

Bouw en ontwikkeling van SAVER-LEAP als tool voor scenario-analyses van energiegebruik en emissies: beschrijving van methoden, data en veronderstellingen met een concrete toepassing op de sector handel & diensten in Vlaanderen

Johan Couder, Aviel Verbruggen

Faculteit TEW, departement MTT, onderzoeksgroep STEM
Universiteit Antwerpen

Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA

MIRA/2006/04

Mei 2006



1. Woord vooraf

De auteurs danken de leden van de stuurgroep: Ronny Vercruyssen van VMM, Tomas Velghe van LIN, Koen Claes, Ils Moorkens en Kristien Aernouts van VITO, Martine Tanghe, Nadine Dufait en Sofie Luyten van ANRE (VEA), Luk Vandaele van WTCB, en last but not least Hugo Hens van KULeuven, voor hun constructieve inbreng bij het tot stand komen van dit eindrapport.

We danken ook het MIRA-team voor het vertrouwen dat ze ons hebben betoond bij het toekennen van deze opdracht, en in het bijzonder Jeroen Van Laer, niet enkel omwille van zijn kritische opmerkingen maar ook vanwege het vele geduld dat hij soms heeft moeten uitoefenen.

2. Inhoudstafel

1.	Woord vooraf	2
2.	Inhoudstafel	3
3.	Samenvatting	6
4.	Beschrijving van SAVER-LEAP	11
4.1.	Inleiding	11
4.2.	Van “of SAVER of LEAP” naar SAVER-LEAP	12
4.2.1.	Probleemstelling	12
4.2.2.	Criteria voor de keuze tussen SAVER of LEAP	12
4.2.3.	Conclusies	12
4.3.	LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning)	13
4.3.1.	Inleiding	13
4.3.2.	Doelstellingen van LEAP	13
4.3.3.	Datastructuren van LEAP	14
4.3.4.	Vraaganalyses	14
4.3.5.	Scenario-analyses	15
4.4.	SAVER als tool voor de reconstructie van de “Current Accounts”	15
4.4.1.	De “Current Accounts” in LEAP	15
4.4.2.	De benodigde gegevens voor de “Current Accounts”	15
4.4.3.	De functionele eenheid (“driving force”)	16
4.4.4.	De indeling in deelsectoren	16
4.4.5.	De energiefuncties	18
4.4.6.	De energiedragers	20
4.4.7.	Kosten	21
4.4.8.	De beschikbare gegevens	22
5.	Reconstructie van de “Current Accounts”	23
5.1.	Reconstructie van de totale bruto vloeroppervlakte (bvo)	23
5.1.1.	De beschikbare gegevens	23
5.1.2.	De reconstructie van de bruto vloeroppervlakte	25
5.2.	Reconstructie van de energiefuncties: algemeen	27
5.2.1.	De beschikbare gegevens	28
5.2.2.	Reconstructie van het specifiek energiegebruik per energiefunctie: algemeen	30
5.3.	De energiefunctie verwarming in “Current Accounts” van LEAP	33
5.3.1.	LEAP inputvereisten voor ruimteverwarming	33
5.3.2.	Verwarmingssystemen	33
5.3.3.	Schematische reconstructie van ruimteverwarming in LEAP	35
5.3.4.	Enkele bedenkingen	37
5.4.	De energiefunctie warm tapwater in “Current Accounts” van LEAP	37
5.4.1.	LEAP inputvereisten voor warm tapwater	37
5.4.2.	Systemen voor de bereiding en distributie van warm tapwater	37
5.4.3.	Schematische reconstructie van warmtapwaterbereiding in LEAP	39
5.5.	De energiefunctie ruimtekoeling in “Current Accounts” van LEAP	40
5.5.1.	LEAP inputvereisten voor ruimtekoeling	40
5.5.2.	Koelinstallaties	41
5.5.3.	Schematische reconstructie van ruimtekoeling in LEAP	42
5.6.	De energiefunctie bevochtiging in “Current Accounts” van LEAP	43
5.6.1.	LEAP inputvereisten voor bevochtiging	43
5.6.2.	Bevochtigingsinstallaties	43
5.6.3.	Schematische reconstructie van bevochtiging in LEAP	44
5.7.	De energiefunctie hulpfuncties in “Current Accounts” van LEAP	45

5.7.1.	LEAP inputvereisten voor hulpfuncties	45
5.7.2.	Pompen en ventilatoren	45
5.7.3.	Reconstructie van hulpfuncties in LEAP	45
5.8.	De energiefunctie verlichting in de “Current Accounts” van LEAP.....	46
5.8.1.	LEAP inputvereisten voor verlichting.....	46
5.8.2.	Verlichtingsinstallaties	46
5.8.3.	Schematische reconstructie van verlichting in LEAP	47
5.9.	De energiefuncties koken en apparaten in de “Current Accounts” van LEAP.....	48
5.9.1.	LEAP inputvereisten voor koken, elektrische en niet-elektrische en apparaten	48
5.9.2.	Schematische reconstructie van koken en apparatuur in LEAP	49
6.	Veronderstellingen t.b.v. de scenario’s	51
6.1.	Scenario’s i.v.m. bruto vloeroppervlakte	51
6.1.1.	LEAP inputvereisten voor scenario’s i.v.m. bruto vloeroppervlakte	51
6.1.2.	Prognoses i.v.m. bruto vloeroppervlakte	52
6.1.3.	Schematische constructie van prognoses i.v.m. bruto vloeroppervlakte	53
6.2.	Scenario’s i.v.m. maatregelen per energiefunctie (algemeen).....	54
6.3.	Maatregelen i.v.m. ruimteverwarming	57
6.3.1.	Overzicht van de maatregelen i.v.m. ruimteverwarming	57
6.3.2.	Verminder de transmissieverliezen	58
6.3.3.	Minimaliseer de ventilatie- en infiltratieverliezen.....	59
6.3.4.	Verwarm zo efficiënt mogelijk.....	60
6.4.	Maatregelen i.v.m. de bereiding van warm tapwater	61
6.4.1.	Overzicht van de maatregelen i.v.m. ruimteverwarming	61
6.4.2.	Verminderen van het gebruik van warm tapwater.....	62
6.4.3.	Beperken van stilstandsverliezen en van warmteverliezen tijdens het transport van warmwater.....	62
6.4.4.	kies voor een zo energiezuinig moge/lijk warmtapwatertoestel.....	63
6.5.	Maatregelen i.v.m. ruimtekoeling	63
6.5.1.	Overzicht van de maatregelen i.v.m. ruimtekoeling.....	63
6.5.2.	Het beperken van de directe zonnewinsten	63
6.5.3.	Het minimaliseren van de interne productie van warmte.....	64
6.5.4.	Vermijd zo veel mogelijk compressiekoeling ;	64
6.5.5.	Koel zo efficiënt mogelijk, indien compressiekoeling absoluut noodzakelijk is.	65
6.6.	Maatregelen i.v.m. bevochtiging.....	65
6.6.1.	Overzicht van de maatregelen i.v.m. bevochtiging	65
6.7.	Maatregelen i.v.m. hulpfuncties	65
6.7.1.	Overzicht van de maatregelen i.v.m. hulpfuncties	65
6.7.2.	Regeling van pompen en ventilatoren	66
6.8.	Maatregelen i.v.m. verlichting	66
6.8.1.	Overzicht van de maatregelen i.v.m. verlichting.....	66
6.8.2.	Daglichtoptimalisatie.....	66
6.8.3.	Lichtregeling of schakeling.....	67
6.8.4.	Efficiënte verlichtingsinstallaties	68
6.9.	Maatregelen i.v.m. koken en apparaten.....	68
6.9.1.	Overzicht van maatregelen i.v.m. koken en apparaten.....	68
6.9.2.	Maatregelen i.v.m. kantoorapparatuur.....	69
6.9.3.	Maatregelen i.v.m. koel- en vriesmeubelen en –cellen	69
6.10.	Penetratiegraden van de maatregelen	71
6.11.	Graaddagen (“klimaatcorrectie”)	74
7.	Scenario-analyses	76
7.1.	Referentiescenario	76
7.1.1.	Activiteiten	76
7.1.2.	Resultaten energiegebruik	77
7.1.3.	Resultaten broeikasgasemissies per energiedrager.....	77
7.2.	BAU-scenario	78

7.2.1. Activiteiten	78
7.2.2. Energiefuncties	78
7.2.3. Resultaten van het BAU-scenario	82
7.3. BAU-PLUS scenario	84
7.3.1. Activiteiten	84
7.3.2. Energiefuncties	84
7.3.3. Resultaten van het BAU-PLUS scenario	86
7.3.4. Vergelijkend overzicht van de verschillende scenario's	88
7.4. Kosten in het BAU-PLUS scenario	91
7.4.1. Veronderstellingen	91
7.4.2. Kosten in het BAU-PLUS scenario	93
8. Referenties	95
9. Begrippenlijst	103
10. Lijst van afkortingen	109

3. Samenvatting

Ter voorbereiding van het komende MIRA-S scenariorapport kreeg STEM de opdracht om voor de sector 'handel en diensten' een scenario-definitiemodel ontwikkelen dat moet toelaten om verschillende door de gebruiker te definiëren beleidsscenario's door te rekenen tot het energiegebruik per type energiedrager en de hierbij horende milieudruk, waaronder de uitstoot van broeikasgassen. Bij de bouw van het model wordt gebruik gemaakt van de analysetechniek 'energy accounting', die toelaat om bij de analyse van de eindenergievraag rekening te houden met zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten, en bijgevolg ruimte te laten voor zowel expertenoordeel als formele wiskundige modellen.

Tijdens de loop van het project is beslist gebruik te maken van een bestaande tool, met name LEAP. LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning system) is een scenario-gebaseerd energie-milieu modeleringsgereedschap ontwikkeld door het Stockholm Environment Institute (SEI) uit Boston voor de analyse van energie- en milieuscenario's.

LEAP dient verschillende doeleinden.

- Als een *datbank* biedt het een alomvattend systeem voor het bijhouden van energiegegevens van een regio;
- Als een *forecasting*-gereedschap biedt het de gebruiker de mogelijkheid projecties te maken inzake energieaanbod en –vraag over een lange tijdshorizon;
- Als een *beleidsinstrument* simuleert en beoordeelt het de (fysische, economische en milieugebonden) effecten van alternatieve energieprogramma's, investeringen of actieplannen

In dit rapport beperken we ons tot een vraaganalyse van de sector Handel & Diensten, en bijhorende milieu-analyse.

De dataset voor het basisjaar of referentiejaar heet in LEAP "Current Accounts" (de "courante rekeningen" van de energieboekhouding van een regio). We gebruiken als basisjaar of referentiejaar het jaar 2003. Deze dataset is – per definitie – "gegeven". Omdat zeer veel gegevens voor Vlaanderen ontbreken moeten we de dataset of "Current Accounts" reconstrueren op basis van de data die wel beschikbaar zijn. Omdat de reconstructie van de "Current Accounts" met zoveel onzekerheden gepaard gaat, hebben we een rekenblad (SAVER) ontwikkeld dat toelaat om het grote aantal assumpties later eventueel nog aan te passen, zonder dat we deze aanpassingen rechtstreeks in LEAP moeten invoeren. De belangrijkste reden voor het gebruik van SAVER (Scenario Analyse Vlaamse Energievraag Realistisch bekijken) is er voor te zorgen dat de "Current Accounts" steeds consistent blijven met de (schaarse) data die we wel bezitten.

De belangrijkste basisdata die we voor LEAP nodig hebben zijn:

- bruto vloeroppervlakte of bvo (in m²), per deelsector. In navolging van de meeste buitenlandse modellen omtrent energiegebruik in de sector handel & diensten gebruiken we als 'verklarende variabele' of "driving force" de bruto vloeroppervlakte (bvo in m²);
- het specifiek energiegebruik of de energie-intensiteit (MJ per m²) voor de diverse energiefuncties, per deelsector. We onderscheiden de volgende energiefuncties: (ruimte)verwarming, bereiding van warm water, ruimteteoeling, bevochtiging, hulpfuncties (pompen, ventilatoren), verlichting, koken, (overige) elektrische apparaten en (overige) niet-elektrische apparaten of installaties.
- De penetratiegraden (in %) en eventueel rendementen (in %) van de diverse technieken (apparaten, toestellen, installaties), per energiefunctie en per deelsector. De totale rendementen zijn nodig indien we 'netto energiebehoefte' analyse willen toepassen.

De eerste stap van een scenario-analyse in LEAP is het definiëren van prognoses voor de toe- of afname van de bruto vloeroppervlakte (bvo), per MIRA deelsector in Vlaanderen. In LEAP maken we enkel een onderscheid tussen de overlevende 'mix' van gebouwen (en hun bijhorende bruto

vloeroppervlakte) uit het referentiejaar (2003), en nieuwe gebouwen (en hun bijhorende bruto vloeroppervlakte). Met nieuwe gebouwen bedoelen we nieuwbouw of grondige renovatie gelijkgesteld met nieuwbouw, uitgevoerd na het referentiejaar. We doen dit om rekening te houden met de energieprestatieregelgeving (EPR) die vanaf januari 2006 van kracht is.

Tabel 1: Verondersteld gemiddeld jaarlijks groeipercentage bvo, jaarlijks groeipercentage sloop en renovatie en percentage overlevende fractie, per deelsector (*)

Deelsector	(**) gemiddeld groeipercentage totale bvo [%]	(***) groeipercentage sloop en renovatie [%]	overlevende fractie							
			2004	2005	2006	2010	2015	2020	2025	2030
Handel	2,45%	-1,0%	96,6%	93,4%	90,2%	78,7%	66,3%	55,9%	47,1%	39,7%
Horeca	0,14%	-1,0%	98,9%	97,7%	96,6%	92,3%	87,2%	82,3%	77,7%	73,4%
Kantoren	2,65%	-1,0%	96,4%	93,0%	89,7%	77,6%	64,8%	54,0%	45,1%	37,6%
Onderwijs	-0,13%	-1,0%	99,1%	98,3%	97,4%	94,1%	90,1%	86,2%	82,5%	79,0%
Gezondheidszorg	0,99%	-1,0%	98,0%	96,1%	94,2%	87,0%	78,8%	71,3%	64,6%	58,5%
Overige	1,30%	-1,0%	97,7%	95,5%	93,3%	85,2%	75,9%	67,7%	60,3%	53,8%

(*) Interpretatie van de tabel. Stel dat de bvo in de deelsector Handel in het referentiejaar 2003 gelijk is aan 100 000 m² (bestaande gebouwenstock). Met een gemiddelde groei van de bvo van 2,45 % per jaar zou de totaal benodigde bvo in het jaar 2030 gelijk zijn aan 192 231 m², of men zou gedurende heel die periode 92 231 m² bvo moeten bijbouwen (nieuwbouw), in de veronderstelling dat de bestaande gebouwenstock uit 2003 onveranderd blijft. We veronderstellen echter dat jaarlijks 1 % van de gebouwenstock uit 2003 ofwel verdwijnt door sloop, ofwel grondig wordt gerenoveerd. Dit betekent dat in 2030 slechts 76 234 m² bvo (39,7 % van 192 231) resteert van de oorspronkelijke bvo uit 2003 (de 'resterende fractie'), en dat men bijkomend 115 997 m² bvo moet bijbouwen (vervanging van sloop) of grondig moet renoveren (gelijkgesteld met nieuwbouw).

Bron: (**) veronderstellingen op basis van activiteitenvariabelen: bruto toegevoegde waarde voor Handel en Horeca; aantal werknemers voor Kantoren en Overige; aantal leerlingen voor Onderwijs en aantal bedden in ziekenhuizen en rust-en verzorgingsinstellingen; (***) bij gebrek aan data veronderstelling op basis van waarden die gelden in de woningbouw.

We kennen dan – voor de negen weerhouden energiefuncties (verwarming, warmtapwater, ruimteteoeling, bevochtiging, hulpfuncties, verlichting, koken, elektrische apparaten en niet-elektrische apparaten) – de nuttige energie-intensiteit ("useful energy intensity") of de finale energie-intensiteit ("final energy intensity"), de aandelen van de eindgebruikstechnologieën ("technologies") en eventueel hun rendementen ("efficiencies"), alsook de aandelen van de energiedragers ("fuel share"), per MIRA deelsector in Vlaanderen voor het referentiejaar 2003. Deze informatie zit vevat in de "Current Accounts" van LEAP.

Het toepassen van een aantal technische maatregelen zal ervoor zorgen dat de waarden van sommige of van alle van de bovenvermelde variabelen zullen wijzigen vanaf bepaalde jaren binnen de tijdshorizon van een scenario. Een gebruik(st)er van LEAP kan bij het opstellen van een scenario voor om het even welke van deze variabelen kiezen hoe de variabele zal veranderen (stijgen of dalen), in welke mate (met hoeveel), en vanaf welk jaar. LEAP kan quasi-onmiddellijk de effecten tonen – zowel grafisch als in tabelvorm – van dergelijke wijzigingen, zowel op het vlak van nuttig of finaal energiegebruik als op het vlak van emissies (broeikasgassen, verzurende emissies, enz.).

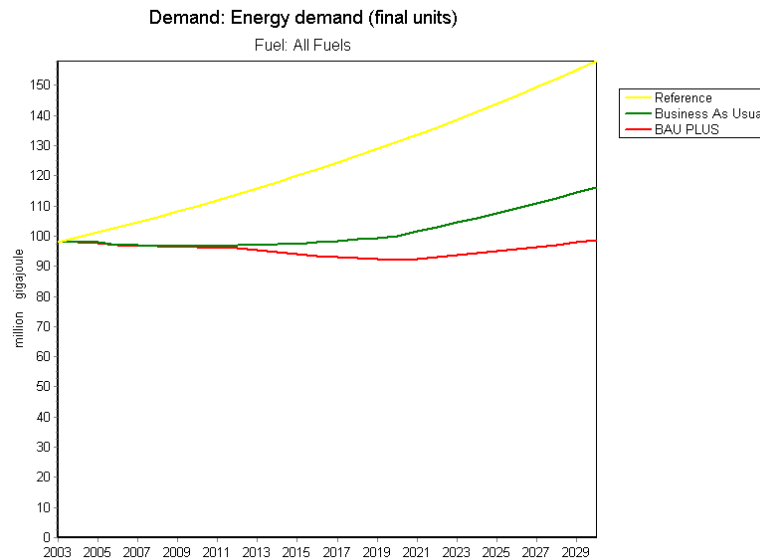
Vermits de bovenvermelde variabelen (quasi) continu kunnen veranderen, en het aantal combinaties van mogelijk (elkaar niet wederzijds uitsluitende) maatregelen zeer groot is, is het aantal mogelijke scenario's dat men kan bedenken ontzettend groot. Wij hebben enkel – "als vingeroefening" – drie mogelijke scenario's gedefinieerd. Deze scenario's zijn zeker niet bindend. Ze tonen maar enkele van de oneindig vele tijdspaden.

- Het *referentiescenario* houdt enkel rekening met de verandering van het energiegebruik (en de broeikasgasemissies) t.g.v. de verandering van de bruto vloeroppervlakte (bvo);
- Het *Business-As-Usual* of *BAU-scenario* houdt enkel rekening met het bestaande energie- en klimaatbeleid, zoals de invoering van de EPR (EnergiePrestatieRegelgeving) vanaf 2006, de REG-openbare dienstverplichtingen van de netbeheerders, of de ecologische criteria van de VIPA (Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden);

- Het *BAU-PLUS* scenario maakt verder een onderscheid tussen de (uit 2003) overlevende gebouwen die vanaf 2012 een renovatie ondergaan maar niet onder de *EPR (PLUS)* vallen, en de overige overlevende gebouwen. We definiëren extra besparingsmaatregelen op het energiegebruik voor ruimteverwarming enkel voor de *gerenoveerde* overlevende fractie. In het *BAU-PLUS* scenario gaan we tevens uit dat strengere energieprestatienormen (*EPR-PLUS*) die pas zullen gelden voor alle nieuwbouw en grondige renovatie na 2012.

LEAP biedt de mogelijkheid om de resultaten van verschillende scenario's (grafisch) met elkaar te vergelijken. We tonen enkele voorbeelden.

Figuur 1: *Evolutie van het energiegebruik volgens referentie-, BAU en BAU-PLUS scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)*

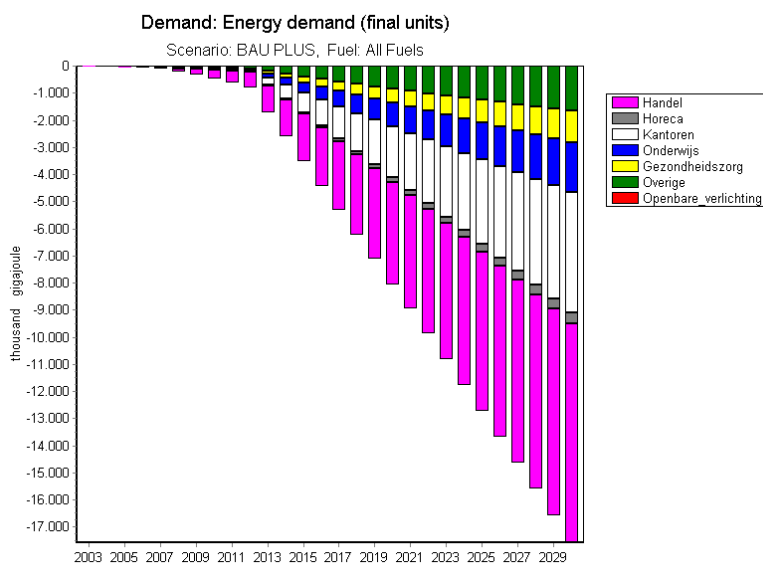


We zien dat:

- de effecten van *BAU-PLUS* – bij veronderstelling – vooral pas na 2012 zichtbaar worden;
- de effecten van *BAU-PLUS* t.o.v. *BAU* minder sterk is dan van *BAU* t.o.v. het referentiescenario. De maatregelen van *BAU-PLUS* zouden tot een sterkere daling van het energiegebruik leiden indien de renovatie van de uit 2003 overlevende gebouwen en/of indien het percentage aan sloop en grondige vernieuwbouw nog groter zou zijn. In LEAP zijn dergelijke veronderstellingen makkelijk in te voeren, en de resultaten zijn in 'real time' beschikbaar;
- een (veel) minder sterke veronderstelde groei van de bvo in het referentiescenario ertoe zou kunnen leiden dat tegen 2030 een stabilisatie van het energiegebruik reeds wordt bereikt in het *BAU* scenario, en een merkbare daling van het energiegebruik t.o.v. 2003 in het *BAU-PLUS* scenario.

In de volgende figuur tonen we – vooral ter illustratie – nog een grafische weergavemogelijkheid van LEAP.

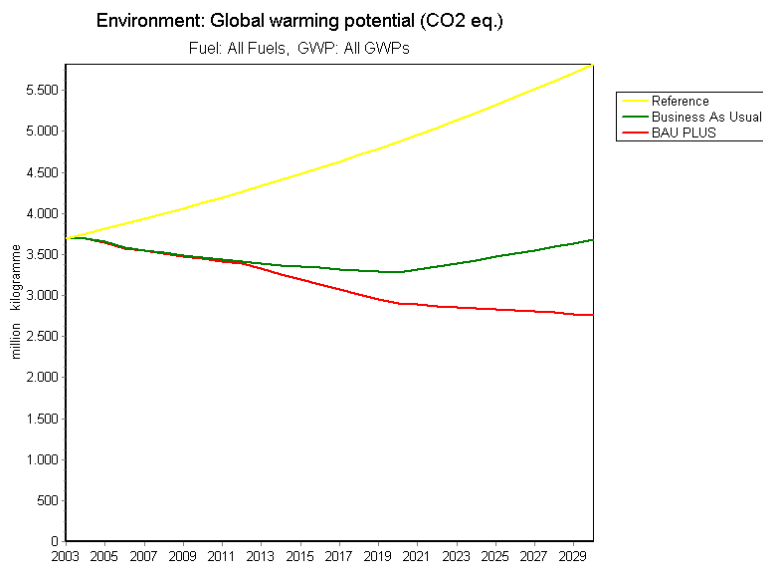
Figuur 2: Afname van het energiegebruik in het BAU-PLUS scenario t.o.v. het BAU scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030) (*)



(*) Omdat "openbare verlichting" onder het beheer van de gemeenten valt, rekent men het energiegebruik voor openbare verlichting traditioneel toe aan de deelsector "kantoren", waaronder ook de overheidsadministratie valt. Vermits noch bvo, noch de traditionele maatregelen voor het beperken van het energiegebruik in kantoren van toepassing zijn op openbare verlichting, zonderen we deze rubriek af in LEAP.

De opvallende afname van het energiegebruik in de deelsector handel is vooral het gevolg van de veronderstelde toepassing van tochtluizen of lucht gordijnen, waardoor de nuttige energie-intensiteit ('useful energy intensity') merkelijk zou afnemen.

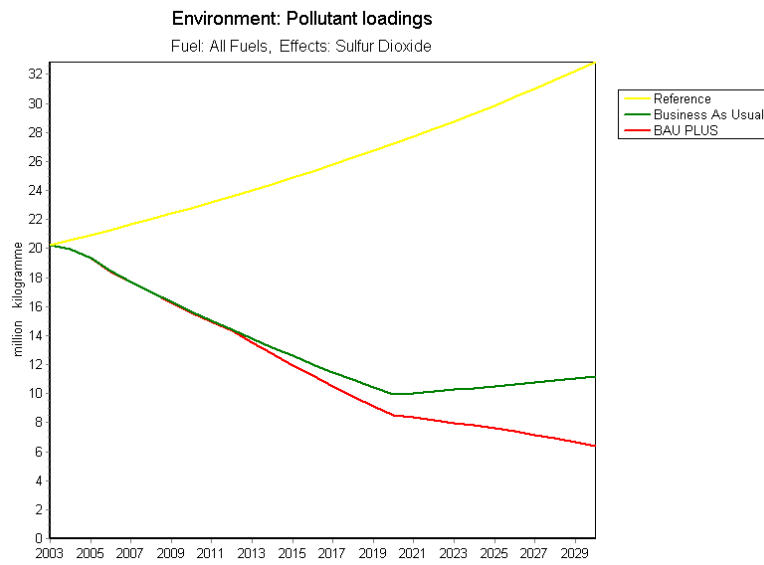
Figuur 3: Evolutie van broeikasgasemissies volgens referentie-, BAU en BAU-PLUS scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)



Dat we ondanks de stabilisatie van het energiegebruik (in het BAU-PLUS scenario) toch een daling van de broeikasgasemissies noteren heeft te maken met de grote (veronderstelde) omschakeling van olie naar aardgas voor voornamelijk ruimteverwarming.

LEAP berekent niet alleen broeikasgasemissies, maar ook emissies van andere pollutanten, zoals bijvoorbeeld zwaveldioxide (SO₂).

Figuur 4: Evolutie van de emissies van zwaveldioxide volgens referentie-, BAU en BAU-PLUS scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)



De uitgesproken daling van de SO₂-emissies is niet zozeer het gevolg van een dalend energiegebruik dan wel van de omschakeling van olie naar aardgas bij een gestabiliseerd energiegebruik.

4. Beschrijving van SAVER-LEAP

4.1. Inleiding

De opdracht van STEM bestond in de bouw en aanlevering van een energiegebruiksmodel SAVER (Scenario Analyse Vlaamse Energievraag Realistisch bekijken) voor de sector handel en diensten.

Ter voorbereiding van het komende MIRA-S scenariorapport moest STEM een scenario-definitiemodel ontwikkelen dat moet toelaten om verschillende door de gebruiker te definiëren beleidsscenario's door te rekenen tot het energiegebruik per type energiedrager en de hierbij horende milieudruk, waaronder de uitstoot van broeikasgassen.

Bij de bouw van het model wordt gebruik gemaakt van de analysetechniek 'energy accounting', die toelaat om bij de analyse van de eindenergievraag rekening te houden met zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten, en bijgevolg ruimte te laten voor zowel expertenoordeel als formele wiskundige modellen.

SAVER moet rekening houden met de volgende deelsectorindeling van handel en diensten:

- handel;
- hotels en restaurants;
- kantoren en administratie;
- onderwijs;
- gezondheidszorg;
- overige diensten.

SAVER moet maximaal rekening houden met de eisen die MIRA stelt aan het formuleren van beleidsscenario's en ook rekening houden met verschillende algemene omgevingsscenario's¹. Het model moet bruikbaar zijn voor lange termijn planning met een jaartijdshorizon van 20 of 25 jaar en jaarlijkse of 5-jaarlijkse tijdsintervallen voor de tussenresultaten.

Gezien de omvang van de opdracht en het gebrek aan betrouwbare data waardoor zeer veel tijd is gekropen in het "reconstrueren" van de data voor het referentiejaar 2003 is in de loop van het project besloten om de ontwikkeling van SAVER te koppelen aan een bestaande tool, met name LEAP.

In dit eerste deel geven we een uitgebreide beschrijving van SAVER en LEAP, of SAVER-LEAP zoals ontwikkeld voor scenario-analyses in de sector handel en diensten t.b.v. de MIRA-S rapporten.

In het deel over scenario-analyses werken we drie concrete scenario's uit: een referentiescenario, een Business-As-Usual of BAU-scenario en een BAU-PLUS scenario. Deze scenario's zijn in eerste instantie op te vatten als "vingeroefeningen". Immers, de eerste opdracht was het ontwikkelen van de "tool" zelf. Met behulp van SAVER-LEAP is het relatief eenvoudig om voortaan zoveel scenario's uit te werken als de gebruikers maar willen.

¹ Omgevingsscenario's voor de sector handel en diensten zijn gekoppeld aan specifieke activiteitenindicatoren zoals het 'aantal werknemers' of de 'toegevoegde waarde', per deelsector. Deze activiteitenindicatoren zijn op hun beurt te koppelen aan de voor SAVER meer relevante activiteitenindicator 'bruto vloeroppervlakte' (zie ook het hoofdstuk over de veronderstellingen i.v.m. groeiscenario's).

4.2. Van “of SAVER of LEAP” naar SAVER-LEAP

4.2.1. Probleemstelling

Tijdens de loop van het project stelde zich de vraag of STEM het door MIRA gevraagde model voor de sector handel & diensten (SAVER) volledig vanaf nul moest programmeren in MS .NET Basic; of kon / mocht STEM gebruik maken van een bestaande tool, met name LEAP ?

LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning system) is een software tool ontwikkeld door Stockholm Environment Institute (SEI) uit Boston voor de analyse van energie- en milieuscenario's.

4.2.2. Criteria voor de keuze tussen SAVER of LEAP

Welke optie ook werd gekozen, steeds moest voldaan zijn aan de volgende criteria:

- Modelering: het programma moet in staat zijn energiescenario's voor Handel & Diensten op een gestructureerde, modulaire wijze op te bouwen volgens de “energy accounting” filosofie, zoals contractueel vastgelegd met MIRA;
- Flexibiliteit: het programma moet toelaten om snel over te schakelen van sterk tot minder sterk gedetailleerde methoden, in functie van de beschikbare data;
- Transparantie en gebruiksvriendelijkheid: het programma moet makkelijk toelaten om gegevens en veronderstellingen van de gebruikers in te voeren en te wijzigen (transparantie), en moet “idiot proof” (= beveiligd tegen fouten die om het even wie kan maken) zijn;
- Presentatie: men moet het programma “interactief” kunnen gebruiken (bv in discussiegroepen met experts, stakeholders, e.d.); en het programma moet de resultaten “in real time” kunnen tonen op een gestructureerde, overzichtelijke manier, bij middel van grafieken en / of tabellen.

Een aantal zaken pleiten zowel voor als tegen LEAP.

Tegen LEAP:

- LEAP is niet gratis. STEM heeft een licentie gekregen voor 2 jaar, aan “academische prijs” (500 US\$). Voor andere organisaties zou de prijs 2.500 US\$/jaar bedragen;
- LEAP biedt niet dezelfde programmatorische vrijheid als een programma dat men helemaal zelf schrijft in een derde of vierde generatie programmeertaal.

Voor LEAP:

- Het door STEM voorgestelde model-concept van SAVER is, mutatis mutandis, inpasbaar binnen LEAP;
- LEAP heeft een ontwikkelingstijd van meer dan 30 jaar, wordt in vele landen door vele organisaties gebruikt, en op basis van gebruikersinput voortdurend verfijnd, ontdaan van ‘bugs’ en gebruiksvriendelijker gemaakt. Het is ondenkbaar dat 1 programmeur in enkele maanden tijd of zelfs binnen 1 jaar een dergelijke mate van flexibiliteit, transparantie en gebruiksvriendelijkheid kan bereiken in een derde of vierde generatietaal. LEAP is in die zin te begrijpen als een “vijfde generatietaal”, die “tools” ter beschikking stelt om naar eigen inzichten een “model” op te bouwen;
- LEAP is veel ruimer dan energiegebruik van Handel & Diensten. LEAP bestrijkt het hele energiesysteem van een regio of land [vraag en aanbod, alle (deel)sectoren]. Dit betekent dat LEAP op termijn ook te gebruiken is voor de andere MIRA-sectoren (huishoudens, verkeer en vervoer, energie, industrie, ...) en toelaat scenario's voor heel het energiesysteem op te bouwen, met interacties tussen de verschillende sectoren. LEAP richt zich bovendien niet enkel tot energie, maar (gedeeltelijk) ook tot milieu;
- LEAP is sterk in het quasi onmiddellijk voorstellen van de resultaten (grafieken, tabellen);
- LEAP geniet als “accounting model” internationaal dezelfde status als andere modellen zoals het engineering / optimalisatiemodel MARKAL. Dit betekent dat resultaten van scenario-analyses voor Vlaanderen makkelijker op het internationaal forum kunnen worden gebracht (publicaties tijdschriften, evt. congressen, e.d.) en accepteerbaar zijn door andere landen en internationale instanties.

4.2.3. Conclusies

De conclusies, in samenspraak met MIRA, luiden dan ook:

- de voordelen die de inpassing van LEAP in het MIRA op korte én op lange termijn biedt wegen aanzienlijk zwaarder dan de nadelen ervan;
- de kosten van LEAP en van de implementatie van LEAP door STEM (via SAVER) zijn slechts een fractie van de kosten gependend aan andere (meer top-down) modeloefeningen (b.v. deelname aan MARKAL);
- de beste optie is het uittekenen van een strategie om maximaal gebruik te kunnen maken van LEAP over een lange termijn tegen zo laag mogelijke kosten.

We geven in het volgende hoofdstuk een korte beschrijving van LEAP. Omdat LEAP een aantal gegevens behoeft die niet altijd rechtstreeks voorhanden zijn, hebben we SAVER ontwikkeld. SAVER is een rekenblad dat in essentie zorgt voor een *consistentie* input voor LEAP. SAVER komt in het hierna volgende hoofdstuk uitgebreid aan bod.

4.3. LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning)

4.3.1. Inleiding

LEAP (The Long-range Energy Alternatives Planning system) is een scenario-gebaseerd energie-milieu modeleringsgereedschap. De scenario's zijn gebaseerd op een alomvattende "boekhouding" van hoe energie wordt geconsumeerd, getransformeerd en geproduceerd (of gewonnen) in een gegeven regio (bv Vlaanderen), waarbij de gebruiker een hele reeks veronderstellingen kan maken wat betreft het verloop van de bevolking, de economische ontwikkeling, de vooruitgang van de technologie, de evolutie van de prijzen, enz.

Dank zij de flexibele datastructuren van LEAP kan de gebruiker zelf kiezen hoe gedetailleerd hij of zij tewerk wil gaan wat betreft technologische specificaties en detail in het eindgebruik van energie.

In tegenstelling tot macro-economische modellen probeert LEAP niet de impact van het energiebeleid op bijvoorbeeld tewerkstelling of het bruto regionaal product te schatten, alhoewel men dergelijke modellen wel in samenwerking met LEAP kan gebruiken. LEAP doet evenmin een poging om automatisch optimale of algemeen markt-evenwicht scenario's te genereren, alhoewel men LEAP wel kan gebruiken om 'least-cost' scenario's te identificeren.

Dank zij zijn flexibiliteit en gebruiksgemak laat LEAP toe om snel van beleidsideeën naar beleidsanalyse over te stappen, zonder dat men zijn toevlucht moet nemen naar meer ingewikkelde modellen.

4.3.2. Doelstellingen van LEAP

LEAP dient verschillende doeleinden.

- Als een *databank* biedt het een alomvattend systeem voor het bijhouden van energie-gegevens van een regio;
- Als een *forecasting*-gereedschap biedt het de gebruiker de mogelijkheid projecties te maken inzake energie-aanbod en -vraag over een lange tijdshorizon;
- Als een *beleidsinstrument* simuleert en beoordeelt het de (fysische, economische en milieugebonden) effecten van alternatieve energieprogramma's, investeringen of actieplannen.

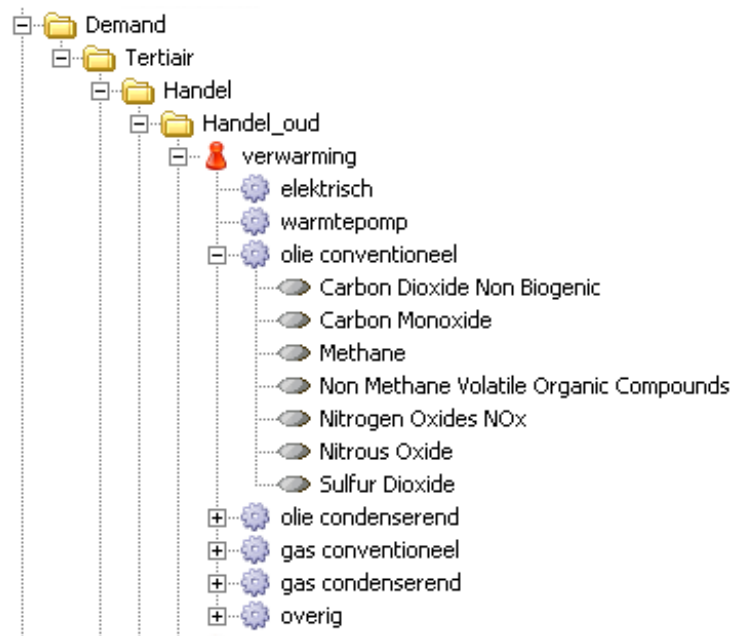
Met LEAP kan men verschillende soorten analyses uitvoeren, met name "vraaganalyses", "transformatie-analyses", "energiebronnen-analyses" en "milieu-analyses". Men kan al deze analyses combineren voor het uitvoeren van een geïntegreerde energieplanning (IEP) en voor analyses i.v.m het bestrijden van broeikasgasemissies (klimaatbeleid), beide gebaseerd op kosten/baten analyses. LEAP laat optioneel toe om inventarissen en scenario's voor niet-energiegerelateerde effecten te construeren.

In dit project beperken we ons tot een vraaganalyse van de sector Handel & Diensten, en bijhorende milieu-analyse.

4.3.3. Datastructure van LEAP

De datastructure in LEAP zijn volgens een hiërarchische boomstructuur georganiseerd. Elke “tak” van de boom wordt voorgesteld door een apart icoontje (zie figuur).

Figuur 5: takken binnen de hiërarchische databoomstructuur van LEAP



De soorten “takken” van deze boomstructuur waar wij het meest gebruik van zullen maken zijn:

- *Categorie*. Deze tak dient vooral om andere takken te groeperen. Zo onderscheiden we onder de categorie “Demand” een categorie “Handel & Diensten”, en daaronder nog eens verschillende categorieën per deelsector (Handel, Horeca, enz.);
- *Eindgebruik*. In deze tak specificeert men een energie-intensiteit voor een geaggregeerd energie-eindgebruik (bv verlichting). Dit soort tak is nuttig in 3 gevallen: 1) men heeft geen data over de energie-intensiteiten van de afzonderlijke apparaten of installaties maar wel over de aandelen van de energiedragers in een bepaald finaal eindgebruik (bv aandelen van aardgas en elektriciteit voor koken); 2) men heeft te maken met apparaten of installaties die meer dan één energiedrager gebruiken (bv ketels met “dual-fuel” branders in de industrie); en 3) men wenst een analyse omtrent de netto-energie behoefte (“useful energy analysis”) i.p.v. een finaal eindgebruik uit te voeren (bv ruimteverwarming);
- *Techniek*. In de vraaganalyse vertegenwoordigt deze tak een energiegebruikend apparaat of installatie (bv een verwarmingsinstallatie), en is daarom altijd op unieke wijze geassocieerd met een bepaalde energiedrager (bijvoorbeeld elektriciteit, aardgas of huisbrandolie);
- *Milieudruk*. Deze tak definieert factoren voor verschillende emissies gerelateerd aan energiegebruik (broeikasgassen, verzurende emissies, stof, enz.)

4.3.4. Vraaganalyses

Normaliter berekent LEAP energiegebruik al het product van een activiteitsniveau en een (jaarlijkse) energie-intensiteit (=het energiegebruik per eenheid activiteit).

Een activiteit wordt typische gespecificeerd als een enkelvoudige absolute waarde (bijvoorbeeld het aantal vierkante meter bruto vloeroppervlakte in een deelsector van handel en diensten), vermenigvuldigd met een reeks van aandelen of saturaties/penetraties (bijvoorbeeld het aandeel van “nieuwe” vloeroppervlakte in de totale bruto vloeroppervlakte, de penetratie van ruimtekoeling in kantoorgebouwen), en de penetratie van elk soort techniek (bv klassieke bevochtiging, ultrasone bevochtiging) nodig om aan het finale energiegebruik (bv bevochtiging) te voldoen.

Er zijn twee grote variaties op dit thema:

- Finale energievraag analyse (“Final Energy Demand Analysis”): men specificeert de energie-intensiteiten op het niveau van de apparaten of installaties als de hoeveelheid energiedrager gebruikt per eenheid activiteit;
- Netto energiebehoefte analyse (“Useful Energy Demand Analysis”): men specificeert eerst de energie-intensiteiten op het niveau van de netto energie behoefte (bv vereiste hoeveelheid netto warmte per vierkante meter), en vervolgens de totale rendementen (“efficiencies”) van elk apparaat of installatie dat men gebruikt om aan die netto energiebehoefte te voldoen.

Men kan – indien nodig - LEAP ook gebruiken om een toekomstig energiegebruik rechtstreeks te projecteren (i.e. niet per eenheid activiteit).

4.3.5. Scenario-analyses

Scenario analyses zijn de raison d’être van LEAP. Scenario’s zijn consistente verhaallijnen van hoe een energiesysteem over de tijd heen kan evolueren in een bepaalde demografische en socio-economische omgeving en gegeven de uitvoering van een bepaald energiebeleid.

Met LEAP kan men verschillende scenario’s bouwen en met elkaar vergelijken wat betreft energiebehoeften, milieuimpact en eventueel kosten en baten. Alle scenario’s vertrekken van een gemeenschappelijk basisjaar of referentiejaar (in SAVER-LEAP is dat 2003).

Men kan de scenario’s gebruiken om een onbeperkt aantal “What if” vragen te stellen, zoals: wat als de eindgebruikers meer zonneboilers gaan gebruiken voor de bereiding van warm tapwater, wat als ze meer efficiënte verlichting gaan toepassen, enz.

Scenario’s in LEAP kunnen om het even welke factor omvatten die over de tijd kan veranderen, met inbegrip van die factoren die veranderen tengevolge van beleidsinterventies (bijvoorbeeld het promoten van spaarlampen). Andere factoren die kunnen veranderen zijn deze die verschillende socio-economische veronderstellingen reflecteren (bv verwachte groei in de dienstensector).

4.4. SAVER als tool voor de reconstructie van de “Current Accounts”.

4.4.1. De “Current Accounts” in LEAP

De dataset voor het basisjaar of referentiejaar heet in LEAP “Current Accounts” (de “courante rekeningen” van de energieboekhouding van een regio).

We gebruiken als basisjaar of referentiejaar het jaar 2003. De reden is dat we voor dit jaar de meest volledige en betrouwbare set van data hebben van onze belangrijkste gegevensbronnen: de door de Vito uitgevoerde enquêtes i.v.m. het energiegebruik in de tertiaire sector, en de energiebalans van de Vito.

Deze dataset is – per definitie – “gegeven”. Omdat zeer veel gegevens voor Vlaanderen ontbreken moeten we de dataset of “Current Accounts” reconstrueren op basis van de data die wel beschikbaar zijn. We gebruiken hiervoor SAVER.

Het is niet de opzet van LEAP om scenario’s te definiëren voor de “Current Accounts” (de gebeurtenissen in het basisjaar hebben zich immers reeds voltrokken !). Maar omdat de reconstructie van de “Current Accounts” met zoveel onzekerheden gepaard gaat, hebben we een rekenblad (SAVER) ontwikkeld dat toelaat om het grote aantal assumpties later eventueel nog aan te passen, zonder dat we deze aanpassingen rechtstreeks in LEAP moeten invoeren. De belangrijkste reden voor het gebruik van SAVER is – zoals later duidelijk zal worden – er voor te zorgen dat de “Current Accounts” steeds consistent blijven met de (schaarse) data die we wel bezitten. Bijvoorbeeld, een rechtstreekse aanpassing van de penetratiegraad van een bepaalde techniek in LEAP zou er voor kunnen zorgen dat het totale energiegebruik van een (deel)sector in 2003 niet meer overeenstemt met de energiebalans Vlaanderen 2003. Dit soort inconsistenties moeten we ten allen prijze vermijden.

4.4.2. De benodigde gegevens voor de “Current Accounts”

De belangrijkste basisdata die we voor LEAP nodig hebben zijn:

- bruto vloeroppervlakte of bvo (in m²), per deelsector. In navolging van de meeste buitenlandse modellen omtrent energiegebruik in de sector handel & diensten gebruiken we als ‘verklarende variabele’ of “driving force” de bruto vloeroppervlakte (bvo in m²);
- het specifiek energiegebruik of de energie-intensiteit (MJ per m²) voor de diverse energiefuncties, per deelsector. We onderscheiden de volgende energiefuncties: (ruimte)verwarming, bereiding van warm water, ruimteteoeling, bevochtiging, hulpfuncties (pompen, ventilatoren), verlichting, koken, (overige) elektrische apparaten en (overige) niet-elektrische apparaten of installaties.
- De penetratiegraden (in %) en eventueel rendementen (in %) van de diverse technieken (apparaten, toestellen, installaties), per energiefunctie en per deelsector. De totale rendementen zijn nodig indien we ‘netto energiebehoefte’ analyse (“useful energy analysis”) willen toepassen.

LEAP functioneert o.m. als een hiërarchisch gestructureerde databank voor het bijhouden van bovenvermelde gegevens.

Veel van de basisdata waren niet beschikbaar. We hebben ons daarom voor een groot deel moeten baseren op buitenlandse literatuurgegevens (in hoofdzaak uit Nederland, zoals ICARUS 4 of NOVEM), aangevuld met beredeneerde veronderstellingen (“guesstimates”) op basis van een beperkt aantal gevalstudies voor Vlaanderen.

4.4.3. De functionele eenheid (“driving force”)

De ‘functionele eenheid’ (of “driving force”) is idealiter een variabele die de grootste invloed heeft op de vraag naar een bepaalde energiefunctie. De functionele eenheid is m.a.w. een variabele die in grote mate de energievraag kan verklaren of determineren. Voor verwarming zou een geschikte functionele eenheid de gebouwinhoud of het ruimtevolumen (in m³) zijn.

De meeste, zometer praktisch alle modellen inzake gebouwgebonden energiegebruik maken gebruik van de bruto vloeroppervlakte of bvo (in m²) als functionele eenheid, en dit voor de meeste – zometer alle – gebouwgebonden energiefuncties. Men maakt soms een verder onderscheid – naargelang de energiefunctie – tussen bijvoorbeeld totaal te verwarmen vloeroppervlakte (in m²) of totaal te ventileren vloeroppervlakte (in m²).

Het is in vele energiemodellen gebruikelijk om *uitsluitend* bruto vloeroppervlakte (bvo) te gebruiken als functionele eenheid voor *alle* energiefuncties, ook al is de bvo niet noodzakelijk de beste keuze, zoals bijvoorbeeld voor het energiegebruik door kantoorapparatuur. De keuze van bvo als functionele eenheid voor alle energiefuncties heeft te maken met de beschikbaarheid van gegevens, en met de overweging dat het veel eenvoudiger is marginale kostencurves op te stellen indien men met slechts één functionele eenheid werkt.

Naast bruto vloeroppervlakte gebruikt men als functionele eenheid soms ook wel ‘aantal werknemers’, ‘aantal verstrekte maaltijden’ voor restaurants, ‘aantal bedden, lig- of verpleegdagen’ voor ziekenhuizen, ‘aantal leerlingen’ voor scholen, watervolume of bassinoppervlakte voor zwembaden, enz. Voor apparatuur is gewoon ‘aantal apparaten’ een bruikbare functionele eenheid.

Het gebruik van meerdere functionele eenheden (“driving forces”) is perfect mogelijk in LEAP. We beperken ons voorlopig toch tot bruto vloeroppervlakte als enige “driving force” voor de sector handel en diensten binnen LEAP.

4.4.4. De indeling in deelsectoren

Het is evident onmogelijk om elk gebouw in de sector handel en diensten afzonderlijk in LEAP op te nemen. Het is in de literatuur gebruikelijk om het totale bestand aan gebouwen in een sector in te delen in gebouwklassen volgens (combinaties van) verscheidene criteria. De literatuur vermeldt voor de sector handel en diensten o.a. de volgende criteria:

- *gebouwtype* Dit criterium betreft feitelijk de belangrijkste gebruiksfunctie van een gebouw. Een gebouw waarvan bijvoorbeeld het grootste deel van de ruimte dient als leslokaal hoort bij het gebouwtype 'school'. In economische termen delen we de gebouwen in op basis van de hoofdactiviteit die er plaatsvindt, en spreken we van 'deelsectoren'. In een aantal studies gebruiken de auteurs voor de indeling in gebouwklassen enkel het criterium gebouwtype, en zijn gebouwklasse en gebouwtype synoniemen². We mogen hierbij niet vergeten dat elk gebouw dat tot een bepaald gebouwtype (deelsector) behoort, ruimten kan / zal hebben die strict genomen tot een ander gebouwtype (deelsector) behoren, bijvoorbeeld sporthallen in schoolgebouwen, cafetaria in kantoorgebouwen, enz.;
- *grootte* van het gebouw. Men karakteriseert de bouwkundige grootte van een gebouw meestal in termen van volume (m³) of oppervlakte (m²), bijvoorbeeld de totale bruto vloeroppervlakte (bvo), of de bebouwde oppervlakte maal het aantal verdiepingen (inclusief gelijkvloers en ondergrondse verdiepingen). Om het aantal gebouwklassen te beperken hanteert men voor dit criterium doorgaans "grootteklassen";
- *leeftijd* van het gebouw. De leeftijd van een gebouw is makkelijk te achterhalen als we het bouwjaar kennen. Het is gebruikelijk om het jaar waarin een gebouw grondig werd verbouwd – zodanig dat men bijna kan spreken van nieuwbouw – eveneens te beschouwen als "bouwjaar". Om het aantal gebouwklassen te beperken hanteert men voor dit criterium doorgaans "leeftijds- of ouderdomsklassen";
- *bezettingsgraad* van het gebouw. De bezettingsgraad is een maat voor het 'gebruik' van het gebouw. Men hanteert meestal een combinatie van 'aantal gebouwgebruikers' (bv aantal werknemers, aantal leerlingen, aantal bezoekers, ...) en 'gebruikspatroon' (bv enkel werkdagen of schooldagen, dagen en uren dat een zwembad open is, ...) Om het aantal gebouwklassen te beperken hanteert men voor dit criterium doorgaans "bezettingsgraadklassen";
- andere criteria zijn bijvoorbeeld de geografische lokatie van het gebouw (vooral van belang in grote landen met verschillende klimaatzones), het feit of diegenen die het gebouw gebruiken al dan niet eigenaar zijn van het gebouw (van belang i.v.m. "split incentives"), of zelfs constructiekenmerken van het gebouw (bv gebruikte bouwmaterialen).

Alle mogelijke combinaties van gebouwtype, grootteklasse, leeftijdsklasse en bezettingsgraadklasse leiden nog altijd tot vrij *heterogene* gebouwklassen, omdat het gebouwgebonden energiegebruik zeer sterk afhangt van een groot aantal bouw- en installatietechnische kenmerken. Studies wijzen uit dat deze kenmerken meestal slechts in geringe mate verband houden met gebouwtype, grootte of leeftijd.

We hebben binnen LEAP geopteerd voor een de indeling van de sector handel & diensten in de 6 deelsectoren van MIRA: handel, horeca, kantoren, onderwijs, gezondheidszorg en overige diensten. Elke deelsector vertegenwoordigt een "categorie" (of gebouwklasse) binnen de hiërarchische boomstructuur van LEAP.

Elk van de zes deelsectoren is op zich nog steeds een sterk geaggregeerde categorie. Zo zullen er binnen handel grote verschillen bestaan tussen bedrijven voor de reparatie van voertuigen, groot- en kleinhandel (en binnen deze laatste nog eens tussen voedings- en niet-voedingszaken); binnen horeca tussen hotels, restaurants, cafés en kampeerterrains; binnen kantoren tussen private en overheidskantoren; binnen onderwijs tussen kleuter, basis, secundair en hoger onderwijs; binnen gezondheidszorg tussen algemene ziekenhuizen, psychiatrische ziekenhuizen en rustoorden; en binnen diverse diensten tussen de vele soorten gebouwen die we in deze deelsector terugvinden (culturele centra, sporthallen, zwembaden, enz.).

De voornaamste redenen om ons toch te beperken tot de zes vermelde deelsectoren zijn:

- Een groter aantal deelsectoren is weliswaar mogelijk binnen LEAP, maar zou niet goed passen in de "interactieve filosofie" die we nastreven voor heel de sector handel & diensten. Een te groot aantal deelsectoren zou de gebruiker van LEAP al snel het overzicht doen verliezen;
- Onze belangrijkste databron, de energiebalans Vlaanderen, is enkel (publiek) beschikbaar voor de 6 MIRA deelsectoren. Voor veel deelsectoren, bijvoorbeeld reparatiebedrijven binnen handel, zijn er nauwelijks of geen gegevens voorhanden;
- We houden al in SAVER zoveel mogelijk rekening met alle beschikbare detailgegevens, die we dan omzetten naar het meer geaggregeerde niveau van LEAP.

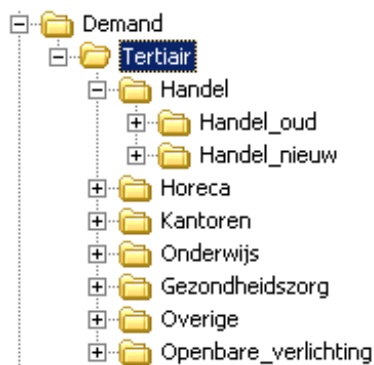
We maken bovendien, binnen elk van de 6 deelsectoren, een verder onderscheid tussen "bestaande toestand of gebouwenmix in het referentiejaar 2003", en "nieuwe gebouwen vanaf 2006". Met "nieuwe" bedoelen we nieuwbouw of grondige renovatie gelijkgesteld met nieuwbouw. We doen dit om

² Zoals we verder zullen zien stellen we in deze studie gebouwklasse feitelijk gelijk met een deelsector zoals gedefinieerd in MIRA.

bij de opbouw van scenario's rekening te kunnen houden met een van de belangrijkste beleidsinstrumenten van de Vlaamse overheid, de Energie Prestatie Regelgeving (EPR).

Op deze wijze hebben we enkel voor de vraagsector handel & diensten binnen LEAP 12 categorieën gedefinieerd: één voor elk van de 6 MIRA deelsectoren, en binnen elke deelsector twee subcategorieën, "oude" en "nieuwe" (zie figuur).

Figuur 6: subcategorieën binnen LEAP



Niets belet ons om in LEAP, van zodra in de toekomst meer gedetailleerde en betrouwbare data beschikbaar zouden komen, extra deelsectoren (categorieën) in te voeren.

Omdat "openbare verlichting" onder het beheer van de gemeenten valt, kent men het energiegebruik voor openbare verlichting traditioneel toe aan de deelsector "kantoren", waaronder ook de overheidsadministratie valt. Dit is ook zo in de Energiebalans Vlaanderen. Vermits noch bvo, noch de traditionele maatregelen voor het beperken van het energiegebruik in kantoren van toepassing zijn op openbare verlichting, zonderen we deze rubriek af als een afzonderlijke "categorie" in LEAP.

4.4.5. De energiefuncties

Het is gebruikelijk het energiegebruik op te delen per energiefunctie of 'energiedienst' (van het Engels "energy service").

We delen daarom het energiegebruik voor elke categorie (deelsector, oud en nieuw) op in energiegebruik per energiefunctie. Voor elke energiefunctie moeten we kiezen of we een 'finale vraag' ("final energy") dan wel een netto energiebehoefte ("useful energy") analyse uitvoeren.

We hebben gekozen³ voor de volgende negen energiefuncties en analyses:

- *ruimteverwarming*. We kiezen voor een netto energiebehoefte ("useful energy") analyse. Dit houdt in dat we gegevens nodig hebben over de "useful energy intensity" (netto behoefte aan warmte, in MJ/m² bvo), de penetratiegraden van de diverse verwarmingssystemen (in %), en hun totale rendementen (in %);
- *bereiding van warm tapwater*. We kiezen eveneens voor een netto energiebehoefte ("useful energy") analyse. Dit houdt in dat we gegevens nodig hebben over de "useful energy intensity" (netto behoefte aan warm tapwater, in MJ/m² bvo), de penetratiegraden van de diverse systemen voor de bereiding van warm tapwater (in %), en hun totale rendementen (in %);
- *ruimtekoeling*. We kiezen voor een finale vraag ("final energy") analyse, waarbij we onderscheid maken tussen generieke⁴ en energiezuinige koelingssystemen. Voor elke techniek specificeren we een finale vraag intensiteit (MJ/m² bvo);
- *bevochtiging*. We kiezen voor een finale vraag ("final energy") analyse, waarbij we onderscheid maken tussen generieke (energiezuinige) ultrasone bevochtigingssystemen. Voor elke techniek specificeren we een finale vraag intensiteit (MJ/m² bvo);

³ Deze keuzes zijn op generlei wijze opgelegd door LEAP. Andere modelbouwers zouden wellicht andere keuzes hebben gemaakt. We hebben voor « useful energy » analyses gekozen in die gevallen waarvoor we enerzijds expliciet rekening willen houden met keuzes tussen energietechnieken en anderzijds we over voldoende gegevens beschikten om die keuzes te kunnen verantwoorden.

⁴ Met 'generieke' bedoelen we steeds de bestaande 'mix' van systemen in het referentiejaar 2003.

- *hulpfuncties*. Met hulpfuncties bedoelen we het energiegebruik door (meestal elektrisch) aangedreven motoren voor pompen of ventilatoren voor het transport van verwarmings- en/of koelingsmedia of verse lucht het elektriciteitsgebruik door pompen en ventilatoren t.b.v. ruimteverwarming, ruimtekoeling en ventilatie⁵. We kiezen voor een finale vraag (“final energy”) analyse;
- *verlichting*. We kiezen voor een finale vraag (“final energy”) analyse, waarbij we onderscheid maken tussen generieke en efficiënte verlichtingssystemen. Voor elke techniek specificeren we een finale vraag intensiteit (MJ/m² bvo);
- *koken*. We kiezen voor een “geaggregeerde finale vraag” analyse. Dit betekent dat we voor de energiefunctie “koken” slechts één finale vraag intensiteit (MJ/m² bvo) specificeren, maar we geven wel de ‘mix van energiedragers’ (“fuel mix”) aan, in dit geval elektriciteit en gas;
- *elektrische apparaten*. We kiezen voor een finale vraag (“final energy”) analyse, waarbij we onderscheid maken tussen kantoorapparatuur, “koelen & vriezen”, en overige elektrische apparatuur of installaties (bv liften, roltrappen e.d.). Voor elke techniek specificeren we een finale vraag intensiteit (MJ/m² bvo);
- *niet-elektrische apparaten*. We kiezen voor een finale vraag (“final energy”) analyse, waarbij we onderscheid maken tussen apparaten of installaties aangedreven door gas, olie of andere energiedragers. Voor elke techniek specificeren we een finale vraag intensiteit (MJ/m² bvo).

Voor apparaten hadden we bij voorkeur een zogenaamde “stock analysis” willen uitvoeren. In deze methode wordt het energiegebruik berekend door het analyseren van de huidige en toekomstige ‘voorraad’ (“stock”) aan energiegebruikende apparaten enerzijds, en hun jaarlijkse energie-intensiteiten (MJ/apparaat) anderzijds. Bij gebrek aan data was dit praktisch niet haalbaar.

Figuur 7: voorbeelden van energiefuncties binnen LEAP



Er bestaan heel wat (complexe) interacties tussen de verschillende energiefuncties. Zo zal het verbeteren van het rendement van verlichting en apparaten in kantoren leiden tot een kleinere

⁵ Ventilatie is niet opgenomen als een afzonderlijke energiefunctie. Het (rechtstreeks) energiegebruik voor ventilatie bestaat hoofdzakelijk, zoniet uitsluitend, uit elektriciteitsgebruik voor ventilatoren. De verwachte toename van ventilatie omwille van de EPR zal wel grote gevolgen hebben voor het energiegebruik van andere energiefuncties, ruimteverwarming in het bijzonder. De complexe interacties tussen de verschillende energiefuncties bespreken we verderop in de tekst.

koelingsbehoefte in de zomer en een grotere verwarmingsbehoefte in de winter, ceteris paribus. Ventilatie veroorzaakt warmteverliezen en vereist extra energiegebruik – niet enkel elektrische energie in het geval van mechanische ventilatie – maar ook energie om de toegevoerde verse buitenlucht (in de winter) op te warmen tot de gewenste binnentemperatuur. Het is niet ongewoon dat (energieverspillend) gedrag van gebouwgebruikers aanleiding geeft tot gelijktijdig koelen en verwarmen van bepaalde ruimten. Het vermijden van warmteverliezen (door exfiltratie) vereist tocht dicht bouwen, wat op zijn beurt bij voorkeur gebalanceerde ventilatie of hybride ventilatie noodzakelijk maakt, en mechanische ventilatie vereist (extra) elektrische energie. In vele grote gebouwen is het niet ongebruikelijk dat één installatie, bijvoorbeeld een centrale luchtbehandelingseenheid ('air conditioning') diverse energiediensten levert: koelen, ventilatie, bevochtiging en eventueel ook verwarming.

Er bestaan wereldwijd heel wat simulatiemodellen om het energiegebruik van een gebouw te bepalen, zowel van bestaande gebouwen als van gebouwen in de ontwerpfase. Deze computermodellen variëren van relatief eenvoudige, 'statische' modellen – waarvoor betrekkelijk weinig invoergegevens vereist zijn – tot uiterst complexe, van uur-tot-uur 'dynamische' modellen, die een zeer groot aantal (meet)gegevens vereisen. De betere simulatiemodellen houden rekening met de interacties tussen de diverse energiefuncties.

Het is binnen LEAP niet praktisch om dit soort complexe interacties in detail te modelleren. Het is de taak van de gebruiker om bij de opbouw van de scenario's dergelijke interacties expliciet in rekening te brengen. Bijvoorbeeld, indien doorgedreven isolatie de netto behoefte aan verwarming en koeling doet afnemen, dan kan de gebruiker zowel de energie-intensiteiten voor ruimteverwarming als – koeling aanpassen. Een verandering van de energie-intensiteit van de ene energiefunctie zal binnen LEAP niet automatisch leiden tot een verandering van de energie-intensiteit van een andere energiefunctie.

4.4.6. De energiedragers

In SAVER-LEAP beperken we ons tot de volgende energiedragers, andere dan elektriciteit:

- aardgas. Het gasgebruik in de sector handel & diensten betreft bijna uitsluitend aardgas. De Energiebalans Vlaanderen maakt gewag van een miniem gebruik van LPG in de deelsectoren horeca en kantoren. De fout die we maken door in LEAP het LPG bij aardgas te rekenen is verwaarloosbaar;
- stookolie. Het oliegebruik in de sector handel & diensten bestaat volgens de Energiebalans Vlaanderen vooral uit gas- en dieselolie, en in mindere mate zware stookolie (vooral bij kantoren). In LEAP nemen we deze twee energiedragers samen. LEAP voorziet een energiedrager "stookolie gebruikt in de commerciële sector"⁶;
- biomassa. De Energiebalans Vlaanderen voorziet een energiedrager 'biomassa' en een energiedrager 'overige brandstoffen'. Deze laatste zou voor de sector handel & diensten bestaan uit het niet-hernieuwbare deel van het restafval. Omwille van hun kleine aandeel in het totale energiegebruik van de sector, hebben we ze in LEAP samengenomen en – niet helemaal correct – onder de energiedrager biomassa geplaatst. Strict genomen zouden we ze apart moeten houden, want LEAP voorziet een energiedrager "huishoudelijk afval". Dit heeft enkel zin indien we in LEAP de huisvuilverbranding (zonder energierecuperatie) als aparte deelsector van de deelsector "overige diensten" opnemen. Dit is voornamelijk niet gebeurd omdat de Energiebalans Vlaanderen (zoals gepubliceerd) geen afzonderlijke rubriek bevat voor huisvuilverbranding.

De kleine verschillen in gedefinieerde energiedragers tussen SAVER-LEAP en de Energiebalans Vlaanderen betekent wel dat de berekende broeikasgasemissies niet voor de volle 100 % zullen overeenstemmen tussen beide.

LEAP berekent niet rechtstreeks de broeikasgasemissies t.g.v. het gebruik van elektriciteit. Vermits LEAP het hele energiesysteem van een regio bestrijkt zal LEAP bij een veranderend elektriciteitsgebruik – behoudens wijzigende import of export van elektriciteit – automatisch rekening houden met de hieruit resulterende verandering van de 'binnenlandse' elektriciteitsproductie. LEAP koppelt broeikasgasemissies aan de productie van elektriciteit – voor zover relevant – maar wij hebben de module elektriciteitsopwekking (nog) niet opgenomen in LEAP omdat dit buiten onze opdracht viel.

⁶ In de Verenigde Staten is « commercial sector » ongeveer synoniem met onze sector « handel en diensten ».

LEAP berekent ook niet automatisch het 'primaire' energiegebruik t.g.v. elektriciteitsgebruik. Het delen van het elektriciteitsgebruik door een bepaalde factor – bijvoorbeeld 0,40 – is in LEAP makkelijk te programmeren, maar gaat eigenlijk in tegen de filosofie van LEAP om het volledige energiesysteem van een regio in ogenschouw te nemen. Met elektriciteitsgebruik bedoelen we dus voortaan niet het 'primaire' gebruik, tenzij expliciet anders vermeld.

Zolang LEAP (nog) niet het hele energiesysteem Vlaanderen bestrijkt is het wel mogelijk om "ad hoc" de broeikasgasemissies t.g.v. het gebruik van elektriciteit te bepalen, namelijk door eerst het 'primaire' energiegebruik t.g.v. elektriciteitsgebruik te berekenen (zoals hierboven beschreven), en dan een CO₂-eq. emissiefactor toe te passen, rekening houdend met een veronderstelde samenstelling van het elektriciteitsproductiepark in Vlaanderen⁷. Dergelijke "ad hoc" benadering is mogelijk in LEAP, maar een volledige behandeling van het hele energiesysteem Vlaanderen binnen LEAP verdient evident de voorkeur.

4.4.7. Kosten

LEAP voorziet de mogelijkheid om voor vraagscenario's de niet-energie kosten (investerings-, werkings- en administratieve kosten) te specificeren. LEAP gebruikt deze kosten in zijn kosten-baten analyses om de gebruiker te helpen bij het evalueren van beleidsmaatregelen. De gebruiker kan kosten invoeren voor elk soort "tak" in de boomstructuur. Dat zal meestal de tak "Techniek" zijn, maar de gebruiker kan indien gewenst ook kosten invoeren voor hogere takken in de hiërarchische boomstructuur zoals "Eindgebruik" of "Categorie", bijvoorbeeld voor het invoeren van de kosten die de overheid maakt om Demand Side Management in een deelsector te promoten. Om scenario's met elkaar te vergelijken moet de gebruiker enkel kosten invoeren in die takken waar er veranderingen (activiteiten, energie-intensiteiten) optreden t.o.v. een referentiescenario.

LEAP voorziet vier verschillende methoden voor het specificeren van kosten:

- *kosten per activiteit* (methode bij ontstentenis). Deze methode laat toe om de niet-energiekosten per eenheid activiteit te specificeren (bv kosten per m² bvo in de sector handel en diensten). Deze methode is eenvoudig te implementeren omdat er geen bijkomende kostengegevens (andere dan kosten per eenheid activiteit) nodig zijn;
- *kosten per verkochte installatie of verkocht apparaat*. Deze methode is enkel toepasbaar indien de gebruiker "stock analysis" als vraaganalyse heeft gekozen. De methode is nauwkeuriger maar ook data-intensiever dan 'kosten per activiteit', omdat de gebruiker voor elk soort installatie of apparaat kosten moet invoeren. "Stock analysis" wordt in dit onderzoek wegens gebrek aan gegevens niet gebruikt;
- *totale kosten*. De gebruiker specificeert totale jaarlijkse kosten voor een bepaalde tak in de boomstructuur. LEAP voorziet een speciale "AnnualizedCost" functie om (eenmalige) investeringskosten om te zetten naar jaarlijkse equivalenten ("annuïteiten"). Deze functie is vooral nuttig wanneer de gebruiker op hoog geaggregeerd niveau kosten wil invoeren van bijvoorbeeld overheidsprogramma's voor het promoten van bepaalde energiebesparende maatregelen;
- *kosten per eenheid bespaarde energie* ("Cost of Saved Energy" of CSE). Deze methode laat toe om rechtstreeks de kosten te vergelijken van energiebesparende versus conventionele investeringen. De methode is daarom het meest geschikt wanneer de gebruiker de energie-intensiteit van een bepaalde techniek in een scenario verkleint om hiermee de verbetering in energie-efficiëntie t.o.v. een referentiescenario aan te duiden. De methode is niet geschikt wanneer de energiebesparende maatregel erin bestaat om te schakelen van de ene techniek naar een andere.

LEAP biedt eveneens de mogelijkheid om alle (jaarlijkse) kosten te *verdisconteren* naar een basisjaar. Men voert hiertoe eerst een aantal monetaire basisparameters ("basic parameters") in, waaronder de discontovoet, de monetaire eenheid en het monetaire basisjaar.

⁷ Op basis van de Energiebalans Vlaanderen komen we voor 2003 uit op een CO₂-emissiefactor van ongeveer 0,03949 kg per MJ « primaire ».

Figuur 8: Het invoeren van een aantal monetaire basisparameters in LEAP

The screenshot shows the 'Defaults' tab in the LEAP software. The parameters are as follows:

Parameter	Value
Energy Unit	Gigajoule
Discount Rate	5
Monetary Unit	European Euro
Monetary Year	2000
Distance Unit	Kilometer
Standard Environmental Loading Reporting Units	
Energy Based	Kilogramme / Terajoule
Transport Based	Kilogramme / Vehicle-km

We hebben in dit rapport voor het BAU-PLUS scenario een beperkte kostenanalyse doorgevoerd. Omwille van grote onzekerheden is deze analyse louter als een “oefening” te beschouwen. Bovendien konden we bij gebrek aan gedetailleerde informatie enkel de methode ‘kosten per activiteit’ hanteren.

4.4.8. De beschikbare gegevens

De belangrijkste gegevens waarover we beschikken zijn:

- energiebalans Vlaanderen 2003 (Vito): totaal energiegebruik voor de 6 deelsectoren uit MIRA, per energiedrager;
- energiekenngetallen voor de tertiaire sector in Vlaanderen in 2003 (Vito): energiekenngetallen wat betreft elektriciteits- en brandstofgebruik voor de meeste NACE deelsectoren van handel en diensten, op basis van enquêtes;
- gevalstudies voor kantoren, scholen, ziekenhuizen, rustoorden, zwembaden en diverse (gemeentehuizen, sporthallen, ...). Enkele problemen met deze databronnen: ze vormen geen representatieve steekproef voor de (NACE) deelsector die ze vertegenwoordigen, ze dateren uit verschillende jaren (voor 2003), essentiële data ontbreken soms (bv omtrent energiefuncties);
- Literatuurstudies uit het buitenland, voornamelijk Nederland en in mindere mate Engeland.

Op basis van de beschikbare data reconstrueren we in SAVER de “Current Accounts” in LEAP, en wel zodanig dat:

- 1) De “Current Accounts” in LEAP qua energiegebruik per energiedrager per MIRA deelsector consistent is met de energiebalans Vlaanderen;
- 2) De energie-intensiteiten in LEAP vergelijkbaar zijn met de kengetallen van de Vito enquêtes. Probleem met de Vito-enquêtes is dat deze ook niet altijd representatief zijn, zodat we hier minder ‘rigide’ te werk moeten gaan.

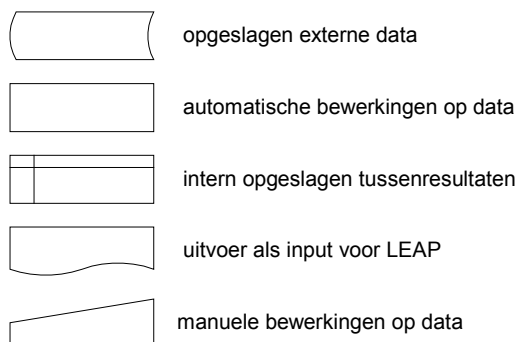
We moeten voor de reconstructie noodgedwongen een groot aantal keuzes en veronderstellingen maken, die elk op zich aanvechtbaar zijn. De “Current Accounts” in LEAP zijn geen voorwerp van scenario’s, ze vormen enkel het vertrekpunt waarop alle scenario’s zijn gebaseerd. Het is dus niet de bedoeling dat de “Current Accounts” in LEAP voortdurend worden aangepast. Maar omdat we er ons bewust van zijn dat de huidige “Current Accounts” voor 2003 ongetwijfeld op een aantal vlakken nog verbetering behoeven, hebben we SAVER zodanig ontwikkeld dat elke nieuwe hypothese een (nieuwe) input genereert voor LEAP die ervoor zorgt dat op zijn minst de consistentie met de energiebalans Vlaanderen 2003 behouden blijft. Voor toekomstige scenario-analyses (bv als MIRA in 2008-2009 SAVER-LEAP wil gebruiken met als referentiejaar 2006) volstaat het om in SAVER de op dat ogenblik meest recente Energiebalans Vlaanderen in te voeren, samen met de dan beschikbare gegevens of aannames, om een nieuwe “Current Accounts” te construeren en in te voeren in LEAP.

5. Reconstructie van de “Current Accounts”

In de volgende hoofdstukken beschrijven we – op grotendeels schematische wijze – de gedachtengangen die we hebben gevolgd bij het reconstrueren van de “Current Accounts” in LEAP.

We zullen in dit en de volgende hoofdstukken – waarin we beschrijven hoe we in SAVER de diverse inputs voor de “Current Accounts” in LEAP tot stand brengen, vooral gebruik maken van schema’s. De gebruikte symbolen hebben daarbij de volgende betekenis:

Figuur 9: De gebruikte symbolen bij de schematische reconstructie van de “current accounts”



5.1. Reconstructie van de totale bruto vloeroppervlakte (bvo)

De bruto vloeroppervlakte (m²) is binnen LEAP de verklarende variabele of “driving force”. Het is daarom essentieel dat we voor de zes MIRA-deelsectoren deze waarde voor het basisjaar 2003 kunnen invullen.

5.1.1. De beschikbare gegevens

De bestaande statistieken omtrent vloeroppervlakten zijn schaars, of niet geschikt om de totale bruto vloeroppervlakte per deelsector van de sector handel en diensten af te leiden.

Het Nationaal Instituut voor de Statistiek (NIS) beschikt over statistieken i.v.m. woongebouwen en niet-woongebouwen. Woongebouwen zijn van belang voor de sector handel & diensten, omdat ze o.m. ook “collectieve woningen” zoals bejaardentehuizen, ziekenhuizen, hotels, jeugdherbergen, studentenhuizen e.d. omvatten. De niet-woongebouwen zijn onderverdeeld in 14 categorieën – die niet zuiver in overeenstemming te brengen zijn met de 6 deelsectoren van MIRA.

- De meest recente NIS tellingen van het hele gebouwenpark (aantal, per bestemming) dateren uit 1961 en 1968;
- De (vanaf 1968 jaarlijks) beschikbare data hebben betrekking op aantal niet-woongebouwen (niet per bouwtype); aantal nieuwe en volledig weder op te richten gebouwen (per ruimtecategorie en bestemming); totale ruimte van nieuwe en volledig weder op te richten gebouwen (per ruimtecategorie en bestemming); totale oppervlakte van nieuwe en volledig weder op te richten gebouwen (per oppervlaktecategorie en bestemming); ruimtewijziging van gebouwen waarvan de verbouwing begonnen is in jaar xxxx (per ruimtecategorie, maar niet per bestemming); en aantal gebouwen waarvan de sloop begonnen is in jaar xxxx (niet per ruimtecategorie of oppervlaktecategorie en niet per bestemming);

- Aanvullende NIS-data hebben betrekking op de “kadastrale statistieken” voor de jaren 1983, 1989, 1992, 1995, en 1998, met name aantal gebouwen naar bouwperiode en kadastrale afdeling en naar soort gebouw (huizen, buildings, ...).

We hebben aanvankelijk zeer veel tijd besteed om op basis van bovenvermelde data een soort ‘gebouwendatabank’ (“building stock database”) te construeren. De databank zou alle gebouwen in de sector handel en diensten in het basisjaar 2003 groeperen op basis van de vier volgende kenmerken:

- *gebouwtype*, i.e. de facto de deelsector van handel en diensten volgens de MIRA-indeling waartoe een gebouw behoort;
- *grootteklasse*, i.e. de bouwkundige grootte van het gebouw, hetzij in m³ volume hetzij in m² bruto vloeroppervlakte (bvo);
- *ouderdomsklasse*, i.e. de leeftijd van het gebouw;
- *bezettingsgraadklasse*, i.e. de jaarlijkse gebruiksduur van het gebouw.

De door het NIS *gepubliceerde* data laten de constructie van een dergelijke databank niet toe. Vragen aan het NIS om meer specifieke (niet-gepubliceerde) data werden niet beantwoord. Zelfs de veel minder ambitieuze doelstelling, het bepalen van de totale bvo per deelsector, was niet realiseerbaar met de beschikbare NIS statistieken.

Andere informatiebronnen die we moeten vermelden zijn:

- diverse studies omtrent het energiegebruik in een aantal gebouwen uit deelsectoren van de sector handel & diensten. Deze studies vermelden weliswaar bijna altijd de bvo van de onderzochte gebouwen. Het grootste probleem is dat de onderzochte gebouwen geen representatieve steekproef vormen van de deelsector waartoe ze behoren, zodat de data niet geschikt zijn voor statistische extrapolaties;
- handel: Fedis, de federatie van de Belgische distributie-ondernemingen, vermeldt de *verkoopsoppervlakte* van (Belgische) zelfbedieningszaken (op basis van gegevens van ACNielsen). Het Ministerie van Economische Zaken (MEZ) publiceert voor o.m. het Vlaams Gewest statistieken over de bruto *verkoopsoppervlakte* van zelfbedieningszaken in voedingswaren: hypermarkten, supermarkten en superettes, en van een beperkt aantal non-food stores;
- kantoren: een studie in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse gemeenschap over (omvang en spreiding van) de kantorenmarkt in Vlaanderen geeft een ruwe schatting van de bvo voor kantoren in Vlaanderen. De auteurs van deze studie beklagen zich erover dat “*In Vlaanderen houdt geen enkele instantie zich bezig met het registreren en meten van het gebouwd patrimonium, zeker niet gedifferentieerd naar bestemming en/of gebruik.*” (Buck Consultants International, 2001, p. 5);
- onderwijs: een onderzoeksrapport (1998) inzake behoeften naar scholenbouw binnen het gesubsidieerd vrij en officieel onderwijs (exclusief hoger onderwijs) in opdracht van [DIGO](#) (Dienst voor Infrastructuurwerken van het Gesubsidieerd Onderwijs), uitgevoerd van juni 1995 tot eind 1997, bevat weinig tot geen informatie over de bruto vloeroppervlakte van schoolgebouwen. Een Besluit⁸ van 27.02.1992 legt weliswaar fysische normen (uitgedrukt in m² per leerling) op voor verschillende onderwijsniveaus en -types, maar deze normen zeggen niets over de werkelijke bvo in schoolgebouwen;
- gezondheidszorg: Het Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden ([VIPA](#)) verleent investeringssubsidies en -waarborgen aan initiatiefnemers uit de gezondheids en welzijnssector voor het oprichten, aankopen, uitbreiden, verbouwen of leasen van gebouwen. VIPA hanteert o.m. bouwfysische normen (bv subsidiale oppervlakte per bed of plaats⁹), maar deze normen zeggen niet over de werkelijke bvo van bv rust- en verzorgingstehuizen (RVT). Het Vlaamse “departement welzijn, volksgezondheid en cultuur” geeft informatie over het zorgaanbod in Vlaanderen (o.a. aantal erkende bedden). De “Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de voedselketen en milieu” publiceert statistieken over o.m. aantal ziekenhuizen, aantal bedden, bezettingsgraad, aantal verpleegdagen, gemiddelde verblijfsduur, aantal opnamen en personeel.

We besluiten dit hoofdstuk met enkele citaten van een studie (Hens, s.d.) uitgevoerd i.o.v. MIRA t.b.v. het MIRA-rapport “Leren om te keren” uit 1996. “*Een gebouwenpark van niet-woongebouwen bestaat niet. Geen enkel woningtelling of NIS-studie omvatte ooit de niet-residentiële sector.*” (o.c., p. 60). En iets verder: “*Er is dringend nood aan een overzicht van de tertiaire sector in Vlaanderen: het aantal*

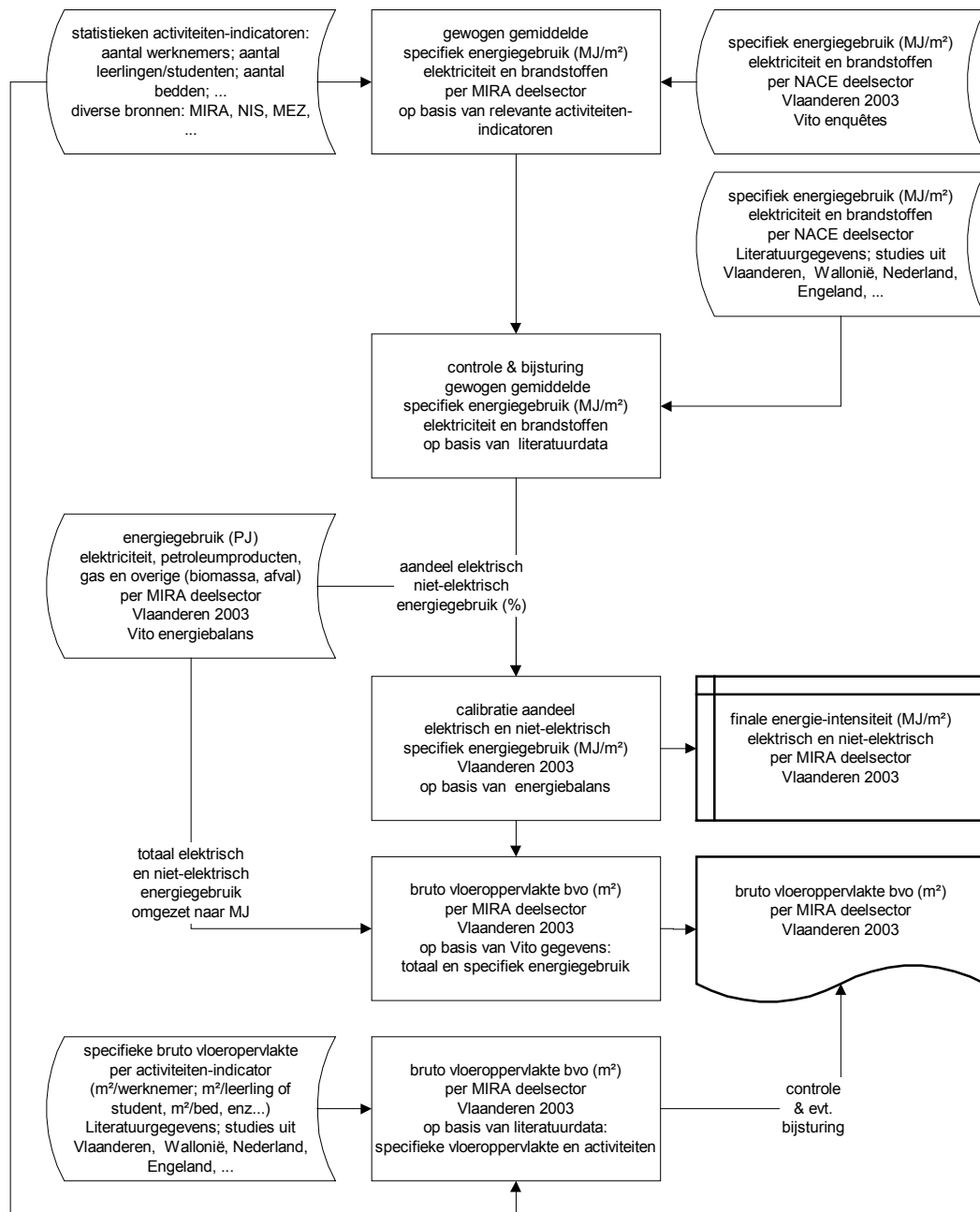
⁸ Besluit van de Vlaamse regering van 27 februari 1992 houdende vaststelling van de regels die de behoefte aan nieuwbouw of uitbreiding bepalen en van de fysische en financiële normen voor de schoolgebouwen, internaten en psycho-medisch-sociale centra.

⁹ Besluit van de Vlaamse regering van 8 juni 1999 tot vaststelling van de totale investeringssubsidie en de bouwtechnische normen voor de verzorgingsinstellingen (BS 31/08/1999).

gebouwen en hun bouwkundige en installatietechnische kenmerken. Of m.a.w. een degelijke beschrijving van het gebouwenpark zowel bouwkundig (volume, oppervlakte, bouwjaar, type bebouwing, ...) als installatietechnisch (hoofdeenergiedrager, type installatie, ...)” (o.c., p. 60) Deze woorden zijn nog altijd even actueel als toen ze werden geschreven.

5.1.2. De reconstructie van de bruto vloeroppervlakte

Figuur 10: Reconstructie van de bruto vloeroppervlakte (bvo)



Het uitgangspunt zijn de kengetallen van de Vito enquêtes, i.e. het specifiek energiegebruik (MJ/m²) voor elektriciteit en brandstoffen (gas en olie samen), per NACE deelsector voor Vlaanderen in 2003. De NACE indeling in deelsectoren is iets gedetaillerder dan de indeling in 6 MIRA deelsectoren. We aggregeren daarom de NACE kengetallen naar kengetallen voor de zes deelsectoren van MIRA. We doen dit op basis van statistieken i.v.m. de activiteiten van de NACE deelsectoren. De

activiteitenindicatoren verschillen naargelang de NACE-deelsector, bijvoorbeeld aantal werknemers, aantal leerlingen of studenten, aantal bedden, ...

Op de aldus verkroten gewogen gemiddelde specifieke energiegebruiken (MJ/m²) voor elektriciteit en brandstoffen passen we twee 'correcties' toe:

1. we vergelijken de kengetallen uit de Vito enquêtes en de geaggregeerde kengetallen met kengetallen uit de literatuur (het Vito rapport bevat zelf al heel wat vergelijkingsmateriaal). Bijsturing was o.i. zeker noodzakelijk voor NACE 55.3-5 restaurants, waarvoor het specifiek energiegebruik voor zowel elektriciteit als brandstoffen uit de Vito enquêtes in vergelijking met Wallonië en Nederland overdreven hoog lijkt;
2. we kennen uit de energiebalans Vlaanderen 2003 per MIRA deelsector de verhouding tussen elektrisch en niet-elektrisch energiegebruik. We zorgen ervoor dat deze verhouding in SAVER dezelfde is als in de energiebalans. Dit levert ons een eerste bruikbaar tussenresultaat op, met name de finale energie-intensiteiten (MJ/m²) van het elektriciteitsgebruik en overig energiegebruik per MIRA deelsector voor Vlaanderen in 2003.

Gegeven het totale energiegebruik (omgezet naar MJ) per deelsector (uit de energiebalans), en het totale specifieke energiegebruik (MJ/m²) per deelsector, voor Vlaanderen in 2003, kunnen we voor elk van de zes MIRA deelsectoren de totale bruto vloeroppervlakte of bvo (m²) bepalen.

Om zeker te zijn dat onze schattingen omtrent de bvo realistisch zijn, zoeken we in de literatuur gegevens op over het gemiddeld aantal m² bvo per activiteitenindicator, bijvoorbeeld m² bvo per werknemer, leerling, student, bed, enz. Dergelijke indicatoren zijn vooral beschikbaar voor kantoren, scholen, ziekenhuizen en rustoorden. In de deelsectoren onderwijs en gezondheidszorg gebruikt men vaak dergelijke normen voor de subsidiëring van de nieuwbouw van scholen, ziekenhuizen of rustoorden. Indien nodig kunnen we de gevonden bvo per MIRA deelsector nog altijd bijsturen.

Tabel 2: *Geschatte bruto vloeroppervlakte en specifieke vloeroppervlakte, Vlaanderen 2003*

MIRA deelsector	bruto vloeroppervlakte [m ²]	driving force (df) aantal	driving force (df) eenheid	factor m ² /df
Handel	14.563.723	274.942	werknemers	53,0
Horeca	5.239.424	53.727	werknemers	97,5
Kantoren	21.399.916	580.864	werknemers	36,5
Onderwijs	17.272.484	1.264.334	leerlingen / studenten	13,7
gezondheidszorg	7.975.625	111.785	bedden	71,3
overige diensten	6.084.432	49.068	werknemers	124,0

Bron: eigen schattingen op basis van literatuurgegevens¹⁰.

¹⁰ Volgende literatuur werd hiervoor geraadpleegd:

- Aernouts K. en I. Moorkens, Energy Consumption in the services sector in Flanders 1996, confidential, Vito rapport 1998/PPPE/R/153, Mol, 1998 (vertrouwelijk)
- BLOSO (Commissariaat-generaal voor de Bevordering van de Lichamelijke Ontwikkeling, de Sport en de Openluchtcreatie), Aanwezige sportaccomodatie, 2000.
- Buck Consultants International, Ruimtelijk-economische aspecten kantoren en kantoorachtigen Vlaanderen, In opdracht van: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Ruimtelijke Ordening, Huisvesting en Monumenten & Landschappen, Afdeling Ruimtelijke Planning, Nijmegen, april 2001.
- De Deene F., Loncke K., Martens A., Daems T., Energiegebruik en energiebesparingspotentieel in de basis- en secundaire scholen in vlaanderen, Vito, Mol, Maart 2001.
- De Deene F., Martens A., Energiegebruik en energiebesparingspotentieel bij de overdekte zwembaden in Vlaanderen, Vito, Mol, Augustus 2002.
- Desmedt J., Martens A., Uitwerking van de methodologie voor de bepaling van het energiebesparingspotentieel in de handel en de horeca, en toepassing op een supermarktketen, Vito, Mol, Oktober 2000.
- FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, MVG WVC: Capaciteit gezondheidsvoorzieningen, naar type gezondheidsvoorziening, 1998-2002.
- IBGE – BIM: Bilan energetique de la région de Bruxelles-Capitale Rapport Final – Juillet 2003 5. Commerce par secteur 5.2. Domestique et équivalents 5.2.2. Tertiaire, Bruxelles, Juillet 2003.
- Ingenium: Algemene Handleiding, Energiebeheer bij het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2002-2004, Brugge, 10 mei 2004.
- Ingenium: Energie-audit Rapport "Martelaarsplein 19" (P21007) en "Koolstraat 35" (P21001), Energiebeheer bij het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brugge, 21 augustus 2003.

Het Nederlandse ABN AMRO Dynamic market office model uit 1999 komt voor kantoren uit op een gemiddelde van 28 m² bvo per werknemer. Het Nederlandse NYFER, Kijk op kantoren, uit 2001, spreekt over een 'ruimtegebruik' van 32 m² bvo per kantoorwerker. BAK, KantorenAtlas Nederland, uit 1999, stelt 36 m² *verhuurbare* vloeroppervlakte (vvo) per persoon voorop. Hierbij zou gelden dat de vvo gelijk is aan gemiddeld 85% van de bvo. Volgens een Nederlandse CBS enquête uit 1994 zou in bank, verzekeringswezen en zakelijke dienstverlening de gemiddelde vloeroppervlakte per werknemer ongeveer gelijk zijn aan 42,8 m²/werknemer. Wanneer we voor Vlaanderen rekening houden met de onvermijdelijke leegstand, dan lijkt 36,5 m² bvo per werknemer zeker niet uit de lucht gegrepen. We merken wel op dat een grondige Engelse studie - Eve G: Office Space: How much is enough, uit 2001 – lagere kengetallen vooropstelt. Voor "high density" kantoren geldt een waarde van 9,7 m² netto vloeroppervlakte per werknemer (of 12,0 m² bvo/werknemer), voor "average density" kantoren 16,3 m² nvo/werknemer (of 20,1 m² bvo/werknemer), en voor "low density" kantoren 23,3 m² nvo/werknemer (of 28,8 m² bvo/werknemer). De nvo of netto vloeroppervlakte is de vloeroppervlakte gemeten langs binnenzijde, minus de verticale schachten, maar inclusief gangen, vergaderzalen, restaurant enz. De nvo zou 81 % van de bvo bedragen. ARAB schrijft een minimale hoogte voor werkplaatsen van 2,5 m voor. De Belgische wetgeving schrijft echter niets voor i.v.m. de oppervlakte van kantoren.

Op basis van een Vito enquête uit 2001 verkrijgen we voor het totaal van basis en secundair onderwijs een waarde van 12,5 m² bvo per leerling. Een Nederlandse NEEDIS studie uit 1995 komt uit op een gemiddelde van 9,8 m² bvo per leerling of student, voor heel het onderwijs, inclusief universiteiten. Het Australische Aapa geeft voor universiteiten schattingen van 10 à 15 m² GFA/EFTSU, met GFA = gross floor area en EFTSU = Equivalent Full Time Student Unit. Bijkomende gegevens van verschillende gevalstudies omtrent het energiegebruik in scholen of universiteiten in Vlaanderen versterken ons vermoeden dat een waarde van 13,7 m² bvo per leerling of student zeker niet geheel onrealistisch is.

Voor algemene ziekenhuizen hebben we waarden teruggevonden van 89 tot 103 m² per bed. Voor rustoorden zou het aantal m² per bed een stuk lager zijn. Uit een Vito enquête uit 1997 leiden we voor rustoorden een gemiddelde waarde af van ongeveer 55 m³/bed. Het Nederlandse College bouw ziekenhuisvoorzieningen voorziet 77 m² bvo per klinische plaats voor een verzorgingshuis met 100 plaatsen. Onze waarde van 71,3 m²/bed voor heel de deelsector gezondheidszorg lijkt in dat licht niet onrealistisch.

5.2. Reconstructie van de energiefuncties: algemeen

Kennis van het totale energiegebruik per MIRA deelsector is onvoldoende om de effecten van beleidsinstrumenten op dit energiegebruik in te schatten. Maatregelen richten zich meestal naar een bepaalde energiefunctie, alhoewel sommige maatregelen van toepassing kunnen zijn op twee of meer functies, bijvoorbeeld isolatie op ruimteverwarming en –koeling.

-
- Kerssmeeckers M., ICARUS-4 Sector Study for the Services Sector, Report prepared for the Utrecht Centre for Energy Research (UCE) as a part of project nr. EB/99044645, contracted by: Netherlands Ministry of Economic Affairs Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Ecofys Energy and Environment, Utrecht, Juli 2001.
 - Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Afdeling Informatie en Documentatie Onderwijs: 20 tips voor een energievriendelijke school, Brussel, 2005.
 - Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Onderwijs, Statistisch jaarboek van het Vlaams onderwijs, schooljaar xxxx-xxxx (diverse jaargangen).
 - NIS, 31.12.1968: Gebouwentelling: Deel 1. Rijk, provincies, arrondissementen. Deel 2. Voornaamste cijfers per gemeente: I. Provincies: Antwerpen, Brabant, Henegouwen; II. Provincies: Limburg; Luxemburg, Namen, Luik, Oost-Vlaanderen en West-Vlaanderen.
 - NIS, Algemene volkstelling op 31 december 1961, Boekdeel 2 Gebouwentelling: 2/I: Rijk, provincies, arrondissementen. 2/II: Voornaamste cijfers per gemeente.
 - NIS, Binnenlandse handel, Compendium 2003.
 - NIS, Publieke, regionale en lokale gegevensbank: statistieken beschikbaar per gemeente (op vraag – computerverwerking op maat).
 - Novem: Cijfers en Tabellen, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), s.l., s.d.
 - Novem: EnergiebesparingsMonitor gebouwde omgeving 2003, Rapportage van SenterNovem in opdracht van VROM/DGW in het kader van Kompas, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, december 2004.
 - SenterNovem: Cijfers en tabellen 2006, Den Haag, januari 2006.

5.2.1. De beschikbare gegevens

5.2.1.1. Vito, Energiebalans Vlaanderen

De enige systematische gegevens over het energiegebruik in de deelsectoren van handel & diensten zijn deze van de Energiebalans Vlaanderen, opgesteld door de Vito (Aernouts en Jespers, 2005). Data zijn beschikbaar voor de jaren 1990, 1994 en volgende. De energiebalans geeft enkel het energiegebruik van de deelsectoren per energiedrager, maar niet per energiefunctie.

De Vito vermeldt de volgende databronnen:

- Zelf uitgevoerde enquêtes;
- Opvraging van het totaal energiegebruik bij 'post en telecommunicatie', 'defensie', 'ondersteunende diensten van het spoorvervoer' en 'afvalwaterzuivering';
- Energiegebruiken van verschillende gemeentelijke en provinciale gebouwen, uit de samenwerkings-overeenkomst met gemeenten en provincies die de cluster energie ondertekenden;
- Elektriciteitsafnames, data afkomstig van de distributienetbeheerders.

We bekijken verder enkele studies over energiegebruik in de sector handel & diensten in Vlaanderen van het voorbije decennium.

5.2.1.2. STEM, De energievraag en de –besparingsmogelijkheden in de tertiaire sector in België 1992-2003

De studie van STEM (De Groote *et al.*, 1994), uitgevoerd in opdracht van Electrabel, maakte hoofdzakelijk gebruik van de databanken van Electrabel (groot- en kleingebruikers elektriciteit en aardgas), naast gegevens van de toenmalige Emissie Inventaris Vlaamse Regio (EIVR) - nu VMM, emissie-inventarisatie lucht (VMM - EIL) - over brandstoffengebruik in ziekenhuizen, rusthuizen, en scholen. De STEM studie vermeldt verder (eenmalige) enquêtes van Vito bij ziekenhuizen en zwembaden. Enkele andere databronnen zijn inmiddels te verouderd.

5.2.1.3. HENS, s.d.

De studie van Hens (s.d.) i.o.v. MIRA moest zich behelpen met wat er (op dat ogenblik) aan gegevens beschikbaar was:

- handel: 5 warenhuizen en 2 winkelcentra uit eigen enquêtering;
- horeca: 8 cafés en restaurants uit eigen enquêtering;
- bank en verzekeringssector: data van 1 bankinstelling (17 hoofdzetels en 583 agensschappen). We citeren: "Zoals blijkt uit deze nota is een duidelijke omlijning van deze sector en een goede kennis van het gebouwenbestand quasi onbestaande in Vlaanderen." (o.c., p. 30);
- openbare besturen: de reeds vermelde EIVR-data over brandstoffengebruik;
- onderwijs: de reeds vermelde EIVR-data over brandstoffengebruik, en voor het overige vooral Nederlandse gebruiksgegevens;
- gezondheidssector: de reeds vermelde EIVR-data over brandstoffengebruik en de ook door STEM gebruikte Vito-studie (1993) over energiegebruik in een 40-tal ziekenhuizen;
- sport en cultuur: de reeds vermelde EIVR-data over brandstoffengebruik; de ook door STEM gebruikte Vito-studie over energiegebruik in zwembaden, en een studie van de KUL over energiegebruik in zwembaden.

De (vele) ontbrekende data i.v.m. energiegebruik werden meestal aangevuld op basis van kengetallen uit de literatuur. Om het energiegebruik te voorspellen maakte de studie in hoofdzaak gebruik van een simulatie- of rekenmodel ontwikkeld ten behoeve van de Nederlandse EnergiePrestatienormering voor niet-woongebouwen.

5.2.1.4. Vito, diverse studies

Meer recente (vertrouwelijke) studies van de Vito – in opdracht van IWT in het kader van Vliet-bis, en mede opgevolgd door het toenmalige Vireg – hebben betrekking op:

- 47 kantoren. De data zijn eigenlijk afkomstig van het Vliet-bis project “Kantoor 2000”, uitgevoerd door door het WTCB in samenwerking met Cenergie, WenK en de Universiteit Gent;
- 106 geënquêteerde basis- en secundaire scholen;
- 46 geënquêteerde overdekte zwembaden;
- 4 onderzochte vestigingen van een supermarktketen.

5.2.1.5. Cenergie, ERBIS

We beschikken verder – enkel voor gebruik in deze studie – over een databank van Cenergie. De data zijn afkomstig van ERBIS, een softwarepakket voor energieboekhouding. De gegevens hebben betrekking op een 650-tal gebouwen in de sector Handel & Diensten, voor het jaar 2003. De volgende datavelden zijn beschikbaar:

- gebouwtype. Dit stemt ongeveer overeen met deelsector – niet volgens de MIRA-indeling – maar in principe wel omzetbaar. Handel en horeca ontbreken totaal. Dit veld is niet voor alle gebouwen ingevuld;
- vloeroppervlakte (in m²). Dit veld is niet voor alle gebouwen ingevuld;
- bezettingsgraad, onder de vorm van gebruikersdagen. De definitie van gebruikersdagen verschilt naargelang het gebouwtype: bijvoorbeeld voor kantoren is gebruikersdagen het aantal werknemers maar aantal werkdagen; voor scholen (aantal leerlingen + aantal leerkrachten) x aantal schooldagen. Dit veld is niet voor alle gebouwen ingevuld;
- kengetallen i.v.m. het energiegebruik waarvoor de noodzakelijke basisgegevens (gebruiken, oppervlaktes,...) aanwezig waren en waarvoor géén van deze basisgegevens onbetrouwbaar (i.e. ‘te hoog’ of ‘te laag’) waren. De kengetallen hebben enkel betrekking op gebruik van gas en elektriciteit (in kWh), per m² (bruto) vloeroppervlakte (in 2003). De kengetallen zijn reeds gecorrigeerd naar een normaal klimatologisch jaar.

5.2.1.6. Ingenium

De Afdeling Gebouwen van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap kreeg de opdracht van de Vlaamse Regering (Resolutie 343) om voor 350 gebouwen een energieboekhouding op te zetten en om voor de 105 belangrijkste gebouwen energie-audits uit te voeren. Het Ministerie van de Vlaamse gemeenschap heeft de uitvoering van deze opdracht gegund aan het studie bureau INGENIUM. Het eindrapport van het project "Energieboekhouding" en twee voorbeelden van energie-audit rapporten (Martelaarsplein-Koolstraat en Regiegebouw te Ieper) zijn publiek beschikbaar¹¹.

5.2.1.7. Conclusies

Er zijn twee grote problemen met de data van “Kantoor 2000”, de Vito-enquêtes en de ERBIS-data van Cenergie en met de data van nog enkele andere “gevalstudies” die we tot onze beschikking hebben:

1. de data hebben steeds betrekking op niet-representatieve stalen van de deelsectoren waartoe de onderzochte gebouwen behoren. We citeren nogmaals de studie van Hens (s.d.): “*Voor elke deelsector van de tertiaire sector hebben we een referentiestaal nodig, dat representatief is voor de hele sector. Zonder referentiebestand blijven de voorspellingen met een energiemodel ruwe schattingen. Elk theoretisch model moet getoetst worden aan de werkelijkheid (validatie).*”;
2. de data zijn vaak te beperkt om bruikbaar te zijn in een energiemodel. De grootste tekortkoming is wellicht het ontbreken van gegevens over het energiegebruik per energiefunctie

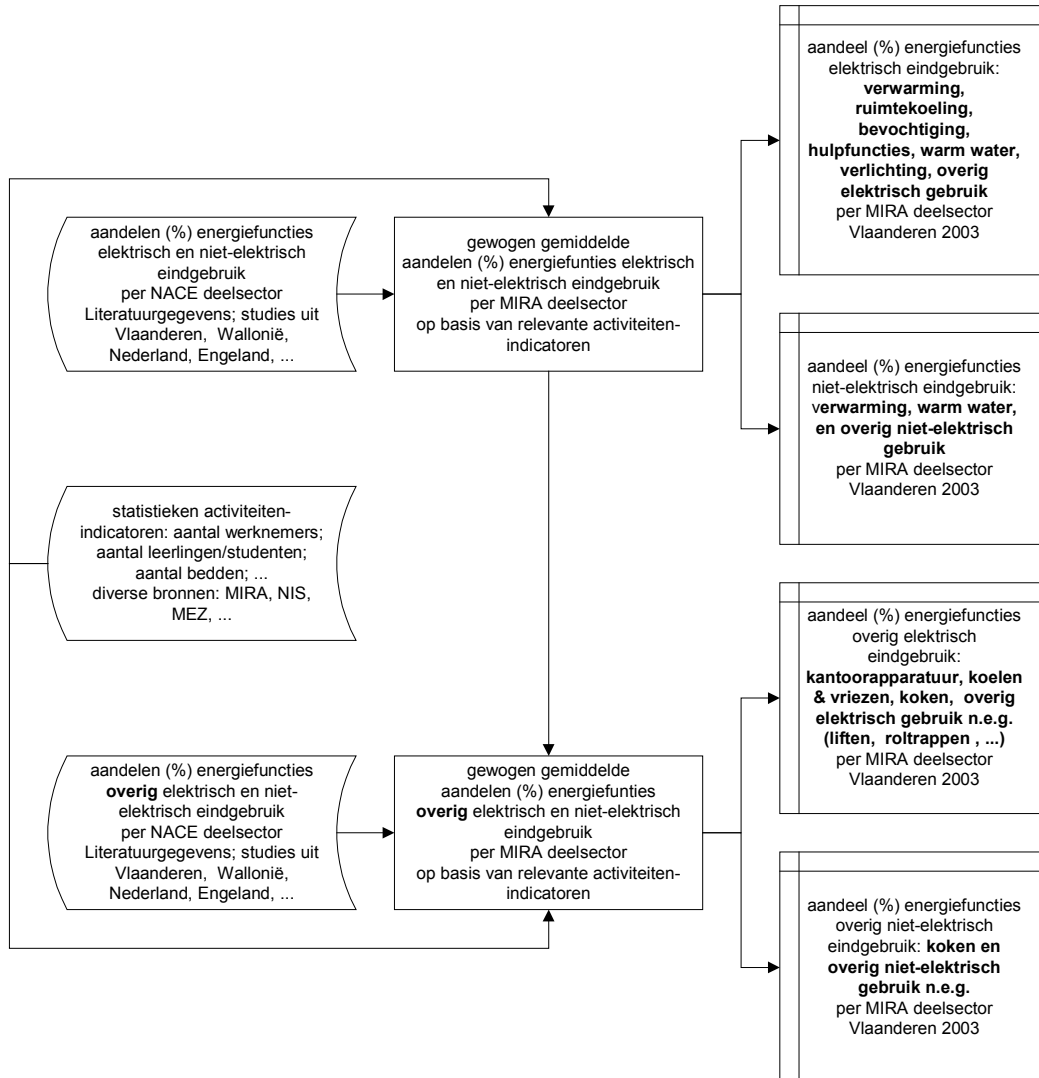
Een laatste conclusie is dat we voor kantoren, onderwijs en gezondheidszorg ondanks alles nog redelijk wat data hebben. Dit is zeker niet het geval voor handel, horeca en overige diensten, met uitzondering van zwembaden.

¹¹ (<http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/gebouwen/data/energieauditrapport.htm>)

5.2.2. Reconstructie van het specifiek energiegebruik per energiefunctie: algemeen

De reconstructie van het energiegebruik per energiefunctie verloopt in een aantal stappen.

Figuur 11: Eerste stap - aandelen van de energiefuncties in het energiegebruik



In een eerste stap bepalen we de aandelen (in %) van de energiefuncties in het eindgebruik van elektriciteit en in het eindgebruik van alle overige energiedragers, per MIRA deelsector voor Vlaanderen in 2003. Het elektrisch eindgebruik omvat de energiefuncties verwarming, ruimtekoeling, bevochtiging, hulpfuncties, bereiding van warm tapwater, verlichting en overig elektrisch eindgebruik. Het niet-elektrisch eindgebruik omvat de energiefuncties verwarming, bereiding van warm tapwater, en overig niet-elektrisch eindgebruik. Gegevens over de aandelen van deze energiefuncties zijn zeer schaars in Vlaanderen, zodat we bijna uitsluitend beroep moeten doen op literatuurgegevens, de meeste uit het buitenland (in hoofdzaak Nederland). De literatuurgegevens hebben doorgaans betrekking op NACE deelsectoren, zodat we ze moeten aggregeren naar percentages voor de zes deelsectoren van MIRA. We doen dit – naar analogie met de bvo – op basis van statistieken i.v.m. de activiteiten van de NACE deelsectoren. Het overig elektrisch en niet-elektrisch eindgebruik hebben we op analoge wijze verder proberen op te splitsen naar enerzijds elektriciteitsgebruik voor kantoorapparatuur, koelen & vriezen en overig elektriciteitsgebruik n.e.g.; en anderzijds niet-elektrisch eindgebruik voor koken en overig niet-elektrisch gebruik n.e.g. We hebben het ‘overig energiegebruik’ apart geplaatst, omdat zelfs buitenlandse literatuurgegevens voor deze functies uitermate schaars zijn.

Tabel 3: Veronderstelde aandelen van de energiefuncties in het elektriciteitsgebruik (Vlaanderen, 2003)

Sector	verwarming [%]	koeling [%]	bevochtiging [%]	hulpfuncties [%]	warm water [%]	verlichting [%]	apparatuur [%]
Handel	2%	9%	2%	6%	2%	40%	39%
Horeca	5%	9%	2%	15%	2%	25%	42%
Kantoren	2%	11%	2%	15%	0%	35%	35%
Onderwijs	2%	7%	2%	10%	0%	65%	14%
Gezondheidszorg	2%	11%	2%	9%	0%	50%	26%
Overige	4%	8%	2%	9%	0%	25%	52%

Tabel 4: Veronderstelde aandelen van de energiefuncties in het niet-elektrisch eindgebruik (Vlaanderen, 2003)

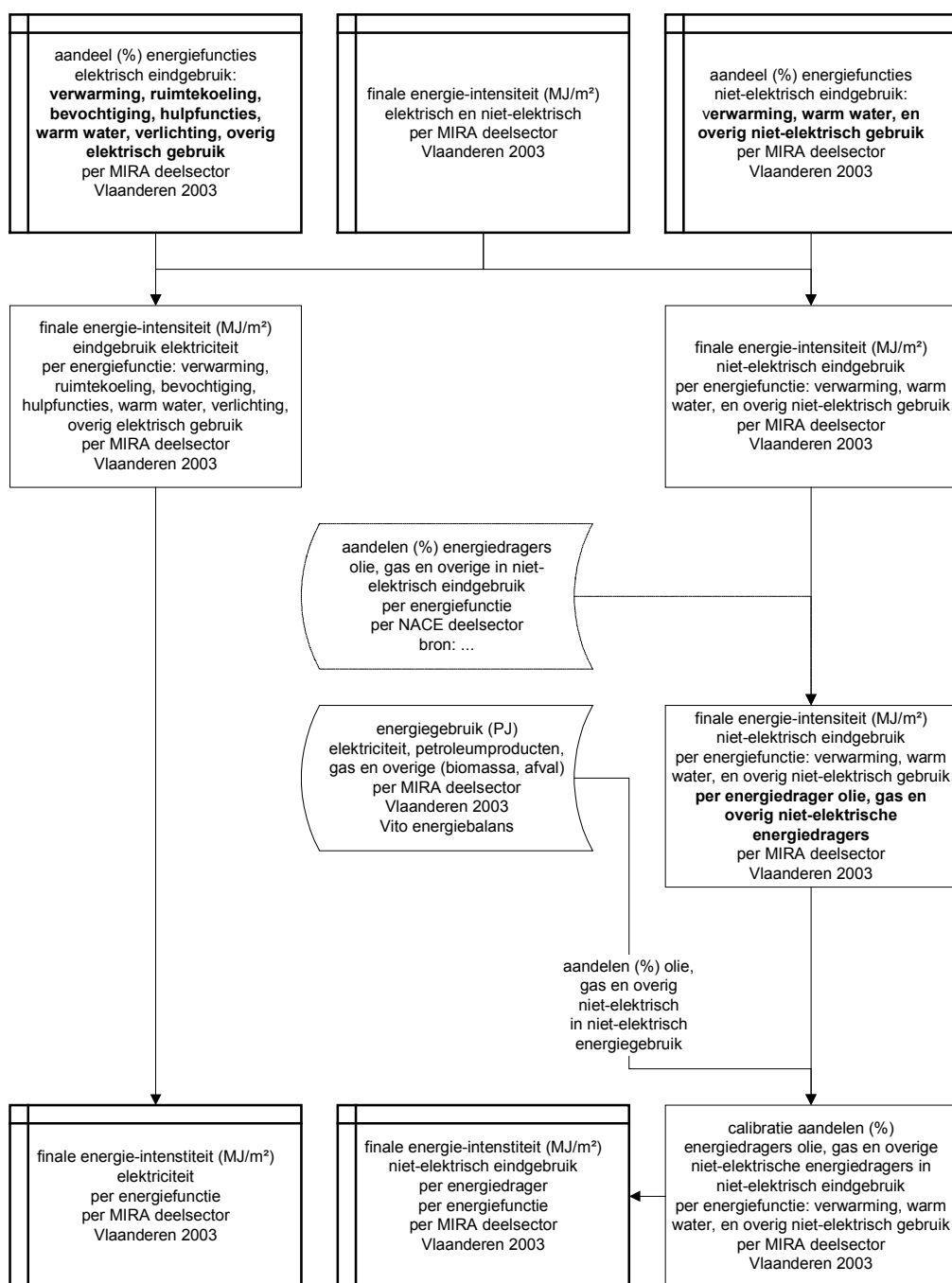
Sector	verwarming [%]	warm water [%]	overig [%]
Handel	93%	7%	0%
Horeca	81%	14%	5%
Kantoren	92%	8%	0%
Onderwijs	94%	5%	1%
Gezondheidszorg	63%	22%	14%
Overige	86%	10%	4%

Bron: eigen veronderstellingen op basis van literatuurgegevens¹²

¹² Volgende literatuur werd geraadpleegd:

- De Deene F., Loncke K., Martens A., Daems T., Energiegebruik en energiebesparingspotentieel in de basis- en secundaire scholen in vlaanderen, Vito, Mol, Maart 2001.
- De Deene F., Martens A., Energiegebruik en energiebesparingspotentieel bij de overdekte zwembaden in Vlaanderen, Vito, Mol, Augustus 2002.
- Desmedt J., Martens A., Uitwerking van de methodologie voor de bepaling van het energiebesparingspotentieel in de handel en de horeca, en toepassing op een supermarktketen, Vito, Mol, Oktober 2000.
- Ingenium: Algemene Handleiding, Energiebeheer bij het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2002-2004, Brugge, 10 mei 2004.
- Ingenium: Energie-audit Rapport "Martelaarsplein 19" (P21007) en "Koolstraat 35" (P21001), Energiebeheer bij het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brugge, 21 augustus 2003.
- Kerssemeeckers M., ICARUS-4 Sector Study for the Services Sector, Report prepared for the Utrecht Centre for Energy Research (UCE) as a part of project nr. EB/99044645, contracted by: Netherlands Ministry of Economic Affairs Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Ecofys Energy and Environment, Utrecht, Juli 2001.
- Novem: Cijfers en Tabellen, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), s.l., s.d.
- Novem: EnergiebesparingsMonitor gebouwde omgeving 2003, Rapportage van SenterNovem in opdracht van VROM/DGW in het kader van Kompas, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, december 2004.
- SenterNovem: Cijfers en tabellen 2006, Den Haag, januari 2006.
- Carbon Trust: Energy Consumption Guide, London:
 - ECG019 Energy use in offices, december 2000, minor revisions march 2003;
 - ECG036 Energy Efficiency in Hotels: A Guide for Owners and Managers, printed 1993, reprinted 1997;
 - ECG054 Energy efficiency in further and higher education – costeffective low energy buildings, february 1997;
 - ECG072 Energy consumption in hospitals, june 1996;
 - ECG073 Saving energy in schools. A guide for headteachers; governors; premises managers and school energy managers, november 1998;
 - ECG075 Energy use in Ministry of Defence establishments, september 1999;
 - ECG078 Energy use in sports and recreation buildings, september 2001;
 - ECG082 Energy use in Court Buildings, september 2002;
 - ECG084 Energy use in Prisons, february 2004;
 - ECG087 Energy use in Local Authority Buildings, september 2004.

Figuur 12: Tweede stap - specifiek energiegebruik per energiefunctie



In een tweede stap combineren we twee reeds gekende tussenresultaten: de aandelen (%) van de diverse energiefuncties in het elektrisch en niet-elektrisch eindgebruik enerzijds, en de finale energie-intensiteiten (MJ/m²) van het elektrisch en niet-elektrisch eindgebruik anderzijds.

Voor de energiedrager elektriciteit geeft dit meteen het gewenste tussenresultaat, met name de finale energie-intensiteit (MJ/m²) *per energiefunctie*, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003.

Tabel 5: *Finale energie-intensiteit per energiefunctie, elektriciteitsgebruik (Vlaanderen, 2003) (*)*

Sector	verwarming [GJ/m ²]	koeling [GJ/m ²]	bevochtiging [GJ/m ²]	hulpfuncties [GJ/m ²]	warm water [GJ/m ²]	verlichting [GJ/m ²]	apparatuur [GJ/m ²]
Handel	0,016228	0,073026	0,016228	0,048684	0,016228	0,324560	0,316446
Horeca	0,031381	0,056485	0,012552	0,094142	0,012552	0,156904	0,296833
Kantoren	0,011496	0,063226	0,011496	0,086218	0,000000	0,201175	0,201175
Onderwijs	0,002389	0,008361	0,002389	0,011944	0,000000	0,077635	0,023556
Gezondheidszorg	0,007028	0,038652	0,007028	0,031624	0,000000	0,175690	0,290925
Overige	0,025105	0,050209	0,012552	0,056485	0,000000	0,156904	0,370975

(*) op basis van tabel 3 en VITO, Energiebalans Vlaanderen

Tabel 6: *Finale energie-intensiteit per energiefunctie, niet-elektrisch eindgebruik (Vlaanderen, 2003) (*)*

Sector	verwarming [GJ/m ²]	warm water [GJ/m ²]	overig [GJ/m ²]
Handel	0,778819	0,058621	0,000000
Horeca	0,537225	0,094240	0,033235
Kantoren	0,734958	0,063909	0,000000
Onderwijs	0,523355	0,027338	0,006834
Gezondheidszorg	0,887484	0,314765	0,199566
Overige	0,959217	0,111537	0,044615

(*) op basis van tabel 4 en VITO, Energiebalans Vlaanderen

Voor het niet-elektrisch eindgebruik zoeken we nog naar de finale energie-intensiteiten (MJ/m²) *per energiedrager* (andere dan elektriciteit), per energiefunctie, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003.

In het ideale geval kennen we de percentages van de energiedragers – andere dan elektriciteit – in het eindgebruik voor verwarming, warm water en overig niet-elektrisch eindgebruik. We moeten er dan nog enkel voor zorgen dat de verhoudingen tussen deze energiedragers in het *totaal* niet-elektrisch eindgebruik dezelfde is als in de Energiebalans Vlaanderen ('calibratie'). Bij gebrek aan data hebben we voorlopig de verhoudingen uit de Energiebalans Vlaanderen *in dezelfde mate* toegepast op alle afzonderlijke energiefuncties van het niet-elektrisch eindgebruik. Dit is waarschijnlijk niet correct, omdat we geen enkele reden hebben om aan te nemen dat het aandeel van aardgas in ruimteverwarming exact gelijk zou zijn aan het aandeel van aardgas in de bereiding van warm tapwater. SAVER biedt de mogelijkheid om deze 'fout' alsnog te corrigeren, van zodra voldoende gegevens beschikbaar zijn.

5.3. De energiefunctie verwarming in "Current Accounts" van LEAP

5.3.1. LEAP inputvereisten voor ruimteverwarming

Voor de energiefunctie (ruimte)verwarming hebben we in LEAP de volgende data nodig, per MIRA deelsector voor Vlaanderen in 2003:

- de netto energie intensiteit ("useful energy intensity") (MJ/m²);
- de aandelen (%) van de warmteopwekkings-, distributie- en afgiftesystemen ("technologies");
- het gemiddelde totaal rendement ("efficiency") (%) per warmteopwekkings-, distributie- en afgiftesysteem.

5.3.2. Verwarmingssystemen

We zouden in principe elk soort warmteopwekkings-, distributie- en afgiftesysteem dat in Vlaanderen in 2003 in gebruik was of dat men in de toekomst in gebruik zou kunnen nemen in LEAP kunnen opnemen. Dit is niet erg praktisch. We weerhouden een beperkt aantal opwekkingssystemen.

Tabel 7: Mogelijke verwarmingssystemen en in LEAP weerhouden systemen

Mogelijk verwarmingssysteem	LEAP
Elektrische verwarming	<input checked="" type="checkbox"/>
Lokale verwarming met gas	
Lokale verwarming met olie	
Conventionele ketel met gas	<input checked="" type="checkbox"/>
Conventionele ketel met olie	<input checked="" type="checkbox"/>
Hoogrendementsketel of condenserende ketel met gas ⁽¹⁾	<input checked="" type="checkbox"/>
Hoogrendementsketel of condenserende ketel met olie ⁽¹⁾	<input checked="" type="checkbox"/>
Elektrische warmtepomp	<input checked="" type="checkbox"/>
Gastgestookte warmtepomp	
Warmtekrachtkoppeling (WKK) ⁽²⁾	
Warmtelevering door derden ⁽²⁾	
Direct gestookte luchtverwarming	
Zonnecollectoren voor ruimteverwarming	
Overige n.e.g. ⁽³⁾	<input checked="" type="checkbox"/>

⁽¹⁾ in LEAP een 'gemiddelde' van alle ketels met een hoger rendement dan een conventionele ketel

⁽²⁾ WKK en warmtelevering door derden moeten binnen LEAP in een aparte module worden afgehandeld ("Transformation"). Dit vereist dat eigenlijk het hele energiesysteem Vlaanderen in LEAP wordt gemodeleerd.

⁽³⁾ In LEAP brengen we hier alle systemen onder die geen elektriciteit, gas of olie gebruiken.

Onze keuzes zijn vooral bepaald in functie van het type energiedrager (elektriciteit, gas, olie of biomassa) dat het verwarmingssysteem gebruikt, omdat het gebruik van deze energiedragers gekend is uit de Energiebalans Vlaanderen (zij het niet per energiefunctie). Tekortkomingen in de huidige LEAP versie zijn het ontbreken van een aantal opties, zoals lokale gas- of olieverwarming, gasgestookte warmtepompen, WKK of warmtelevering door derden, en direct gestookte luchtverwarming.

We houden in LEAP (nog) niet expliciet rekening met warmtedistributie door water, lucht of "water en lucht", en ook niet met het temperatuurniveau van de warmte-afgiftesystemen: zeer lage temperatuur (wand-of vloerverwarming); lage temperatuur (directe lucht- en stralingsverwarming), temperaturen van het aanvoer- en afvoerwater 70/50 of 90/70. De omschakeling op condensatieketels en in de toekomst eventueel naar zonnecollectoren voor ruimteverwarming heeft enkel zin bij gelijktijdige omschakeling naar lagetemperatuurverwarming (of bij condensatieketels iets minder gunstig naar buitentemperatuurregeling).

De regeling van de verwarmingssystemen (individuele regeling of niet; weersafhankelijke en/of geoptimaliseerde regeling van de ketels) is evenmin op expliciete wijze in LEAP opgenomen.

Het totaal rendement is het product van het opwekkings- of productierendement van de warmte-opwekker enerzijds, en het systeemrendement anderzijds. Het systeemrendement is op zijn beurt het product van het distributierendement (dat rekening houdt met warmteverliezen via leidingen of kanalen, indien relevant), het afgifterendement (van de verwarmingselementen), en het rendement van de regeling van het verwarmingssysteem. Het rendement van de warmtepomp betreft de "coefficient of performance" of COP, en hangt o.m. af van het temperatuurverschil tussen de warmtebron en het warmte-afgiftesysteem. Men zou voor warmtepompen een verder onderscheid kunnen maken naargelang de bron: bodem of buitenlucht; retour- of afvoerlucht, grondwater of aquifer; of oppervlaktewater. Het gebruik van de COP betekent dat we voor warmtepompen rendementen moeten voorzien die groter zijn dan 100 %, wat in LEAP een voorziene optie is.

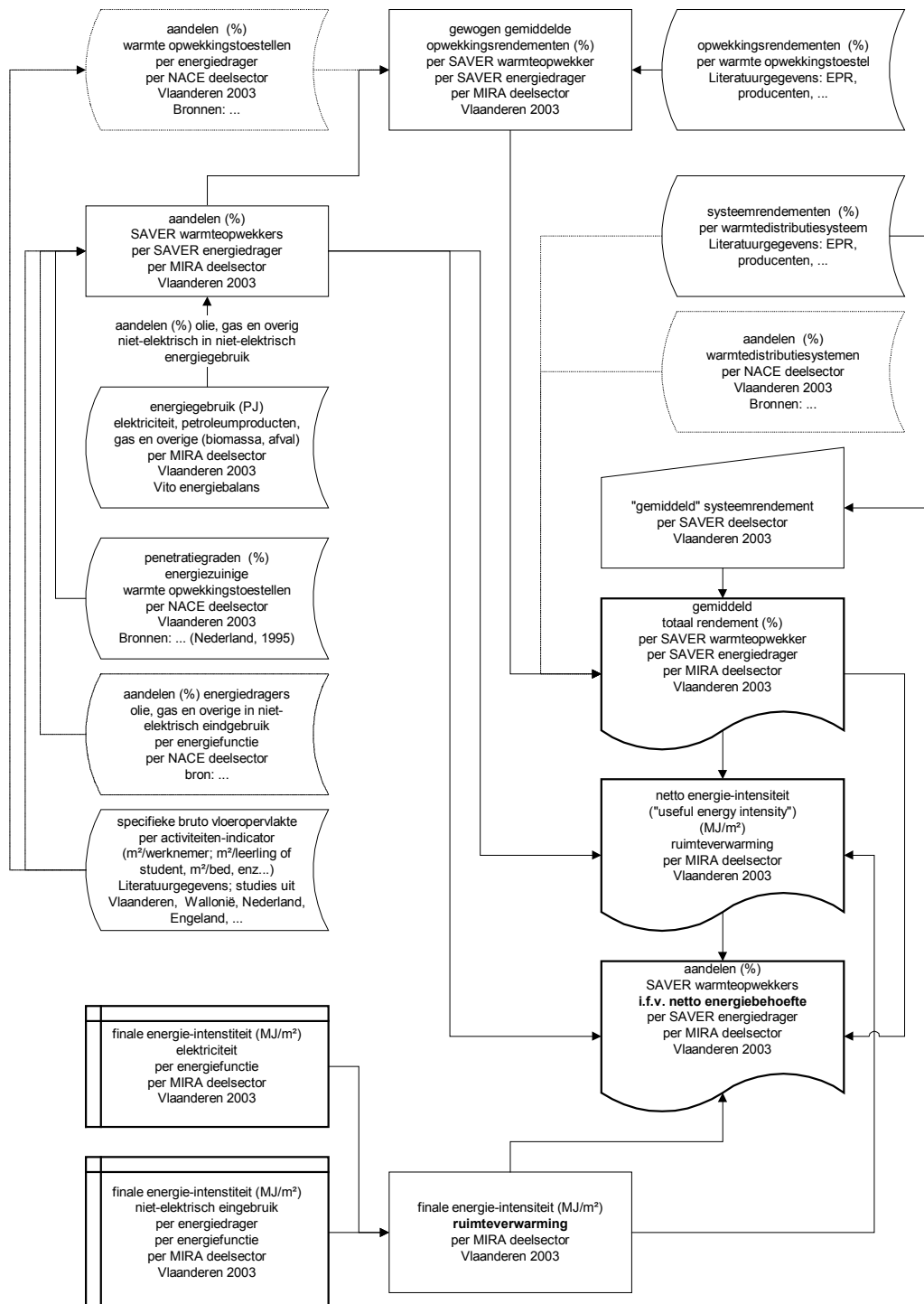
Gegeven de netto energiebehoefte aan warmte ("useful energy intensity"), de aandelen van de verwarmingssystemen ("technologies") en hun totaal rendement ("efficiency"), kan LEAP automatisch het finale of eindenergiegebruik ("final energy intensity") voor ruimteverwarming berekenen. LEAP biedt niet rechtstreeks de mogelijkheid om vanuit de netto energiebehoefte aan ruimteverwarming en het systeemrendement de wat in de EPR "bruto"¹³ energiebehoefte voor ruimteverwarming wordt genoemd te bepalen. Dit onderscheid is van belang indien we zeer specifiek naar maatregelen i.v.m. het systeemrendement willen kijken (bijvoorbeeld isoleren van verwarmings- of koelingsleidingen). We

¹³ De « bruto » energiebehoefte is de netto energiebehoefte gedeeld door het systeemrendement. Netto energiegebruik is dan per definitie het bruto energiegebruik met een verondersteld systeemrendement gelijk aan 1.

lossen dit op door in SAVER maatregelen i.v.m. het systeemrendement afzonderlijk te analyseren, en deze achteraf te integreren met maatregelen die van invloed zijn op het totaal rendement van een verwarmingssysteem.

5.3.3. Schematische reconstructie van ruimteverwarming in LEAP

Figuur 13: Reconstructie van de door LEAP benodigde gegevens voor ruimteverwarming



De opwekkingsrendementen van de verschillende verwarmingssystemen kunnen we uit de literatuur halen¹⁴. In het ideale geval kennen we de aandelen van de warmteopwekkingssystemen in het finale of eindenergiegebruik voor ruimteverwarming, per NACE deelsector, in Vlaanderen in 2003. Op basis hiervan zouden we de “gemiddelde” opwekkingsrendementen kunnen bepalen, per (in SAVER-LEAP gedefinieerde) warmteopwekkingssysteem, per (in SAVER-LEAP gedefinieerde) energiedrager, en per (in MIRA gedefinieerde) deelsector. In de praktijk moeten we deze aandelen eveneens reconstrueren. We doen dit aan de hand van de (gekend veronderstelde) penetratie van energiezuinige warmte-opwekkingssystemen, in combinatie met de (eveneens gekend veronderstelde) aandelen van de energiedragers in ruimteverwarming. De penetratiegraden van energiezuinige warmte-opwekkingssystemen hebben we hoe dan ook nodig voor de analyse van de maatregelen bij het opstellen van de scenario’s. We zullen deze analyse later bespreken bij de scenario-analyses. Omdat we de aandelen van de energiedragers voor de energiefunctie ruimteverwarming niet exact kennen, moeten we deze benaderen via de aandelen van de energiedragers in het totale energiegebruik uit de Energiebalans Vlaanderen.

Voor LEAP hebben we *totaal* rendementen nodig. Deze zijn te bepalen indien we de systeemrendementen per warmtedistributie- en afgiftesysteem en de aandelen van de warmtedistributie- en afgiftesystemen per deelsector voor Vlaanderen in 2003 kennen. Deze gegevens zijn niet gekend. We bepalen daarom eigenhandig een “gemiddeld” systeemrendement per deelsector. Bij ontstentenis hebben we het systeemrendement gelijk aan 90% gesteld.

Tabel 8: Verondersteld totaal rendement van de verwarmingssystemen (Vlaanderen, 2003)

Sector	elektrisch convent [%]	elektrische warmtepomp [%]	olie convent. [%]	olie HR + cond. [%]	gas convent [%]	gas HR + cond. [%]	overig [%]
Handel	100,0%	146,3%	58,5%	81,0%	63,0%	83,3%	49,5%
Horeca	100,0%	146,3%	58,5%	81,0%	63,0%	83,3%	49,5%
Kantoren	100,0%	146,3%	58,5%	81,0%	63,0%	83,3%	49,5%
Onderwijs	100,0%	146,3%	58,5%	81,0%	63,0%	83,3%	49,5%
Gezondheidszorg	100,0%	146,3%	58,5%	81,0%	63,0%	83,3%	49,5%
Overige	100,0%	146,3%	58,5%	81,0%	63,0%	83,3%	49,5%

Op basis van de totaal rendementen (%) uit tabel 8, de aandelen van de diverse verwarmingssystemen, en de finale energie-intensiteit (“final energy intensity”) (MJ/m²) voor ruimteverwarming, berekenen we de netto energie-intensiteit (“useful energy intensity”) (MJ/m²) voor ruimteverwarming, per MIRA deelsector voor Vlaanderen in 2003. De finale energie-intensiteit (MJ/m²) voor ruimteverwarming is af te leiden uit de tussenresultaten i.v.m. de finale energie-intensiteit van het elektrisch en niet-elektrisch energiegebruik per energiefunctie.

LEAP kan m.b.v. de netto energie intensiteit (“useful energy intensity”) voor ruimteverwarming, de aandelen van de verwarmingssystemen en hun respectievelijke totale rendementen (“efficiencies”), de finale energie-intensiteit (“final energy intensity”) voor ruimteverwarming berekenen, en vandaar uit het totale energiegebruik voor ruimteverwarming. Omdat de aandelen van de energiedragers zouden overeenstemmen met deze in de Energiebalans Vlaanderen, moeten we t.b.v. LEAP de aandelen van de verwarmingssystemen eerst nog omrekenen in functie van het *netto* energiegebruik voor ruimteverwarming. Met de reeds gekende tussenresultaten is dat geen probleem (zie schema).

¹⁴ De opwekkingsrendementen kunnen we bijvoorbeeld bij de fabrikanten opvragen. De werkelijke opwekkingsrendementen zullen wellicht lager zijn, bijvoorbeeld door slecht onderhoud.

Tabel 9: Aandelen van de verwarmingssystemen per deelsector op basis van het netto energiegebruik (Vlaanderen, 2003)

Sector	elektrisch convent [%]	elektrische warmtepomp [%]	olie convent [%]	olie HR + cond [%]	gas convent [%]	gas HR + cond [%]	overig [%]
Handel	3,1	0,0%	38,4%	0,0%	29,3%	29,2%	0,0%
Horeca	8,0	0,0%	26,2%	0,0%	34,9%	30,8%	0,0%
Kantoren	2,3	0,0%	31,5%	0,0%	27,2%	39,0%	0,0%
Onderwijs	0,7	0,0%	34,6%	0,0%	27,3%	37,5%	0,0%
Gezondheidszorg	1,1	0,0%	13,8%	0,0%	38,2%	46,6%	0,3%
Overige	3,7	0,0%	13,2%	0,0%	27,0%	47,3%	8,9%

5.3.4. Enkele bedenkingen

LEAP berekent de finale energie-intensiteit uit de netto-energie intensiteit, de aandelen van de verwarmingssystemen en hun rendementen, hoewel we die finale energie-intensiteit toch als gekend veronderstellen. Het voorzien van de zogenaamde “useful energy analysis” mogelijkheid in LEAP maakt dat we in de scenario’s dan *expliciet* met een aantal maatregelen rekening kunnen houden, b.v.:

- een vermindering van de netto-energie intensiteit door bijvoorbeeld betere isolatie of kierdichting;
- een verbetering van het totaal rendement, bijvoorbeeld door beter onderhoud van de verwarmingssystemen of door het isoleren van de leidingen;
- een omschakeling van conventionele naar energiezuinige verwarmingssystemen, en eventueel gepaard daarmee een omschakeling van de ene energiedrager naar de andere (“fuel switch”).

5.4. De energiefunctie warm tapwater in “Current Accounts” van LEAP

5.4.1. LEAP inputvereisten voor warm tapwater

De data die LEAP benodigt voor de energiefunctie ‘bereiding van warm tapwater’ zijn ongeveer dezelfde als voor de functie ruimteverwarming, met name:

- de netto energie intensiteit of “useful energy intensity” (MJ/m²);
- de aandelen van de warmwater opwekkings- en distributiesystemen;
- het gemiddeld totaal rendement van de warmwater opwekkings- en distributiesystemen.

5.4.2. Systemen voor de bereiding en distributie van warm tapwater

We onderscheiden in LEAP de volgende warm water opwekkings- en distributiesystemen:

Tabel 10: Mogelijke warm tapwater opwekkingssystemen en in LEAP weerhouden systemen

Type warmwatersysteem	LEAP
Elektrische boiler	<input checked="" type="checkbox"/>
Gasboiler (aardgas- of propaanboiler)	
Geiser (gas)	
Gasgestookte conventionele combiketel met doorstroomtoestel (combi-tap)	
Gasgestookte conventionele combiketel met voorraadtoestel (combi-vat)	<input checked="" type="checkbox"/>
Gasgestookte hoogrendements combiketel met doorstroomtoestel (combi-tap)	
Gasgestookte hoogrendements combiketel met voorraadtoestel (combi-vat)	<input checked="" type="checkbox"/>
Oliegestookte conventionele combiketel met doorstroomtoestel (combi-tap)	
Oliegestookte conventionele combiketel met voorraadtoestel (combi-vat)	<input checked="" type="checkbox"/>
Oliegestookte hoogrendements combiketel met doorstroomtoestel (combi-tap)	
Oliegestookte hoogrendements combiketel met voorraadtoestel (combi-vat)	<input checked="" type="checkbox"/>
Indirect gestookte boiler	
Warmtepompboiler	<input checked="" type="checkbox"/>
Zonneboiler	<input checked="" type="checkbox"/>
Warmtekrachtkoppeling WKK	
Warmtelevering door derden	

Onze keuzes zijn vooral bepaald in functie van het type energiedrager (elektriciteit, gas, olie of biomassa) dat het warmtapwatersysteem gebruikt, omdat het gebruik van deze energiedragers gekend is uit de Energiebalans Vlaanderen (zij het niet per energiefunctie). Tekortkomingen in de huidige LEAP versie zijn het ontbreken of het niet duidelijk onderscheiden van een aantal opties, gasboiler of geiser, of combiketels met doorstroomtoestel (combi-tap).

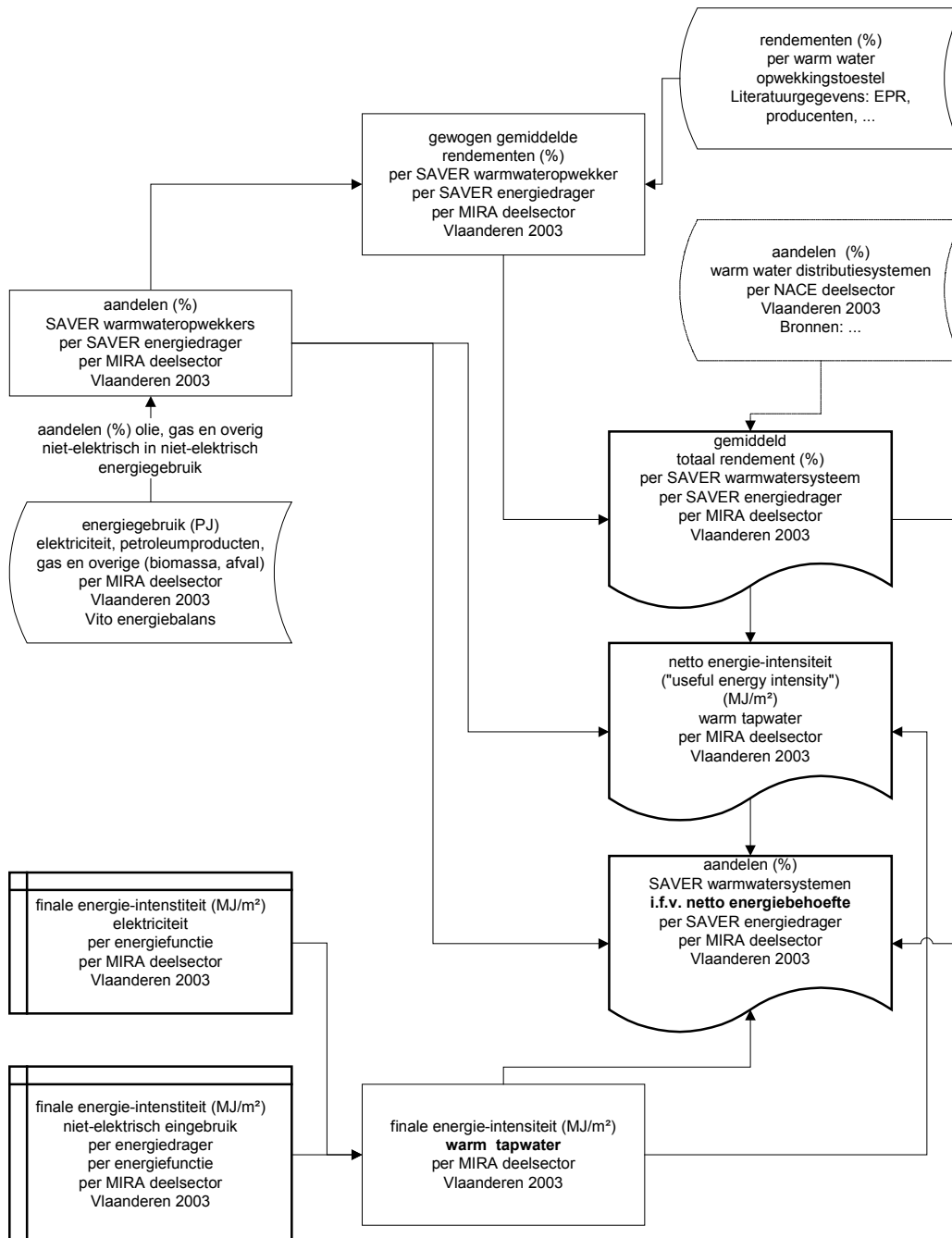
We houden evenmin expliciet rekening met de distributie van warmwater, met name het al dan niet aanwezig zijn van een circulatieleiding, en de afstanden van de tappunten tot het warmwater opwekkingstoestel.

We bekijken voor de warmwatersystemen enkel het totaal rendement. Voor zonneboilers definiëren we het rendement (van de zonnecollector) niet zoals gebruikelijk als “de fractie invallende zonne-energie die wordt omgezet in nuttige warmte”. We definiëren een soort “fictief rendement”, zodanig dat men met het gebruik van zonneboilers een bepaald percentage (%) kan besparen op het gebruik van energie voor de bereiding van warm tapwater m.b.v. conventionele warmwatersystemen. Dit betekent wel dat we voor zonneboilers rendementen moeten invoeren die groter zijn dan 100 %, wat in LEAP een voorziene optie is. Het percentage dat men m.b.v. zonneboilers kan besparen is in SAVER vrij te bepalen, en is bij ontstentenis gelijk aan 50%.

Gegeven de netto energiebehoefte aan warmtapwater (“useful energy intensity”), de aandelen van de warmwater opwekkings- en distributiesystemen en hun totaal rendement, kan LEAP automatisch het finale of eindenergiegebruik (“final energy intensity”) voor de bereiding van warm tapwater berekenen.

5.4.3. Schematische reconstructie van warmtapwaterbereiding in LEAP

Figuur 14: Reconstructie van de door LEAP benodigde gegevens voor de bereiding van warmtapwater



De rendementen van de warmwater opwekkingstoestellen kunnen we uit de literatuur halen. De aandelen van alle mogelijke warmwater opwekkingstoellen, per NACE deelsector in Vlaanderen in 2003, zijn niet goed gekend. We hanteren daarom dezelfde methode als voor ruimteverwarming. We hebben voor de eenvoud die werkwijze voor warmtapwater niet expliciet in het schema herhaald.

Tabel 11: Verondersteld totaal rendement van de warmwatersystemen (Vlaanderen, 2003)

Sector	elektrische boiler [%]	warmtepomp-boiler [%]	olie conv [%]	olie HR + cond [%]	gas conv [%]	gas HR + cond [%]	overig [%]	zonne-boiler [%]
Handel	75,0%	70,0%	45,0%	80,0%	55,0%	86,0%	55,0%	111,7%
Horeca	75,0%	70,0%	45,0%	80,0%	55,0%	86,0%	55,0%	108,9%
Kantoren	75,0%	70,0%	45,0%	80,0%	55,0%	86,0%	55,0%	102,5%
Onderwijs	75,0%	70,0%	45,0%	80,0%	55,0%	86,0%	55,0%	102,0%
Gezondheidszorg	75,0%	70,0%	45,0%	80,0%	55,0%	86,0%	55,0%	106,7%
Overige	75,0%	70,0%	45,0%	80,0%	55,0%	86,0%	55,0%	106,8%

Tabel 12: Aandelen van de warmwatersystemen per deelsector op basis van het netto energiegebruik (Vlaanderen, 2003) cfr.hoger

Sector	elektrische boiler [%]	warmtepomp-boiler [%]	olie conv [%]	olie HR + cond [%]	gas conv [%]	gas HR + cond [%]	overig [%]	zonne-boiler [%]
Handel	29,1%	0,0%	28,2%	0,0%	42,7%	0,0%	0,0%	0,0%
Horeca	16,2%	0,0%	23,8%	0,0%	60,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kantoren	0,0%	0,0%	32,8%	0,0%	67,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Onderwijs	0,0%	0,0%	35,4%	0,0%	64,6%	0,0%	0,0%	0,0%
Gezondheidszorg	0,0%	0,0%	14,1%	0,0%	85,4%	0,0%	0,5%	0,0%
Overige	0,0%	0,0%	13,5%	0,0%	73,2%	0,0%	13,3%	0,0%

We zouden in principe rekening moeten houden met een aantal kenmerken van de warmwater distributiesystemen (circulatieleiding, tappunten), maar bij gebrek aan gegevens beperken we ons tot het meteen invoeren in LEAP van een 'totaal rendement' per warmtapwatersysteem.

De werkwijze is voor het overige analoog met de werkwijze voor ruimteverwarming.

5.5. De energiefunctie ruimtekoeling in "Current Accounts" van LEAP

5.5.1. LEAP inputvereisten voor ruimtekoeling

We zouden in principe voor ruimtekoeling op dezelfde wijze tewerk kunnen gaan als voor ruimteverwarming en de bereiding van warm tapwater. Omwille van de grote onzekerheden i.v.m. ruimtekoeling in de sector handel en diensten, ook en vooral wat betreft het totaal rendement van de koude-opwekkers, hebben we besloten (voorlopig) geen "useful energy analysis" voor ruimtekoeling toe te passen.

Voor de energiefunctie ruimtekoeling hebben we in LEAP dan enkel de volgende data nodig, per MIRA deelsector voor Vlaanderen in 2003:

- de aandelen (%) van de types koelsystemen;
- de finale energie-intensiteit ("final energy intensity") (MJ/m²) per type koelsysteem;
- de penetratie (%) van ruimtekoeling als energiefunctie.

In tegenstelling tot energiefuncties zoals ruimteverwarming of verlichting kunnen we voor de energiefunctie ruimtekoeling (en de energiefunctie bevochtiging) niet zomaar veronderstellen dat alle deelsectoren deze voor 100 % toepassen. We moeten bijgevolg de penetratie van de ruimtekoeling in de MIRA deelsectoren in Vlaanderen in 2003 kennen. In de scenario-analyses van LEAP kunnen we dan expliciet rekening houden met een toe- of afname van deze penetratiegraad.

Figuur 15: Veronderstelde penetratie van ruimtekoeling als energiefunctie (Vlaanderen, 2003)

Sector	Penetratiegraad [%]
Handel	70%
Horeca	50%
Kantoren	60%
Onderwijs	8%
Gezondheidszorg	40%
Overige	50%

5.5.2. Koelinstallaties

We zouden in principe elk type koelsysteem dat in Vlaanderen in 2003 in gebruik was of dat men in de toekomst in gebruik zou kunnen nemen in LEAP kunnen opnemen.

Men onderscheidt de volgende types koude-opwekkingstoestellen:

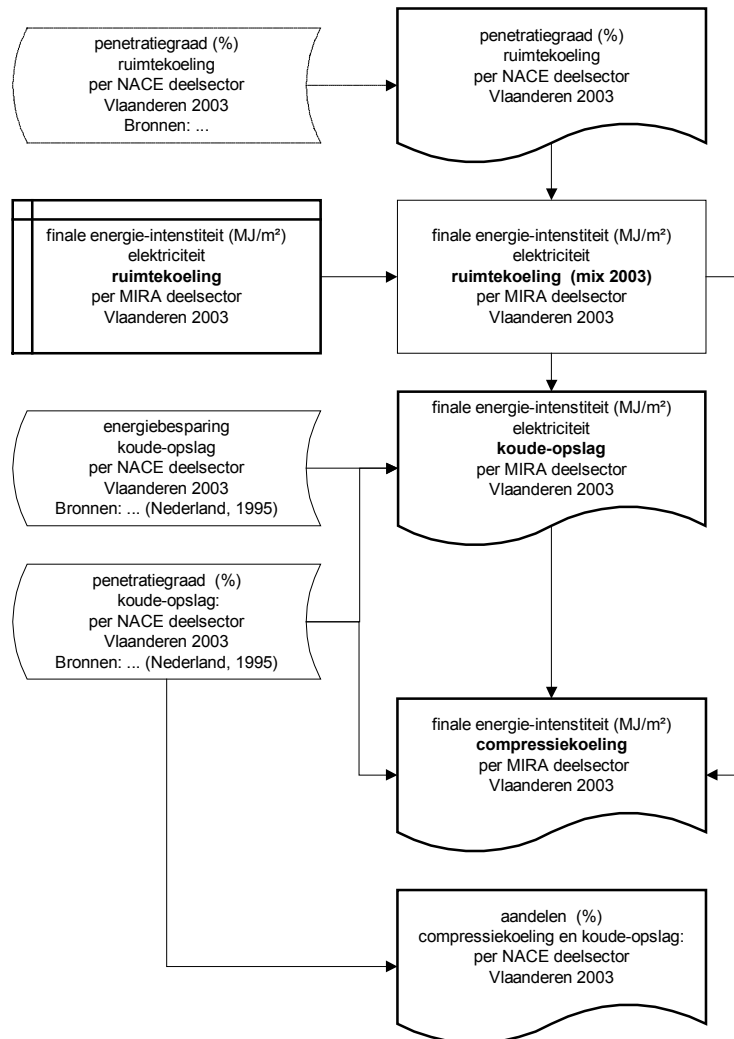
Tabel 13: Mogelijke koude-opwekkingstoestellen

Types koudeopwekkingstoestellen	LEAP
Compressiekoelmachine	<input checked="" type="checkbox"/>
Koudeopslag met koeltoren	
Koudeopslag met koeltoren in luchtbehandelingskast (LBK)	
Koudeopslag met warmtepomp	
Koudeopslag in zomerbedrijf	
Absorptiekoelmachine met WKK	
Absorptiekoelmachine met warmtelevering door derden	

We beperken ons voorlopig tot twee types koude-opwekkers: compressiekoelmachines en (een 'gemiddelde') koude-opslag, waarvoor we t.b.v. LEAP de finale energie intensiteiten (MJ/m²) en de aandelen (%) bepalen.

5.5.3. Schematische reconstructie van ruimtekoeling in LEAP

Figuur 16: Reconstructie van de door LEAP benodigde gegevens voor ruimtekoeling



Op basis van het tussenresultaat finale energie-intensiteit (MJ/m²) voor ruimtekoeling, en de gekend veronderstelde penetratiegraad van ruimtekoeling, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003, kunnen we de finale energie-intensiteit (MJ/m²) bepalen voor de energiefunctie ruimtekoeling als een *mix* van de verschillende types koelingsystemen in het referentiejaar.

Gegeven de finale energie-intensiteit (MJ/m²) van de ruimtekoeling in zijn totaliteit (mix 2003), kunnen we op basis van enerzijds het gekend veronderstelde aandeel van koude-opslag in het totaal van ruimtekoelingsystemen en anderzijds de energiebesparing die men kan realiseren met koude-opslag t.o.v. compressiekoeling, de finale energie-intensiteit (MJ/m²) van koude-opslag bepalen, en van daaruit de finale energie-intensiteit (MJ/m²) van compressiekoeling, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003.

Het aandeel (%) van compressiekoeling in het totaal van ruimtekoelingsystemen volgt automatisch uit het gekend veronderstelde aandeel van koude-opslag.

5.6. De energiefunctie bevochtiging in “Current Accounts” van LEAP

5.6.1. LEAP inputvereisten voor bevochtiging

We gaan voor de energiefunctie bevochtiging op dezelfde wijze te werk als voor de energiefunctie ruimtekoeling. We passen m.a.w. geen “useful energy analysis” toe.

Voor de energiefunctie bevochtiging hebben we in LEAP dan enkel de volgende data nodig, per MIRA deelsector voor Vlaanderen in 2003:

- de aandelen (%) van de types bevochtigingssystemen;
- de finale energie-intensiteit (“final energy intensity”) (MJ/m²) per type bevochtigingssysteem;
- de penetratie (%) van bevochtiging als energiefunctie.

Net zoals voor de energiefunctie ruimtekoeling kunnen we voor de energiefunctie ruimtekoeling niet zomaar veronderstellen dat alle deelsectoren deze voor 100 % toepassen. We moeten bijgevolg de penetratie van bevochtiging in de MIRA deelsectoren in Vlaanderen in 2003 kennen. In de scenario-analyses van LEAP kunnen we dan expliciet rekening houden met een toe- of afname van deze penetratiegraad.

Figuur 17: Veronderstelde penetratie van bevochtiging als energiefunctie (Vlaanderen, 2003)

Sector	Penetratiegraad [%]
Handel	70%
Horeca	50%
Kantoren	70%
Onderwijs	9%
Gezondheidszorg	40%
Overige	50%

5.6.2. Bevochtigingsinstallaties

We zouden in principe elk type bevochtigingssysteem dat in Vlaanderen in 2003 in gebruik was of dat men in de toekomst in gebruik zou kunnen nemen in LEAP kunnen opnemen.

Men onderscheidt de volgende types bevochtigingsinstallaties:

Tabel 14: Mogelijke bevochtigingsinstallaties

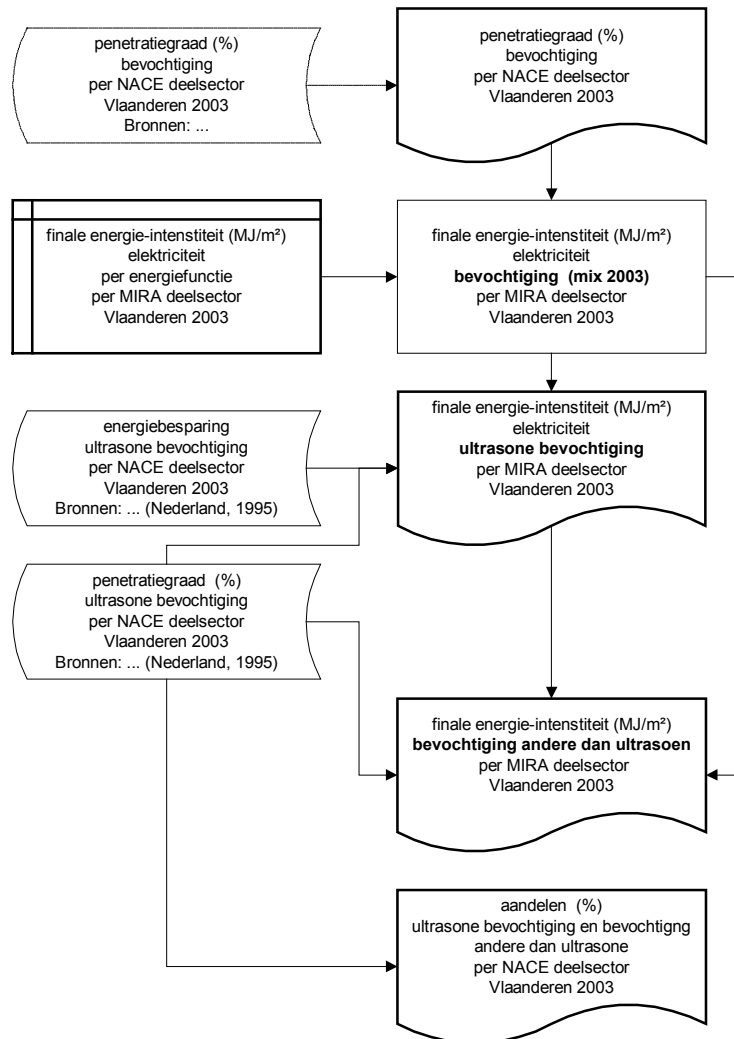
Types bevochtigingsinstallaties	LEAP
elektrisch gevoede stroombevochtiging, anders dan ultrasone	<input checked="" type="checkbox"/>
elektrisch gevoede ultrasone bevochtiging	<input checked="" type="checkbox"/>
niet elektrisch gevoede bevochtiging	<input type="checkbox"/>

We beperken ons voorlopig tot twee types bevochtigingsinstallaties: elektrisch gevoede stroombevochtiging, andere dan ultrasone en ultrasone bevochtiging, waarvoor we t.b.v. LEAP de finale energie intensiteiten (MJ/m²) en de aandelen (%) bepalen.

We zouden in principe ook nog rekening moeten houden met het al dan niet aanwezig zijn van vochtterugwinning.

5.6.3. Schematische reconstructie van bevochtiging in LEAP

Figuur 18: Reconstructie van de door LEAP benodigde gegevens voor bevochtiging



Op basis van het tussenresultaat finale energie-intensiteit (MJ/m²) voor bevochtiging, en de gekend veronderstelde penetratiegraad van bevochtiging, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003, kunnen we de finale energie-intensiteit (MJ/m²) bepalen voor de energiefunctie bevochtiging als een *mix* van de verschillende types bevochtigingssystemen in het referentiejaar.

Gegeven de finale energie-intensiteit (MJ/m²) van de bevochtiging in zijn totaliteit (mix 2003), kunnen we op basis van enerzijds het gekend veronderstelde aandeel van ultrasone bevochtiging in het totaal van bevochtigingssystemen en anderzijds de energiebesparing die men kan realiseren met ultrasone bevochtiging t.o.v. de overige elektrisch gevoede bevochtigingssystemen, de finale energie-intensiteit (MJ/m²) van ultrasone bevochtiging bepalen, en van daaruit de finale energie-intensiteit (MJ/m²) van de overige elektrische gevoede bevochtigingssystemen, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003.

Tabel 15: *Finale energie-intensiteit van generieke en ultrasone bevochtiging (Vlaanderen, 2003)*

Sector	generieke bevochtiging [GJ/m ²]	ultrasone bevochtiging [GJ/m ²]
Handel	0,023182830	-
Horeca	0,025104613	0,001255231
Kantoren	0,016422459	0,001149572
Onderwijs	0,026541869	0,000238877
Gezondheidszorg	0,017569016	0,000702761
Overige	0,025104613	0,001255231

Het aandeel (%) van de overige elektrisch gevoede bevochtigingssystemen in het totaal van bevochtigingssystemen volgt automatisch uit het gekend veronderstelde aandeel van ultrasone bevochtiging.

Bij gebrek aan informatie veronderstellen we dat het aandeel van ultrasone bevochtiging in 2003 voor alle deelsectoren gelijk aan 0% was.

5.7. De energiefunctie hulpfuncties in “Current Accounts” van LEAP

5.7.1. LEAP inputvereisten voor hulpfuncties

Met energiegebruik voor hulpfuncties (of “hulpenergie”) bedoelen we het elektriciteitsgebruik door pompen en ventilatoren voor het transport van verwarmings- en/of koelingsmedia (ruimteverwarming of –koeling) of verse lucht (ventilatie).

We maken in LEAP geen verder onderscheid tussen pompen en ventilatoren. Voor de energiefunctie hulpfuncties hebben we in LEAP dan ook enkel de finale energie-intensiteit (“final energy intensity”) (MJ/m²) nodig.

5.7.2. Pompen en ventilatoren

Er zijn verschillende soorten pompen en ventilatoren. We verwijzen naar de technische bijlage (bijlage 2).

Voor pompen van verwarmings- en koelingsinstallaties is het naar maatregelen toe van belang informatie te hebben over o.m. de pompregeling: automatisch werkende toerenregeling; automatische aan/uit regeling, of geen regeling.

Voor ventilatoren (ventilatiesystemen) is het naar maatregelen toe van belang informatie te hebben over o.m. het type regeling: toerenregeling; hoog/laag regeling; inlaatklepverstelling / waaierschoepverstelling; smoorregeling of geen regeling. Het type elektromotor kan eveneens van belang zijn: gelijkstroom, één-fase wisselstroom of draaistroom.

De regeling van pompen en ventilatoren is niet *expliciet* in LEAP opgenomen. Een toename van geoptimaliseerde regelingssystemen zal in LEAP de finale energie-intensiteit voor hulpfuncties doen afnemen. We bespreken maatregelen i.v.m. regeling verder in het deel over veronderstellingen i.v.m. scenario's.

5.7.3. Reconstructie van hulpfuncties in LEAP

Uit het tussenresultaat finale energie-intensiteit (MJ/m²) elektriciteit per energiefunctie per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003 halen we rechtstreeks de finale energie-intensiteit (MJ/m²) voor hulpfuncties.

5.8. De energiefunctie verlichting in de “Current Accounts” van LEAP

5.8.1. LEAP inputvereisten voor verlichting

We zouden in principe, voor elke MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003, het geïnstalleerd vermogen van elk type verlichting per vierkante meter (W/m^2) kunnen invoeren, samen met de jaarlijkse gebruiksduur (h), en op basis daarvan de finale energie-intensiteit (MJ/m^2) voor elk type verlichting bepalen. We hanteren in LEAP (voorlopig) een eenvoudiger methode, waarbij we voor een beperkt aantal verlichtingsinstallaties rechtstreeks de finale energie-intensiteit schatten.

Voor de energiefunctie verlichting hebben we LEAP de volgende data nodig, per MIRA deelsector voor Vlaanderen in 2003:

- de aandelen (%) van de types verlichtingsinstallaties;
- de finale energie-intensiteit (“final energy intensity”) (MJ/m^2) per type verlichtingsinstallatie.

5.8.2. Verlichtingsinstallaties

Een verlichtingstoestel bestaat uit een lichtbron (lamp), voorschakelapparatuur (VSA) in geval van gasontladinglampen, een armatuur (behuizing of ‘lichtbak’), een schakel en regelingsmiddel, en een aansluiting met bekabeling.

Ten behoeve van LEAP maken we enkel een onderscheid tussen ‘efficiënte’ verlichtingstoestellen en niet-efficiënte of ‘generieke’ verlichtingstoestellen.

Tabel 16: *Efficiënte en niet-efficiënte verlichtingstoestellen (binnenverlichting)*

Techniek	Niet-efficiënt	Efficiënt
Lamp	Gloeilampen	CFL (‘spaarlamp’)
	Halogeenlampen	Buislamp (‘TL’)
VSA	Elektromagnetisch (klassiek)	Elektronisch of hoogfrequent HF
Armatuur	Naakt (open behuizing)	Spiegeloptiek
	Diffuserende kap	

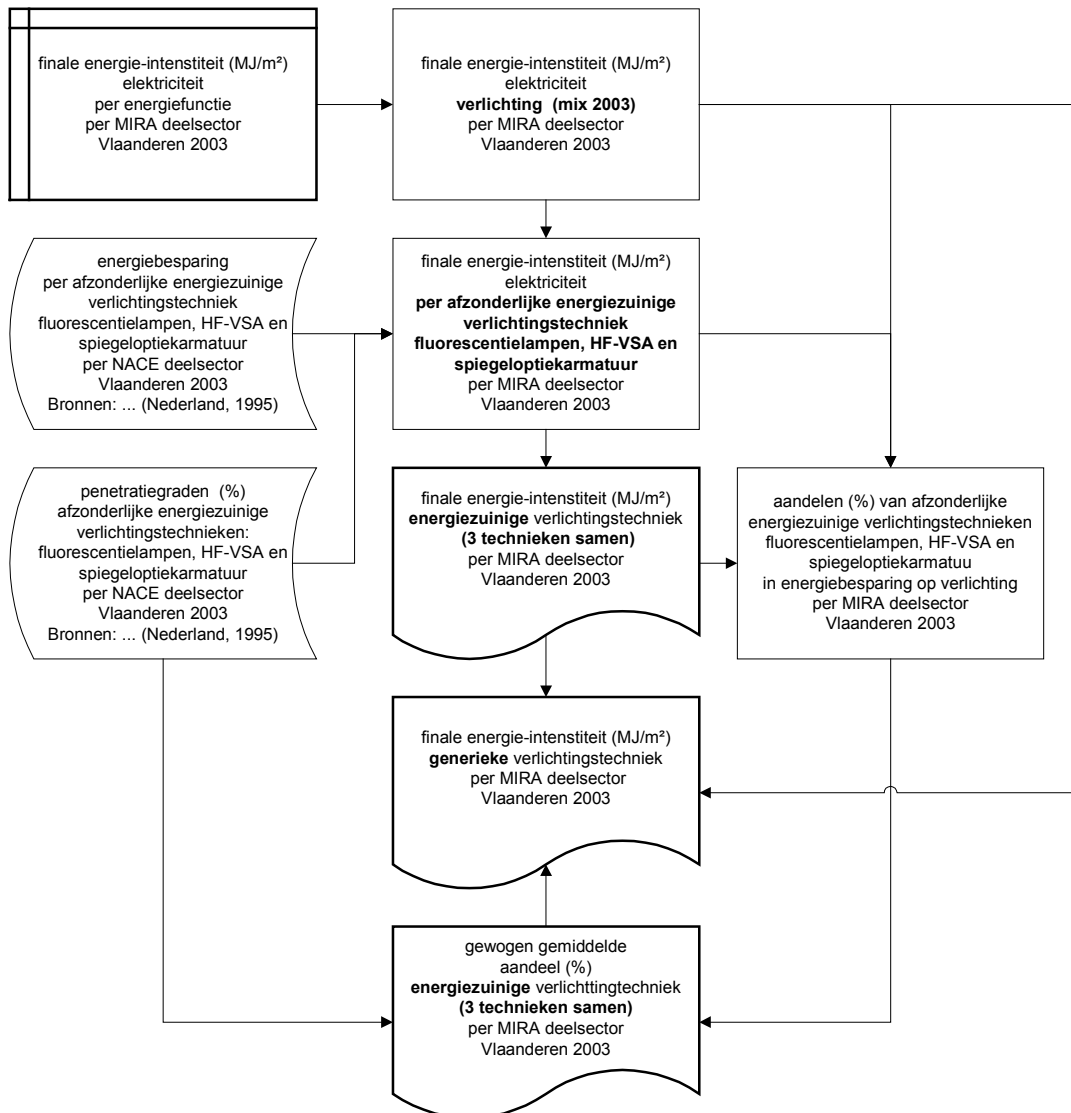
In werkelijkheid zullen er heel wat “mengvormen” bestaan, bijvoorbeeld buislamp met spiegeloptiek maar zonder HF VSA. We moeten hiermee rekening houden in LEAP.

Het bovenvermelde onderscheid tussen efficiënte en niet-efficiënte verlichtingstoestellen houdt nog geen rekening met aanwezigheidsdetectie (AWD) of met het type lichtregeling of -schakeling zoals bijvoorbeeld daglichtafhankelijke schakeling / regeling (DAV), al dan niet in combinatie met veegpulsschakeling. De schakelings- en regelingsmiddelen zijn niet *expliciet* in LEAP opgenomen. Een toenemend gebruik van AWD en / of geoptimaliseerde regelings- of schakelsystemen zal in LEAP de finale energie-intensiteit voor zowel efficiënte als niet-efficiënte verlichtingstoestellen doen afnemen (sommige efficiënte toepassingen vergen wel efficiënte apparaten). We bespreken maatregelen i.v.m. lichtregeling of –schakeling verder in het hoofdstuk over scenario-analyses.

Naar maatregelen toe kan het ook van belang zijn te weten of de armaturen worden afgezogen of niet. Deze maatregel heeft effect op de energiefuncties ruimtekoeling en –verwarming, maar is niet *expliciet* in LEAP opgenomen.

5.8.3. Schematische reconstructie van verlichting in LEAP

Figuur 19: Reconstructie van de door LEAP benodigde gegevens voor verlichting



Op basis van het tussenresultaat finale energie-intensiteit (MJ/m^2) per energiefunctie, kennen we de finale energie-intensiteit (MJ/m^2) voor de energiefunctie verlichting als een *mix* van de verschillende verlichtingssystemen in het referentiejaar.

Gegeven de finale energie-intensiteit (MJ/m^2) van verlichting in zijn totaliteit (mix 2003), kunnen we op basis van de gekend veronderstelde penetratiegraden van de afzonderlijke energiezuinige verlichtingstechnieken (fluorescëntielampen, HF-VSA en spiegeloptiekarmatuur) per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003, en de gekende veronderstelde energiebesparing die men kan realiseren door het toepassen van deze energiezuinige verlichtingstechnieken t.o.v. conventionele verlichtingstechnieken, de finale energie-intensiteiten (MJ/m^2) bepalen van de afzonderlijke energiezuinige of efficiënte verlichtingstechnieken, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003.

De finale energie-intensiteit (MJ/m^2) van een efficiënte verlichtingsinstallatie, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003, is een gewogen gemiddelde van de finale energie-intensiteiten van de afzonderlijke efficiënte verlichtingstechnieken. Als gewicht hanteren we de bijdragen die elke afzonderlijke efficiënte verlichtingstechniek levert aan de totale energiebesparing t.o.v. conventionele verlichtingsinstallaties.

Op basis van de penetratiegraden en de bijdragen aan de energiebesparing van de afzonderlijke efficiënte verlichtingstechnieken, kunnen we het gewogen gemiddelde aandeel van energiezuinige of efficiënte verlichtingstechnieken bepalen, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003.

Tabel 17: Aandelen van generieke en efficiënte verlichting (Vlaanderen, 2003)

Sector	generieke verlichting [%]	efficiënte verlichting [%]
Handel	76,4%	23,6%
Horeca	50,0%	50,0%
Kantoren	57,0%	43,0%
Onderwijs	89,4%	10,6%
Gezondheidszorg	38,8%	61,2%
Overige	30,0%	70,0%

Met de inmiddels gekende finale energie-intensiteiten (MJ/m^2) van efficiënte verlichtingstechnieken en de mix van verlichtingstechnieken in het referentiejaar, kunnen we de finale energie-intensiteit (MJ/m^2) van de niet-efficiënte of 'generieke' verlichtingstechniek berekenen, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003.

Tabel 18: Finale energie-intensiteit van generieke en efficiënte verlichting (Vlaanderen, 2003)

Sector	niet-efficiënte verlichting [GJ/m^2]	efficiënte verlichting [GJ/m^2]
Handel	0,345243	0,257490
Horeca	0,166904	0,146904
Kantoren	0,233053	0,158975
Onderwijs	0,079252	0,064035
Gezondheidszorg	0,201879	0,159090
Overige	0,170904	0,150904

5.9. De energiefuncties koken en apparaten in de "Current Accounts" van LEAP

5.9.1. LEAP inputvereisten voor koken, elektrische en niet-elektrische en apparaten

We maken t.b.v. LEAP een duidelijk onderscheid tussen koken, elektrische apparatuur en niet-elektrische apparatuur.

We behandelen koken afzonderlijk, omdat we voor kooktoestellen kunnen kiezen tussen de energiedrager elektriciteit of de energiedrager gas (aardgas, en eventueel butaan of propaan). Dit laat ons toe om in de scenario-analyses rekening te houden met een omschakeling van elektrisch koken naar koken op gas ("fuel switch"). Voor de energiefunctie koken hebben we in LEAP de volgende data nodig, per MIRA deelsector voor Vlaanderen in 2003:

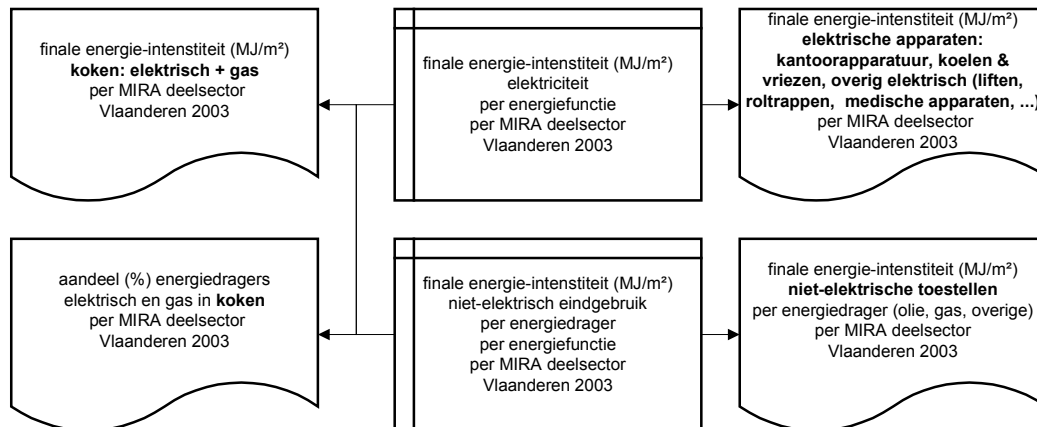
- de finale energie-intensiteit ("final energy intensity") (MJ/m^2);
- de aandelen ("fuel share") (%) van elektrisch koken en koken op gas.

We zouden in principe voor elk soort elektrisch apparaat dat in Vlaanderen in 2003 in gebruik was of in gebruik zou kunnen komen, het aantal (#) apparaten, het vermogen (kW) per apparaat en de gebruiksduur (h) in LEAP kunnen opnemen, en van daaruit het jaarlijks energiegebruik en vervolgens de finale energie-intensiteit (MJ/m^2) per soort elektrisch apparaat te bepalen. Dit is niet erg praktisch. We beperken ons tot drie grote groepen apparaten: kantoorapparatuur, koelapparatuur of koelcellen, en overige elektrische apparatuur (liften, roltrappen, wasplaatsen in verzorgingshuizen, ...), waarvoor we rechtstreeks de finale energie-intensiteiten (MJ/m^2) bepalen.

De niet-elektrische apparaten verdelen we in drie groepen op basis van de energiedrager (gas, olie of biomassa) die ze gebruiken, en we bepalen voor elke groep rechtstreeks de finale energie-intensiteit (MJ/m²).

5.9.2. Schematische reconstructie van koken en apparatuur in LEAP

Figuur 20: Reconstructie van de door LEAP benodigde gegevens voor koken, elektrische en niet-elektrische apparaten



De door LEAP benodigde gegevens zijn makkelijk af te leiden uit de reeds bepaalde tussenresultaten inzake finale energie-intensiteit (MJ/m²) (elektrisch en niet-elektrisch eindgebruik) per energiedrager, per MIRA deelsector in Vlaanderen in 2003.

Tabel 19: Veronderstelde gegevens i.v.m. koken (Vlaanderen, 2003)

Sector	finale energie-intensiteit koken (electriciteit en gas) [MJ/m ²]	aandeel electriciteit in koken [%]	aandeel gas in koken [%]
Handel	0,000000	0,0%	0,0%
Horeca	0,066146	79,7%	20,3%
Kantoren	0,000000	0,0%	0,0%
Onderwijs	0,004096	0,0%	100,0%
Gezondheidszorg	0,082628	0,0%	100,0%
Overige	0,000000	0,0%	0,0%

Tabel 20: Finale energie-intensiteit elektrische apparatuur, behalve koken (Vlaanderen, 2003)

Sector	kantoor-apparatuur [MJ/m ²]	koelen & vriezen [MJ/m ²]	overig [MJ/m ²]
Handel	0,000000000	0,126578251	0,189867376
Horeca	0,000000000	0,105439376	0,105439376
Kantoren	0,140822585	0,000000000	0,060352537
Onderwijs	0,011704964	0,005016413	0,000000000
Gezondheidszorg	0,000000000	0,000000000	0,036543552
Overige	0,000000000	0,000000000	0,326359974

De volgende tabel toont de veronderstelde gegevens inzake niet-elektrische apparatuur, met uitzondering van koken.

Tabel 21: *Finale energie-intensiteit niet-elektrische apparatuur, behalve koken (Vlaanderen, 2003)*

Sector	finale energie intensiteit gas overig [MJ/m ²]	finale energie intensiteit olie [MJ/m ²]	finale energie intensiteit biomassa [MJ/m ²]
Handel	0,000000	0,000000	0,000000
Horeca	0,008951	0,010857	0,000000
Kantoren	0,000000	0,000000	0,000000
Onderwijs	0,000000	0,002739	0,000000
Gezondheidszorg	0,082628	0,033402	0,000908
Overige	0,031708	0,007166	0,005740

6. Veronderstellingen t.b.v. de scenario's

6.1. Scenario's i.v.m. bruto vloeroppervlakte

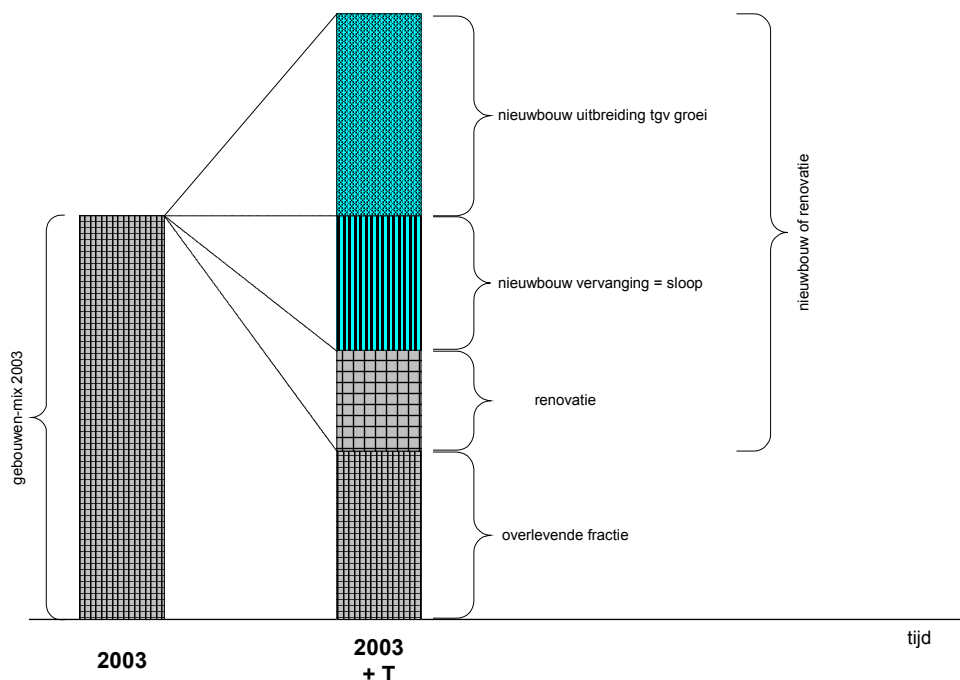
6.1.1. LEAP inputvereisten voor scenario's i.v.m. bruto vloeroppervlakte

De functionele eenheid (of "driving force") voor elke energiefunctie in SAVER-LEAP is de bruto vloeroppervlakte (bvo) (m²), per MIRA deelsector in Vlaanderen.

De eerste stap van een scenario-analyse in LEAP is het definiëren van prognoses voor de toe- of afname van de bruto vloeroppervlakte (bvo), per MIRA deelsector in Vlaanderen. Het gebouwenpark (en de bijhorende bruto vloeroppervlakte) in de deelsectoren van handel en diensten zal elk jaar binnen de tijdshorizon van een scenario bestaan uit verschillende fracties, met name:

- de overlevingsfracties (%) van de oorspronkelijke gebouwen in het referentiejaar;
- de fractie nieuwbouw (%) ter (gedeeltelijke¹⁵) vervanging van de in de voorgaande jaren gesloopte gebouwen ('vervangings-nieuwbouw');
- de fractie nieuwbouw (%) ter uitbreiding van het gebouwenpark, in geval het totaal aantal gebouwen toeneemt, bijvoorbeeld door toenemende activiteiten binnen een deelsector ('expansie-nieuwbouw');
- de fractie (%) van de oorspronkelijke gebouwen in het referentiejaar die men grondig renoveert en hierdoor als nieuwbouw worden beschouwd.

Figuur 21: Evolutie van de bruto vloeroppervlakte (bvo) van het gebouwenpark



In LEAP maken we enkel een onderscheid tussen de overlevende 'mix' van gebouwen (en hun bijhorende bruto vloeroppervlakte) uit het referentiejaar (2003), en nieuwe gebouwen (en hun bijhorende bruto vloeroppervlakte). Met nieuwe gebouwen bedoelen we nieuwbouw of grondige

¹⁵ Het is altijd mogelijk dat het totaal aantal gebouwen in de loop der jaren afneemt (bv tgv verminderde activiteiten), waardoor men niet alle gesloopte gebouwen hoeft te vervangen.

renovatie gelijkgesteld met nieuwbouw, uitgevoerd na het referentiejaar. We doen dit om rekening te houden met de energieprestatieregelgeving (EPR) die vanaf januari 2006 van kracht is. Voor nieuwbouw zullen immers andere energie-intensiteiten gelden dan voor de (niet-grondig gerenoveerde) overlevende gebouwen uit het referentiejaar.

We hebben daarom in LEAP de volgende data nodig:

- de gemiddelde jaarlijkse (+/-) groei (%) in de *totale* bruto vloeroppervlakte tot het einde van de tijdshorizon;
- de overlevingsfracties (%) van de oorspronkelijke bruto vloeroppervlakte in het referentiejaar, voor elk jaar of een aantal tussenjaren binnen de tijdshorizon.

6.1.2. Prognoses i.v.m. bruto vloeroppervlakte

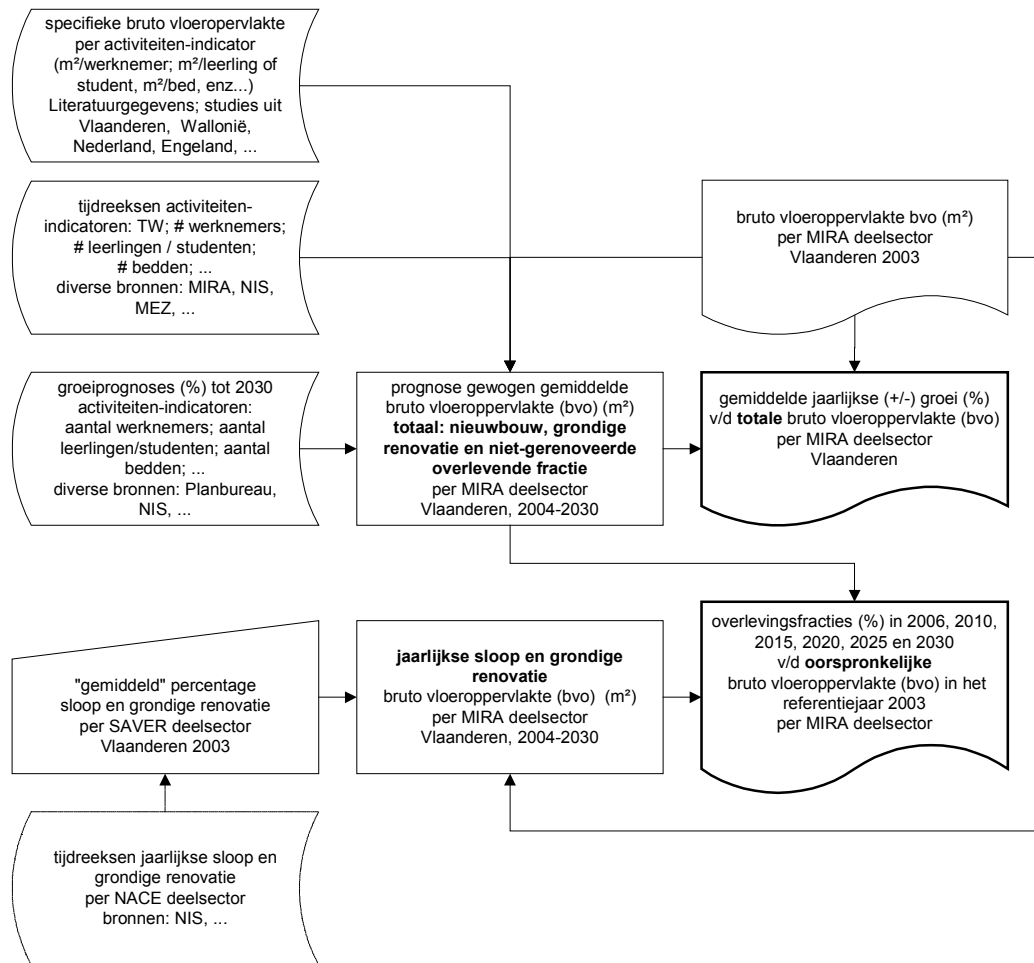
Voor de prognoses i.v.m. bruto vloeroppervlakte moeten we in SAVER twee zaken bepalen: de totale toe- of afname van de bvo, en het verdwijnen van bvo uit het referentiejaar t.g.v. sloop, per MIRA deelsector in Vlaanderen voor elk jaar binnen de tijdshorizon van het scenario.

De toe- of afname van de totale bvo hangt van verschillende met elkaar samenhangende factoren, o.a. de toe- of afname van de activiteiten (meer of minder levering van diensten), de arbeidsproductiviteit (meer of minder werknemers per geleverde dienst), de dichtheid (meer of minder werknemers, leerlingen of bedden per m²), enz. Het bepalen van het verloop van deze factoren maakt niet integraal deel uit van SAVER, maar we kunnen de resultaten van bestaande scenario's (bijvoorbeeld groeiscenario's van het planbureau i.v.m. aantal werknemers of toegevoegde waarde van deelsectoren van de sector handel & diensten) proberen om te zetten naar benodigde bruto vloeroppervlakte.

De sloop van gebouwen (en hun bijhorende bruto vloeroppervlakte) kan men in principe bepalen aan de hand van klassieke logistische overlevings- c.q. sloopfuncties. De parameters van deze functies zijn de mediaan van de verwachte levensduur van een gebouw van een bepaald type, en de gamma-waarde die weergeeft in welke mate (hoe snel) gebouwen van een bepaald type worden gesloopt van zodra ze hun mediane levensduur naderen. Voor de mediaan en de gamma-waarde zouden we idealiter voor Vlaanderen over de nodige empirische data moeten beschikken om deze parameters zelf statistisch te kunnen schatten, of we zouden minstens beroep moeten kunnen doen op relevante studies voor Vlaanderen. De benodigde statistieken zijn niet beschikbaar voor de deelsectoren van handel en diensten in Vlaanderen, zodat we de verwachte jaarlijkse sloop op een meer arbitraire wijze moeten schatten.

6.1.3. Schematische constructie van prognoses i.v.m. bruto vloeroppervlakte

Figuur 22: Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor prognoses i.v.m. bruto vloeroppervlakte



Het uitgangspunt zijn tijdreeksen en prognoses i.v.m. de activiteiten van de NACE deelsectoren, die we m.b.v. kengetallen m.b.t. het gemiddeld aantal m² bvo per activiteiten-indicator omzetten naar prognoses omtrent de *totale* bvo (m²), per MIRA deelsector in Vlaanderen, voor elk jaar binnen de tijdshorizon van het scenario. Deze methode laat desgewenst toe om ook de dichtheid, bijvoorbeeld aantal m² per werknemer in kantoren, over de tijd heen te laten variëren. In een eerste oefening hebben we de prognoses i.v.m. de activiteiten gebaseerd op een exponentiële regressie-analyse van de beschikbare tijdreeksen i.v.m. de activiteiten.

De prognoses omtrent totale bvo voor elk jaar binnen de tijdshorizon zetten we t.b.v. LEAP om naar een gemiddeld jaarlijks (exponentieel) groeipercentage (%). LEAP laat toe om desgewenst verschillende groeipercentages voor verschillende perioden binnen de tijdshorizon te definiëren. We zouden in LEAP ook de geschatte totale bvo in een aantal tussenjaren¹⁶ kunnen invoeren, waarna LEAP de waarden voor de tussenliggende jaren automatisch interpoleert. Deze laatste methode laat toe om rechtstreeks de prognoses van experts in LEAP in te brengen, los van hoe deze experts die waarden hebben ingeschat.

We zouden in principe op basis van tijdreeksen over de jaarlijkse sloop en grondige renovatie, per NACE deelsector in Vlaanderen, een jaarlijks percentage sloop en grondige renovatie per MIRA deelsector kunnen bepalen. Omwille van het ontbreken van volledige en betrouwbare tijdreeksen

¹⁶ De volgende twee extremen zijn ook mogelijk in LEAP : het invoeren van waarden voor alle jaren binnen de tijdshorizon, of het invoeren van een waarde voor het eindjaar (2030) waarna LEAP voor alle tussenliggende jaren de waarden interpoleert.

omtent sloop en grondige renovatie, schatten we zelf ('arbitrair' of op basis van 'expertenoordeel') dit percentage. We bekomen dan de gesloopte en grondig gerenoveerde bvo, per MIRA deelsector, voor elk jaar binnen de tijdshorizon van het scenario.

Met de inmiddels bepaalde totale bvo, de bvo die verdwijnt door sloop en grondig gerenoveerde bvo, per MIRA deelsector in Vlaanderen voor elk jaar binnen de tijdshorizon van het scenario, kunnen we t.b.v. LEAP voor elk gewenst jaar binnen de tijdshorizon de *overlevende* fractie (%) bepalen van de oorspronkelijke bvo uit het referentiejaar.

We bespreken de prognoses i.v.m. bvo in LEAP m.b.v. een voorbeeld. Stel dat de bvo in de deelsector Handel in het referentiejaar 2003 gelijk is aan 100 000 m² (bestaande gebouwenstock). Met een gemiddelde groei van de bvo van 2,45 % per jaar zou de totaal benodigde bvo in het jaar 2030 gelijk zijn aan 192 231 m², of men zou gedurende heel die periode 92 231 m² bvo moeten bijbouwen (nieuwbouw), in de veronderstelling dat de bestaande gebouwenstock uit 2003 onveranderd blijft. We veronderstellen echter dat jaarlijks 1 % van de gebouwenstock uit 2003 ofwel verdwijnt door sloop, ofwel grondig wordt gerenoveerd. Dit betekent dat in 2030 slechts 76 234 m² bvo (39,7 % van 192 231) resteert van de oorspronkelijke bvo uit 2003 (de 'resterende fractie'), en dat men bijkomend 115 997 m² bvo moet bijbouwen (vervanging van sloop) of grondig moet renoveren (gelijkgesteld met nieuwbouw).

Tabel 22: Gemiddeld groeipercentage bvo, percentage sloop en renovatie en percentage overlevende fractie

Sector	(*) gemiddeld groeipercentage totale bvo [%]	(**) groeipercentage sloop en renovatie [%]	overlevende fractie							
			2004	2005	2006	2010	2015	2020	2025	2030
Handel	2,45%	-1,0%	96,6%	93,4%	90,2%	78,7%	66,3%	55,9%	47,1%	39,7%
Horeca	0,14%	-1,0%	98,9%	97,7%	96,6%	92,3%	87,2%	82,3%	77,7%	73,4%
Kantoren	2,65%	-1,0%	96,4%	93,0%	89,7%	77,6%	64,8%	54,0%	45,1%	37,6%
Onderwijs	-0,13%	-1,0%	99,1%	98,3%	97,4%	94,1%	90,1%	86,2%	82,5%	79,0%
Gezondheidszorg	0,99%	-1,0%	98,0%	96,1%	94,2%	87,0%	78,8%	71,3%	64,6%	58,5%
Overige	1,30%	-1,0%	97,7%	95,5%	93,3%	85,2%	75,9%	67,7%	60,3%	53,8%

Bron: (*) veronderstellingen op basis van activiteitenvariabelen: bruto toegevoegde waarde voor Handel en Horeca; aantal werknemers voor Kantoren en Overige; aantal leerlingen voor Onderwijs en aantal bedden in ziekenhuizen en rust-en verzorgingsinstellingen; (**) bij gebrek aan data veronderstelling op basis van waarden die gelden in de woningbouw.

6.2. Scenario's i.v.m. maatregelen per energiefunctie (algemeen)

We kennen – voor negen energiefuncties – de nuttige energie-intensiteit ("useful energy intensity") of de finale energie-intensiteit ("final energy intensity"), de aandelen van de eindgebruikstechnieken ("technologies") en eventueel hun rendementen ("efficiencies"), alsook de aandelen van de energiedragers ("fuel share"), per MIRA deelsector in Vlaanderen voor het referentiejaar 2003. Deze informatie zit vervat in SAVER als de "Current Accounts" van LEAP.

Het toepassen van een aantal technische maatregelen zal ervoor zorgen dat de waarden van sommige of van alle van de bovenvermelde variabelen zullen wijzigen vanaf bepaalde jaren binnen de tijdshorizon van een scenario. Een gebruik(st)er van LEAP kan bij het opstellen van een scenario voor om het even welke van deze variabelen kiezen hoe de variabele zal veranderen (stijgen of dalen), in welke mate (met hoeveel), en vanaf welk jaar. LEAP kan quasi-onmiddellijk de effecten tonen – zowel grafisch als in tabelvorm – van dergelijke wijzigingen, zowel op het vlak van nuttig of finaal energiegebruik als op het vlak van emissies (broeikasgassen, verzurende emissies, enz.).

LEAP bepaalt niet zelf in welke mate een technische maatregel, bijvoorbeeld doorgedreven isolatie van wanden en daken, de netto energie-intensiteit voor ruimteverwarming zal doen dalen. Deze verantwoordelijkheid rust op de schouders van de gebruik(st)er(s) van LEAP. We hebben daarom in

SAVER – onafhankelijk van LEAP – een groot aantal technische maatregelen opgenomen, en consistent doorgerekend op welke wijze (combinaties) van deze maatregelen de bovenvermelde factoren in LEAP zullen beïnvloeden.

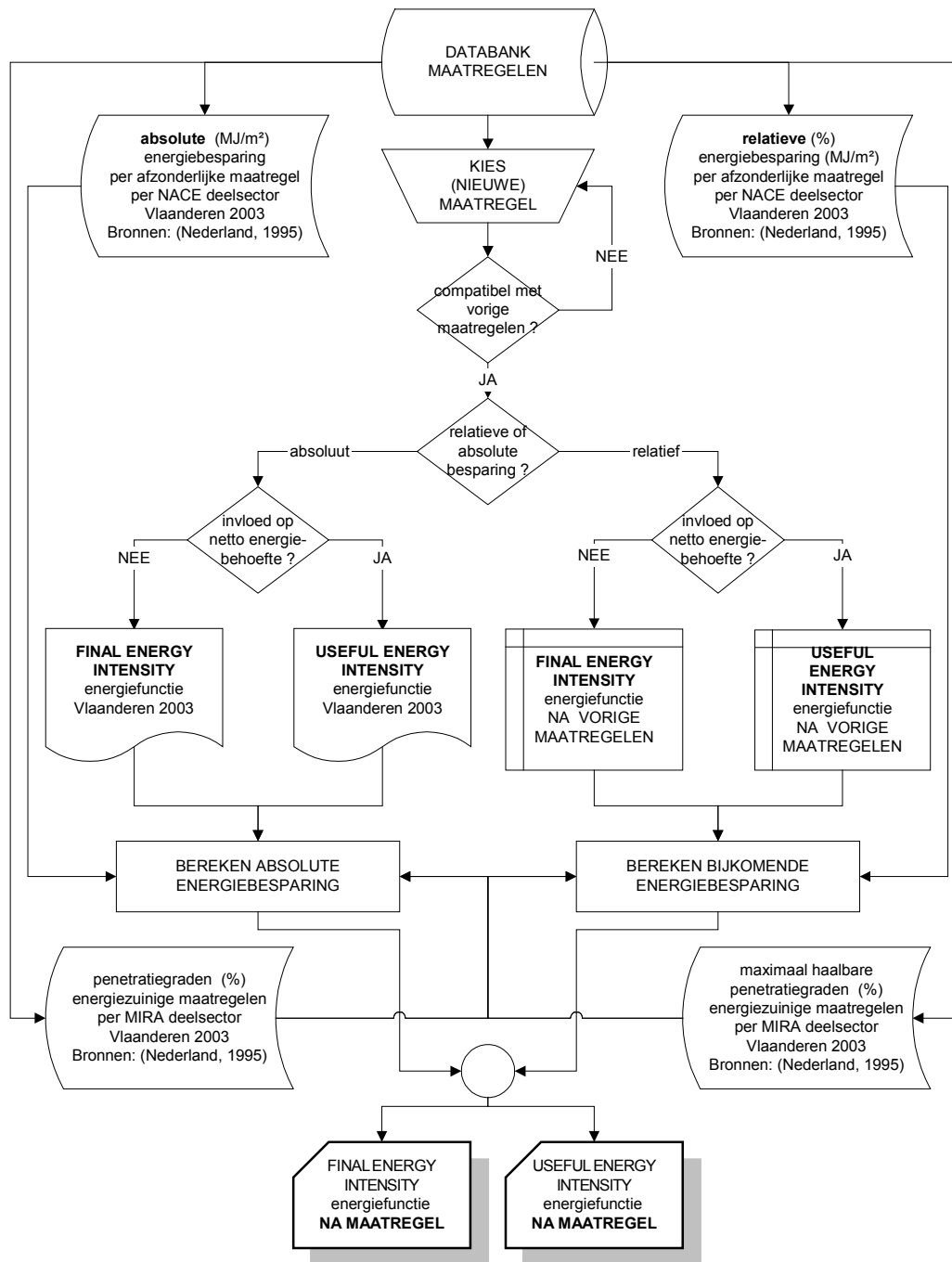
Welke (combinatie van) maatregelen men kiest, en tot hoever men deze maatregelen wil doorvoeren blijven hoe dan ook (beleids)keuzes, waar noch SAVER noch LEAP een sluitend antwoord op kunnen geven. SAVER-LEAP is slechts een hulpmiddel, een instrument dat de gebruik(st)er(s) toont welke de gevolgen zijn wanneer men bepaalde (energiebeleids)keuzes maakt.

Vermits de bovenvermelde variabelen (quasi) continu kunnen veranderen, en het aantal combinaties van mogelijk (elkaar niet wederzijds uitsluitende) maatregelen zeer groot is, is het aantal mogelijke scenario's dat men kan bedenken ontzettend groot. Wij hebben enkel – bij wijze van voorbeeld – enkele mogelijke scenario's gedefinieerd. Deze scenario's zijn zeker niet bindend. Ze tonen maar enkele van de oneindig vele tijdspaden.

In de volgende hoofdstukken bespreken we eerst, per energiefunctie, welke maatregelen we in SAVER hebben opgenomen en hoe we ze kunnen combineren met de scenario-analyses van LEAP.

Voor maatregelen die een invloed hebben op een energie-intensiteit, hanteren we steeds dezelfde procedure zoals beschreven in het volgende schema.

Figuur 23: Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor maatregelen die energie-intensiteit beïnvloeden



SAVER bevat een databank met een groot aantal (technische) maatregelen, per energiefunctie, en per MIRA deelsector. Men kan hieruit een maatregel kiezen. Indien men bij het opstellen van een scenario reeds andere maatregelen heeft gekozen, moet men nagaan of de nieuwe maatregel compatibel is met de eerder gekozen maatregelen. De databank toont de gebruiker welke andere maatregelen “incompatibel” zijn, maar het is bij “incompatibiliteit” de verantwoordelijkheid van de gebruiker om ofwel een andere nieuwe maatregel te kiezen ofwel de reeds gekozen incompatible maatregelen uit het scenario te verwijderen.

De databank met maatregelen in SAVER bevat informatie over de mate waarin de toepassing van een maatregel energie kan besparen. We moeten hierbij een onderscheid maken tussen twee soorten informatie:

- Informatie over de *absolute* energiebesparing (MJ/m²) die men kan realiseren door het toepassen van de maatregel. De absolute energiebesparing is niet afhankelijk van eventueel reeds eerder gekozen maatregelen;
- Informatie over de *relatieve* energiebesparing (%) die men kan realiseren door het toepassen van de maatregel. De relatieve energiebesparing wordt berekend op het *resterend* energiegebruik, dus na eventuele toepassing van reeds eerder gekozen maatregelen.

In beide gevallen – absolute of relatieve energiebesparing – weet SAVER automatisch of de maatregel een effect heeft op de netto energie-intensiteit (“useful energy intensity”) dan wel op de finale energie-intensiteit (“final energy intensity”).

SAVER berekent vervolgens de absolute of bijkomende energiebesparing, waarbij SAVER rekening houdt met de penetratiegraad van de energiebesparende maatregel in het referentiejaar (2003), en met de maximaal mogelijke penetratiegraad van die energiebesparende maatregel.

Het eindresultaat is de netto of finale energie-intensiteit, voor de desbetreffende MIRA deelsector en energiefunctie, na toepassing van de maatregel. Dit eindresultaat kan men rechtstreeks in LEAP invoeren voor het definiëren van een scenario, of men kan eerst nog andere (compatibele) maatregelen in SAVER selecteren die van toepassing zijn op dezelfde MIRA deelsector en energiefunctie.

SAVER bevat bijkomende informatie over het jaar vanaf wanneer de maatregel (technisch) beschikbaar is (vooral van belang in het geval van innovatieve technieken), maar het is de verantwoordelijkheid van de gebruiker van LEAP om in het scenario in te voeren vanaf welk jaar men de maximaal mogelijke energiebesparing door toepassing van de (combinatie van) maatregelen wenst te bereiken. LEAP laat toe dat de gebruiker een doelstelling (qua energie-intensiteit) voor een bepaald jaar specificeert. De gebruiker kan ook kiezen hoe snel die doelstelling wordt bereikt, door in LEAP een bepaalde functie te kiezen (bijvoorbeeld lineaire of logaritmische interpolatie).

6.3. Maatregelen i.v.m. ruimteverwarming

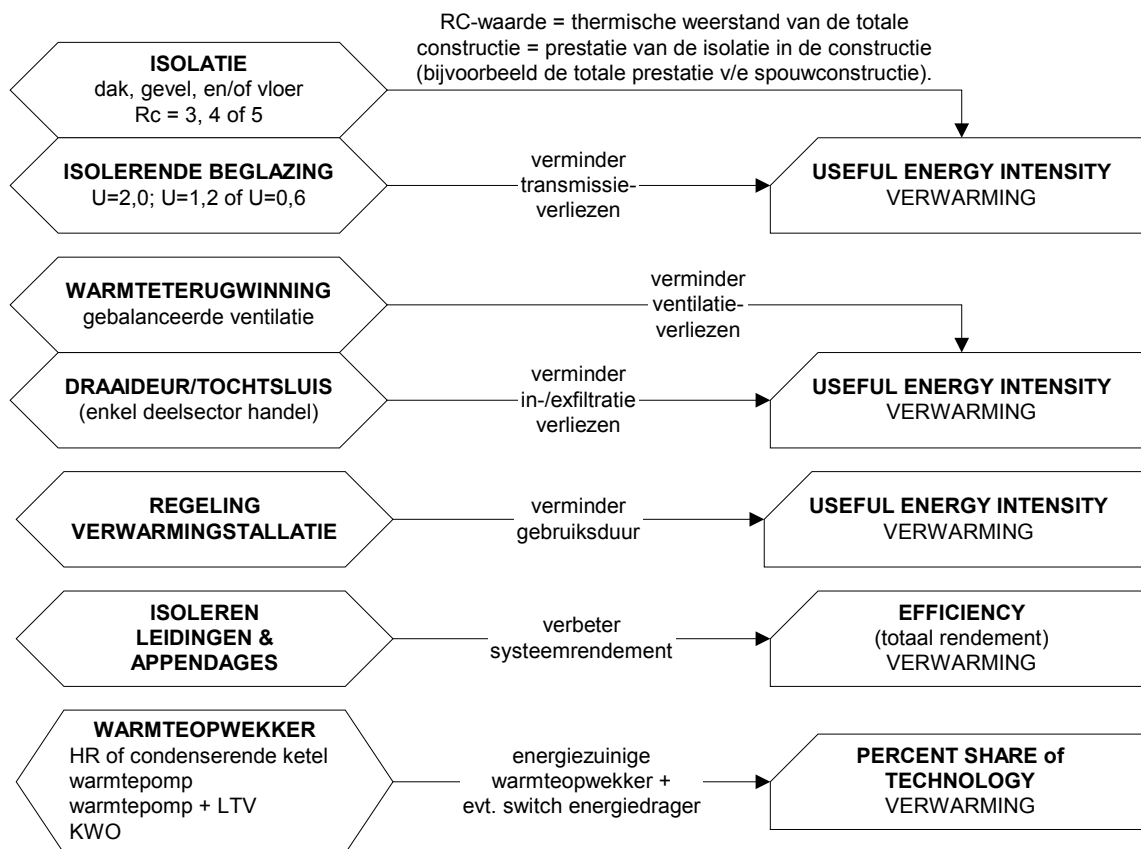
6.3.1. Overzicht van de maatregelen i.v.m. ruimteverwarming

We kunnen de maatregelen i.v.m. ruimteverwarming als volgt groeperen groeperen:

- Minimaliseer de transmissieverliezen;
- Minimaliseer de ventilatie- en infiltratieverliezen ;
- Minimaliseer de interne productie van warmte. Een ruimte verwarmen met de warmteproductie van verlichting, ventilatoren en overige elektrische apparatuur (verwarming door elektrische weerstand) is een inefficiënt gebruik van hoogwaardige elektrische energie. We verwijzen naar het hoofdstuk over apparatuur;
- Optimaliseer de zonnepanelen. Een zongeoriënteerd ontwerp kan voor (grote) gebouwen in de sector handel en diensten, zeker met een relatief hoge interne warmtelast, leiden tot een toename van de koellast. Men moet een afweging maken tussen een vermindering van het energiegebruik voor ruimteverwarming en een toename van het energiegebruik voor ruimtekouling. We verwijzen hiervoor naar het hoofdstuk over ruimtekouling;
- Verwarm zo efficiënt mogelijk.

De bouwkundige maatregelen hebben een effect op de gebouwgebonden installaties. Een verbetering van de thermische isolatie vermindert de warmtelast, zodat een kleiner vermogen van de verwarmingsinstallatie nodig is (bv bij vervanging van de cv-ketel).

Figuur 24: Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor maatregelen i.v.m.ruimteverwarming



6.3.2. Verminder de transmissieverliezen

Men beperkt de transmissieverliezen door de schil van een gebouw door:

- compact te bouwen, i.e. door de verliesgevende oppervlakte zo klein mogelijk te maken;
- het zo goed mogelijk thermisch isoleren van de dichte (ondoorzichtige) omhullende constructiedelen van het gebouw. De dichte delen zijn daken, gevels en begane grondvloer;
- het zo goed mogelijk thermisch isoleren van de transparante omhullende constructiedelen van het gebouw;
- het zoveel mogelijk vermijden van koudebruggen (lineaire warmteverliezen);
- warme ruimten zoveel mogelijk te laten grenzen aan minder warme ruimten (zonering). In gebouwen in de sector handel en diensten past men soms grote glasoverkapte ruimten toe in de vorm van atria, serres en passages. Deze ruimten kunnen dienen als overgangsklimaat tussen binnen en buiten (overdekte buitenruimte). Men voorziet ze best van natuurlijke ventilatie en automatische zonwering (maar handbediening moet mogelijk blijven). Men moet ook zorgen voor een goede luchtdichtheid tussen de glasoverkapte ruimte en de nevenliggende geklimatiseerde ruimten. Omwille van de hoge kosten past men het concept van grote glasoverkapte ruimten nooit toe enkel en alleen omwille van energiebesparing.

6.3.2.1. Thermische isolatie van daken, gevels en vloeren

Volgens studies uitgevoerd door het Vito (2001) kan men door thermische isolatie van de daken 0,5% van het brandstofgebruik in kantoren besparen¹⁷ (op basis van 47 onderzochte kantoren); 7% in basis- en secundaire scholen (op basis van 106 geënquêteerde scholen); circa 0,2 % van het

¹⁷ Op jaarbasis. Dit geldt ook voor de cijfers in de volgende paragrafen.

brandstofgebruik voor ruimteverwarming van overdekte zwembaden (op basis van 46 geënquêteerde overdekte zwembaden); en 6,7% op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming van 4 onderzochte vestigingen van een supermarktketen. Het Nederlandse Novem (2003) geeft waarden van 17 à 21 m³ aardgas besparing per m² dak voor verzorgingstehuizen; van 7 à 12 m³ aardgas per m² dak voor ziekenhuizen, en van 4 à 8 m³ aardgas per m² dak voor de detailhandel. Icarus (2001) vermeldt voor Nederland een besparing van 44 MJ tot 135,8 MJ per m² bruto vloeroppervlakte (bvo), voor alle gebouwen in de sector handel en diensten.

Volgens dezelfde studies van Vito (2001) kan men door thermische isolatie van de gevels 7,5% van het brandstofgebruik in kantoren besparen; 3% in basis- en secundaire scholen; circa 1,5% van het brandstofgebruik voor ruimteverwarming van overdekte zwembaden; en 1,2% op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming van 4 onderzochte vestigingen van een supermarktketen. Volgens Novem (2003) zijn besparingen mogelijk van 12 tot 24 m³ aardgas per m² muur voor verzorgingstehuizen; van 9 tot 23 m³ aardgas per m² muur voor ziekenhuizen, en 8 m³ aardgas per m² spouwmuur voor de detailhandel. Icarus (2001) vermeldt een besparing van 63,3 MJ tot 144,4 MJ per m² bvo, voor alle gebouwen in de sector handel en diensten.

Thermische isolatie van de vloeren tenslotte zou volgens Vito (2001) leiden tot een besparing van 2,3% van het brandstofgebruik in kantoren; 3% in basis- en secundaire scholen; en 4,0% op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming van 4 onderzochte vestigingen v/e supermarktketen. Novem (2003) citeert waarden van 4 m³ aardgas per m² vloer bij verzorgingstehuizen, 4 à 5 m³ aardgas per m² vloer bij ziekenhuizen, en 3 m³ aardgas per m² vloer voor de detailhandel. Icarus (2001) veronderstelt een besparing van 44 tot 135,8 MJ per m² bvo voor alle gebouwen in de sector handel en diensten.

6.3.2.2. Plaatselijke isolatie

Met plaatselijke isolatie bedoelen we het plaatsen van een radiatorfolie of warmteschild tussen de radiator en de buitenmuur of raam, of het isoleren van de borstwering (de wand tussen vloer en raam) waar een radiator voor staat.

Novem (2003) geeft voor enkele deelsectoren het besparingspotentieel van plaatselijke isolatie: van 20 tot 65 m³ aardgas per m² in verzorgingshuizen; 75 à 80 m³ aardgas per m² in ziekenhuizen; van 15 tot 80 m³ aardgas per m² in de horeca; en 21 tot 27 m³ aardgas per m² in de detailhandel. Volgens Kompas kan men in kantoren met deze maatregel 10 tot 50 m³ aardgas per m² buitenmuur of glas besparen.

6.3.2.3. Isolerende beglazing

De eerder geciteerde Vito studies (2001) spreken van 1,2% besparing op het brandstofgebruik door het vervangen van enkel glas door dubbel glas in kantoren; 8% in basis- en secundaire scholen; circa 2% van het brandstofgebruik voor ruimteverwarming van overdekte zwembaden; en 0,7% op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming van 4 onderzochte vestigingen v/e supermarktketen. De waarden van Novem (2003) lopen uiteen van 30 tot 43 m³ aardgas per m² glas bij verzorgingstehuizen; en 25 à 35 m³ aardgas per m² glas bij ziekenhuizen. Icarus (2001) geeft voor alle gebouwen in de sector handel en diensten de volgende waarden: 38,3 MJ per m² bvo bij vervanging van gewoon glas (U-waarde > 3) door HR-glas; 44,3 MJ per m² bvo bij vervanging gewoon glas (U-waarde > 3) door HR+ glas (gevuld met argon); en 69,6 MJ per m² bvo bij vervanging van gewoon glas (U-waarde > 3) door "superisolerend glas" met een U-waarde gelijk aan 0,6.

6.3.3. Minimaliseer de ventilatie- en infiltratieverliezen

Men beperkt de ventilatieverliezen door:

- het gebouw zo luchtdicht mogelijk te maken (geringe luchtdoorlatendheid van de gebouwschil);
- het juiste ventilatiesysteem te kiezen;
- warmteterugwinning. Dit is enkel mogelijk als er gebalanceerde ventilatie is, i.e. mechanische toevoer en mechanische afvoer van lucht;

Samengevat: "build tight, ventilate right".

Het verminderen van ventilatie- en infiltratieverliezen

De besparing door *tochtweringen* is sterk situatie-afhankelijk, maar bedraagt volgens Novem (2003) 1% tot 2% op energiegebruik voor luchtbehandelingssystemen. Hetzelfde Novem (2003) gaat uit van een besparing van 1 tot 3 % op het energiegebruik voor luchtbehandelingssystemen door het installeren van *deurdrangers* (automatische deursluiters), een besparing van 2 % tot 4 % door het installeren van *draaideuren* of *tochtsluizen*. Deze laatste maatregel zou volgens Vito (2001) leiden tot 1,0 % besparing op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming (4 onderzochte vestigingen van een supermarkt). Icarus (2001) veronderstelt dat winkels hierdoor tot 50 % kunnen besparen op hun brandstofgebruik voor ruimteverwarming.

Warmteterugwinning op ventilatieverliezen door middel van warmtewisselaars is een belangrijke maatregel, met volgens de Vito (2001) een mogelijke besparing van 44 MJ per m² bvo of 15 % van het brandstofgebruik in kantoren (met een verondersteld rendement van de warmteterugwinning van 75%); volgens Novem (2003): 5% tot 25% op het energiegebruik voor luchtbehandelingssystemen; en volgens Icarus (2001) 90 MJ per m² bvo in alle utiliteitsgebouwen, behalve horecagebouwen ("catering") waar men 25 % op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming kan besparen.

6.3.4. Verwarm zo efficiënt mogelijk

Algemeen gelden de volgende principes :

- hou ruimteverwarming zoveel mogelijk gescheiden van andere energiefuncties, zoals ruimtekoeling, ventilatie, be-/ontvochtiging. Men moet zeker volledige klimatiseringssystemen zoals centrale luchtbehandeling ("air conditioning") proberen te vermijden ;
- Het kan soms zinvol zijn verschillende ruimtes met van elkaar afwijkende gebruikstijden en/of klimaateisen (warmtebehoefte) te voorzien van een afzonderlijke cv-groep of cv-ketel met eigen temperatuur en schakeltijden;
- stralingsverwarming geeft een behaaglijk gevoel bij een luchttemperatuur van circa 2 °C lager dan bij convectie, wat kan leiden tot een energiebesparing van 12%.

De efficiëntie van de ruimteverwarming hangt af van het opwekkingsrendement van de verwarmingsinstallatie; het systeemrendement (distributie- en afgifrendement) van de verwarmingsinstallatie, inclusief de regeling; het onderhoud van de installaties, en het gedrag van de gebruikers.

6.3.4.1. Weersafhankelijke regeling, schakelklok en optimaliseringsregeling

Een weersafhankelijke regeling zorgt ervoor dat de temperatuur van het aanvoerwater wordt afgestemd op de buitentemperatuur. Een schakelklok schakelt de installatie uit tijdens de nacht, weekends, vakantieperiodes, ... Een optimaliseringsregeling zorgt voor een zo kort mogelijke opwarmtijd door te voorkomen dat bij extra koud weer buiten de verwarming te laat wordt ingeschakeld en bij relatief warm weer buiten te vroeg.

Volgens Vito (2001) kan men met "nacht-, weekend- en vakantieverlaging", waarbij men enkel rekening houdt met transmissieverliezen, 12% besparen in basis- en secundaire scholen, op basis van 106 ge-enquêteerde scholen. Combinaties van bovenvermelde maatregelen zouden volgens Dutrieux Energiemanagement (2003) besparingen op het energiegebruik van het cv-systeem kunnen opleveren van 5 tot 15 %.

6.3.4.2. Installeren van een pompschakelaar in de verwarmingsinstallatie

Een pompschakelaar schakelt de circulatiepomp uit wanneer er geen wamtevraag is. Dit kan volgens Kompas een besparing opleveren van 5 tot 10 % op het energiegebruik voor ruimteverwarming.

6.3.4.3. Ketelvolgordeschakeling

Dutrieux Energiemanagement (2003) en Kompas gaan ervan uit dat door meerdere kleine ketels in cascade te schakelen – i.p.v. één grote ketel toe te passen – men 1 tot 3 % kan besparen op het

energiegebruik door cv-systemen. In het voor- en najaar is het niet nodig beide ketels te gebruiken, zodat men de reserveketel niet onnodig moet laten branden.

6.3.4.4. Onderhoud van de cv-systemen

Het regelmatig schoonmaken van de branders en ketels kan volgens Dutrieux Energiemanagement (2003) van 2 tot 4 % besparen op het energiegebruik door cv-ketels.

6.3.4.5. Waterzijdig inregelen van de cv-installatie

Door de aanvoertemperatuur van het water te regelen kan men volgens Novem (2003) gemiddeld 23 % besparen op het gasgebruik voor ruimteverwarming. Dutrieux Energiemanagement (2003) veronderstelt dat een goede instelling van de (thermostatische) radiatorkranen, voetventielen, stangafsluiters, pompen en regelklok een besparing van 2 tot 6 % kan opleveren op het energiegebruik van een cv-systeem.

6.3.4.6. Isolatie van leidingen en afsluiters

Het isoleren van de aanvoer- en retourleidingen van de cv-ketel en van de bijhorende afsluiters kan volgens Icarus (2001) in alle gebouwen 25 MJ besparen per m² bvo. Infomil (2001) spreekt van 5 tot 8 m³ aardgas besparing per strekkende meter leiding. Volgens Dutrieux Energiemanagement (2003) bedraagt het besparingspotentieel 2 tot 5 % op het energiegebruik van het cv-systeem.

6.3.4.7. Vervangen van conventionele cv-ketels door hoogrendementsketels

Vito (2001) berekende 13% besparing op het brandstofgebruik in kantoren; 8% in basis- en secundaire scholen; en 3,4% op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming. Volgens Icarus kan met deze maatregel in alle gebouwen van de sector handel en diensten 10 % besparen op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming. Dutrieux Energiemanagement (2003) gaat uit van een besparing van 5 tot 25 % op het energiegebruik voor cv-systemen of luchtbehandelingssystemen.

6.3.4.8. Het gebruik van een warmtepomp voor ruimteverwarming

Een warmtepomp kan volgens Icarus (2001) in alle gebouwen van de sector handel en diensten een besparing op het brandstofgebruik voor ruimteverwarming opleveren van van 0,02 GJ per m² bvo, maar met een *extra* elektriciteitsgebruik van 0,005 GJ/m² bvo (=1,5 kWh/m² bvo). Icarus veronderstelt hierbij een gemiddeld vermogen van de warmtepomp van 4 kW, voor een kantoor met 3 000 m² bvo. Dutrieux Energiemanagement en Kompas veronderstellen een besparing van 10 tot 40 % op het energiegebruik voor ruimteverwarming.

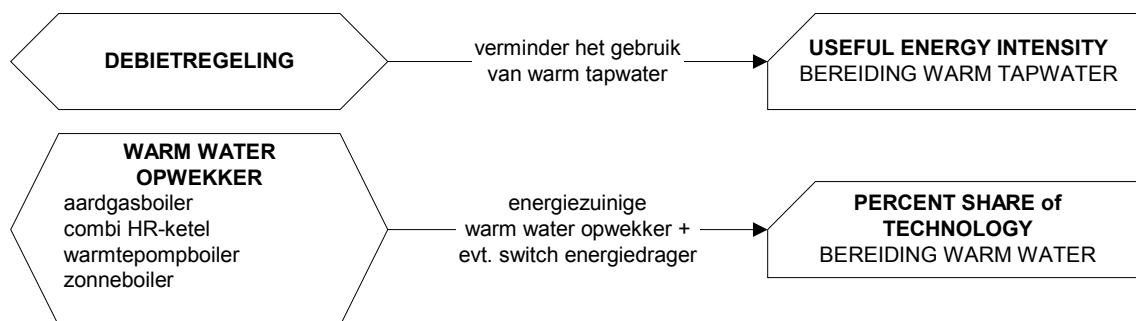
6.4. Maatregelen i.v.m. de bereiding van warm tapwater

6.4.1. Overzicht van de maatregelen i.v.m. ruimteverwarming

Algemeen gelden de volgende principes :

- beperk het warmwatergebruik ;
- beperk de stilstandverliezen en de warmteverliezen tijdens het transport van warmwater.
- kies voor een zo energiezuinig mogelijk warmtapwatertoestel ;

Figuur 25: Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor maatregelen i.v.m.de bereiding van warmtapwater



6.4.2. Verminderen van het gebruik van warm tapwater

6.4.2.1. Thermostatische mengkranen (per tappunt of groep tappunten)

Thermostatische mengkranen brengen het water direct op de juiste temperatuur doordat men de juiste mengverhouding van te voren kan instellen.

De besparing op het brandstofgebruik voor het bereiden van warm tapwater bedraagt volgens Icarus (2001) 30% voor sport-, recreatie- en cultuurgebouwen en horeca; en 15% voor winkels en ziekenhuizen. Kompas en Infomil (1999) houden het bij een energiebesparing van 5 à 10%.

6.4.3. Beperken van stilstandsverliezen en van warmteverliezen tijdens het transport van warmwater.

6.4.3.1. Klokschakeling op boiler en/of circulatiepomp

Een schakelklok die de boiler uitschakelt ('s nachts, weekends) bespaart op stilstandsverliezen¹⁸, een schakelklok die de circulatiepomp uitschakelt bespaart op leidingverliezen en elektriciteitsgebruik voor de pomp.

Volgens Kompas levert een schakelklok op de boiler een besparing op van 10 tot 60%; een schakelklok op de circulatiepomp van 5 tot 40%, afhankelijk van de zwaarte van de pomp en de lengte van de leiding.

6.4.3.2. Een aparte ketel voor de bereiding van warm tapwater

Een gecombineerde ketel voor cv en warm tapwater moet in de zomer blijven werken, uitsluitend voor de bereiding van warmtapwater. Het toepassen van een aparte, kleine ketel speciaal voor warmtapwater laat toe de groter verwarmingsketel in de zomer uit te schakelen en zo stilstandsverliezen te vermijden.

Een aparte ketel kan volgens Kompas een besparing van 5 tot 30 % opleveren. Infomil (2000) veronderstelt dat een cv-ketel van 100 kW op onderwaarde in de zomermaanden een stilstandsverlies heeft van ongeveer 150 à 200 m³ aardgas.

6.4.3.3. Kies voor een doorstroomtoestel (geiser) i.p.v. een voorraadtoestel (boiler)

Een doorstroomtoestel (geiser) gebruikt minder energie dan een voorraadtoestel (boiler), omdat er geen stilstandverliezen zijn, en omdat het tapdebiet meestal kleiner is¹⁹.

¹⁸ het op temperatuur houden van het water in het voorraadvat.

¹⁹ Maar men neemt soms aan dat de switch van een voorraadtoestel naar een doorstroomtoestel leidt tot een stijging van de vraag (gedragswijziging) naar warm tapwater (Jeeninga & van Hilten, 1999).

6.4.3.4. **Het optimaliseren en isoleren van de leidingen en de appendages**

Door de leidingen van het warmwatertoestel naar het tappunt zo kort mogelijk te houden, de diameter van de leidingen niet groter te kiezen dan strict nodig, en het warmwatertoestel correct te dimensioneren, kan men volgens Kompas een besparing realiseren van 5 tot 20%.

Het isoleren van de leidingen levert volgens Kompas een besparing op van 2 tot 8%; het isoleren van de appendages een besparing van 250 tot 300 m³ aardgas per jaar per meter leidinglengte.

6.4.4. **kies voor een zo energiezuinig mogelijk warmtapwatertoestel**

6.4.4.1. **Het gebruik van een zonneboiler**

Een zonneboiler is een apparaat dat zonne-energie omzet in warmte, en deze warmte levert voor de verwarming van warm tapwater. Het rendement van een zonneboiler hangt o.m. af van de oriëntatie, de helling en de oppervlakte van de collector. Er is na- of bijverwarming nodig wanneer de zonneboiler niet genoeg warmte levert om het warm tapwater op de juiste temperatuur te brengen en omwille van bacteriële preventie.

De geschatte besparingen op het brandstofgebruik voor de bereiding van warm tapwater gaan van 40 % (Infomil, 1999) tot 50 % (Icarus, 2001).

6.5. **Maatregelen i.v.m. ruimtekoeling**

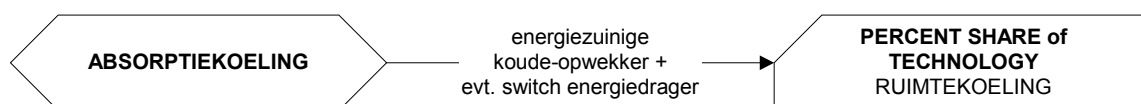
6.5.1. **Overzicht van de maatregelen i.v.m. ruimtekoeling**

Actieve koeling, i.e. koeling m.b.v. *koelmachines*, kan heel wat elektrische energie vergen. In een gematigd zeeklimaat zoals in België kan men actieve koeling vermijden door een goed gebouwoontwerp, met name: goede isolatie, beperkte vensteroppervlaktes, selectieve beglazing, en buitenzonwering. Voor isolatie verwijzen we naar het hoofdstuk over maatregelen i.v.m. ruimteverwarming.

We kunnen de maatregelen i.v.m. ruimtekoeling als volgt groeperen:

- Beperk de directe zonnewinsten;
- Beperk de indirecte zonnewinsten;
- Minimaliseer de interne productie van warmte. We verwijzen voor de besparing op elektriciteitsgebruik naar apparatuur;
- Vermijd zo veel mogelijk compressiekoeling ;
- Koel zo efficiënt mogelijk, indien compressiekoeling absoluut noodzakelijk is.

Figuur 26: *Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor maatregelen i.v.m.ruimtekoeling*



6.5.2. **Het beperken van de directe zonnewinsten**

6.5.2.1. **Zonwering**

Het installeren van (bij voorkeur) beweegbare buitenzonwering om oververhitting te voorkomen kan volgens Vito (2001) 11,5 % besparen op het elektriciteitsgebruik voor ruimtekoeling in kantoren (47 onderzochte kantoren). Verozo (2001) acht 30 tot 50 % besparing op het energiegebruik voor actieve koeling mogelijk.

6.5.3. Het minimaliseren van de interne productie van warmte

6.5.3.1. Afzuiging van armaturen

Volgens Kompas kan men met het direct afzuigen van de warmte van verlichting 1 tot 3 % besparen op het energiegebruik voor actieve koeling.

6.5.4. Vermijd zo veel mogelijk compressiekoeling ;

Vermijd of beperk compressiekoeling door gebruik te maken van:

- (zomer)nachtventilatie (nachtspoeling);
- verdampingskoeling (directe of indirecte adiabatistische koeling);
- vrije koeling met koelmachine
- koelplafonds;
- koude/warmte-opslag (in combinatie met reversibele warmtepomp, of koelmachine).

6.5.4.1. Nachtventilatie

Door overdag de thermische massa van het gebouw te gebruiken om het teveel aan warmte te bufferen, en 's nacht intensief te ventileren met koude buitenlucht, zal de binnentemperatuur overdag minder hoog oplopen. Het intensief ventileren met ventilatoren vereist wel extra elektrische energie.

VK Engineering (2004) vermeldt een besparing op het energiegebruik voor verwarming met 20 tot 30% en het elektriciteitsgebruik voor koeling met 50 tot 75% in vergelijking met kantoorgebouwen met mechanische airconditioning. Icarus (2001) gaat voor kantoren en ziekenhuizen gebouwd na 1995 uit van een besparing van *ruw geschat* 10% op het elektriciteitsgebruik voor ruimtokoeling.

6.5.4.2. Indirecte verdampingskoeling (adiabatistische koeling)

De verdamping van water in een luchtstroom onttrekt de benodigde verdampingswarmte aan lucht, waardoor deze afkoelt. Men noemt dit ook adiabatistische koeling.

Kompas veronderstelt dat men met adiabatistische koeling, in combinatie met ventilatie met warmteterugwinning, 4 tot 10 % kan besparen op het energiegebruik voor actieve koeling.

6.5.4.3. Vrije koeling met koelmachine

Bij lage buitenluchttemperaturen kan men de koelmachine uitschakelen en de koeltoren gebruiken in combinatie met een warmtewisselaar om de ruimten te koelen. Dit zou volgens Kompas een besparing kunnen opleveren van 30 tot 50 % op de elektrische aandrijfenergie van de compressor van de koelmachine. De koudwaterpompen blijven wel in werking.

6.5.4.4. Koelplafonds

Het koelen van de ruimte gebeurt door het circuleren van licht gekoeld water door een netwerk van leidingen, bijvoorbeeld in het plafond. Volgens Kompas kan men hierdoor 5 à 15 % besparen op het energiegebruik voor actieve koeling.

6.5.4.5. Seizoenopslag van koude (en warmte) in de bodem (KWO)

In de zomer pompt men koud grondwater uit een put (de "koude bron") naar een warmtewisselaar, die de koude aan het grondwater onttrekt. Het opgewarmde water injecteert men in een tweede put (de "warme bron"). In de winter pompt men het warme grondwater uit de "warme bron" naar een warmtewisselaar die de warmte onttrekt aan het grondwater. Het rendement van koude/warmte-opslag (KWO) wordt mede bepaald door de stroming van het grondwater, de bodempermeabiliteit²⁰,

²⁰ Naast de term permeabiliteit gebruikt men ook de termen "doorlatendheidsfactor", "doorlatendheid", "infiltratiecapaciteit" of "infiltratiesnelheid". De term geeft aan hoe makkelijk het water in de ondergrond kan indringen en hangt sterk af van de aard van de bodem

de thermische geleiding van de bodem, de diepte van de bronnen en het temperatuurverschil tussen bron en omgeving.

Volgens Vito (2001) kan KWO zorgen voor 60% tot 80% minder energiegebruik (elektriciteit en brandstoffen) voor ruimtekouling, t.o.v. mechanische kouling. De KBC bank Leuven bespaarde met KWO 20 MW_e/jaar door een verbetering van het rendement van de koelmachine, 57 MW_e/jaar door voorcooling, en 25 000 m³ gas per jaar door voorverwarming. Novem (2003) veronderstelt 40% tot 80% besparing tov "conventionele systemen" (koelmachines), Kompas slechts 10 tot 20 %.

6.5.5. Koel zo efficiënt mogelijk, indien compressiekoeling absoluut noodzakelijk is.

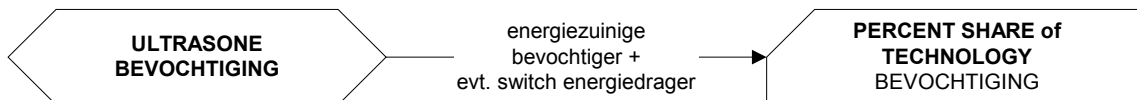
6.5.5.1. Toerenregeling van de koelmachines

Als men dan toch een koelmachine gebruikt, dan kan men een toerenregeling op de koelmachine aanbrengen, met volgens Kompas een besparing van 2 à 6 % op de elektrische aandrijfenergie van de pomp; of men kan de toerenregeling op de koelmachine verbeteren met een mogelijke besparing van 1 à 3 %.

6.6. Maatregelen i.v.m. bevochtiging

6.6.1. Overzicht van de maatregelen i.v.m. bevochtiging

Figuur 27: Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor maatregelen i.v.m. bevochtiging

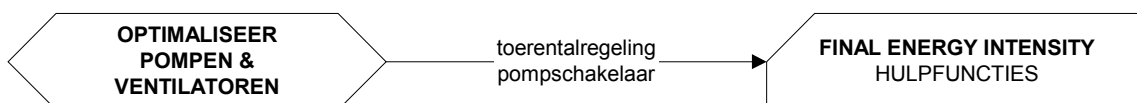


Ultrasone bevochtiging maakt gebruik van ultrasone trillingen (ultrasoon = hoogtrillingsgetal) die voor het menselijk oor niet waarneembaar zijn. De ultrasone bevochtiger bestaat uit een waterreservoir met hierin een membraan of trilplaatje. Het oppervlak van het membraan trilt met een frequentie van 1,7 MHz. Op grond van de hoge trilsnelheid van het membraan is het water niet in staat deze trillingen te volgen. Het water wordt hierdoor zeer fijn verneveld en via de uitblaasmonden opgenomen in de lucht.

6.7. Maatregelen i.v.m. hulpfuncties

6.7.1. Overzicht van de maatregelen i.v.m. hulpfuncties

Figuur 28: Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor maatregelen i.v.m. hulpfuncties



6.7.2. Regeling van pompen en ventilatoren

6.7.2.1. Pompschakeling of toerenregeling op de koudwaterpompen

Met behulp van een schakeling of toerenregeling op de koudwaterpompen kan men de hoeveelheid koud water aanpassen aan de koudebehoefte.

Op basis van informatie van fabrikanten van circulatiepompen met en zonder frequentieregeling schat Ingenium (2003) het besparingspotentieel op 20 % van de elektrische aandrijfenergie van de pomp. Kompas en Infomil (1999) rekenen met een besparing van 35 tot 65 %.

6.7.2.2. Tijd- of aanwezigheidsschakelaars op ventilatoren

Het gebruik van tijd- of aanwezigheidsschakelaars zorgt ervoor dat de ventilatoren alleen werken wanneer er mensen in het gebouw aanwezig zijn, waardoor men 5 tot 25 % kan besparen op het elektriciteitsgebruik door ventilatoren (Infomil, 1999).

6.7.2.3. Toerenregeling voor ventilatoren

De toerenregeling zorgt ervoor dat men de hoeveelheid ventilatie aanpast aan de bezettingsgraad van de ruimte. Platts (2004) en Novem (2003) gaan ervan uit dat men hierdoor 45 tot 50 % en meer kan besparen op het elektriciteitsgebruik voor ventilatoren. Icarus (2001) veronderstelt voor alle gebouwen in de sector handel en diensten een besparing van 5 %, behalve voor de horeca waar men tot 25 % kan besparen. Icarus beschouwt toerentalregeling op alle elektrische motoren voor het transport van lucht, dus niet enkel voor ventilatie maar ook voor volledige luchtbehandelingssystemen ("air-conditioning").

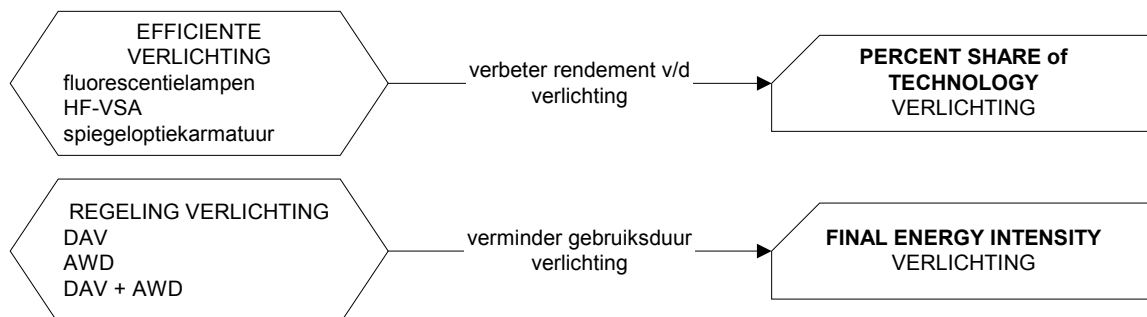
6.8. Maatregelen i.v.m. verlichting

6.8.1. Overzicht van de maatregelen i.v.m. verlichting

Algemeen gelden de volgende principes:

- verlaag het aantal branduren door optimaal gebruik te maken van daglicht (daglichtoptimalisatie);
- verlaag het aantal branduren door een geschikte schakeling / regeling;
- verlaag het geïnstalleerd vermogen door de juiste keuze van lampen en armaturen; en door de juiste opstelling van de toestellen (verlichtingssysteem).

Figuur 29: Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor maatregelen i.v.m. verlichting



6.8.2. Daglichtoptimalisatie

Daglichtoptimalisatie vermindert het energiegebruik, zowel rechtstreeks (minder verlichting) als onrechtstreeks (minder koellast want minder interne warmteproductie door verlichting).

Men moet wel trachten oververhitting te voorkomen, want dat leidt tot actieve koeling en meer energiegebruik. Men kan oververhitting voorkomen m.b.v. aangepaste beglazing en zonwering (zie ruimtekoeling).

Een zekere mate van helderheidsvering is noodzakelijk bij beeldschermwerkplekken.

6.8.3. Lichtregeling of schakeling

Men moet zorgen voor een zo laag mogelijk aantal branduren, door:

- een mentaliteitsverandering (vaker verlichting manueel in- en uitschakelen);
- het plaatsen van goede lichtregel- en schakelsystemen, die bij voorkeur de verlichting automatisch in- en uitschakelen of regelen;
- het plaatsen van daglichtafhankelijke verlichtingsregeling (in combinatie met meer daglichttoetreding);
- het regelbaar instellen van de verlichting per werkplek (verlichting afstemmen op de behoeften).

6.8.3.1. Meerdere lichtschakelgroepen

Meerdere lichtschakelgroepen, die men elk afzonderlijk kan aan- of uitzetten, stemt de verlichting beter af op de aanwezigheid van mensen. Volgens ECN (2004) of Dutrieux Energiemanagement (2003) kan men hierdoor 5 tot 20 % besparen op het elektriciteitsgebruik voor verlichting.

6.8.3.2. Daglichtafhankelijke regeling van verlichting (DAV) en/of aanwezigheidsdetectie (AWD) en/of veegschakeling

DAV is een schakeling of regeling die, zodra het verlichtingsniveau (daglicht + kunstlicht) een bepaalde (vooraf) ingestelde grenswaarde overschrijdt, het kunstlicht in daglichtzones centraal of per gevel of per toestel, geheel of gedeeltelijk uitschakelt (daglichtschakeling), of in stappen of traploos dimt tot de ingestelde waarde (daglichtregeling). AWD berust op sensoren die de verlichting automatisch aanschakelen van zodra ze vaststellen dat personen in de ruimte aanwezig zijn. Van zodra de sensoren geen personen (meer) in de ruimte detecteren, schakelen ze de verlichting na een bepaalde tijd automatisch weer uit. Een *veegschakeling* schakelt op vaste tijdstippen (bv tijdens pauzes of na afloop van de werkzaamheden) alle verlichting in het gebouw uit. De gebruikers van het gebouw moeten zelf weer de verlichting inschakelen wanneer ze terugkomen.

Vito (2001) berekende een besparing op het elektriciteitsgebruik voor verlichting in kantoren van 12,1 % m.b.v. DAV en van 15 % m.b.v. AWD (op basis van 47 onderzochte kantoren); en van 30% in basis- en secundaire scholen (op basis van 106 geënquêteerde scholen). De maatregel voor scholen betreft een *combinatie van DAV, AWD en veegschakeling*. ECN (2004) veronderstelt dat men met DAV of met AWD 5 tot 20 % elektriciteit voor verlichting kan besparen. Isso (2004) spreekt van 30 tot 40 % besparing bij enkel DAV, en van 30 tot 60 % bij een combinatie van DAV en AWD. Novem (2003) gaat uit van een besparing van 30 tot 70 % m.b.v. DAV in combinatie met AWD of veegschakeling. Voor enkel AWD berekende Climatic Design Consult i.o.v. Novem (2002) de volgende besparingsmogelijkheden *op gebouwniveau*: kantoor: 3 à 15%; niet-klinisch gezondheidszorggebouw: 4 à 15%; ziekenhuis: 5 à 16%; onderwijsgebouw: 3 à 10%; horecagebouw: 2 à 4%; winkelgebouw: 2 à 4%; bijeenkomstgebouw: 3 à 10%; logiesgebouw: 3 à 12%; cel en cellengebouw: 3 à 10%; sportgebouw: 3 à 15%.

6.8.3.3. Tijdschakelklok voor verlichting

Een tijdschakelklok die de verlichting automatisch uitschakelt op een voorgeprogrammeerd tijdstip kan voor 5 tot 15 % besparen op het elektriciteitsgebruik voor verlichting (ECN, 2004) (Dutrieux Energiemanagement, 2003).

6.8.3.4. Schemerschakelaar buitenverlichting

Door een lichtgevoelige sensor of daglichtafhankelijke schakeling aan te brengen op de buitenverlichting kan men 5 tot 20 % op het elektriciteitsgebruik besparen (Dutrieux Energiemanagement, 2003).

6.8.4. Efficiënte verlichtingsinstallaties

Men moet zorgen voor een zo laag mogelijk geïnstalleerd vermogen, door de volgende regels in acht te nemen (Novem brochure Dat licht zo! DV1-SO2.81 94.06):

- verlichtingssysteem: onderzoek hoe men met (een combinatie van) plafond-, werkplek en accentverlichting de juiste hoeveelheid licht op de juiste plaats kan brengen, met zo weinig mogelijk geïnstalleerd vermogen;
- lampen en VSA: selecteer lampen op basis van gebruiksfunctie, lichtkleur en kleurweergave; en kies vervolgens de lamp met het hoogste lichtrendement (lumen/Watt verhouding). Selecteer bij voorkeur gasontladingslampen met elektronische VSA;
- armaturen: selecteer armaturen op basis van lichtverdeling en bescherming tegen verblinding; en kies dan het armatuur met het hoogste verlichtingsrendement.

6.8.4.1. Hoogfrequente verlichting met spiegeloptiekarmaturen

Het toepassen van TL-lampen met elektronische (hoogfrequente) voorschakelapparatuur (VSA) en van armaturen (lichtbakken) met betere reflectoren, kan heel wat besparen op het gebruik van elektriciteit voor verlichting.

Vito (2001) berekent een mogelijke besparing van 13,2 % in kantoren (47 onderzochte kantoren); 18% in basis- en secundaire scholen (106 geëquiperde scholen); en 4,6% in 4 onderzochte vestigingen v/e supermarktketen. Dutrieux Energiemanagement (2003) schat de besparingsmogelijkheden van de afzonderlijke technieken, met name: het gebruik van hoogfrequente (HF) voorschakelapparatuur van 20% tot 40%; het gebruik van TL-armaturen met hoger rendement van 5% tot 40%; en het gebruik van spiegeloptiekarmaturen van 5% tot 40%. Icarus (2001) veronderstelt voor kantoren en onderwijsgebouwen een besparing van 80% (of 0,017 GJ per m² bvo) door het vervangen van gloeilampen door efficiënte gasontladingslampen; 0,035 GJ per m² bvo door het gebruik van elektronische VSA; en 0,031 GJ per m² bvo door het gebruik van efficiënte armaturen. Icarus veronderstelt voor alle andere gebouwen in de sector handel en diensten een totale besparing van 0,02 GJ per m² bvo.

6.8.4.2. Gloeilampen vervangen door spaarlampen

Men kan in principe alle bestaande gloeilampen vervangen door spaarlampen (mits eventueel een aanpassing van de bestaande armatuur). Dit kan een besparing opleveren van 60 tot 80 % op het gebruik van elektriciteit voor verlichting (Dutrieux Energiemanagement, 2003).

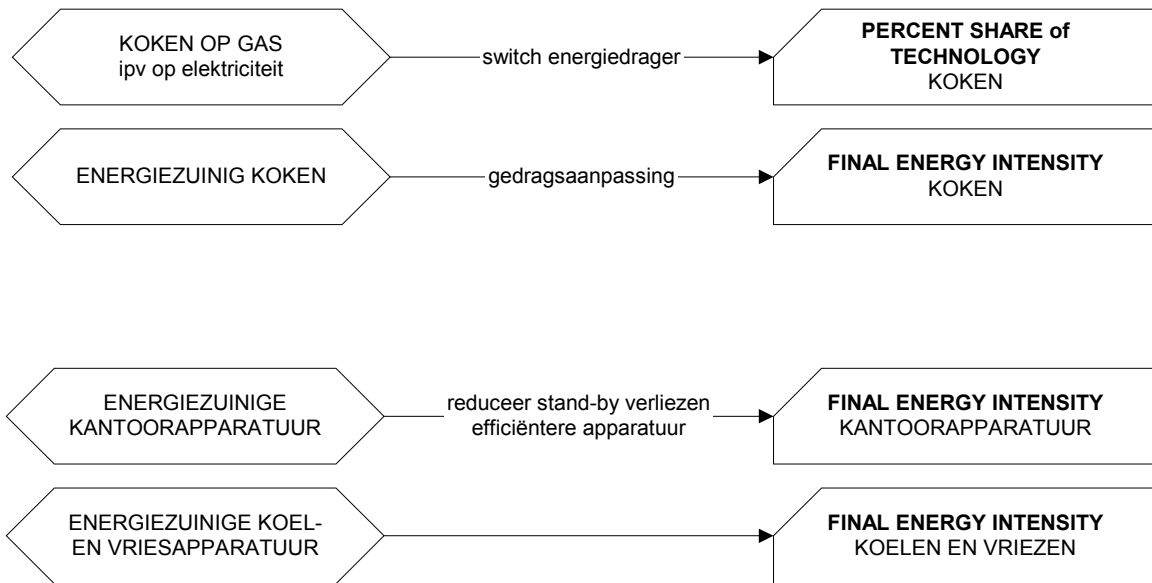
6.8.4.3. Halogeen-accentverlichting

Spot- of accentverlichting is altijd energie-intensief, maar indien absoluut noodzakelijk zoals in representatieve ruimten of showrooms kan men kopspiegellampen (kleine spots) vervangen door laagvolt halogeenlampen, waardoor de elektriciteitsbesparing kan oplopen tot 75 % (Infomil, 2001).

6.9. Maatregelen i.v.m. koken en apparaten

6.9.1. Overzicht van maatregelen i.v.m. koken en apparaten

Figuur 30: Constructie van de door LEAP benodigde gegevens voor maatregelen i.v.m.koken en apparaten



6.9.2. Maatregelen i.v.m. kantoorapparatuur

De maatregelen i.v.m. kantoorapparatuur zijn:

- Het installeren en gebruiken van energiezuinige kantoorapparatuur. Kantoorzuinige apparatuur is te herkennen aan labels, o.a. het Europese “Energy Star” label.;
- Power management. Power management is de mogelijkheid om systeemonderdelen (bijvoorbeeld computerscherm) automatisch in stand-by stand te zetten of uit schakelen als men een apparaat gedurende een bepaalde tijd niet actief gebruikt;
- Het vermijden van sluipverliezen (“stand-by” verliezen) door kantoorapparaten die men niet gebruikt volledig uit te zetten. Kantoorapparaten gebruiken in de stand-by stand nog steeds stroom.

Energiezuinige kantoorapparatuur bespaart ook op energiegebruik voor gebouwkoeling, omdat de apparaten minder warmte genereren

6.9.3. Maatregelen i.v.m. koel- en vriesmeubelen en –cellen

6.9.3.1. Energiezuinige koelinstallaties

Het kopen van energiezuinige installaties

Door koelinstallaties te kopen met het A, A+ of A++ label, kan men volgens Infomil (1998, 1999) tot 30 % besparen op het elektriciteitsgebruik.

Het verlagen van de condensatietemperatuur (variabele condensordruk)

Door de condensatortemperatuur²¹ optimaal af te stellen op de wisselende temperatuur van de omgeving (meestal de buitenlucht) waaraan de condensor zijn warmte afgeeft, kan elke graad temperatuurverlaging (in de winter) zorgen voor een besparing van ongeveer 2 % op het energiegebruik van de compressor. Men moet er wel rekening mee houden dat het expansieventiel een minimaal drukverschil tussen condensor en verdampers nodig heeft.

Automatische ontluchting op de condensor

²¹ De condensortemperatuur moet altijd ongeveer 15°C warmer zijn dan de omgeving.

Door automatisch ontluchting op de condensor vermijdt men dat bij een verdampersdruk kleiner dan 1 bar een verslechtering optreedt van de warmteoverdracht in de condensor omwille van penetratie van lucht in het koelsysteem. Deze maatregel kan volgens Infomil (1999) gemiddeld 5 % energie besparen.

Het schoonmaken van de condensor

Het regelmatig schoonmaken van het (vervuilde) condensoroppervlak verhoogt de warmteafgifte, en kan volgens Infomil (1998, 1999) leiden tot een besparing van 10 % op het energiegebruik voor koeling.

Het verplaatsen van de condensor

Het verplaatsen van de condensor wanneer hij zijn warmte niet goed kwijt kan omdat hij ingebouwd staat achter kratten, pallets of zelfs plafonds, kan tot 15 % besparen op het energiegebruik voor koeling.

Elektronisch expansieventiel

Een elektronisch (i.p.v. thermostatisch) expansieventiel regelt de hoeveelheid koudemiddel die onder hoge druk van de condensor naar de verdamper stroomt op zodanige wijze dat de verdamper de grootste koelcapaciteit biedt, zelfs bij kleine drukverschillen, waardoor de condensatietemperatuur verlaagd kan worden en de koelcyclus zo efficiënt mogelijk verloopt. Volgens Infomil (1998, 1999) is hierdoor een elektriciteitsbesparing mogelijk van 20 % .

Het verhogen van de verdampertemperatuur

Door de verdampingstemperatuur²² bij koelinstallaties zo hoog mogelijk te kiezen kan men de verdampingscapaciteit optimaal benutten, zonder dat de producteisen in het gedrang komen. Dit laatste vereist dat men het warmtewisselend oppervlak (het koelement) zo groot mogelijk kiest. Volgens Infomil (1999) levert elke graad temperatuurverhoging een energiebesparing op van circa 1% van het energiegebruik van de compressor.

Het uitschakelen van de verdamperventilatoren

Door in vriesruimtes de schakeling van de verdamperventilator te koppelen aan die van de compressor vermijdt men dat de ventilator draait als de compressor niet in bedrijf is (en er geen warmte wordt onttrokken). Volgens Infomil (1998, 1999) kan men hierdoor 250 tot 370 kWh elektriciteit per jaar besparen.

Vertraagd inschakelen van de compressor

Door bij overschrijding van de maximale temperatuur in een vriescel (bijvoorbeeld door het openen van de deur van de vriescel) eerst de luchtcirculatie in te schakelen zodat de celluchttemperatuur daalt, vermijdt men dat de compressor onnodig wordt ingeschakeld (vermits de producten nog koud genoeg zijn). Deze maatregel kan volgens Infomil (1999) tot ca. 15 % besparen op het elektriciteitsgebruik van de compressor.

Toerenregeling van de compressor

Met behulp van een toerenregeling voor de compressor wordt de capaciteit van de koelmachine aangepast aan de koelbehoefte en kan men 10 tot 20 % besparen op de aandrijfenergie van de compressor (Infomil, 1998 en 1999).

6.9.3.2. Ontdooien van koelinstallaties

Optimale ontdooicyclus

²² De verdamper moet om warmte te kunnen opnemen uit zijn omgeving ongeveer 7°C kouder zijn dan de luchttemperatuur van de koelinstallatie.

Regelmatig (handmatig met lucht of automatisch met elektriciteit) ontdooien voorkomt ijsafzetting ('rijp') op de verdampers. Een ontdooiingsbeëindigings-thermostaat in de koelcel bepaalt automatisch het einde van de ontdooiperiode, waardoor men te lang ontdooien vermijdt en 5 à 15 % kan besparen op het elektriciteitsgebruik voor ontdooien (Infomil, 1999).

Persgasontdooïing

In plaats van automatisch te ontdooien met elektriciteit kan men het warme persgas uit de compressor gebruiken om de verdampers te ontdooien. Hierdoor kan men 5 tot 15 % besparen op het totale elektriciteitsgebruik van de koelinstallatie.

6.9.3.3. Het vermijden van koudeverliezen

Men kan bij het koelen van producten koudeverliezen vermijden door:

- open koelingen af te dekken met hardplastic schuifwanden;
- tijdens sluitingsuren (of 's nachts) verticale koelmeubelen af te dekken met rolgordijnen en horizontale koelmeubelen met aluminium folie of speciale afdekplaten. De afdekking kan automatisch gebeuren door de regeling te koppelen met de tijdschakeling van de verlichting. De elektriciteitsbesparing bedraagt volgens Infomil (1999) 20 tot 50 %;
- deurverliezen te beperken, o.a. door de deuropeningen te verkleinen, strokengordijnen te gebruiken, een luchtgordijn aan te brengen, een automatisch systeem voor het sluiten van de deuren te installeren, enz. De energiebesparing kan 10 à 30 % bedragen;
- koelcellen met de hoogste temperatuur te groeperen aan de buitenzijde en koelcellen met de laagste temperatuur zoveel mogelijk te omringen door koelcellen met de hoogste temperatuur;
- de afsluiting van koelinstallaties te verbeteren, bijvoorbeeld door het periodiek vervangen van de versleten deurrubbers;
- de isolatie van de koelcel en van de koelleidingen te verbeteren (de dikte van de isolatie verhogen).

6.9.3.4. Good housekeeping i.v.m. koeling van producten

Enkele 'good housekeeping' maatregelen i.v.m. het koelen van producten zijn:

- warme producten of producten die geen koeling behoeven buiten de koelruimten houden;
- koelmeubelen in koele ruimten plaatsen. De elektriciteitsbesparing kan volgens Infomil 10 tot 30 % bedragen;
- de koel- en vriesruimten met behulp van opvouwbare schermen, folies en beweegbare panelen onderverdelen in compartimenten. Een halvering van het ruimtevolumen leidt volgens Infomil (1999) tot 50 % vermindering van de benodigde ventilatorenergie, of tot 8 à 25 % besparing op het totale energiegebruik van de koelinstallatie;
- het zoveel mogelijk verwijderen van elektrische apparaten (verlichting, ventilatoren e.d.) in koel- en vriescellen.

6.10. Penetratiegraden van de maatregelen

De toepassingsgraad of "penetratiegraad" van de verschillende energiebesparende maatregelen in de deelsectoren van handel en diensten in Vlaanderen voor het referentiejaar 2003 is verondersteld gekend.

Bij gebrek aan betrouwbare informatie voor Vlaanderen hebben we ons voor een schatting van deze penetratiegraden voornamelijk gebaseerd op Nederlandse gegevens voor het jaar 1995 (ICARUS 4). Wij denken dat deze werkwijze – binnen de beperkingen van onze opdracht – verantwoord is, om de volgende twee redenen:

- klimaat en bouwwijze zijn weliswaar verschillend in Vlaanderen en Nederland, maar niet in dergelijke mate dat een toepassing van Nederlandse data op Vlaanderen tot volledig onaanvaardbare resultaten zou leiden;
- Nederland heeft reeds 10 jaar voor Vlaanderen een EPR ingevoerd. We veronderstellen bijgevolg dat de situatie in Vlaanderen nu vergelijkbaar is met deze in Nederland 10 jaar geleden.

Het spreekt vanzelf dat het veel beter zou zijn indien we in de toekomst over ‘werkelijke’ penetratiegraden konden beschikken voor Vlaanderen in een referentiejaar. De Vlaamse overheid zou deze data kunnen verzamelen in het kader van een opdracht “monitoring energiebesparing in gebouwen”.

De volgende tabel toont de veronderstelde penetratiegraden van een geselecteerd aantal energiebesparingsmaatregelen.

Tabel 23: Veronderstelde penetratiegraden van een selectie energiebesparingsmaatregelen

Maatregel	Functie	Handel [%]	Horeca [%]	Kantoren [%]	Onderwijs [%]	Gezondheidszorg [%]	Overige [%]
isolatie van de muren (RC=3)	verwarming	53%	55%	56%	56%	76%	68%
isolatie van de vloeren (RC=3)	verwarming	22%	28%	31%	18%	38%	32%
isolatie van de daken (RC=3)	verwarming	57%	59%	65%	63%	83%	72%
isolatie van de muren (RC=4)	verwarming	0%	0%	10%	0%	0%	0%
isolatie van de vloeren (RC=4)	verwarming	10%	10%	10%	10%	10%	10%
isolatie van de daken (RC=4)	verwarming	0%	0%	10%	0%	0%	0%
isolatie van de muren (RC = 5)	verwarming	0%	0%	0%	0%	0%	0%
isolatie van de vloeren (RC = 5)	verwarming	0%	0%	0%	0%	0%	0%
isolatie van de daken (RC = 5)	verwarming	0%	0%	0%	0%	0%	0%
dubbel glas (U=3)	verwarming	58%	67%	82%	53%	93%	73%
HR glas (U=2)	verwarming	0%	0%	0%	20%	0%	20%
HR+ glas (U=1,2)	verwarming	0%	0%	0%	0%	0%	0%
superisolerend glas (U=0,6)	verwarming	0%	0%	0%	0%	0%	0%
warmteterugwinning	verwarming	8%	0%	6%	8%	48%	33%
tochtssluzen en luchtgordijnen	verwarming	0%					
isoleren van de leidingen	verwarming	28%	47%	34%	55%	61%	43%
optimaliseren van de cv	verwarming	20%	20%	20%	28%	42%	25%
HR of condenserende ketel	verwarming	43%	40%	52%	51%	48%	57%
warmtepomp	verwarming			0%	0%	0%	0%
warmtepomp + LTV	verwarming	0%		0%	0%	0%	0%
KWO	verwarming	0%		0%	0%	0%	0%
absorptiekoeling	koelen		0%	5%	0%	5%	0%
optimaliseren van pompen en ventilatoren	hulpfuncties	10%	10%	10%	10%	1%	10%
ultrasoon bevochtigen	bevochtigen		0%	0%	0%	0%	0%
debietregeling	warmtapwater		38%			67%	54%
zonneboilers	warmtapwater		0%	1%	0%	1%	10%
DAV	verlichting			5%	5%	22%	
DAV + optimale lichtinval	verlichting	5%			11%		
AXD	verlichting	5%		4%	8%	15%	
efficiënte fluorescerende lampen	verlichting	47%		80%	95%	80%	
HF VSA	verlichting	1%		40%	10%	60%	
spiegeloptiekarmatuur	verlichting	49%		40%	10%	60%	
efficiënte accentverlichting	verlichting	0%					
meer efficiënte verlichtingstechnieken	verlichting	0%	50%				70%
energie-efficiënte computers	apparaten			0%			
energie-efficiënte printers	apparaten			0%			
energie-efficiënte copieerapparaten	apparaten			0%			
energie-efficiënte faxen	apparaten			0%			
energie-efficiënte kantoorapparatuur	apparaten				0%	0%	
vermindere van het sluijgebruik	apparaten	5%		5%	5%	5%	
energie-efficiënt koelen en vriezen label B	apparaten	25%	36%				
energie-efficiënt koelen en vriezen label A	apparaten	16%	0%				
energie-efficiënt koken	apparaten		0%			0%	
brandstoffenswitch in koken	apparaten		0%				

6.11. Graaddagen (“klimaatcorrectie”)

Met behulp van graaddagen kan men het energiegebruik voor ruimteverwarming “corrigeren” voor de jaarlijkse verschillen in gemiddelde buitentemperaturen. De eerste stap is om dit energiegebruik in een bepaald jaar met behulp van graaddagen terug te rekenen naar het energiegebruik in een “normaal” jaar of referentiejaar. Men kan vervolgens de gecorrigeerde energiegebruiken voor ruimteverwarming van verschillende jaren met elkaar vergelijken.

De graaddagen kan men voor een etmaal berekenen door het verschil tussen een gemiddelde binnentemperatuur over een etmaal en de gemiddelde buitentemperatuur per etmaal te bepalen. De gemiddelde buitentemperatuur per etmaal moet beneden de zogenaamde stookgrens liggen. Als de gemiddelde etmaalt temperatuur boven deze stookgrens ligt, dan wordt 0 graaddagen aangehouden. Zo betekent de 15/15 graaddagen methode dat we als stookgrens 15 °C gebruiken. De begindatum van het stookseizoen is de eerste september- of oktoberdag voor dewelke de gemiddelde dagelijkse buitentemperatuur lager is dan +15 °C, maar met een dagelijks maximum lager dan +18 °C; de einddatum van het stookseizoen is de dag in de maand mei of juni vanaf dewelke de dagelijkse gemiddelde buitentemperatuur hoger dan + 15 °C blijft.

De “correctie” gebeurt als volgt:

Gecorrigeerd energiegebruik voor ruimteverwarming = (referentie graaddagen / actuele graaddagen) x werkelijk gebruik voor ruimteverwarming.

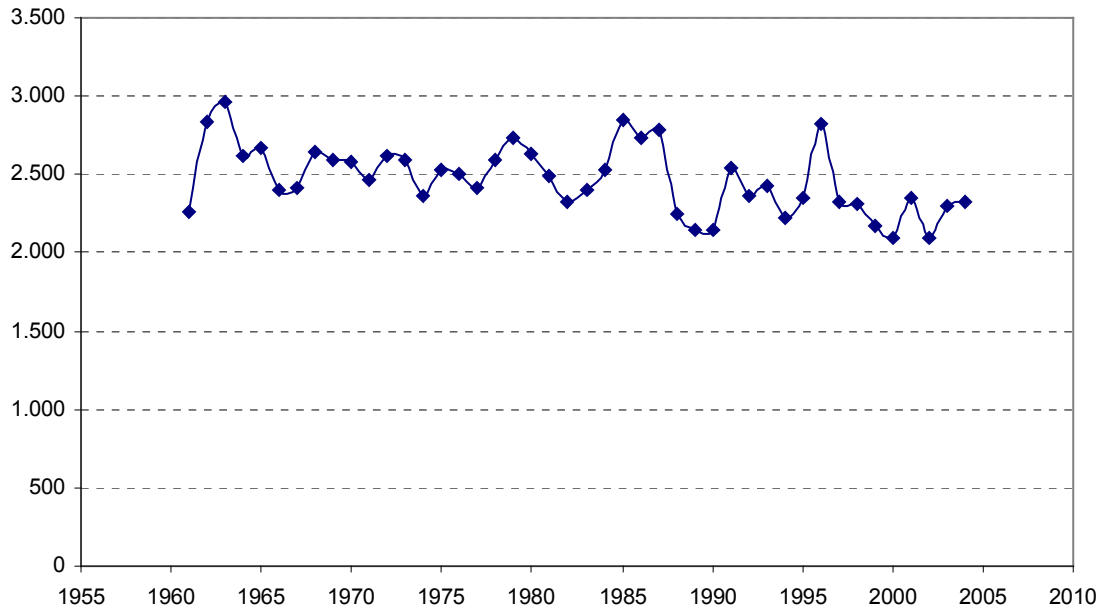
Vermits we ruimteverwarming in LEAP als een afzonderlijke energiefunctie behandelen, is de hierboven beschreven “klimaatcorrectie” geen enkel probleem. We hoeven de netto energie-behoefte (‘useful energy intensity’) enkel met een bepaalde factor te vermenigvuldigen, wat zonder problemen mogelijk is in LEAP.

We hebben ervoor gekozen om in de scenario-analyses gedurende de tijdshorizon 2003-2030 (voorlopig) hetzelfde aantal graaddagen te hanteren als in het referentiejaar 2003, om de volgende redenen:

- gezien de aard van de gegevensinvoer en de voorstelling van de resultaten in LEAP kan een “klimaatcorrectie” nog op elk gewenst ogenblik door de gebruik(st)er worden doorgevoerd;
- indien we gedurende 2003-2030 dezelfde ‘actuele graaddagen’ hanteren – andere dan van 2003 – dan zou een “klimaatcorrectie” enkel neerkomen op een verschuiving (‘translatie’) van de resultaten, zonder dat de interpretatie van de resultaten hierdoor wezenlijk zou veranderen.

De graaddagen 16,5/16,5 zijn voor Ukkel vrij verkrijgbaar op het internet (www.gasinfo.be)

Figuur 31: Graaddagen 16,5/16,5 (Ukkel, 1961-2004)



Bron: gasinfo.be

We merken op dat deze zogenaamde "klimaatcorrectie" geen rekening houdt met de werkelijke binnentemperaturen die o.m. afhankelijk zijn van het gebruikspatroon van het gebouw.

7. Scenario-analyses

We hebben als 'oefening' met SAVER-LEAP drie scenario's ontwikkeld:

- een referentie-scenario;
- een business-as-usual of BAU scenario;
- een BAU-PLUS scenario.

In het laatste deel bespreken we deze drie scenario's voor elk van de deelsectoren afzonderlijk. In de volgende hoofdstukken bespreken we kort de algemene kenmerken van deze scenario's, en de resultaten voor heel de sector handel en diensten.

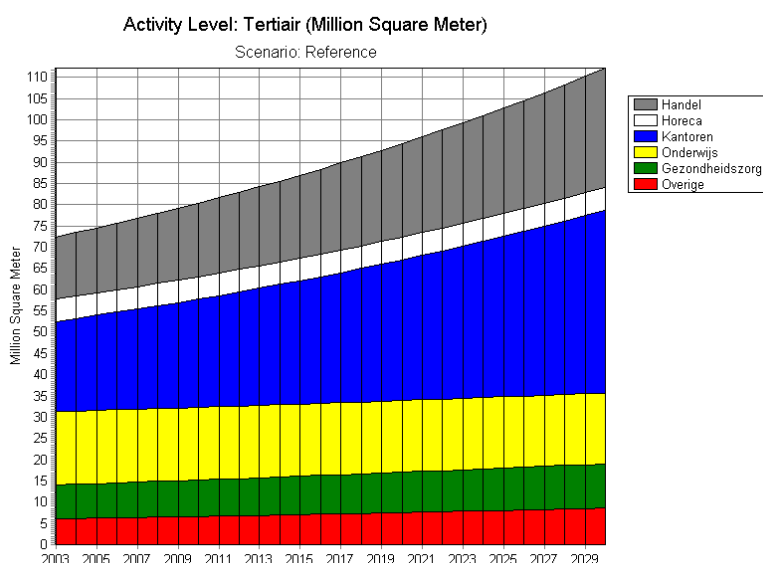
7.1. Referentiescenario

Het referentie-scenario houdt enkel rekening met de verandering van het energiegebruik (en de broeikasgasemissies) t.g.v. de verandering van de bruto vloeroppervlakte (bvo). We houden bijgevolg geen rekening met het bestaande energie- en klimaatbeleid, zoals de invoering van de EPR (EnergiePrestatieRegelgeving) vanaf 2006, de REG-openbaardienstverplichtingen van de netbeheerders, of de ecologische criteria van de VIPA (Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden).

7.1.1. Activiteiten

Voor de verschillende deelsectoren hebben we afzonderlijke groeicijfers geschat voor de toe- of afname van de bruto vloeroppervlakte (bvo). We veronderstellen verder – (voorlopig) voor alle deelsectoren gelijk – dat jaarlijks 1 % van de (in het referentiejaar 2003) bestaande stock aan gebouwen verdwijnt, hetzij door sloop, hetzij door grondige renovatie gelijk aan nieuwbouw (volgens de EPR) (zie ook tabel 22).

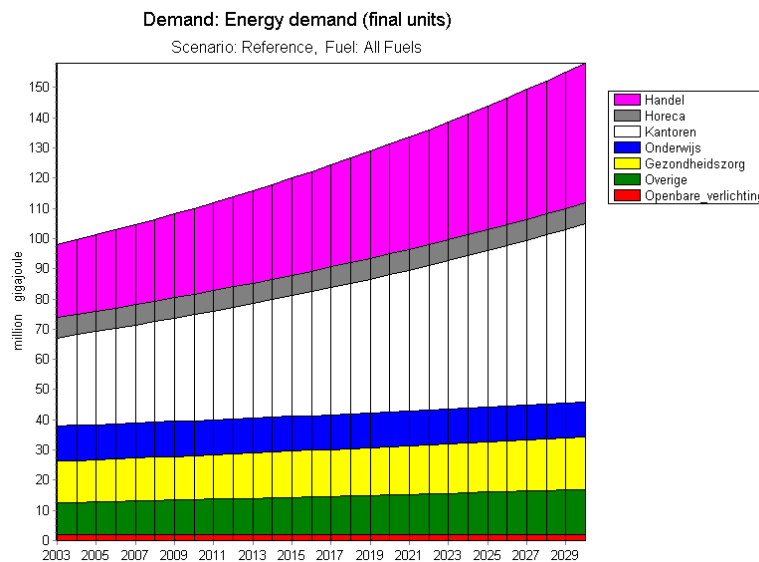
Figuur 32: Evolutie van de bruto vloeroppervlakte in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)



7.1.2. Resultaten energiegebruik

Vermits we in het referentie-scenario geen maatregelen veronderstellen om het energiegebruik te beperken, volgt het energiegebruik het verloop van de bruto vloeroppervlakte (bvo), en zijn de aandelen (onderlinge verhoudingen) van de energiefuncties binnen de deelsectoren dezelfde als in het referentiejaar 2003.

Figuur 33: Evolutie van het energiegebruik in de sector handel en diensten, per deelsector, in het referentiescenario (Vlaanderen, 2003-2030)

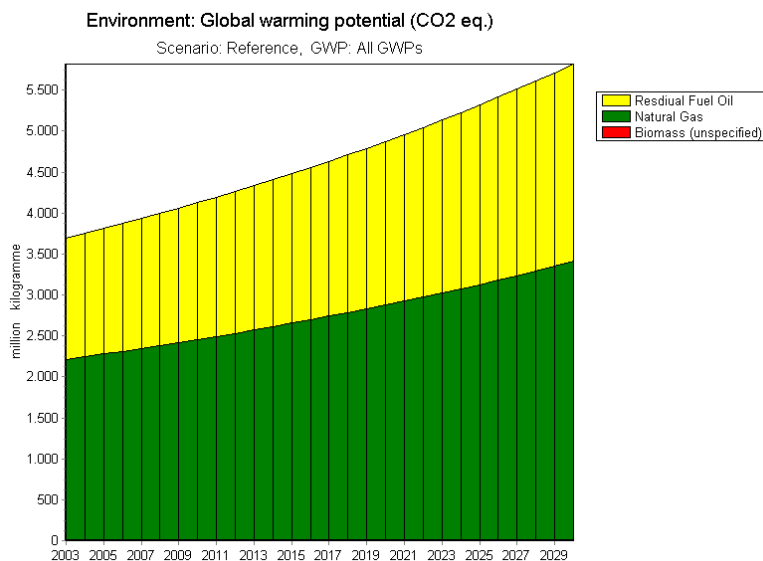


Het energiegebruik stijgt van 98,2 miljoen GJ in 2003 naar 158,3 miljoen GJ in 2030, of een stijging met +61,2%.

7.1.3. Resultaten broeikasgasemissies per energiedrager

Vermits we in het referentie-scenario geen maatregelen veronderstellen om het energiegebruik te beperken, volgen de broeikasgasemissies het verloop van de bruto vloeroppervlakte, en blijft de verhouding olie / aardgas dezelfde als in het referentiejaar 2003,.

Figuur 34: Evolutie van de broeikasgasemissies in de sector handel en diensten, per energie, in het referentiescenario (Vlaanderen, 2003-2030)



De broeikasgasemissies stijgen van 3 677,1 duizend²³ ton CO₂-eq in 2003 naar 5 803,0 duizend ton CO₂-eq in 2030, of een stijging van +57,8% in 2030 t.o.v. 2003.

7.2. BAU-scenario

7.2.1. Activiteiten

We maken voor de evolutie van de activiteiten (en dus van de bvo) dezelfde veronderstellingen als in het referentie-scenario.

7.2.2. Energiefuncties

7.2.2.1. Ruimteverwarming

Wat betreft de nuttige energie-intensiteit ('useful energy intensity') vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie: in het BAU-scenario veronderstellen we dat de deelsectoren geen maatregelen treffen wat betreft het beperken van het energiegebruik voor ruimteverwarming;
- nieuwbouw en grondige renovatie. We gaan uit van een gemiddelde thermische weerstand $R_c = 3$ voor zowel daken, gevels als vloeren; een U-waarde = 1,2 voor de beglazing, en de toepassing van warmteterugwinning op gebalanceerde ventilatie. Deze waarden zijn waarschijnlijk meer dan in de meeste gevallen strict nodig zal zijn om aan de EPR te voldoen.

De veronderstellingen voor de verschillende deelsectoren zijn als volgt (tabel 28):

²³ Dit wijkt af van het VITO totaal van 3 797 ton CO₂. Deze afwijking is (voorlopig) onvermijdelijk, omdat we een aantal energiedragers samen hebben genomen, waarbij we vooral voor « biomassa » een compromis emissiefactor hebben gehanteerd. In een volgende versie van SAVER-LEAP kan dit zeker nog worden verfijnd.

Tabel 24: Veronderstelde besparingen van energiebesparingsmaatregelen ruimteverwarming

Maatregel	Handel	Horeca	Kantoren	Onderwijs	Gezondheidszorg	Overige
isolatie van de muren ($R_c=3$)	11 %	11 %	0,060 GJ/m ²	0,063 GJ/m ²	0,063 GJ/m ²	11 %
isolatie van de vloeren ($R_c=3$)	7 %	7 %	0,044 GJ/m ²	0,044 GJ/m ²	0,044 GJ/m ²	7 %
isolatie van de daken ($R_c=3$)	7 %	7 %	0,044 GJ/m ²	0,044 GJ/m ²	0,044 GJ/m ²	7 %
HR+ glas ($U=1,2$)	10 %	10 %	0,044 GJ/m ²	10 %	0,044 GJ/m ²	10 %
warmteterugwinning	0,095 GJ/m ²	25 %	0,095 GJ/m ²	0,095 GJ/m ²	0,095 GJ/m ²	0,095 GJ/m ²
tochtsluizen en luchtgordijnen	50 %	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt

Bron: Icarus 4

Bij het berekenen van de energiebesparingen houden we rekening met de penetratiegraden vermeld in tabel 23 (zie ook berekeningwijze hoofdstuk 5.2).

Wat betreft de verwarmingsinstallaties vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie: we gaan ervan uit dat alle verwarmingsinstallaties uit 2003 tegen 2020 vervangen zullen zijn. De vervanging gebeurt lineair. Elektrische verwarming verdwijnt volledig. De mix van verwarmingsinstallaties uit 2003 is tegen 2030 volledig vervangen door hoogrendements- of condenserende cv-ketels, waarbij we – in principe – aandelen veronderstellen van 20% voor olie en 80% voor aardgas. Deze aandelen blijven behouden van 2020 tot 2030. Er is in het BAU-scenario geen sprake van het gebruik van warmtepompen.
- nieuwbouw en grondige renovatie: we veronderstellen over de hele tijdshorizon 2006-2030 een aandeel van – in principe – 80% hoogrendements- of condenserende cv-ketels op aardgas en 20% op olie. Er is in het BAU-scenario geen sprake van het gebruik van warmtepompen.

Voor zowel de overlevende fractie als nieuwbouw en grondige renovatie houden we bij de vervanging door hoogrendements- of condenserende ketels rekening met het positief effect op het systeemrendement door het isoleren van de leidingen en het optimaliseren van de regeling.

Voor alle deelsectoren veronderstellen we dat, voor zowel het isoleren van de leidingen als voor het optimaliseren van de regeling, de energiebesparing telkens 5 % op het energiegebruik bedraagt.

7.2.2.2. Productie van warm tapwater

Wat betreft de installaties voor de productie van warm tapwater vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie: we gaan ervan uit dat alle installaties van de productie voor warm tapwater uit 2003 tegen 2020 vervangen zullen zijn. De vervanging gebeurt lineair. Het aandeel van elektrische boilers daalt – in principe – naar 20% tegen 2020 en blijft dan constant tot 2030. De overige mix van installaties uit 2003 is tegen 2030 volledig vervangen door hoogrendements- of condenserende *combi*-ketels, waarbij we aandelen veronderstellen van – in principe – 20% voor olie en 80% voor aardgas. Deze aandelen blijven behouden van 2020 tot 2030. Er is in het BAU-scenario geen sprake van het gebruik van warmtepompboilers of zonneboilers.
- nieuwbouw en grondige renovatie: we veronderstellen over de hele tijdshorizon 2006-2030 een aandeel van – in principe – 20 % elektrische boilers, 60% hoogrendements- of condenserende *combi*-ketels op aardgas en 20% op olie. Er is in het BAU-scenario geen sprake van het gebruik van warmtepompboilers of zonneboilers.

Voor zowel de overlevende fractie als nieuwbouw en grondige renovatie houden we in het BAU-scenario – in principe – rekening met debietbegrenzers (voor zover warm tapwater een belangrijke energiefunctie is in een deelsector).

Tabel 25: Veronderstelde besparingen van energiebesparingsmaatregelen warm tapwater

Maatregel	Handel	Horeca	Kantoren	Onderwijs	Gezondheidszorg	Overige
Debietregeling	nvt	15 %	nvt	nvt	15 %	12 %

Bron: Icarus 4

Bij het berekenen van de energiebesparingen houden we rekening met de penetratiegraden vermeld in tabel 23 (zie ook berekeningwijze hoofdstuk 5.2).

7.2.2.3. Ruimtekoeling

Omwille van gebrekkige data gaan we voor ruimtekoeling uit van minimalistische veronderstellingen. Zowel voor de overlevende fractie als voor nieuwbouw en grondige renovatie gaan we uit van een bepaalde penetratiegraad van actieve koeling in de deelsectoren, die we constant houden over de tijdshorizon 2003-2030. We houden in het BAU-scenario (nog) geen rekening met maatregelen voor het beperken van het energiegebruik voor ruimtekoeling.

Tabel 26: Penetratiegraden van ruimtekoeling en bevochtiging in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003).

Deelsector	ruimtekoeling [%]	bevochtiging [%]
Handel	70%	70%
Horeca	50%	50%
Kantoren	60%	70%
Onderwijs	8%	9%
Gezondheidszorg	40%	40%
Overige	50%	50%

7.2.2.4. Bevochtiging

Omwille van gebrekkige data gaan we voor bevochtiging uit van minimalistische veronderstellingen. Zowel voor de overlevende fractie als voor nieuwbouw en grondige renovatie gaan we uit van een bepaalde penetratiegraad van bevochtiging in de deelsectoren, die we constant houden over de tijdshorizon 2003-2030. We houden in het BAU-scenario (nog) geen rekening met maatregelen voor het beperken van het energiegebruik voor bevochtiging.

7.2.2.5. Hulpfuncties

Wat betreft het elektriciteitsgebruik voor pompen en ventilatoren vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie: omdat we ervan uitgaan dat alle verwarmingsinstallaties uit 2003 tegen 2020 vervangen zullen zijn, veronderstellen we ook dat alle nieuwe installaties werken met geoptimaliseerde pompen of ventilatoren (toerentalregeling, efficiënte motoren);
- Nieuwbouw en grondige renovatie: we veronderstellen over heel de tijdshorizon 2006-2030 het gebruik van geoptimaliseerde pompen en ventilatoren.

Voor alle deelsectoren veronderstellen we dat het optimaliseren van pompen en ventilatoren een elektriciteitsbesparing oplevert van 5 %.

Verlichting

Wat betreft de verlichtingsinstallaties vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie: we gaan ervan uit dat alle verlichtingsinstallaties uit 2003 tegen 2020 vervangen zullen zijn. De vervanging gebeurt lineair. De mix van verlichtingsinstallaties uit 2003 is tegen 2030 volledig vervangen door efficiënte verlichting. Met efficiënte verlichting bedoelen we het gebruik van fluorescentielampen, HF-voorschakelapparatuur (HF-VSA) en spiegeloptiekarmaturen. We houden in het BAU-scenario nog *geen* rekening met het gebruik van energiezuinige *accent*verlichting.;
- nieuwbouw en grondige renovatie: we veronderstellen over de hele tijdshorizon 2006-2030 een aandeel van 100% voor efficiënte verlichting. Efficiënte verlichting is op dezelfde wijze gedefinieerd als bij de overlevende fractie.

Tabel 27: Veronderstelde energiebesparing energiebesparingsmaatregelen verlichting

Maatregel	Handel	Horeca	Kantoren	Onderwijs	Gezondheidszorg	Overige
efficiënte fluoresceente lampen	0,040	nvt	0,016	0,002	0,005	nvt
HF VSA	0,035	nvt	0,035	0,009	0,022	nvt
spiegeloptiekarmatuur	0,022	nvt	0,030	0,006	0,017	nvt
meer efficiënte verlichtingstechnieken	20 %	0,020	nvt	nvt	nvt	0,020

Bron: Icarus 4

Bij het berekenen van de energiebesparingen houden we rekening met de penetratiegraden vermeld in tabel 23 (zie ook berekeningwijze hoofdstuk 5.2).

7.2.2.6. Koken

Wat betreft koken – voor zover relevant voor een deelsector – vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie. We veronderstellen dat alle kookapparatuur uit 2003 tegen 2020 vervangen zal zijn door energiezuinige kookapparaten.;
- nieuwbouw en grondige renovatie. We veronderstellen over heel de tijdshorizon 2006-2030 het gebruik van energiezuinige kookapparaten.

Bij gebrek aan informatie veronderstellen we (voorlopig) dat alle koken met gas gebeurt, zodat omschakeling van elektriciteit naar gas (nog) geen optie is.

We veronderstellen dat in de deelsector horeca het gebruik van energiezuinige kookapparaten een energiebesparing voor koken van 10 % oplevert.

7.2.2.7. Elektrische apparatuur

Bij gebrek aan informatie definiëren we enkel maatregelen voor kantoorapparatuur en koel- en vriesapparaten, voor zover we het elektriciteitsgebruik door deze apparaten kunnen afzonderen van het overig elektriciteitsgebruik.

Wat betreft het elektriciteitsgebruik voor elektrische apparaten vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie: We veronderstellen dat alle elektrische apparaten uit 2003 tegen 2020 vervangen zullen zijn door efficiënte apparaten (met minstens een A-label in het geval van koel- en vriesapparaten)
- nieuwbouw en grondige renovatie: we veronderstellen over heel de tijdshorizon 2006-2030 het gebruik van energie-efficiënte apparatuur.

Tabel 28: Veronderstelde energiebesparing elektriciteitsbesparingsmaatregelen apparatuur

Maatregel	Handel	Horeca	Kantoren	Onderwijs	Gezondheidszorg	Overige
energie-efficiënte computers	nvt	nvt	20 %	nvt	nvt	nvt
energie-efficiënte printers	nvt	nvt	2 %	nvt	nvt	nvt
energie-efficiënte copieerapparaten	nvt	nvt	9 %	nvt	nvt	nvt
energie-efficiënte faxen	nvt	nvt	1 %	nvt	nvt	nvt
energie-efficiënte kantoorapparatuur	nvt	nvt	nvt	10 %	3 %	nvt
verminderen van het sluijgebruik	3 %	nvt	30 %	30 %	30 %	nvt
energie-efficiënt koelen en vriezen label B	15 %	15 %	nvt	nvt	nvt	nvt
energie-efficiënt koelen en vriezen label A	30 %	30 %	nvt	nvt	nvt	nvt

Bron: Icarus 4

Bij het berekenen van de energiebesparingen houden we rekening met de penetratiegraden vermeld in tabel 23 (zie ook berekeningwijze hoofdstuk 5.2).

7.2.2.8. Niet-elektrische apparatuur

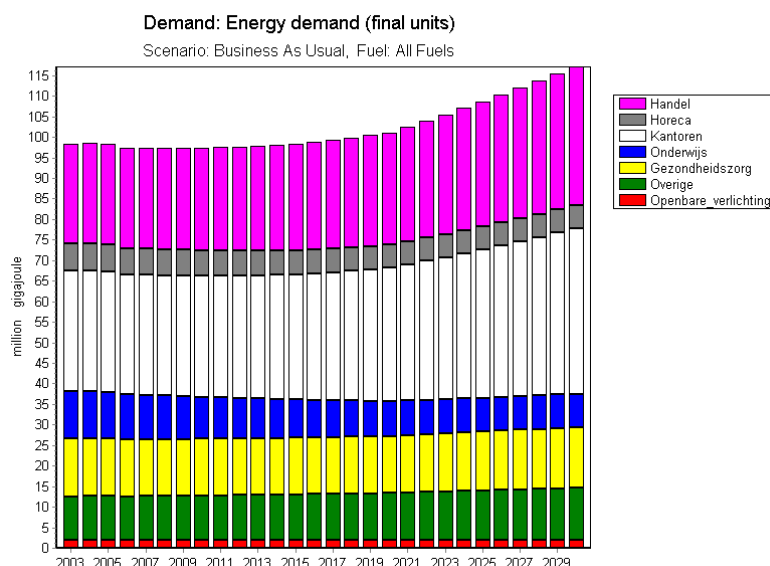
Bij gebrek aan informatie voorzien we voor niet-elektrische apparatuur geen besparingsmaatregelen.

7.2.3. Resultaten van het BAU-scenario

7.2.3.1. Resultaten energiegebruik per deelsector

Het energiegebruik in de sector handel en diensten stijgt in het BAU scenario van 98,2 miljoen GJ in 2003 naar 101,1 miljoen GJ in 2020 (+3,0% t.o.v. 2003) en verder naar 117,1 miljoen GJ in 2030 (+19,2% t.o.v. 2003).

Figuur 35: Evolutie van energiegebruik in de sector handel en diensten, per deelsector, in het BAU scenario (Vlaanderen, 2003-2030)



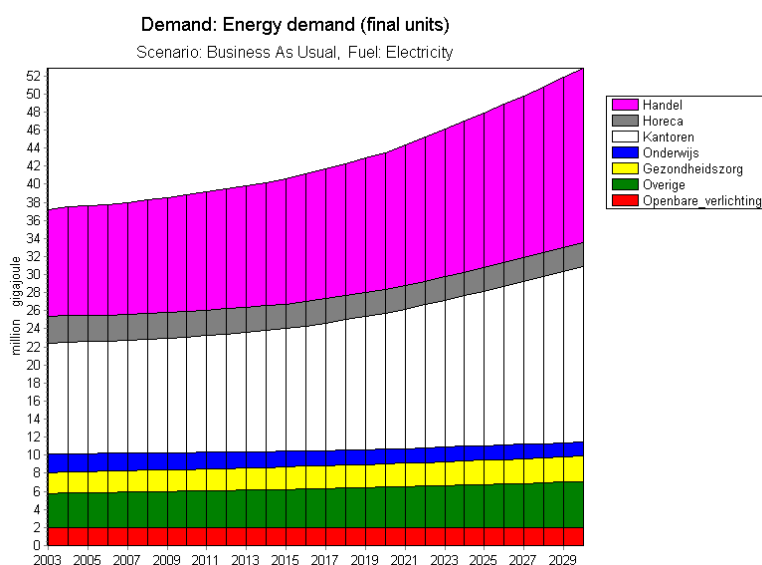
De maatregelen in het BAU-scenario zorgen ervoor dat het energiegebruik de (sterke) toename van de bruto vloeroppervlakte niet volgt (relatieve ontkoppeling) en dat het energiegebruik tot 2020 min of meer stabiel blijft op het niveau van 2003. Na 2020 zijn de effecten van de BAU-maatregelen echter grotendeels verdwenen en stijgt het energiegebruik terug tot ver boven het niveau van 2003.

7.2.3.2. Resultaten elektriciteitsgebruik per deelsector

Omdat LEAP niet *rechtstreeks* de broeikasgasemissies afkomstig van het elektriciteitsgebruik berekent (LEAP kan immers het *volledige* energiesysteem van een regio beschouwen, inclusief de productie en import van elektriciteit), bekijken we afzonderlijk het verloop van het elektriciteitsgebruik in het BAU-scenario. Het elektriciteitsgebruik delen door 0,40 geeft het primair energiegebruik, en hieraan kunnen we dan eventueel een emissiefactor voor broeikasgassen koppelen.

Het elektriciteitsgebruik in de sector handel en diensten stijgt in het BAU scenario van 37,7 miljoen GJ in 2003 naar 43,9 miljoen GJ in 2020 (+16,4% t.o.v. 2003) en verder naar 53,2 miljoen GJ in 2030 (+41,1% t.o.v. 2003).

Figuur 36: Evolutie van het elektriciteitsgebruik in de sector handel en diensten, per deelsector, in het BAU scenario (Vlaanderen, 2003-2030)

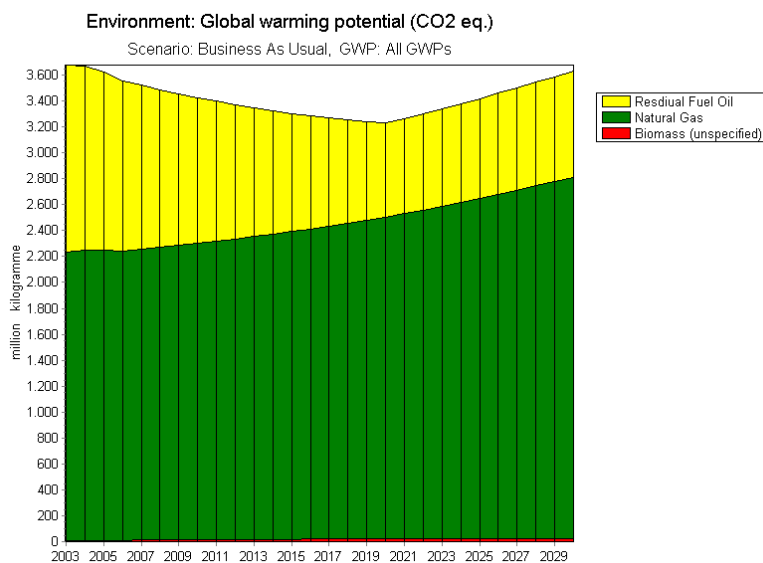


Het verdwijnen van elektrische verwarming en de vervanging van inefficiënte verlichting en elektrische apparaten door efficiënte(re) verlichting en apparaten zorgt er voor dat het elektriciteitsgebruik tot 2020 minder sterk stijgt dan de toename van de bruto vloeroppervlakte. Na 2020 zijn deze effecten echter grotendeels verdwenen.

7.2.3.3. Resultaten broeikasgasemissies (CO₂-eq.), per energiedrager

De broeikasgasemissies (exclusief deze onrechtstreeks afkomstig van het elektriciteitsgebruik) in de sector handel en diensten dalen in het BAU scenario van 3 677 10 duizend ton CO₂-eq. in 2003 naar 3 229,90 duizend ton CO₂-eq in 2020 (-12,2% t.o.v. 2003) en stijgen dan terug naar 3.632,40 duizend ton CO₂-eq. in 2030, bij puur toeval bijna exact hetzelfde niveau als in 2003 (-1,2% t.o.v. 2003).

Figuur 37: Evolutie van broeikasgasemissies in de sector handel en diensten, per energiedrager, in het BAU scenario (Vlaanderen, 2003-2030)



De merkbare daling van de broeikasgasemissies tot 2020 is het gevolg van twee effecten:

- de stabilisatie van het energiegebruik op het niveau van 2003;
- de geleidelijke vervanging van stookolie door aardgas voor ruimteverwarming en in mindere mate de productie van warm tapwater.

Na 2020 zijn deze effecten grotendeels verdwenen en stijgen de broeikasgasemissies opnieuw, maar blijven ze toch nog net onder het niveau van 2003, vooral dan dank zij het grote(re) aandeel van aardgas.

7.3. BAU-PLUS scenario

7.3.1. Activiteiten

In het BAU-PLUS scenario maken we een verder onderscheid tussen de (uit 2003) overlevende gebouwen die vanaf 2012 een renovatie ondergaan maar niet onder de EPR (PLUS) vallen, en de overige overlevende gebouwen. We definiëren extra besparingsmaatregelen op het energiegebruik voor ruimteverwarming enkel voor de *gerenoveerde* overlevende fractie. We veronderstellen dat vanaf 2012 de renovatie lineair toeneemt en dat tegen 2030 – in principe – 60% van de in dat jaar nog overlevende fractie een renovatie zal hebben ondergaan.

In het BAU-PLUS scenario gaan we ervan uit dat strengere energieprestatienormen (EPR-PLUS) voor pas zullen gelden voor alle nieuwbouw en grondige renovatie *na 2012*

7.3.2. Energiefuncties

7.3.2.1. Ruimteverwarming

Wat betreft de nuttige energie-intensiteit ('useful energy intensity') vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- gerenoveerd deel van de overlevende fractie. De nuttige energie-intensiteit voor ruimteverwarming voor de *gerenoveerde* gebouwen daalt door toenemende isolatie. We gaan hierbij uit van een gemiddelde thermische weerstand $R_c=3$ voor zowel daken, gevels als vloeren; een U-waarde = 0,6 voor beglazing; maar niet van warmteterugwinning op gebalanceerde ventilatie;

- nieuwbouw en grondige renovatie waarop EPR-PLUS van toepassing is. In het BAU-PLUS scenario gaan we ervan uit dat voor alle nieuwbouw en grondige renovatie *na 2012* strengere energieprestatienormen zullen gelden (EPR PLUS). We gaan hierbij uit van een gemiddelde thermische weerstand $R_c=4$ voor zowel daken, gevels als vloeren; een U-waarde = 0,6 voor beglazing; en van warmteterugwinning op gebalanceerde ventilatie.

Tabel 29: Veronderstelde besparingen van energiebesparingsmaatregelen ruimteverwarming (*)

Maatregel	Handel	Horeca	Kantoren	Onderwijs	Gezondheidszorg	Overige
isolatie van de muren ($R_c=4$)	18 %	18 %	0,076 G	0,076 G	0,076 G	18 %
isolatie van de vloeren ($R_c=4$)	11 %	11 %	0,048 G	0,048 G	0,048 G	11 %
isolatie van de daken ($R_c=4$)	14 %	14 %	0,060 G	0,060 G	0,060 G	14 %
HR+ glas ($U=0,6$)	11 %	11 %	0,048 G	0,048 G	0,048 G	11 %
Warmteterugwinning	0,095 G	25 %	0,095 G	0,095 G	0,095 G	0,095 G
tochtsluizen en luchtgordijnen	50 %	nvt	nvt	nvt	nvt	Nvt

(*) Voor veronderstellingen inzake $R_c=3$ zie BAU-scenario.

Bron: Icarus 4

Bij het berekenen van de energiebesparingen houden we rekening met de penetratiegraden vermeld in tabel 23 (zie ook berekeningwijze hoofdstuk 5.2).

Vermits we reeds in het BAU scenario rekening hebben gehouden met het effect van het isoleren van de leidingen en het optimaliseren van de regeling op het totaal rendement, veronderstellen we voor het BAU-PLUS scenario geen verdere verbeteringen van het systeemrendement of van het totaal rendement.

Wat betreft de verwarmings-installaties vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- gerenoveerd deel van de overlevende fractie. We gaan ervan uit dat alle verwarmingsinstallaties uit 2003 tegen 2020 vervangen zullen zijn. De vervanging gebeurt lineair. Het gebruik van *warmtepompen* neemt vanaf 2012 lineair toe om tegen 2030 een aandeel van – in principe – 10% te bereiken. Het aandeel van HR of condenserende ketels op olie daalt van 20% in 2020 lineair naar 15% à 0% (afhankelijk van de deelsector) in 2030. Het resterende deel wordt ingevuld door HR of condenserende ketels op aardgas;
- nieuwbouw en grondige renovatie waarop EPR-PLUS van toepassing is. We veronderstellen dat het aandeel van HR of condenserende ketels op olie lineair daalt van – in principe – 20% in 2006 naar 10% à 0% (afhankelijk van de deelsector) in 2030. Het gebruik van *warmtepompen* neemt vanaf 2012 lineair toe om tegen 2030 een aandeel van – in principe – 10% te bereiken. Het resterende deel wordt ingevuld door HR of condenserende ketels op aardgas.

7.3.2.2. Productie van warm tapwater

Wat betreft de installaties voor de productie van warm tapwater vertrekken we in het BAU-PLUS scenario van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie: we gaan ervan uit dat alle installaties van de productie voor warm tapwater uit 2003 tegen 2020 vervangen zullen zijn. Het aandeel van elektrische boilers daalt lineair van – in principe – 20% in 2020 naar 0% tegen 2030. Het aandeel van combi-ketels op olie daalt van 20% in 2020 naar – in principe – 10% à 0% (afhankelijk van de deelsector) in 2030. Het gebruik van zonneboilers kent over de tijdshorizon 2003-2030 een lineaire stijging tot – in principe - 20% in 2030. Het resterende aandeel wordt ingevuld door HR of condenserende combi-ketels op aardgas;
- nieuwbouw en grondige renovatie: we veronderstellen dat het aandeel van HR combi-ketels op olie lineair daalt van – in principe – 10% in 2006 naar 0% in 2030. Het gebruik van zonneboilers kent over de tijdshorizon 2003-2030 een lineaire stijging tot – in principe – 20% in 2030. Het resterende aandeel wordt ingevuld door HR of condenserende combi-ketels op aardgas.

We hebben – voor zover relevant – reeds in het BAU-scenario rekening gehouden met debietbegrenzers. We veronderstellen (voorlopig) in het BAU-PLUS scenario geen bijkomende maatregelen ter vermindering van het gebruik van warm tapwater.

7.3.2.3. Ruimtekoeling

Bij gebrek aan informatie veronderstellen we (voorlopig) in het BAU-PLUS scenario geen bijkomende maatregelen wat betreft het beperken van het energiegebruik voor ruimtekoeling.

7.3.2.4. Bevochtiging

Wat betreft bevochtiging vertrekken we van de volgende uitgangspunten:

- overlevende fractie: geen bijkomende maatregelen in het BAU-PLUS scenario;
- nieuwbouw en grondige renovatie: we veronderstellen dat – voor zover relevant – vanaf 2012 de toepassing van ultrasone bevochtiging lineair toeneemt tot 100% in 2030.

7.3.2.5. Hulpfuncties

We veronderstellen (voorlopig) in het BAU-PLUS scenario geen bijkomende maatregelen t.o.v. het BAU scenario wat betreft het beperken van het energiegebruik door pompen en ventilatoren.

7.3.2.6. Verlichting

De vervanging van conventionele verlichting door efficiënte verlichting is zoals in het BAU scenario. In het BAU-PLUS scenario houden we verder expliciet rekening met het effect van de regeling van verlichting op het elektriciteitsgebruik voor verlichting:

- overlevende fractie: door de geleidelijke toepassing van daglichtafhankelijke regeling (DAV), aanwezigheidsdetectie (AWD), en – enkel in de deelsector handel – het gebruik van energiezuinige *accentverlichting* – zal de finale energie-intensiteit voor verlichting lineair dalen van 2012 tot 2030;
- nieuwbouw en grondige renovatie. We veronderstellen een toepassing van DAV, AWD en – enkel in de deelsector handel – het gebruik van energiezuinige *accentverlichting* – voor alle nieuwbouw en grondige renovatie vanaf 2012.

Tabel 30: Veronderstelde energiebesparing energiebesparingsmaatregelen verlichting

Maatregel	Handel	Horeca	Kantoren	Onderwijs	Gezondheidszorg	Overige
DAV	nvt	nvt	0,009 GJ/m ²	0,002 GJ/m ²	0,004 GJ/m ²	nvt
DAV + optimale lichtinval	30 %	nvt	nvt	30 %	nvt	nvt
AWD	0,005 GJ/m ²	nvt	0,009 GJ/m ²	0,002 GJ/m ²	0,004 GJ/m ²	nvt
efficiënte accentverlichting	25 %	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt

Bron: Icarus 4

Bij het berekenen van de energiebesparingen houden we rekening met de penetratiegraden vermeld in tabel 23 (zie ook berekeningwijze hoofdstuk 5.2).

7.3.2.7. Koken, elektrische en niet-elektrische apparatuur

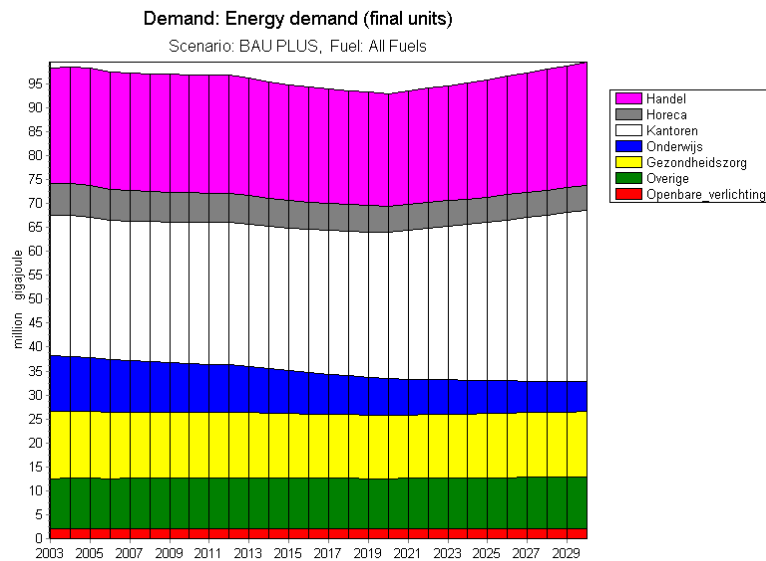
We veronderstellen (voorlopig) in het BAU-PLUS scenario geen bijkomende maatregelen wat betreft het beperken van het energiegebruik voor koken, elektrische en niet-elektrische apparatuur.

7.3.3. Resultaten van het BAU-PLUS scenario

7.3.3.1. Resultaten energiegebruik per deelsector

Het energiegebruik in de sector handel en diensten daalt in het BAU-PLUS scenario van 98,2 miljoen GJ in 2003 naar 92,9 miljoen GJ in 2020 (-5,4% t.o.v. 2003) om dan terug te stijgen naar 99,5 miljoen GJ in 2030, bij puur toeval net iets hoger dan het niveau van 2003 (+1,3% t.o.v. 2003). Er is in het BAU-PLUS scenario wat betreft energiegebruik dus sprake van een *relatieve* ontkoppeling maar nog niet van een *absolute* ontkoppeling.

Figuur 38: *Evolutie van energiegebruik in de sector handel en diensten, per deelsector, in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2003-2030)*

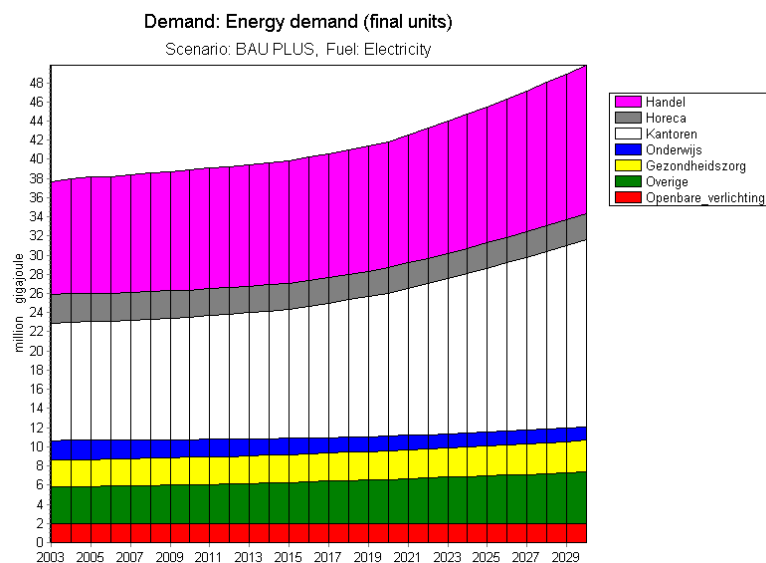


De maatregelen in het BAU-PLUS scenario zorgen ervoor dat – in tegenstelling tot het BAU scenario – het energiegebruik de (sterke) toename van de bruto vloeroppervlakte ook *na 2020* niet volgt, maar kan toch niet verhinderen dat het energiegebruik in 2030 uiteindelijk op bijna hetzelfde niveau eindigt als in 2003.

7.3.3.2. Resultaten elektriciteitsgebruik per deelsector

Het elektriciteitsgebruik in de sector handel en diensten stijgt in het BAU scenario van 37,7 miljoen GJ in 2003 naar 41,8 miljoen GJ in 2020 (+ 10,9 % t.o.v. 2003) en verder naar 49,8 miljoen GJ in 2030 (+32,1% t.o.v. 2003).

Figuur 39: *Evolutie van het elektriciteitsgebruik in de sector handel en diensten, per deelsector, in het BAU scenario (Vlaanderen, 2003-2030)*



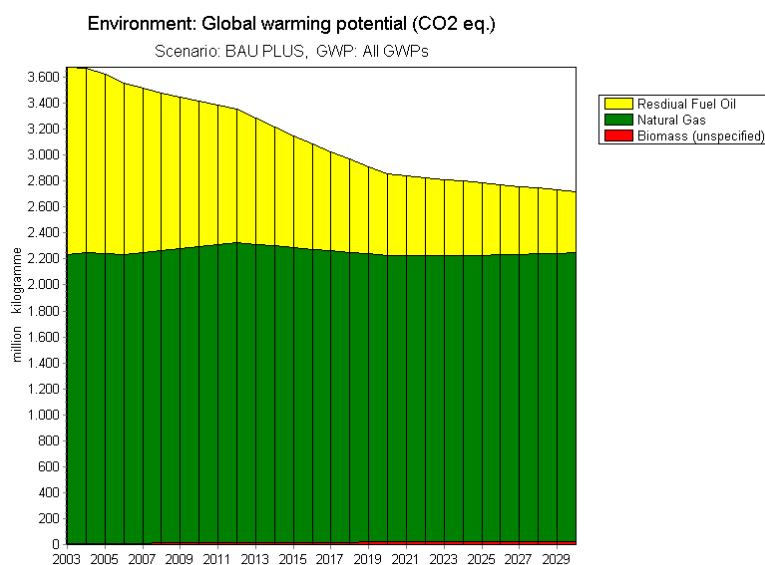
De relatieve ontkoppeling na 2020 van het elektriciteitsgebruik met de toename van de bvo is veel minder sterk dan voor het brandstoffengebruik, omdat in het BAU-PLUS na 2020 relatief weinig

maatregelen voor het beperken van het elektriciteitsgebruik zijn opgenomen. Praktisch alle elektrische installaties en apparaten zijn na 2020 vervangen door energie-efficiënte installaties en apparaten, en we hebben geen informatie van hoe apparaten na 2020 nog efficiënter kunnen worden.

7.3.3.3. Resultaten broeikasgasemissies (CO₂-eq.), per energiedrager

De broeikasgasemissies (exclusief deze onrechtstreeks afkomstig van het elektriciteitsgebruik) in de sector handel en diensten dalen in het BAU scenario van 3 677,10 duizend ton CO₂-eq. in 2003 naar 2 852,50 duizend ton CO₂-eq in 2020 (-22,4 % t.o.v. 2003) en verder naar 2 718,20 duizend ton CO₂-eq. in 2030 (-26,1% t.o.v. 2003).

Figuur 40: Evolutie van broeikasgasemissies in de sector handel en diensten, per energiedrager, in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2003-2030)



De merkbare daling van de broeikasgasemissies tot 2030 is het gevolg van twee effecten:

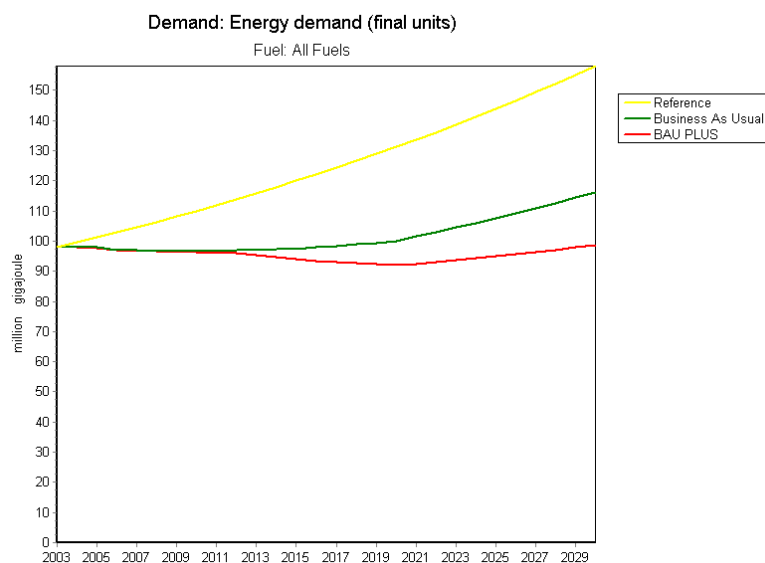
- de stabilisatie van het energiegebruik op het niveau van 2003 tot 2030 i.p.v. tot 2020 zoals in het BAU scenario;
- de geleidelijke vervanging van stookolie door aardgas voor ruimteverwarming en in mindere mate de productie van warm tapwater.

De broeikasgasemissies (onrechtstreeks) afkomstig van het toenemende elektriciteitsgebruik relativeren enigszins de (merkbare) daling van de broeikasgasemissies afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen, tenzij we in het BAU-PLUS scenario er van uitgaan dat de opwekking van elektriciteit in de toekomst op meer energie- en milieuvriendelijke manieren zal gebeuren. Het opnemen van een module elektriciteitsopwekking in LEAP viel buiten het kader van dit onderzoek.

7.3.4. Vergelijkend overzicht van de verschillende scenario's

LEAP biedt de mogelijkheid om de resultaten van verschillende scenario's (grafisch) met elkaar te vergelijken. We tonen enkele voorbeelden.

Figuur 41: *Evolutie van het energiegebruik volgens referentie-, BAU en BAU-PLUS scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)*

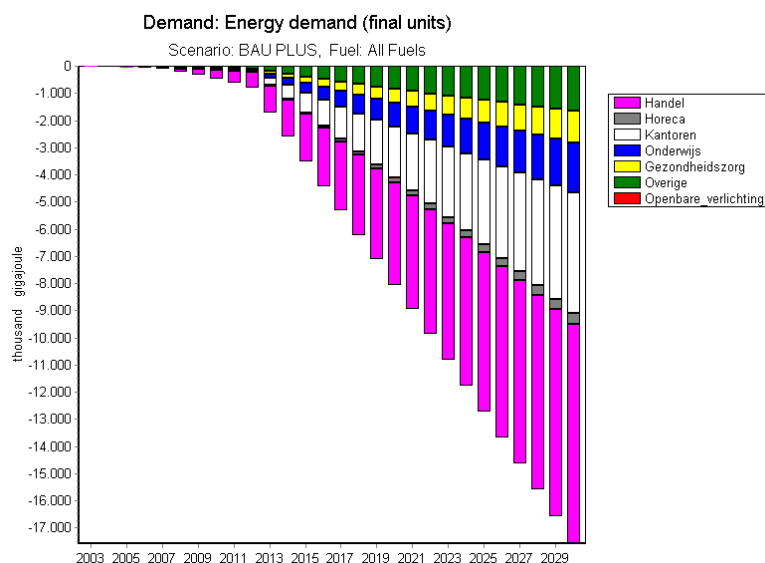


We zien dat:

- de effecten van BAU-PLUS – bij veronderstelling – vooral pas na 2012 zichtbaar worden;
- de effecten van BAU-PLUS t.o.v. BAU minder sterk is dan van BAU t.o.v. het referentiescenario. De maatregelen van BAU-PLUS zouden tot een sterkere daling van het energiegebruik leiden indien we meer dan 60% renovatie van de uit 2003 overlevende gebouwen veronderstellen, en/of indien we een groter percentage aan sloop en grondige vernieuwbouw veronderstellen. In LEAP zijn dergelijke veronderstellingen makkelijk in te voeren, en de resultaten zijn in 'real time' beschikbaar;
- een (veel) minder sterke veronderstelde groei van de bvo in het referentiescenario er zou toe kunnen leiden dat tegen 2030 een stabilisatie van het energiegebruik reeds wordt bereikt in het BAU scenario, en een merkbare daling van het energiegebruik t.o.v. 2003 in het BAU-PLUS scenario.

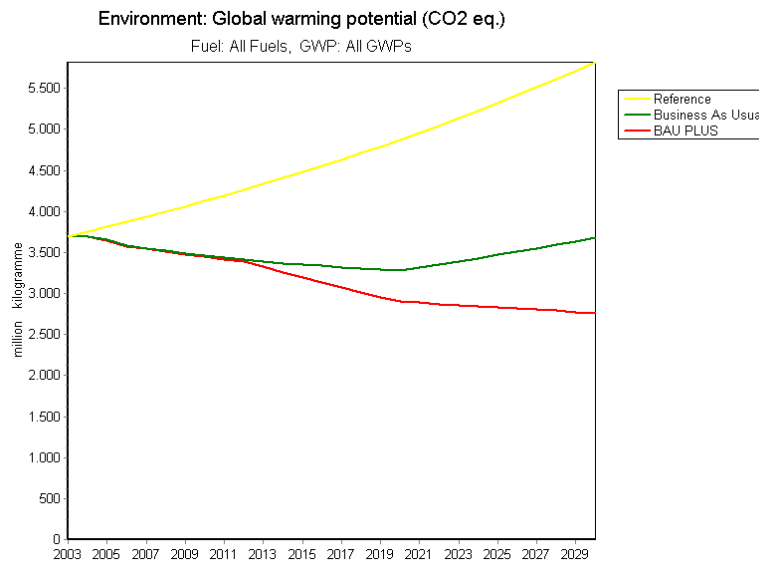
In de volgende figuur tonen we – vooral ter illustratie – nog een grafische weergavemogelijkheid van LEAP.

Figuur 42: *Relatieve afname van het energiegebruik in het BAU-PLUS scenario t.o.v. het BAU scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)*



De opvallende afname van het energiegebruik in de deelsector handel is vooral het gevolg van de veronderstelde toepassing van tochtluizen of luchtgordijnen, waardoor de nuttige energie-intensiteit ('useful energy intensity') merkelijk zou afnemen.

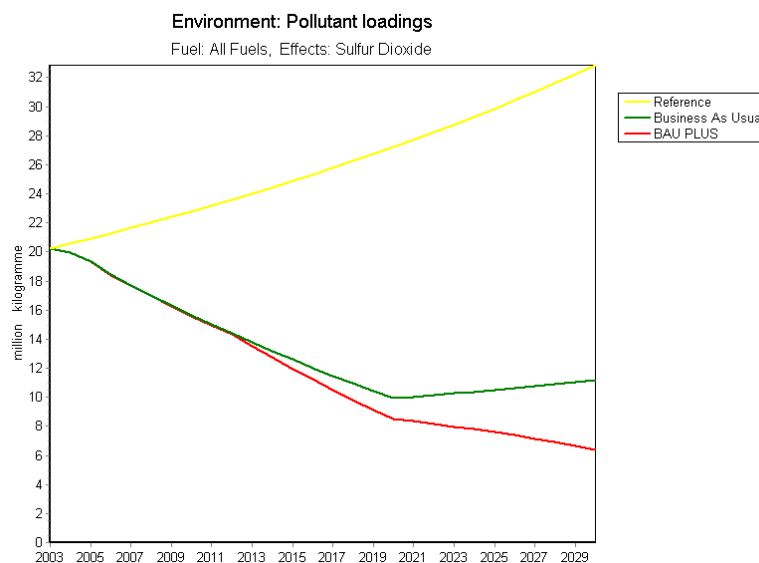
Figuur 43: *Evolutie van broeikasgasemissies volgens referentie-, BAU en BAU-PLUS scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)*



Dat we ondanks de stabilisatie van het energiegebruik (in het BAU-PLUS scenario) toch een daling van de broeikasgasemissies (exclusief elektriciteitsgebruik) noteren heeft uiteraard te maken met de grote (veronderstelde) omschakeling van olie naar aardgas voor voornamelijk ruimteverwarming.

LEAP berekent niet alleen broeikasgasemissies, maar ook emissies van andere pollutanten, zoals bijvoorbeeld zwaveldioxide (SO₂).

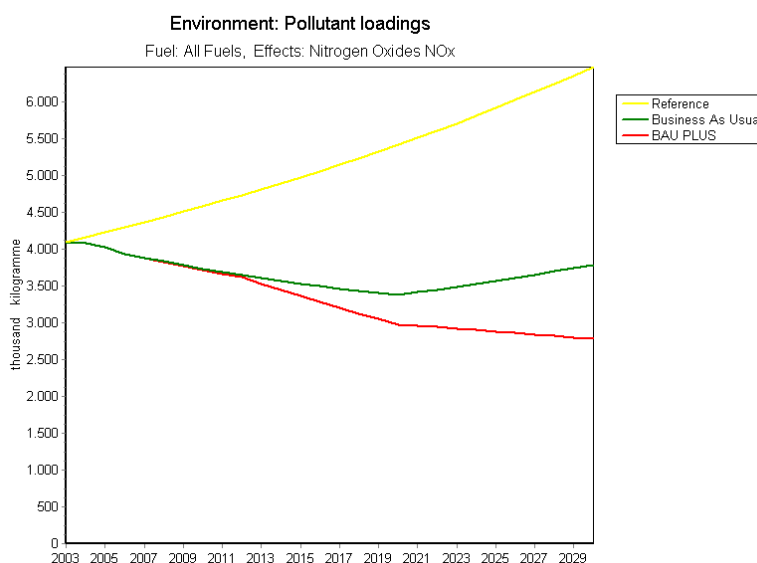
Figuur 44: *Evolutie van de emissies van zwaveldioxide volgens referentie-, BAU en BAU-PLUS scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)*



De uitgesproken daling van de SO₂-emissies is niet zozeer het gevolg van een dalend energiegebruik dan wel van de omschakeling van olie naar aardgas bij een gestabiliseerd energiegebruik.

Een ander voorbeeld is het verloop van de emissies van stikstofoxiden.

Figuur 45: Evolutie van de emissies van stikstofoxiden volgens referentie-, BAU en BAU-PLUS scenario in de sector handel en diensten (Vlaanderen, 2003-2030)



De emissies van stikstofoxiden dalen niet zo uitgesproken als deze van zwaveloxiden, omdat de emissies van stikstofoxiden niet zozeer afhangen van het type energiedrager dan wel van de verbrandingskarakteristieken.

LEAP biedt nog talloze andere mogelijkheden voor het voorstellen van de resultaten, maar die komen wellicht beter tot hun recht bij een 'live demonstratie'.

7.4. Kosten in het BAU-PLUS scenario

7.4.1. Veronderstellingen

Ter illustratie hebben we LEAP voor het BAU-PLUS scenario een aantal kosten laten doorrekenen. We benadrukken dat deze oefening vooral bedoeld is om de mogelijkheden van LEAP te tonen. Gebrek aan gedetailleerde informatie laat niet toe om een zeer betrouwbare en volledige kosten-baten analyse uit te voeren. Het deel over scenario-analyses beschrijft de verschillende scenario's in meer detail.

De kosten in het BAU-PLUS scenario zijn *incrementele*²⁴ kosten, i.e. extra kosten t.g.v. energiebesparende maatregelen die de (deel)sectoren niet verplicht zijn uit te voeren in het BAU-scenario. We hebben in dit voorbeeld geen kosten doorgerekend voor het BAU-scenario (t.o.v. het referentie-scenario). Het is in vele scenariostudies gebruikelijk om het BAU-scenario – wat betreft kosten – als "referentie" te nemen, omdat de (deel)sectoren in het BAU-scenario hoe dan ook (wettelijk) verplicht zijn de in het BAU-scenario beschreven maatregelen te implementeren. Het is echter best mogelijk om in LEAP de kosten van BAU t.o.v. de referentie door te rekenen, vermits het interessant kan zijn om te zien wat de kosten zijn van een gevoerd beleid (ook al is dat al in voege). In dit voorbeeld nemen we enkel de kosten mee *voor diegene die de maatregel uitvoert*, maar in principe is het ook mogelijk om met LEAP rekening te houden met de kosten van de overheid (in de vorm van campagnes, subsidies...).

De maatregelen waarvoor we in het BAU-PLUS scenario kosten hebben doorgerekend zijn:

- Bij renovatie van de overlevende fractie: isolatie van muren, daken en vloeren ($R_c = 3$) en isolerende beglazing ($U = 0,6$), in vergelijking met de bestaande isolatie in 2003;

²⁴ In investeringsanalyse of « capital budgeting » wordt de term « incrementeel » courant gehanteerd.

- Bij nieuwbouw EPR-PLUS: isolatie van muren, daken en vloeren ($R_c = 4$) en isolerende beglazing ($U = 0,6$), in vergelijking met ($R_c = 3$) en ($U = 1,2$) voor EPR;
- Bij zowel renovatie als nieuwbouw: het gebruik van een warmtepomp voor ruimteverwarming;
- Bij zowel renovatie als nieuwbouw: het gebruik van zonneboilers voor de productie van warm tapwater;
- Bij nieuwbouw EPR-PLUS: het gebruik van ultrasone bevochtiging i.p.v. conventionele elektrisch gevoede bevochtiging;
- Bij zowel renovatie als nieuwbouw: regeling van de verlichting als combinatie van DAV (daglicht afhankelijke verlichting) en AWD (aanwezigheidsdetectie).

De gebruikte kostenmethode is steeds *kosten per eenheid activiteit* (€/m² bvo).

Om de kosten om ze zetten naar jaarlijkse equivalenten (“annuïteiten”) hebben we een aantal veronderstellingen moeten maken wat betreft rentevoet (“delgingsfactor”) en (economische) levensduur. LEAP beschikt over een speciale functie (“AnnualizedCost”) om – indien gewenst – deze omzetting binnen het programma zelf door te voeren. Deze functie laat tevens toe om – voor zover relevant – de jaarlijkse werkingskosten in te voeren²⁵.

De volgende tabellen expliciteren de veronderstellingen die wij voor deze kosten oefening hebben gemaakt.

Tabel 31: Veronderstelde kosten BAU-PLUS maatregelen i.v.m. gebouwenschil

Sector	Rentevoet [%]	Levensduur (j)	Renovatie ($R_c=3$) + beglazing ($U=0,6$) tov mix 2003 [euro/m ²]	Nieuwbouw ($R_c=4$) + beglazing ($U=0,6$) tov [$R_c=3$ & $U=1,2$] [euro/m ²]
Handel	5%	50	0,90	1,24
Horeca	5%	50	0,65	0,91
Kantoren	5%	50	0,65	1,03
Onderwijs	5%	50	0,66	1,01
Gezondheidszorg	5%	50	0,66	1,01
Overige	5%	50	1,00	1,72

De kosten voor het gebruik van warmtepompoilers en zonneboilers zijn bij veronderstelling dezelfde bij renovatie en nieuwbouw. Rentevoet (rentevoet) en (economische) levensduur zijn voor beide opties gelijk.

Tabel 32: Veronderstelde kosten BAU-PLUS warmtepompoilers en zonneboilers

Sector	Rentevoet [%]	Levensduur [j]	Warmtepompoiler Investering en Werking [euro/m ²]	Zonneboiler Investering en Werking [euro/m ²]
Handel	5%	15	0,09	0,02
Horeca	5%	15	0,09	0,02
Kantoren	5%	15	0,09	0,01
Onderwijs	5%	15	0,09	0,01
Gezondheidszorg	5%	15	0,09	0,06
Overige	5%	15	0,09	0,02

Voor ultrasone bevochtiging kunnen we een onderscheid maken tussen (geannualiseerde) investeringskosten en (jaarlijkse) werkingskosten. In LEAP worden beide samen als één (jaarlijkse) kost ingevoerd.

²⁵ De vorm van de functie in LEAP is AnnualizedCost(CapitalCost, Lifetime, InterestRate, AnnualOMCost). De betekenis van de parameters spreekt voor zich.

Tabel 33: Veronderstelde kosten BAU-PLUS ultrasone bevochtiging

Sector	Rentevoet [%]	Levensduur [j]	Investering [euro/m ²]	Werking [euro/m ²]
Handel	5%	15	1,45	0,03
Horeca	5%	15	1,45	0,03
Kantoren	5%	15	1,45	0,03
Onderwijs	5%	15	1,45	0,03
Gezondheidszorg	5%	15	1,45	0,03
Overige	5%	15	1,45	0,03

De veronderstellingen wat betreft het gecombineerd gebruik van DAV en AWD zijn als volgt.

Tabel 34: Veronderstelde kosten BAU-PLUS regeling verlichting (DAV + AWD)

Sector	Rentevoet [%]	Levensduur [j]	Investering en Werking [euro/m ²]
Handel	5%	15	2,00
Horeca	5%	15	2,00
Kantoren	5%	15	2,01
Onderwijs	5%	15	2,00
Gezondheidszorg	5%	15	1,98
Overige	5%	15	2,00

Op basis van deze kostengegevens kunnen we – louter ter illustratie – in de scenario-analyses de (extra) jaarlijkste kosten berekenen van het BAU-PLUS scenario t.o.v. het BAU-scenario.

7.4.2. Kosten in het BAU-PLUS scenario

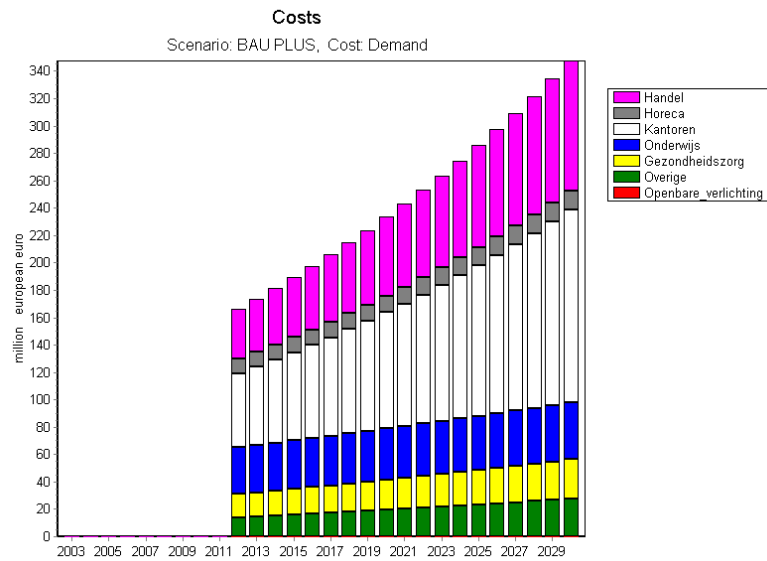
Vermits bij veronderstelling de relevante (extra) maatregelen in het BAU-PLUS scenario maar vanaf 2012 en volgende gelden, zijn de (incrementele) kosten pas vanaf dat jaar zichtbaar.

De jaarlijkse (investerings- en werkings-)kosten stijgen van 166,0 miljoen euro in 2012 naar 347,6 miljoen euro in 2030. De stijging is louter het gevolg van het feit dat:

- elk jaar een bijkomend deel van de overlevende fractie van gebouwen wordt gerenoveerd;
- elk jaar additionele nieuwbouw wordt gerealiseerd waarvan we veronderstellen dat ze aan de strengere EPR-PLUS normen moeten voldoen.

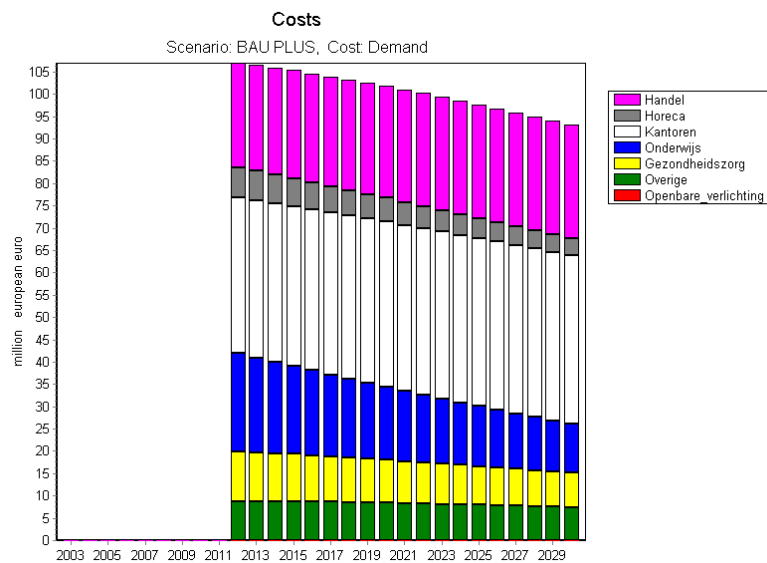
Het zijn dan ook niet toevallig de deelsectoren die de grootste groei vertonen die het leeuwenaandeel van de kosten voor zich opeisen.

Figuur 46: (niet verdisconteerde) Kosten in het BAU-PLUS scenario per deelsector



We demonstreren meteen ook de ingebouwde verdisconteringsmogelijkheid in LEAP, met als discontofactor 5% en basisjaar 2003.

Figuur 47: Verdisconteerde kosten in het BAU-PLUS scenario per deelsector



De verdisconteerde kosten dalen van 107,0 miljoen euro in 2012 naar 93,1 miljoen euro in 2030.

8. Referenties

- A.R.C.A.D.I.A.: *MED-PRO Technical Documentation version 1.0*, Grenoble-La Tronche, s.d.
- Aebischer B., Balmer M.A., Kinney S., Le Strat P., Shibata Y., Varone F.: *High Performance Commercial Building Systems Energy efficiency indicators for high electric-load buildings*, ECEEE 2003 Summer Study, Proceedings, St. Raphaël, Côte d'Azur, France, 2-7 June 2003.
- Aernouts K. en I. Moorkens, *Energy Consumption in the services sector in Flanders 1996*, confidential, Vito rapport 1998/PPE/R/153, Mol, 1998 (*)
- Alsema E.A. and Nieuwlaar E.: *ICARUS-4 A Database of Energy-Efficiency Measures for the Netherlands, 1995-2020*, Final Report, Report prepared for the Utrecht Centre for Energy Research (UCE) as a part of project nr. EB/99044645, contracted by: Netherlands Ministry of Economic Affairs Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Ecofys Energy and Environment, Report nr. NWS-E-2001-21, UCE (Utrecht Centre for Energy Research), September 2001.
- ANRE: *Energie besparen in de HORECA Tips en mogelijkheden voor rationeel energiegebruik op een rijtje*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel, 2003.
- ANRE: *EU-GreenLight-programma Betere verlichting met minder energie*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, samen met Novem, Brussel, oktober 2003.
- ANRE: *de zonneboiler*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, samen met ODE Vlaanderen, Brussel, 1999.
- ASHRAE: *Handbook of Fundamentals*, Atlanta, 2001.
- Aton: *Grote zonneboilersystemen voor ziekenhuizen, bejaardenhuizen, hotels, landbouw en veeteelt*, folder, Veenoord, januari 2002.
- Beccali M., Mazzarella L. and Motta M.: *Simplified Models for Building Cooling Energy Requirement*, paper presented at the Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, Brazil, August 13-15, 2001.
- Beeldman, M., Kaan H.F., Römer J.C. en Boonekamp P.G.M.: *SAVE-module utiliteitsbouw: de modellering van energieverbruiksoptimaliseringen*, ECN-1-94-045, Petten, 1995.
- Belgische baksteenfederatie: *Muren uit baksteen metselwerk, bepaling van de thermische isolatie*, brochure, Brussel, s.d.
- Bellens G.: *Naar een verhoogd thermisch comfort*, in: *Wonen met de Natuur*, nr. 33, 2005.
- BIM-IGBE: *Energieontwerp van een tertiair gebouw. Ontwerp en renovatie van een tertiair gebouw, De energie+-bestekken*, Brussel, versie juni 2005.
- Blok K, Chang M., Graus W. En Joosen S.: *Mogelijkheden voor versnelling van energiebesparing in Nederland*, ECS05021, ECOFYS, 21 juni 2005.
- BLOSO (Commissariaat-generaal voor de Bevordering van de Lichamelijke Ontwikkeling, de Sport en de Openluchtcreatie), *Aanwezige sportaccomodaties*, 2000.
- Bordass W., Cohen R., Standeven M. and Leaman A.: *Assessing building performance in use 3: Energy performance of the Probe buildings*, Building Research and Information 29 (2), pp. 114-128.
- Bouten E. en Sonnemans E.: *Monitoring EPN kantoren Eindconcept deel 1*, Damen consultants, in opdracht van Novem, s.l., 22 februari 2001.
- Bremmers P., Veltman A.T., Fernhout J.T.: *Energieverbruik in openbare verlichting en verkeersregelinstallaties, Eindrapport openbare verlichting*, ECN-C—00-095, ECN, October 2000.
- Buck Consultants International, *Ruimtelijk-economische aspecten kantoren en kantoorachtigen Vlaanderen*, In opdracht van: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Ruimtelijke Ordening, Huisvesting en Monumenten & Landschappen, Afdeling Ruimtelijke Planning, Nijmegen, april 2001.

- CADDET: *Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals*, Maxi Brochure 05, Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies (CADDET), Sittard, 1997.
- Capros P.: *The PRIMES Energy System Model Reference Manual*, National Technical University of Athens (NTUA), Athens, s.d.
- Cauberg J.J.M., van der Aa A., de Gidsing W.F.: *Hybrid Ventilation – An Integral Solution for Ventilation, Health and Energy*, TU-Delft, Faculty of Civil Engineering and Geoscience, 2001.
- de Boer B.J., Kaan H.F., Jong M.J.M., Koene F.G.H. en Strootman K.J.: *De optimale PZE-woning, Literatuurstudie, Conceptontwikkeling & Voorlopig Ontwerp*, ECN-C--03-002, ECN, april 2003.
- Decysis: EPB-software, Werking software, Handleiding bij versie 1.0, s.l., februari 2006.
- De Deene F., Loncke K., Martens A., Daems T., *Energiegebruik en energiebesparingspotentieel in de basis- en secundaire scholen in vlaanderen*, Vito, Mol, Maart 2001.
- De Deene F., Martens A., *Energiegebruik en energiebesparingspotentieel bij de overdekte zwembaden in Vlaanderen*, Vito, Mol, Augustus 2002.
- De Groote W., Chys H., De Jonghe L. en Verbruggen A.: *De energievraag en de – besparingsmogelijkheden in de tertiaire sector in België 1992 – 2003*, Studie uitgevoerd in opdracht van Electrabel NV, STEM vzw, Antwerpen, juli 1994.
- Desmedt J., Martens A., *Uitwerking van de methodologie voor de bepaling van het energiebesparingspotentieel in de handel en de horeca, en toepassing op een supermarktketen*, Vito, Mol, Oktober 2000.
- D'Hanis C. & Lassoie L.: *Schrijnwerk en beglazing : een modelpaar ?*, in: WTCEB-Contact, nr. 9, 1, 2006.
- Dusseldorp A., van Bruggen M., Douwes J., Janssen P.J.C.M. en Kelfkens G.: *Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu*, RIVM rapport 609021029/2004, RIVM, Bilthoven, 2004.
- Carbon Trust: *Energy Consumption Guide*, London:
 - ECG019 Energy use in offices, december 2000, minor revisions march 2003;
 - ECG036 Energy Efficiency in Hotels: A Guide for Owners and Managers, printed 1993, reprinted 1997;
 - ECG054 Energy efficiency in further and higher education – costeffective low energy buildings, february 1997;
 - ECG072 Energy consumption in hospitals, june 1996;
 - ECG073 Saving energy in schools. A guide for headteachers; governors; premises managers and school energy managers, november 1998;
 - ECG075 Energy use in Ministry of Defence establishments, september 1999;
 - ECG078 Energy use in sports and recreation buildings, september 2001;
 - ECG082 Energy use in Court Buildings, september 2002;
 - ECG084 Energy use in Prisons, february 2004;
 - ECG087 Energy use in Local Authority Buildings, september 2004.
- Electrabel: *Sanitair warmwaterproductie in de tertiaire sector en industrie*, brochure, Brussel, september 2003.
- Elzenga H. en Ros J.: *MEI-Energie: RIVM's energiebesparingsmodel*, in: *Kwartaalschrift Economie*, Jrg. 1, 2004, pp. 168-189.
- Elzenga H.E., Wesselink L.G., Ros J.P.M., Engelen R.F.J.M., Booij H., Blok K. en de Groot H.L.F.: *Model Effectiviteit Instrumenten – Energie Mechanismen, data en validatie*, RIVM rapport 550000001/2003, RIVM, Bilthoven, 2003.
- *Energie-Cités: The guide to Sustainable energy technologies for schools New solutions in energy utilisation*, with the support of the European Commission Directorate-General for Energy and Transport, Besançon, July 2000.
- European Communities: *Ventilation, Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy*, European Collaborative Action, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, Environment and Quality of Life, Report No 23, EUR 20741 EN, Joint Research Centre – Institute for health & Consumer Protection, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2003.

- European Green Building Forum: BRE Environmental Building, Garston, UK, 1996, Catalogue of Best Practice Examples, Produced by W/E Consultants Sustainable Building, The Netherlands, April 2001. www.w-e.nl
- Fanger P.O.: *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*, McGraw-Hill, New York, 1972.
- FEBELCEM: *Beton en rationeel energiegebruik*, Dossier cement 35, Brussel, juni 2005.
- FeBeCel: *Cellenbeton, Bouwsteen van de toekomst*, Brussel, 2000.
- FEDIS (Belgische federatie van de distributie-ondernemingen), De distributie in cijfers – statistisch overzicht – editie 2003
- Flamant G. en Schietecat J.: *Energieprestatie van actieve gevels – normatieve benaderingen*, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, s.d.
- Florax R.J.G.M. en de Groot H.L.F.: *De modellering van energiebesparing in toegepaste beleidsmodellen voor Nederland*, in: *Kwartaalschrift Economie*, Jrg. 1, 2004, pp. 123-130.
- FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, MVG WVC: *Capaciteit gezondheidsvoorzieningen, naar type gezondheidsvoorziening, 1998-2002*.
- Ghanadan R. and Koomey J.G.: *Using energy scenarios to explore alternative energy pathways in California*, in: *Energy Policy*, 33, 2005, pp. 1117-1142.
- Groot M.I.: *Energiebesparingsmogelijkheden in de ICT-sector Een verkenning voor Noord Nederland*, CE, Delft, maart 2005.
- Grundfos: *Building on Flow Thinking*, brochure, s.l., s.d. www.grundfos.com
- Gusbin D. en Hoornaert B.: *Energievooruitzichten voor België tegen 2030*, Federaal Planbureau, Brussel, januari 2004.
- Gysen B. en Hoes H.: *Koude-warmteopslag in watervoerende lagen voor klimaatregeling in gebouwen en industriële proceskoeling*, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (Vito), Mol, september 2001.
- Harmelink M. en Blok K.: *Elektriciteitsbesparing als alternatief voor de bouw van nieuwe centrales*, ECS04019, ECOFYS, Utrecht, Juli 2004.
- Heijmans N.: *De ventilatie van kantoorgebouwen*, in: *WTCB Contact*, nr. 3/3, 2004.
- Heiselberg P. (ed.): *Principles of Hybrid Ventilation*, Hybrid Ventilation Centre, Aalborg University, August 2002.
- Hendriksen L.J.A.M., Pesik J., van de Ven B.L.: *Milieu-analyse van de aanscherping van de EPC voor de U-bouw*, Eindrapport, TNO-rapport TNO-MEP—R 2000/, TNO, Apeldoorn, april 2001.
- Hens H.: *Toegepaste Bouwfysica 2*, Bouwdelen, ACCO, Leuven, 1999.
- Hens H., Ali Mohamed F., Verbeeck G.: *Using Energy Life Cycle Costs as an Instrument for Optimisation*, Proceedings of the Sustainable Building 2002 Conference, Oslo, Norway, September 23-25, 2002.
- Hens H.: *Energieverbruik van de residentiële en andere sectoren in Vlaanderen, vertrouwelijk rapport voor VITO 96/14/2*, Leuven, 1996 (*)
- Hens H.: *Tekstvoorstel voor de Energieprestatie-reglementering Woongebouwen*, Eindrapport Epigoon, 2002.
- Hens H.: *Bouwfysica 1: warmte en massatransport*, 4e grondig herwerkte druk, ACCO, Leuven, 2000.
- Hens H.: *De nieuwe EPB-wetgeving: Belangrijkste elementen, consequenties voor de gemeenten*, lezing voor de Provincie West-Vlaanderen 11 april 2005, KULeuven, 2005.
- Hens H.: *Integral Building Envelope Assessment*, Air, Vol 22, No 4, September 2001 (CD-ROM, AIVC CD1)
- Hens H.: *Lage temperatuurverwarming integreren in de energieaanpak van gebouwen*, presentatie Energieforum Heusden-Zolder 5 en 6 oktober 2005, KULeuven, 2005.
- Hens H.: *Model VERBMIR2 tertiaire sector*, s.l., s.d.
- Hens H.: *Toegepaste Bouwfysica en Installaties 3/2b*, Gebouw, energieverbruik, koeling, luchtbehandeling, Tweede, volledig herwerkte druk, ACCO, Leuven, 2002.

- Hoes H., Martens A: *Energiebesparingspotentieel in 47 kantoorgebouwen in Vlaanderen*, Vito, Mol, 29 juni 2001.
- Hoes H.: *Warmte/Koudeopslag in de bodem met demonstratie BEO, Mogelijkheden voor geo-energie*, presentatie op het Energieforum van CeDuBo te Zolder op 6 oktober 2005, VITO, Mol, 2005.
- Hooyberghs et al., *Uitbreiding en optimalisatie van de inventaris van het energieverbruik in de tertiaire en de huishoudelijke sectoren ten behoeve van de Vlaamse energiebalans*, Vito rapport 2004/IMS/R/072
- IBGE – BIM: *Bilan energetique de la région de Bruxelles-Capitale Rapport Final – Juillet 2003 5. Commerce par secteur 5.2. Domestique et équivalents 5.2.2. Tertiaire*, Bruxelles, Juillet 2003.
- IEA: *Hybrid Ventilation State-of-the-Art Review*, edited by Angelo Delsante and Tor Arvid Vik, Annex 35 Hybrid Ventilation in New and Retrofitted Office Buildings, IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems, s.l., s.d.
- Infomil: *Algemeen*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 2000.
- Infomil: *Detailhandel en ambachtsbedrijven met winkel*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 1999.
- Infomil: *Gebouwen*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 2001.
- Infomil: *Inspectie en onderhoud van stookinstallaties*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 2000.
- Infomil: *Kantoorgebouwen*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 1999.
- Infomil: *Recreatie*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 1998.
- Infomil: *School- en opleidingsgebouwen*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 1999.
- Infomil: *Sport*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 1998.
- Infomil: *Zorgsector*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 1999.
- Infomil: *Zwembaden*, Informatiecentrum Milieuvergunningen (Infomil), Den Haag, 2000.
- Informazout, *persdossier*, Brussel, februari 2005.
- Ingenium: *Algemene Handleiding, Energiebeheer bij het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2002-2004*, Brugge, 10 mei 2004.
- Ingenium: *Energie-audit Rapport “Martelaarsplein 19” (P21007) en “Koolstraat 35” (P21001), Energiebeheer bij het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap*, Brugge, 21 augustus 2003.
- Intech: *warmtepomp-special*, TNO-MEP, Apeldoorn, 2001.
- Isis: *Mure Database Manual, Tertiary Sector*, Roma, june 1999.
- Janssens A., Depraetere W. & Hens H.: *Invloed van Luchtinfiltratie op de Prestaties van Sterk Geïsoleerde Muren en Daken*, in: *Bouwfysica*, vol. 10, N° 4, 1999, pp. 22-28.
- Joosen S. en Blok K.: *Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change, Economic Evaluation of Carbon Dioxide Emission Reduction in the Household and Services Sectors in the EU, Bottom-up Analysis*, Final Report, ECOFYS, Utrecht, January 2001.
- K.V.B.G.: *Huishoudelijke condenserende ketels Technisch dossier*, Inforgas Speciaal dossier nr. 4, Linkebeek, December 2004.
- Kerssemeeckers M., ICARUS-4 Sector Study for the Services Sector, Report prepared for the Utrecht Centre for Energy Research (UCE) as a part of project nr. EB/99044645, contracted by: Netherlands Ministry of Economic Affairs Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Ecofys Energy and Environment, Utrecht, Juli 2001.
- Knebel D.E., *Simplified Energy Analysis Using the Modified Bin Method*, ASHRAE, Atlanta, GA, 1983.
- Koene F.G.H., Haartsen J., Bakker E.J., Brouwer J., Kaan H.F., Zondag H.A.: *Intelligente gevels in de utiliteitsbouw*, ECN-C--02-092, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), Petten, januari 2003.
- Koomey J.G., Richey R.C., Laitner S., Markel R.J. and Marnay Chr.: *Technology and Greenhouse Gas Emissions: An Integrated Scenario Analysis using the LBNL-NEMS model*, LBNL-42054n Lawrence Berkeley National Laboratory, September 1998.

- Koomey J.G.: Avoiding “The Big Mistake” in Forecasting Technology Adoption, LBNL-45383, Lawrence Berkeley National Laboratory, April 12, 2000.
- Koomey J.G.: Trends in Carbon Emissions from U.S. Residential and Commercial Buildings: Implications for Policy Priorities, LBNL-39421, Lawrence Berkeley National Laboratory, Published in the Proceedings for the Climate Change Analysis Workshop, Springfield, VA, June 6-7, 1996.
- Kulakowski S.L.: Large Organization’s Investments in Energy-Efficient Building Retrofits, LBNL-40895, Lawrence Berkeley National Laboratory, March 1999.
- Lecompte J.: Glastechnologie, Saint-Gobain-Glass Benelux, Brussel, s.d.
- Matsumoto T.: Energy Demand Model of Residential and Commercial Sectors of Cities: A Case Study of Tokyo, IGES. Proceedings of IGES/APN Mega-City Project, Kitakyushu, 23-25 January 2002.
- Ministère de la Région Wallonne, DGTRE - Service de l’Energie, La Régulation des Installations Frigorifiques en Climatisation de Bâtiments, Jambes, 1998.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Afdeling Informatie en Documentatie Onderwijs: *20 tips voor een energievriendelijke school*, Brussel, 2005.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Onderwijs, Statistisch jaarboek van het Vlaams onderwijs, schooljaar xxxx-xxxx (diverse jaargangen).
- Motor Challenge: *Improving Pumping System Performance, A Sourcebook for Industry*, Hydraulic Institute, January 1999.
- Mulder P.: NEMO: CPB’s energievraagmodel tussen top-down en bottom-up, in: Kwartaalschrift Economie, Jrg. 1, 2004, pp. 131-153.
- Netherlands Standardization Institute: NEN 2916:1998 Energy Performance of Non-Residential Buildings Determination Method, Delft, November 1999.
- NIS, 31.12.1968: Gebouwentelling: Deel 1. Rijk, provincies, arrondissementen. Deel 2. Voornaamste cijfers per gemeente: I. Provincies: Antwerpen, Brabant, Henegouwen; II. Provincies: Limburg; Luxemburg, Namen, Luik, Oost-Vlaanderen en West-Vlaanderen.
- NIS, Algemene volkstelling op 31 december 1961, Boekdeel 2 Gebouwentelling: 2/I: Rijk, provincies, arrondissementen. 2/II: Voornaamste cijfers per gemeente.
- NIS, Binnenlandse handel, Compendium 2003.
- NIS, Publieke, regionale en lokale gegevensbank: statistieken beschikbaar per gemeente (op vraag – computerverwerking op maat).
- Novem: *Bevochtiging in de utiliteitsbouw, Techniekinventarisatie en de ontwikkelingen op de middellange en lange termijn*, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, 11 augustus 1998.
- Novem: *Cijfers en Tabellen*, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), s.l., s.d.
- Novem: *CV-optimalisatie in utiliteitsgebouwen Een onderzoek naar (waterzijdig) inregelen in de praktijk*, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, mei 2003.
- Novem: *Daglichtsystemen Stand van de techniek en veelbelovende ontwikkelingen 1997*, brochure, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, 1998.
- Novem: *EnergiebesparingsMonitor gebouwde omgeving 2003*, Rapportage van SenterNovem in opdracht van VROM/DGW in het kader van Kompas, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, december 2004.
- Novem: *Energieopslag in de bodem bij acht bijeenkomstgebouwen*, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, december 1999.
- Novem: *Energieopslag in de bodem bij acht kantoren*, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Sittard, september 1998.
- Novem: *Energieopslag in de bodem bij vijf winkelcentra*, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, december 1999.
- Novem: *Monitor Energiebesparende Maatregelen in de gebouwde omgeving 2002*, Rapportage van Novem in opdracht van VROM/DGW in het kader van Kompas, Nederlandse onderneming voor energie en milieu (NOVEM), Utrecht, 2003.
- Novem: *Naar duurzaam comfort met lage temperatuur verwarming (LTV)*, Nederlandse Organisatie voor Energie en Milieu (NOVEM), Sittard, s.d.

- Novem: *Ventilatiesystemen, stand van de techniek en veelbelovende ontwikkelingen*, Nederlandse Organisatie voor Energie en Milieu (NOVEM), Sittard, 2000.
- ODE: *Warmtepompen voor woningverwarming*, brochure in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen (ODE-Vlaanderen), Kessel-Lo, 2002.
- OEE: *Commercial Building Incentive Program II Technical Guide*, Natural Resources Canada, Office of Energy Efficiency, Canada, 2000.
- Orme M.: *Energy Impact of Ventilation Estimates for the Service and Residential Sectors*, IEA Energy Conservation in Buildings & Community Systems Programme, Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC), Coventry, 1998.
- Ouwehand J., Papa T.G.J., Post E. en Taal A.C.: *Toegepaste Energietechniek*, m.m.v. D.H.J. Ter Hoeven, 2e herziene uitgave, Academic Service, Den Haag, 2004.
- Renson: *Healthy Building Concept*, Brochure, Waregem, s.d.
- Ricci A.: *MURE: Simulating Energy Efficiency Policies in the Italian Building Sector*, Istituto di Studi per l'informatica e i Sistemi ISIS, Rome. Paper presented at The IEA International Workshop on Technologies to Reduce Greenhouse Gas Emissions: Engineering-Economic Analyses of Conserved Energy and Carbon, Washington, D.C., 5-7 May 1999.
- Scrase I.: *White-collar CO₂ Energy consumption in the service sector*, The Association for the Conservation of Energy, London, August 2000.
- SenterNovem: *Handboek Handhaving EPN, gebaseerd op NEN 5128:2004 en NEN 2916:2004*, den Haag, Juli 2005. www.senternovem.nl/epn
- SenterNovem: *Strategisch Kader CO₂-reductie in de Gebouwde Omgeving 2004*, Den Haag, 12 juli 2004.
- SenterNovem: *Cijfers en tabellen 2006*, Den Haag, januari 2006. www.senternovem.nl
- Sezgen A.O., Huang Y.J., Atkinson B.A., Eto J.H. and Koomey J.G.: *Technology Data Characterizing Lighting in Commercial Buildings: Application to End-Use Forecasting with COMMEND 4.0*, LBL-34243, Lawrence Berkeley National Laboratory, May 1994.
- Sezgen O. and Koomey J.G.: *Interactions between Lighting and Space Conditioning Energy Use in U.S. Commercial Buildings*, LBNL-39795, Lawrence Berkeley National Laboratory, April 1998.
- Sezgen O. and Koomey J.G.: *Technology Data Characterizing Water Heating in Commercial Buildings: Application to End-Use Forecasting*, LBL-37398, Lawrence Berkeley National Laboratory, December 1995.
- Sezgen O., Franconi E.M., Koomey J.G., Greenberg S.E., Afzal A. and Shown L.: *Technology Data Characterizing Space Conditioning in Commercial Buildings: Application to End-Use Forecasting with COMMEND 4.0*, LBL-37065, Lawrence Berkeley National Laboratory, December 1995.
- Shipley D., Todesco G. and Adelaar M.: *Modelling a Nation of Buildings: Estimating Energy Efficiency Potential for Large Building Samples*, Marbek Resource Consultants, Ottawa, Ontario, s.d.
- Smeding S.F. en Bach P.W.: *Compacte thermische energieopslag bij kantoorgebouwen*, ECN--C-97-039, ECN, s.l., juni 1997.
- Studiegroep Omgeving: *Gebouwconcept en technische installaties Kamp C – Provinciaal Centrum Duurzaam Bouwen en Wonen*, Berchem, februari 2003.
- Techniplan Adviseurs: *Studie marktrijpheid warmtepompsystemen*, studie uitgevoerd in opdracht van SenterNovem, SNU-201X1-E-DK005C, Rotterdam, 29 april 2005.
- The Air Force Center for Environmental Excellence, *Light and Lighting*, Air Force Interior Design Guides 10, Brooks City-Base, San Antonio, s.d.
- Tilborghs G., Wildemeersch D. & De Schrijver K.: *Wonen en Gezondheid*, 3^{de} editie, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Gezondheidszorg, Brussel, 2005.
- TU-Delft: *Thermische behaaglijkheid als bouwprestatie Literatuuronderzoek naar recente wetenschappelijke ontwikkelingen*, uitgevoerd in opdracht van NOVEM en Rijksgebouwendienst, in samenwerking met ISSO, TU-Delft, faculteit Civiele techniek en Geowetenschappen, Delft, 11 juni 2002.

- Uges P.G.H.: *Beoordeling Technologie Dauwpuntkoeling*, gebaseerd op de TNO-rapportage met als auteurs N.R. Bootsveld en J. Afink, in: Koude & Luchtbehandeling, jaargang 96, nr. 1, januari 2003.
- US-DOE, Model Documentation Report: Commercial Sector Demand Module of the National Energy Modeling System, DOE/EIA-M066(2004), Office of Integrated Analysis and Forecasting, Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, Washington, D.C., February 2004.
- US-DOE, Model Documentation: Commercial Sector Energy Model, DOE/EI-0453, Prepared by: Demand Analysis and Forecasting Branch Longer Term Information Division, Energy Information Administration, Office of Energy Markets and End Use, U.S. Department of Energy, Washington, D.C., August 1984.
- US-DOE: *Fundamentals Handbook Mechanical Science, Volume 1 of 2*, DOE-HDBK-1018/1-93, U.S. Department Of Energy, Washington D.C., January 1993.
- US-DOE: *Pump Life Cycle Costs, A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems, Executive Summary*, DOE/GO-102001-1190, U.S. Department Of Energy Office of Industrial Technologies, Washington D.C., December 2000. www.oit.doe.gov/bestpractices
- US-DOE: *Variable Speed Pumping – A Guide to Successful Applications, Executive Summary*, DOE/GO-102004-1913, U.S. Department Of Energy Office of Industrial Technologies, Washington D.C., (draft) April 2004. www.oit.doe.gov/bestpractices
- van Arkel W.G., Jeeninga H., Menkveld M. en Ruig G.J.: *Energieverbruik van gebouwgebonden energiefuncties in woningen en utiliteitsgebouwen*, ECN-C-99-084, november 1999.
- van Arkel W.G.: *De 'grijze' bijdragen aan STATLINE Synthese van CBS-data en ECN-kennis met betrekking tot omzetting en verbruik van energie*, ECN-C--017, juli 2000.
- van Dijk G.H.J. en Overdiep J.J.: *Gasmotorwarmtepompen – drie casestudies*, in: TVVL magazine, 6/2004
- van Dril T.W.N.: *SAVE: De energievraag bottom-up*, in: *Kwartaalschrift Economie*, Jrg. 1, 2004, pp. 154-167.
- van Hoof J. en Hensen J.: *Nieuwe Nederlandse comfortnormen nader bekeken*, in: TVVL magazine, 1, 2005.
- van Gorkom F.H.J. & De Schrevel R.A.M.: *Afvallucht door warmtepomp geen weggegooid geld, Integratie heeft zo zijn voordelen*, in: *Vewarming en Ventilatie*, oktober 2002, pp. 461-465.
- Vandaele L.: *Gebouwen Duurzaam Koelen*, powerpoint presentatie CeDuBo Energieforum 2005 Workshop 'Passieve koeling', WTCB, Brussel, 2005.
- Vandaele L.: *Duurzame koeling van gebouwen*, studiedag "Verzorging van openbare gebouwen" Centrum Duurzaam Bouwen Heusden-Zolder 22 maart 2005, WTCB, Brussel, 2005.
- Van Roy P., Driesen J. en Belmans R.: *Rendementen en toepassingen van toerentalgeregelde aandrijvingen bij pompen*, cursustekst, KULeuven ESAT/ELECTA, Leuven, 2003.
- VEA (Vlaams Energie Agentschap): EPB-software versie 1.0. www.energiesparen.be
- VEA (Vlaams Energie Agentschap): powerpoint presentaties voor bouwers en verbouwers, lespakket module 4:
 - EPU: inleiding
 - EPU: ruimteverwarming, netto energiebehoefte
 - EPU: ruimteverwarming, van bruto energiebehoefte naar primair energieverbruik
 - EPU: koeling
 - EPU: hulpenergie
 - EPU: verlichting
 - EPU: synthese E-peilberekening
 - EPU: maatregelenpakketten
- Vermeulen W.J.V., Hovens J. en Groot C.: *Verklaring succes E-innovaties bij nieuwbouw van kantoren*, Universiteit Utrecht, 21 april 2004.

- VIPA: Evaluatiecriteria ecologisch bouwen ter beoordeling van de aanvragen voor investeringssubsidies in het kader van de VIPA-reglementering, informatie ter beschikking gesteld door Cenergie cvba en Energie Duurzaam vzw, in opdracht van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Ondersteuning Werking WVC, Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden (VIPA), Brussel, juni 2002.
- Vlaamse Gemeenschap: Decreet houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat voor gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat d.d. 07/05/2004, Energieprestatiedecreet, B.S. 30/07/2004.
- Vlaamse Regering: Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van de eisen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen, 11/03/2005.
- Willems E.M.M. & Op 't Veld P.J.M.: *Ventileren naar behoefte is de trend*, in: Verwarming en Ventilatie, januari 2004, pp. 46-49.
- Wouters P., Vandaele L., Van Orshoven D., Schietecat J., *De energie prestatie regelgeving (EPR). Aanzet tot betere energieprestaties van gebouwen en installaties*, VIBE, Hasselt, 2002.
- WTCB: Berekening van de totale zontoetreding en lichttransmissie Deel 1: Vereenvoudigde methode - EN 13363-1:2003, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, update april 2005.
- WTCB: Handleiding voor controle op toepassing isolatie- en ventilatiereglementering Deel VIII : Ventilatievoorzieningen in kantoren en scholen - Procedures voor controle, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, Juli 2000.
- WTCB: Handleiding voor controle op toepassing isolatie- en ventilatiereglementering Deel VI : Procedures voor thermische isolatie en netto-energiebehoeften, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, April 2001.
- WTCB: Handleiding voor controle op toepassing isolatie- en ventilatiereglementering Deel III : Specifieke informatie voor het Vlaams Gewest, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, September 2000.
- WTCB: HR-GLAS: glas met hoog rendement, Digest nr. 8, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, 1999.
- WTCB: Moderne kantoren: meer comfort met minder energie, Een gids voor bouwheer en bouwteam over binnenklimaat en energiegebruik, brochure gerealiseerd met de steun van het Vlaams Gewest, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, juni 2001.
- WTCB: Ventilatie van woningen Inleiding, Digest nr. 5, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, 1999.
- WTCB: Ventilatie van woningen Natuurlijke afvoer, Digest nr. 7, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, 1999.
- WTCB: Ventilatie van woningen Natuurlijke toevoer, Digest nr. 6, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), Brussel, 1999.

9. Begrippenlijst

- aanwezigheidsdetectie: een systeem waarbij een sensor vaststelt of één of meer personen in de ruimte aanwezig zijn
- absolute vochtigheid: de hoeveelheid waterdamp in grammen waterdamp per kilogram lucht. De eenheid is g/kg.
- absorptiekoelinstallatie: een koelinstallatie waarbij men energie direct in de vorm van warmte aan de koudecyclus toevoert.
- actieve gevel: een samengestelde gevel met een – meestal glazen – scherm voor de eigenlijke scheidingsconstructie tussen binnen en buiten. Tussen beide constructies is een spouw, waar een tussenklimaat heerst.
- adaptief gedrag: het aanpassen van activiteitsniveau en kleding, het openen en sluiten van ramen of het bedienen van ventilatoren
- adiabatische koeling: zie verdampingskoeling
- afgevoerde lucht: lucht die in de atmosfeer wordt geloosd.
- afvoerlucht: lucht die de te behandelen ruimte verlaat.
- air conditioning: zie luchtconditionering
- allergeen: een stof die bij gevoelige personen een ongewenste allergische reactie oproept.
- appendages: een verzamelnaam voor bochten, afsluiters, filters, terugslagkleppen enz. in een leiding
- aquifer: een watervoerende zandlaag in de grond, aan de boven- en onderzijde afgesloten door een waterdichte kleilaag.
- atrium: centraal in een gebouw gelegen, glasoverkapte ruimte die geheel en al omsloten is door het bewuste gebouw.
- axiaal ventilator: ventilator die de lucht axiaal aanzuigt en wegvoert
- benuttingsfactor (van de warmtewinst): de fractie van de warmtewinsten die leidt tot een vermindering van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming
- binnenlucht: lucht in de te behandelen ruimte of zone.
- bovenlicht: natuurlijk licht dat “van bovenaf schijnend” wordt ervaren.
- bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming: de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming gedeeld door het gemiddelde systeemrendement voor ruimteverwarming.
- buitengevelisolatie: isolatie aan de buitenzijde van een (meestal massieve) gevel
- buitenlucht: lucht die in het systeem of door openingen van buiten binnenkomt, vóór enige luchtbehandeling.
- candela: eenheid van lichtsterkte
- centrale verwarming: een installatie voor ruimteverwarming waarbij de centraal opgewekte warmte door een distributiesysteem in meer dan één ruimte wordt afgegeven
- centrifugaal ventilator: ventilator die de lucht axiaal aanzuigt, maar radiaal wegvoert
- coefficient of performance (van warmtepomp): de verhouding tussen de geleverde bruikbare warmte en de aandrijfenergie, i.e. de energie nodig voor het samendrukken van de damp.
- combiketel : een ketel die één brander gebruikt voor zowel de bereiding van warmtapwater als voor het verwarmen van het water voor de centrale verwarming.
- comforttemperatuur: het rekenkundig gemiddelde van de luchttemperatuur en de wandtemperatuur in die ruimte
- comfortventilatie: zie diffusieventilatie

- compactheidsgraad: de verhouding van de verliesgevende oppervlakte A_T (in m^2) ten opzichte van het ("beschermd") volume V (in m^3) van het gebouw
- compressiekoelmachine: een koelmachine die het gasvormig koudemiddel met een compressor op condensordruk brengt.
- condenserende ketel: een ketel die de nog niet benutte warmte (latente warmte of condensatiewarmte) in de verbrandingsgassen gebruikt om het terugvoerwater dat door de ketel stroomt voor te verwarmen.
- constant-debietsysteem (bij ventilatie): ventilatiesysteem waarbij het ventilatiedebiet ofwel nul (uit) is, ofwel een constante waarde (aan).
- daglichtfactor: de verhouding tussen de verlichtingssterkte op een horizontaal vlak in de binnenruimte en de verlichtingssterkte op een onbelemmerd horizontaal vlak buiten bij gestandaardiseerde lichtvoorwaarden buiten.
- daglichtregeling: een regeling die, zodra het verlichtingsniveau een vooraf ingestelde grenswaarde overschrijdt, het kunstlicht dimt.
- daglichtsysteem: een specifieke aanpassing aan een daglichtopening die de daglichttoetreding en/of -verdeling van het binnenkomende daglicht in de ruimte beïnvloedt.
- deurdranger: automatische deursluiser.
- diffusieventilatie: ventilatie door het inbrengen van verse lucht in een ruimte, het vermengen om de verontreinigde lucht te verdunnen, en het afvoeren van het verdunde mengsel.
- directe aandrijving: aandrijving waarbij men geen riemen gebruikt om transmissieverliezen te vermijden
- doorstroomlucht: binnenlucht die van de ene te behandelen ruimte naar de andere stroomt.
- doorstroomtoestel: een apparaat voor de bereiding van warmtapwater waarin het water tijdens het tappen wordt opgewarmd
- doublet: twee putten in een watervoerende zandlaag voor ondergrondse energie-opslag
- dubbel glas: twee glasplaten (4 tot 6 mm dik) en een spouw van 6 tot 15 mm, gevuld met droge lucht.
- emissiviteit (ϵ): de verhouding van het totale emissievermogen van een oppervlak t.o.v. het totale emissievermogen van een ideaal stralend oppervlak (i.e. zwart lichaam) bij een gegeven temperatuur.
- energy efficiency ratio (voor ruimtekoeling): de verhouding tussen de nuttig geleverde koude (koelvermogen) en de daarvoor benodigde aandrijfenergie, inclusief eventuele motorverliezen en exclusief energie voor hulpapparatuur (zie ook: coefficient of performance)
- E-peil: een globale maat voor de energiezuinigheid van gebouwen, uitgedrukt in termen van primair energiegebruik.
- exfiltratie: leklucht die het gebouw verlaat via lekpunten in de structurelementen die het gebouw van de buitenlucht scheiden.
- gebalanceerde ventilatie: ventilatie met mechanische toe- en afvoer van lucht.
- geiser: zie doorstroomtoestel
- geleidingsverliezen: de som van de warmtetransporten door de verliesoppervlakte van een beschermd volume.
- gesloten verwarmingstoestel: toestel gekenmerkt door een verbrandingskring (luchttoevoer, verbrandingskamer en rookgasafvoer) die volledig is afgesloten t.o.v. van de opstellingsruimte.
- groen dak: zie vegetatiedak
- g-waarde: de verhouding [fractie of in %] tussen de totale hoeveelheid zonne-energie (in het golflengtebereik van 300 – 2500 nm) die door de beglazing een ruimte binnenkomt, en de hoeveelheid energie die op de beglazing valt.
- herbruikte lucht: afvoerlucht die naar een luchtbehandelingsstelsel (bv. een convector) wordt teruggevoerd.
- hoogrendementsglas: glas met per definitie een U-waarde lager dan $2,0 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$.
- houtskeletbouw (HSB) gevel; een skelet van stijlen en regels met een tussenruimte van ongeveer 40-60 cm waartussen men de thermische isolatie plaatst

- HR-glas: zie hoogrendementsglas.
- hybride ventilatie: ventilatie waarbij de natuurlijke ventilatie gedurende een bepaalde tijd kan worden ondersteund of vervangen door mechanische ventilatie.
- indirecte zonnwinst: de winst aan warmte door de inval van zonnestraling op de dichte (niet-transparante) constructiedelen van de gebouwschil
- infiltratie: leklucht die het gebouw binnenkomt via lekpunten in de structurelementen die het gebouw van de buitenlucht scheiden.
- infiltratie: lucht die onbedoeld (ongecontroleerd, niet regelbaar) van buiten door een uitwendige scheidingsconstructie naar binnenstroomt via kieren, naden en andere lekken in de gebouwschil.
- interne warmteproductie: zie interne winsten
- interne winsten: de som van de vrijkomende warmte van personen, verlichting, ventilatoren en andere elektrische apparatuur
- isolatiemateriaal: materiaal met per definitie een λ -waarde lager dan 0,065 W/(m.K).
- kleurweergave-index: een schaal die de overeenkomst meet tussen de kleur van een object zoals dit door het oog wordt waargenomen en die van een referentie-lichtbron.
- klimaatgevel: zie actieve gevel.
- klimaatplafond: plafond met daarin opgenomen stralingspanelen die een lagere dan wel hogere temperatuur dan de ruimte hebben, zodat men de temperatuur in de ruimte kan verlagen (koelen) dan wel verhogen (verwarmen).
- koelinstallatie: een installatie die warmte aan een ruimte onttrekt om het daarna aan de omgeving af te staan.
- koelplafond: zie klimaatplafond.
- koud dak: isolatie aan de binnenkant van de dakconstructie.
- koudebrug: zie lijnkoudebrug.
- koude-opwekker: zie koelinstallatie.
- k-waarde: oude benaming voor U-waarde. Zie U-waarde.
- lagetemperatuurverwarming: verwarming waarbij de aanvoerwatertemperatuur niet hoger dan 55 °C en de retourwatertemperatuur 45 °C (i.p.v. 90 °C en 70 °C bij klassieke centrale verwarming).
- lambda-waarde (λ -waarde): zie warmtegeleidbaarheid.
- lichtrendement: de lichtstroom per eenheid opgenomen elektrisch vermogen van de lichtbron
- leklucht: ongewenste luchtstroom doorheen lekpunten in het systeem.
- licht: dat deel van het gehele spectrum van elektromagnetische straling dat het menselijk oog waar kan nemen
- lichtdoorlaat: zie lichttransmissie
- lichtsterkte: de lichtstroom, die een lichtbron per eenheid van ruimtehoek in een bepaalde richting uitstraalt
- lichtstroom: de totale hoeveelheid licht, die een lichtbron per tijdseenheid uitstraalt
- lichttransmissie: de verhouding [fractie of in %] tussen 'de hoeveelheid door de beglazing doorgelaten licht' en d'e hoeveelheid licht die op het glas valt'.
- lijnkoudebrug: een plaats in de gebouwschil waar twee of meer constructiedelen op elkaar aansluiten, en waar de warmtestroom naar buiten beduidend groter is dan in de aangrenzende gedeeltes er omheen
- lijnwarmtedoorgangscoefficiënt: grootte die aangeeft hoeveel warmte extra verloren gaat per eenheid van tijd en eenheid van temperatuurverschil door één lopende meter lijnkoudebrug in vergelijking met de warmtedoorgang door een vooraf afgesproken vlakke referentieconstructie zonder koudebruggen.
- lineaire koudebrug: zie lijnkoudebrug.
- lineaire warmtedoorgangscoefficiënt: zie lijnwarmtedoorgangscoefficiënt.
- lokale verwarming: een installatie voor ruimteverwarming waarbij de warmte uitsluitend wordt afgegeven in de ruimte waar zij wordt opgewekt

- luchtconditionering: het klimatiseren van een ruimte m.b.v. gefilterde, be- / ontvochtigde gekoelde lucht (voor ruimtekoeling, luchtverversing, be- / ontvochtiging en luchtzuivering samen).
- luchtverwarmer: een apparaat dat warme lucht produceert voor ruimteverwarming.
- lumen: eenheid van lichtstroom
- luminantie: de luminantie van een lichtbron of een verlicht oppervlak drukt uit hoe sterk de indruk van helderheid is die het oog waarneemt
- lux: eenheid van verlichtingssterkte
- menglucht: lucht die twee of meer luchtstromen bevat.
- metalen gevel (staalskeletbouw): effen of geprofileerde metalen platen aangesloten op de (stalen) draagconstructie.
- monobloc toestel: toestel voor luchtconditionering waarbij verdamper, compressor en condensor in één toestel zijn gemonteerd
- n_{50} -waarde: de verhouding tussen het luchtdebiet dat bij een drukverschil van 50 Pa doorheen de gebouwschil stroomt, en het gebouwvolume.
- nachtkoeling: 's nacht intensief ventileren met buitenlucht waarvan de temperatuur lager is dan de binnentemperatuur
- nachtspoeling: zie nachtkoeling
- natuurlijke ventilatie: natuurlijke toevoer van verse lucht en natuurlijke afvoer van vervuilde lucht en vocht, waarbij men als drijvende krachten enkel gebruik maakt van de wind en/of het schoorsteeneffect
- netto energiebehoefte voor ruimteverwarming: de som van warmteverlies door transmissie (geleiding) en warmteverlies door ventilatie en infiltratie, en minus de *benuttigde* warmtewinst
- omgekeerd dak: isolatie aan de bovenkant van de dakconstructie, waarbij het isolatiemateriaal de laatste laag vormt.
- ondergrondse energie-opslag: gebruik van de ondergrond voor de opslag van energie (koude / warmte).
- opaak: ondoorzichtig, niet transparant.
- parasitair gebruik (van een verlichtingsinstallatie): het elektriciteitsgebruik door schakelaars, regelsystemen, sensoren, stand-by van de armaturen (wachtstand 's nachts), ...
- passieve zonnewarmte: het met bouwkundige middelen direct of indirect benutten van zonnestraling voor de verwarming van ruimten in gebouwen, zonder gebruik te maken van hulpenergie of aan het gebouw toegevoegde installaties (de Boer et al., 2003).
- puntwarmtedoorgangscoefficiënt: grootheid die aangeeft hoeveel warmte extra verloren gaat per eenheid van tijd en eenheid van temperatuurverschil door één punt-koudebrug in vergelijking met de warmtedoorgang door een vooraf afgesproken vlakke referentieconstructie zonder koudebruggen.
- radiaal ventilator: zie centrifugaal ventilator
- R_c -waarde: thermische weerstand van een constructiedeel. Zie ook thermische weerstand.
- relatieve vochtigheid: het percentage waterdamp dat de lucht bevat
- rendement: de mate waarin een installatie de toegevoerde energie omzet in bruikbare of nuttige energie.
- sarkingdak: hellend dak waarbij de thermische isolatie aan de bovenzijde van de draagconstructie is bevestigd in plaats van tussen de kepers.
- schimmel: plantaardig organisme zonder bladgroen dat leeft van organisch materiaal.
- schoorsteeneffect (bij ventilatie): effect dat het gevolg is van het verschil in dichtheid tussen warme en koude lucht
- secundaire lucht: lucht die aan een bepaalde ruimte onttrokken wordt en na een behandeling (bv. reeks ventilatoren) naar dezelfde ruimte wordt teruggevoerd.
- seizoensprestatiefactor (van een warmtepomp): de verhouding tussen de warmte die de warmtepomp in de loop van het verwarmingsseizoen aflevert en de energie die daartoe nodig is.
- selectieve beglazing: zie zonwerende beglazing

- Shading Coefficient: de verhouding tussen de g-waarde van de betreffende beglazing en de g-waarde van enkel blank glas van 4 mm
- specifiek ventilatorvermogen: het elektrisch vermogen dat nodig is om een luchtdebiet van 1 m³ lucht per seconde in een ruimte te realiseren
- split toestel: toestel voor luchtconditionering waarbij compressor en condensor op een afzonderlijk chassis zijn gemonteerd
- spouwmuur: een onafhankelijke niet-dragende buitenmuur (buitenspouwblad), geplaatst vóór de binnenwand (binnenspouwblad) en met een beschermende luchtspouw.
- systeemrendement: de verhouding tussen de warmte die de verwarmingselementen netto aan de ruimte afgeven en de warmte die door de bijhorende warmte-opwekkingsinstallatie aan het systeem van warmteverdeling wordt afgegeven
- temperatuuramplitudedemping: de verhouding tussen het grootste temperatuurverschil dat in één dag optreedt gemeten aan de buitenzijde en het grootste temperatuurverschil dat in één dag optreedt gemeten aan de binnenzijde.
- thermische behaaglijkheid: een geestestoestand die tevredenheid met de thermische omgeving uitdrukt (volgens de ISO 7730 norm)
- thermische weerstand (van een bouw materiaal): de dikte van het bouw materiaal d [in m] gedeeld door zijn warmtegeleidbaarheid λ [in W/(m.K)]. De eenheid is (m².k)/W. Het symbool is R.
- tochtsluis: een gang met aan beide kanten deuren, waarbij de ene deur pas opengaat als de andere gesloten is.
- toevoerlucht: lucht die in de te behandelen ruimte binnenkomt of die in het systeem binnenkomt na een behandeling.
- topkoeling: beperkte ruimtekoeling (temperatuurverlaging met 3 à 4° C) waarbij men ventileert m.b.v. gekoelde lucht
- tourniquet: zie tochtsluis
- transmissieverliezen: zie geleidingsverliezen
- Trombe-wand: een transparant oppervlak (beglazing) gemonteerd voor een warmte absorberende massieve wand, waartussen lucht wordt opgewarmd.
- uitwendige scheidingsconstructie: een (deel van de) constructie die de scheiding vormt tussen de ruimte en de buitenlucht, de grond of water
- Unified Glare Rate: een benaderd model dat de kans op verblinding uitdrukt
- utiliteitsgebouw: een gebouw (of deel van een gebouw) bestemd voor activiteiten die behoren tot de sector handel en diensten.
- U-waarde: warmtedoorgangscoefficiënt, gedefinieerd als de hoeveelheid warmte [in J] die in een permanent (stationair) regime doorheen het constructiedeel gaat, per seconde [in s], per vierkante meter [m²], en per eenheid temperatuurverschil [in K] tussen de omgevingen aan weerszijden van dit constructiedeel. De eenheid is W/(m².K)
- variabel-debietsysteem (bij ventilatie): ventilatiesysteem met regelbaar ventilatiedebiet.
- veegpulsschakeling: een schakeling waarbij men de verlichting in een (deel van een) gebouw centraal op gezette tijden automatisch kan uitschakelen
- vegetatiedak: een dak met begroeiing
- ventilatie: de gewilde (natuurlijke en/of mechanische) toe- en afvoer van 'gebruikte' lucht van binnen naar buiten, en de toevoer van 'verse' lucht van buiten naar binnen.
- ventilatiedebiet: de te verplaatsen luchthoeveelheid in een ruimte gedurende een bepaalde periode. De eenheid is m³/h.
- ventilatievoud: het aantal malen dat per uur een hoeveelheid lucht in een ruimte wordt gebracht die gelijk is aan de inhoud van de ruimte. Het symbool is n . De eenheid is h⁻¹.
- verdampingskoeling: koeling doordat de verdamping van water in een luchtstroom de benodigde verdampingswarmte aan lucht onttrekt, waardoor de lucht afkoelt
- verdringingsventilatie: ventilatie door luchttoevoer met een lage snelheid vanuit fijn verdeelde ventilatieopeningen vlak boven of door de vloer, op een temperatuur lager dan de temperatuur in de ruimte

- verlichtingssterkte: het totaal aantal lumen dat per eenheidsoppervlak op een referentievlak valt
- verliesoppervlakte: de som van de oppervlakten van de inwendige en uitwendige scheidingsconstructies rondom een beschermd volume, met uitzondering van de inwendige scheidingsconstructie tussen twee aan elkaar grenzende beschermde volumes
- vliesgevel: een compleet afgewerkte, geïsoleerde gevelconstructie met doorzicht- en niet-doorzichtelementen, enkel verankerd aan de vloeren (en eventueel kolommen van een skeletbouw).
- voorraadtoestel: een apparaat voor de bereiding van warmtapwater dat in hoofdzaak bestaat uit een goed geïsoleerd voorraadvat waarin het warmtapwater continu op de gewenste temperatuur wordt gehouden.
- vormfactor: zie compactheidsgraad
- vrije koeling: koeling waarbij men enkel ventilatie met *niet-actief* gekoelde koele buitenlucht gebruikt.
- waarde bij ontstentenis: een vaste, forfaitaire waarde (die men bij de berekening van het E-peil altijd mag gebruiken). Het is de vertaling van 'default value' en 'valeur par défaut'.
- warmtepomp: een installatie die laagwaardige omgevingswarmte (weer) bruikbaar maakt door het temperatuurniveau te verhogen.
- warm dak: isolatie aan de bovenkant van de dakconstructie, waarbij de dakafdichting de bovenste laag vormt.
- warmtecapaciteit: een maat voor de hoeveelheid opgenomen warmte [in J], per eenheid oppervlak [in m²] en per eenheid temperatuurstijging [in K]. De eenheid is J/(m².K)
- warmtedoorgangscoefficiënt (zie ook U-waarde): de hoeveelheid warmte [in J] die in een permanent (stationair) regime doorheen het constructiedeel gaat, per seconde [in s], per vierkante meter [m²], en per eenheid temperatuurverschil [in K] tussen de omgevingen aan weerszijden van dit constructiedeel. De eenheid is W/(m².K)
- warmtegeleidbaarheid: de hoeveelheid warmte [in J] die in een permanent regime, per tijdseenheid [in s], doorheen een vlak van 1 m² van het materiaal gaat, per eenheid dikte [in m], en per eenheid van temperatuurgradient [in K] in dat bouw materiaal. De eenheid is W/(m.K)
- warmtelevering door derden: de levering van warmte voortkomende uit al dan niet een combinatie van een productieproces van elektriciteit; een industrieel productieproces; afvalverbranding; opwaardering van warmte met een warmtepomp, en waarbij de levering niet is beperkt tot gebouwen op het eigen perceel respectievelijk tot bij de bouwaanvraag betrokken gebouwen
- warmtepompcombi: warmtepomp voor zowel ruimteverwarming als bereiding van warmtapwater
- warmteterugwinning (bij ventilatie): het gebruik van de warmte uit de afvoerlucht als voorverwarming van de toevoerlucht
- warmtewinsten: de som van zonnewinsten en interne warmteproductie, vermenigvuldigd met een warmtebenuttingsfactor
- warmtewisselaar: een thermisch apparaat waarin warmte wordt uitgewisseld tussen twee media, met als drijvende kracht het temperatuurverschil.
- waterzijdig inregelen: het op elkaar afstemmen van de waterstromen van een cv-installatie, zodat de temperatuurverschillen in het gebouw verdwijnen
- weersafhankelijke regeling: de temperatuur van het aanvoerwater van de cv-installatie afstemmen op de buitentemperatuur
- zijlicht: natuurlijk licht dat "van opzij schijnend" wordt ervaren.
- zonneboiler: een apparaat dat zonne-energie omzet in warmte, en deze warmte levert voor de verwarming van warmtapwater
- zonnewinsten: de som zijn van de warmtewinsten afkomstig van de binnenkomende zonnewarmte door de transparante constructiedelen van de uitwendige scheidingsconstructies, en de energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem voor ruimteverwarming
- zontroedingsfactor: zie g-waarde
- zonwerende beglazing: glas met een coating die infrarood- en ultraviolette straling blokkeert, maar het zichtbare deel van het (zonne)spectrum doorlaat
- λ-waarde: zie warmtegeleidbaarheid.

10. Lijst van afkortingen

- AOR: aangrenzende, onverwarmde ruimte
- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers
- AWD: aanwezigheidsdetectie
- AZO: anidolische zenitale opening
- BIN: Belgisch Instituut voor Normalisatie
- BUTgb: Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw
- BV: beschermd volume
- bvo: bruto vloeroppervlakte
- BEO: boorgat energie opslag
- CG: cellulair glas
- CS: calciumsilicaat
- COP: coefficient of performance
- CAV: constant air volume
- cv: centrale verwarming
- DAV: daglicht afhankelijke verlichting
- DEC: desiccant evaporative cooling
- DET: directe energetische transmissie
- E-peil: cijfermatig energieprestatieniveau van een gebouw (max E100)
- EA: energetische absorptie
- EAP: Energie Advies Procedure (voor bestaande gebouwen)
- ECN: energieonderzoek centrum Nederland
- EER: energy efficiency ratio
- EPB: energie prestatie en binnenklimaat
- EPC: Energie Prestatie Coëfficiënt (benaming in Nederland)
- EPDM: Ethyleen Propyleen Dieen Monomeer
- EPBD: Energy Performance of Buildings Directive (Europese richtlijn)
- EPN: energieprestatienormering (benaming in Nederland)
- EPR: Energie Prestatie Regelgeving
- EPS: geëxpandeerd polystyreen
- EPT: Ethyleen Propyleen Terpolymeer
- EPW: Energie Prestatie in Woningen
- EPU: Energie Prestatie in Utiliteitsgebouwen
- ER: energie reflectie
- HR: hoogrendement
- HSB: houtskeletbouw
- ICS: integrated collector storage
- IR: infrarood
- ISO: International Organization for Standardization
- KWO: koude/warmte-opslag
- LBK: luchtbehandelingskast

- LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory
- LED: light emitting diode
- LTA: lichttransmissie
- LTV: lage temperatuur verwarming
- MS-polymeer: modified silicon polymeer
- MW: minerale wollen
- NOVEM: Nederlandse onderneming voor energie en milieu
- ODE: Organisatie voor Duurzame Energie
- OEE: Office of Energy Efficiency
- OSB: oriented strand board
- PE: polyethyleen
- PEF: geëxtrudeerd polyethyleen
- PF: fenolschuim
- PAKs: polycyclische aromatische koolwaterstoffen
- PIR: polyisocyanuraat
- PMV: predicted mean vote
- PPD: predicted percentage of dissatisfied
- PUR: polyurethaan
- PVC: polyvinylchloride
- RV: relatieve vochtigheid
- RVS: roestvrij staal
- SC: shading coefficient
- SFP: specific fan power
- SPF: seizoensprestatiefactor
- TIM: translucente isolatiematerialen
- TL: tube light
- UF: ureumformaldehyde
- UGR: unified glare rate
- US-DOE: United States Department Of Energy
- UV: ultraviolet
- VAV: variable air volume
- VGI: verbond van de glasindustrie
- VITO: Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
- VR: verbeterd rendement
- VSA: voorschakelapparatuur
- WAR: weersafhankelijke regeling
- WKK: warmtekrachtkoppeling
- WTCB: Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
- XPS: geëxtrudeerd polystyreen
- ZTA: zontoetredingsfactor