu-effecten parameters voor macro-component

De 24 milieu-effecten worden benoemd in **Tabel 42**.

Index	Afkorting	Aanduiding
1	GWP	Broeikaseffect
2	ODP	Aantasting ozonlaag
3	AP	Verzuring
4	EP	Vermesting
5	POCP	Fotochemische oxydantvorming
6	ADP-e	Uitputting – grondstoffen
7	ADP-ff	Uitputting – fossiele brandstoffen
8	RPE	Gebruik van hernieuwbare primaire energie exclusief hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen
9	RER	Gebruik van hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen
10	RPE-totale	Totale gebruik van hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen)
11	Non-RPE	Gebruik van niet hernieuwbare primaire energie exclusief niet hernieuwbare primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen
12	Non-RER	Gebruik van niet hernieuwbare energievoorraden gebruikt als ruwe materialen
13	Non-RPE-totale	Totale gebruik van niet hernieuwbare primaire energie (primaire energie en primaire energievoorraden gebruikt als ruwe materialen)
14	SM	Gebruik van secundair materiaal
15	RSF	Gebruik van hernieuwbare secundaire brandstoffen
16	Non-RSF	Gebruik van niet hernieuwbare secundaire brandstoffen
17	NFW	Gebruik van drinkwater
18	HWD	Gestort gevaarlijk afval
19	Non-HWD	Gestort niet-gevaarlijk afval
20	RWD	Gestort radioactief afval
21	CR	Componenten voor hergebruik
22	MR	Materialen voor recycling
23	MER	Materialen voor energierterugwinning
24	EE	Geëxporteerde energie

Tabel 42: Milieu-effecten

Voor de macro-component wand, zijn de volgende milieu-effectcoëfficiënten ingesteld op nul: RPE_totale, Non_RPE, Non_RER, NonRPE_totale, SM, RSF, Non_RSf, HWD, Non_HWD, RWD, CR, MR, MER, EE.

Voor de macro-component wand worden de milieu-effectcoëfficiënten die niet nul zijn hierna opgesomd.

Macro-component	Milieu-effect	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADP_e	ADP_ff	RPE	RER	NFW
B2010.20.1a(steenwol)	k _{A1A3}	6,50E-02	6,43E-10	2,65E-04	2,41E-05	3,27E-05	3,06E-08	7,09E-01	7,13E-01	1,86E-01	4,53E-02
B2010.20.1a(steenwol)	k _{A4}	5,86E-05	1,03E-15	2,63E-07	6,05E-08	-8,58E-08	2,19E-12	8,14E-04	8,14E-04	3,19E-05	8,27E-04
B2010.20.1a(steenwol)	k _{C2}	5,13E-05	8,98E-16	2,28E-07	5,23E-08	-7,40E-08	1,92E-12	7,12E-04	7,12E-04	2,79E-05	7,23E-04
B2010.20.1a(steenwol)	k _{C4}	4,94E-04	9,24E-14	7,35E-07	1,13E-07	1,91E-07	4,32E-11	1,68E-03	1,68E-03	1,25E-04	2,46E-03
B2010.20.1a(steenwol)	k _D	-1,73E-02	3,41E-10	-4,81E-05	-1,17E-06	-1,13E-05	-2,10E-07	-3,05E-01	-3,14E-01	9,76E-03	9,10E-03
B2010.20.1b(EPS)	k _{A1A3}	5,18E-02	8,13E-10	1,44E-04	1,03E-05	6,33E-05	2,82E-08	6,75E-01	6,81E-01	1,73E-01	-2,27E-02
B2010.20.1b(EPS)	k _{A4}	5,17E-05	9,05E-16	2,32E-07	5,34E-08	-7,57E-08	1,93E-12	7,18E-04	7,18E-04	2,81E-05	7,29E-04
B2010.20.1b(EPS)	k _{C2}	4,33E-05	7,57E-16	1,92E-07	4,41E-08	-6,24E-08	1,62E-12	6,00E-04	6,00E-04	2,35E-05	6,10E-04
B2010.20.1b(EPS)	k _{C4}	6,79E-03	8,54E-14	8,87E-07	1,50E-07	1,70E-07	5,61E-11	1,84E-03	1,84E-03	1,38E-04	1,39E-02
B2010.20.1b(EPS)	k _D	-2,22E-02	3,41E-10	-7,24E-05	-2,60E-06	-1,27E-05	-2,10E-07	-3,70E-01	-3,78E-01	9,55E-03	2,86E-03
B2010.20.1c(XPS)	k _{A1A3}	5,52E-02	6,41E-10	1,53E-04	1,09E-05	3,16E-05	2,99E-08	7,89E-01	7,93E-01	1,79E-01	4,28E-02
B2010.20.1c(XPS)	k _{A4}	6,00E-05	1,05E-15	2,69E-07	6,20E-08	-8,79E-08	2,24E-12	8,33E-04	8,33E-04	3,27E-05	8,47E-04
B2010.20.1c(XPS)	k _{C2}	4,94E-05	8,65E-16	2,19E-07	5,04E-08	-7,13E-08	1,84E-12	6,85E-04	6,85E-04	2,69E-05	6,97E-04
B2010.20.1c(XPS)	k _{C4}	1,07E-02	1,04E-13	1,16E-06	2,01E-07	2,06E-07	7,46E-11	2,36E-03	2,36E-03	1,78E-04	2,14E-02
B2010.20.1c(XPS)	k _D	-2,52E-02	3,41E-10	-8,70E-05	-3,46E-06	-1,36E-05	-2,10E-07	-4,08E-01	-4,17E-01	9,42E-03	-8,93E-04
B2010.20.1d(PUR)	k _{A1A3}	6,70E-02	6,44E-10	1,66E-04	1,43E-05	2,81E-05	8,52E-08	9,22E-01	9,25E-01	1,92E-01	1,27E-01
B2010.20.1d(PUR)	k _{A4}	6,00E-05	1,05E-15	2,69E-07	6,20E-08	-8,79E-08	2,24E-12	8,33E-04	8,33E-04	3,27E-05	8,47E-04
B2010.20.1d(PUR)	k _{C2}	4,94E-05	8,65E-16	2,19E-07	5,04E-08	-7,13E-08	1,84E-12	6,85E-04	6,85E-04	2,69E-05	6,97E-04
B2010.20.1d(PUR)	k _{C4}	7,11E-03	1,30E-13	3,30E-06	7,68E-07	3,15E-07	7,64E-11	3,02E-03	3,02E-03	1,89E-04	1,75E-02
B2010.20.1d(PUR)	k _D	-2,22E-02	3,41E-10	-7,23E-05	-2,60E-06	-1,27E-05	-2,10E-07	-3,70E-01	-3,78E-01	9,55E-03	2,86E-03
B2010.20.1e(kurk)	k _{A1A3}	5,39E-02	6,40E-10	1,60E-04	1,55E-05	2,50E-05	2,72E-08	5,78E-01	5,82E-01	3,90E-01	6,91E-02
B2010.20.1e(kurk)	k _{A4}	9,34E-05	1,64E-15	4,19E-07	9,64E-08	-1,37E-07	3,49E-12	1,30E-03	1,30E-03	5,08E-05	1,32E-03
B2010.20.1e(kurk)	k _{C2}	4,28E-05	7,49E-16	1,90E-07	4,37E-08	-6,17E-08	1,60E-12	5,94E-04	5,94E-04	2,33E-05	6,03E-04
B2010.20.1e(kurk)	k _{C4}	3,98E-04	7,44E-14	5,92E-07	9,07E-08	1,54E-07	3,48E-11	1,36E-03	1,36E-03	1,01E-04	1,98E-03
B2010.20.1e(kurk)	k _D	-1,73E-02	3,41E-10	-4,81E-05	-1,17E-06	-1,13E-05	-2,10E-07	-3,05E-01	-3,14E-01	9,76E-03	9,10E-03

Macro-component	Milieu-effect	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADP_e	ADP_ff	RPE	RER	NFW
B2010.20.2a(steenwol)	k _{A1A3}	8,12E-02	3,62E-12	1,33E-04	1,58E-05	1,21E-05	4,00E-09	6,11E-01	6,11E-01	1,02E-01	1,56E-01
B2010.20.2a(steenwol)	k _{A4}	3,67E-04	6,43E-15	1,65E-06	3,79E-07	-5,37E-07	1,37E-11	5,10E-03	5,10E-03	2,00E-04	5,18E-03
B2010.20.2a(steenwol)	k _{C2}	3,21E-04	5,62E-15	1,43E-06	3,28E-07	-4,64E-07	1,20E-11	4,46E-03	4,46E-03	1,75E-04	4,53E-03
B2010.20.2a(steenwol)	k _{C4}	1,78E-02	3,32E-12	2,64E-05	4,04E-06	6,86E-06	1,55E-09	6,05E-02	6,05E-02	4,50E-03	8,83E-02
B2010.20.2a(steenwol)	k _D	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
B2010.20.2b(EPS)	k _{A1A3}	7,46E-02	8,86E-11	7,23E-05	8,96E-06	2,74E-05	2,81E-09	5,94E-01	5,96E-01	9,56E-02	1,22E-01
B2010.20.2b(EPS)	k _{A4}	3,58E-04	6,27E-15	1,61E-06	3,70E-07	-5,24E-07	1,34E-11	4,97E-03	4,97E-03	1,95E-04	5,05E-03
B2010.20.2b(EPS)	k _{C2}	3,13E-04	5,48E-15	1,39E-06	3,20E-07	-4,52E-07	1,17E-11	4,35E-03	4,35E-03	1,70E-04	4,42E-03
B2010.20.2b(EPS)	k _{C4}	2,09E-02	3,31E-12	2,65E-05	4,06E-06	6,85E-06	1,56E-09	6,06E-02	6,06E-02	4,50E-03	9,40E-02
B2010.20.2b(EPS)	k _D	-2,46E-03	-4,97E-14	-1,22E-05	-7,17E-07	-7,02E-07	-4,49E-11	-3,21E-02	-3,21E-02	-1,06E-04	-3,12E-03
B2010.20.2c(XPS)	k _{A1A3}	7,63E-02	3,00E-12	7,67E-05	9,23E-06	1,15E-05	3,64E-09	6,51E-01	6,51E-01	9,88E-02	1,55E-01
B2010.20.2c(XPS)	k _{A4}	3,59E-04	6,29E-15	1,61E-06	3,71E-07	-5,25E-07	1,34E-11	4,98E-03	4,98E-03	1,95E-04	5,06E-03
B2010.20.2c(XPS)	k _{C2}	3,14E-04	5,50E-15	1,39E-06	3,20E-07	-4,53E-07	1,17E-11	4,36E-03	4,36E-03	1,71E-04	4,43E-03
B2010.20.2c(XPS)	k _{C4}	2,29E-02	3,32E-12	2,66E-05	4,09E-06	6,87E-06	1,57E-09	6,08E-02	6,08E-02	4,52E-03	9,78E-02
B2010.20.2c(XPS)	k _D	-3,94E-03	-7,96E-14	-1,95E-05	-1,15E-06	-1,12E-06	-7,18E-11	-5,14E-02	-5,14E-02	-1,70E-04	-5,00E-03
B2010.20.2d(PUR)	k _{A1A3}	8,22E-02	4,11E-12	8,33E-05	1,09E-05	9,80E-06	3,13E-08	7,17E-01	7,17E-01	1,05E-01	1,97E-01
B2010.20.2d(PUR)	k _{A4}	3,59E-04	6,29E-15	1,61E-06	3,71E-07	-5,25E-07	1,34E-11	4,98E-03	4,98E-03	1,95E-04	5,06E-03
B2010.20.2d(PUR)	k _{C2}	3,14E-04	5,50E-15	1,39E-06	3,20E-07	-4,53E-07	1,17E-11	4,36E-03	4,36E-03	1,71E-04	4,43E-03
B2010.20.2d(PUR)	k _{C4}	2,11E-02	3,34E-12	2,77E-05	4,37E-06	6,92E-06	1,57E-09	6,12E-02	6,12E-02	4,53E-03	9,58E-02
B2010.20.2d(PUR)	k _D	-2,46E-03	-4,99E-14	-1,21E-05	-7,15E-07	-7,02E-07	-4,52E-11	-3,22E-02	-3,22E-02	-1,07E-04	-3,12E-03
B2010.20.2e(kurk)	k _{A1A3}	7,57E-02	2,30E-12	8,06E-05	1,16E-05	8,25E-06	2,27E-09	5,46E-01	5,46E-01	2,04E-01	1,68E-01
B2010.20.2e(kurk)	k _{A4}	3,62E-04	6,35E-15	1,63E-06	3,74E-07	-5,30E-07	1,35E-11	5,03E-03	5,03E-03	1,97E-04	5,11E-03
B2010.20.2e(kurk)	k _{C2}	3,17E-04	5,55E-15	1,41E-06	3,23E-07	-4,57E-07	1,18E-11	4,40E-03	4,40E-03	1,72E-04	4,47E-03
B2010.20.2e(kurk)	k _{C4}	1,77E-02	3,31E-12	2,63E-05	4,03E-06	6,84E-06	1,55E-09	6,03E-02	6,03E-02	4,48E-03	8,80E-02
B2010.20.2e(kurk)	k _D	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Macro-component	Milieu-effect	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADP_e	ADP_ff	RPE	RER	NFW
B2010.20.2f(glaswol)	k _{A1A3}	7,81E-02	3,81E-12	9,80E-05	1,33E-05	8,60E-06	6,07E-07	6,13E-01	6,13E-01	1,05E-01	1,68E-01
B2010.20.2f(glaswol)	k _{A4}	3,61E-04	6,32E-15	1,62E-06	3,73E-07	-5,28E-07	1,35E-11	5,01E-03	5,01E-03	1,96E-04	5,09E-03
B2010.20.2f(glaswol)	k _{C2}	3,16E-04	5,53E-15	1,40E-06	3,22E-07	-4,56E-07	1,18E-11	4,38E-03	4,38E-03	1,72E-04	4,45E-03
B2010.20.2f(glaswol)	k _{C4}	1,77E-02	3,31E-12	2,63E-05	4,03E-06	6,83E-06	1,55E-09	6,03E-02	6,03E-02	4,48E-03	8,80E-02
B2010.20.2f(glaswol)	k _D	5,96E-04	-7,23E-12	3,71E-07	1,04E-06	1,78E-07	1,03E-12	1,80E-04	1,85E-04	-7,20E-05	-1,53E-03

Voor de macro-component opening zijn de milieu-effectcoëfficiënten identiek voor alle openingstypen. Bovendien zijn de milieu-effectcoëfficiënten nul voor transport in module A (aangeduid met k_{A4}), voor Afdanking in module C (aangeduid met k_{C4}) en voor de voordelen in module D (aangeduid met k_D).

Voor de macro-component opening worden de milieu-effectcoëfficiënten die niet nul zijn hierna opgesomd.

milieu-effect	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADP_e	ADP_ff	RPE	RER	RPE_totale	Non_RPE	Non_RER
k _{A1A3}	1,39E-01	2,11E-12	5,98E-04	1,09E-04	5,02E-05	8,85E-07	1,64E+00	6,72E-02	0,00E+00	6,72E-02	1,71E+00	1,53E-02
k _{C2}	3,52E-04	4,82E-15	2,24E-06	3,07E-07	2,10E-07	1,33E-10	4,63E-03	3,99E-04	0,00E+00	3,99E-04	4,84E-03	0,00E+00

milieu-effect	NonRPE_totale	SM	RSF	Non_RSF	NFW	HWD	Non_HWD	RWD	CR	MR	MER	EE
k _{A1A3}	1,73E+00	0,00E+00	2,14E-05	1,97E-04	6,22E-04	0,00E+00	2,25E-01	3,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
k _{C2}	4,84E-03	0,00E+00	8,67E-06	1,87E-05	2,64E-06	0,00E+00	2,68E-02	8,47E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00