

**Gebruikersgedrag en invloed op
de rendabiliteit van
energiebesparende maatregelen:
Case-study proeftuin Drie
Hofsteden in Kortrijk**

➤ Wolf Bracke (UGent)

20 oktober 2016
Antwerpen

- **1. Proeftuin Drie Hofsteden**
- **2. Rendabiliteit**
- **3. Gebruikersgedrag**
- **4. Energiesimulaties**
- **5. Resultaten**

Proeftuin Drie Hofsteden

- Context project
- Projectpartners

Hoofdstuk 1

- Onderdeel van 10 proeftuinprojecten woningrenovatie
- Kennisplatform woningrenovatie



Drie Hofsteden Kortrijk <i>Goedkope woning cvba</i>	RenBen <i>Intercomm. Leiedal</i>	Duurzame (t)huis <i>Stad Roeselare</i>	De Schipjes <i>OCMW Brugge</i>	Renoseec <i>KU leuven</i>
Gefaseerde renovatie sociale flatgebouwen	BEN (rij)woningen in private huur	Samen bouwen aan een duurzame (t)huis	Renovatie van godshuizen	19de eeuwse gordel woningen, St Amands
				
Kieltoren <i>Bureau Bouwtechniek</i>	Mutatie + <i>Van de Kreeke bvba</i>	Ecorens <i>Cordium cvba</i>	Werfgoed <i>Dubo Limburg</i>	Remoflex <i>Bouwgroep B&R</i>
Architectuurhistorisch waardevolle woonblokken	Upgrade met modulaire technieken	Representatieve eengezinswoningen	Tuinwijk Eisden	Modulaire renovatie van naoorlogse woningen
				

PROEFTUINEN

Woningrenovatie: innovatie bij energiezuinig verbouwen

Kennisplatform Renovatie

➤ Consortium SHM – architectenbureau - onderzoeksinstelling



© Gerald Van Rafelghem



Rendabiliteit

- › Terugverdientijd
- › Meerkost: investering
- › Meerkost: hulpenergie
- › Jaarlijkse energiebesparing

➤
$$TVT = \frac{\text{MEERKOST}}{\text{JAARLIJKSE ENERGIEBESPARING}}$$

→ BURO II
→ SIMULATIES (trnsys)

➤ as-built situatie vs. referentie

	AS-BUILT	REFERENTIE
GEBOUWSCHIL	<ul style="list-style-type: none">• 3-voudig glas• bijkomende isolatie• goede luchtdichtheid	<ul style="list-style-type: none">• HR glas• U_{max,2016}• standaard luchtdichtheid
VENTILATIE	<ul style="list-style-type: none">• D (warmteterugwinning)• collectief	<ul style="list-style-type: none">• C (vraagsturing)• individueel
VERWARMING	<ul style="list-style-type: none">• gascondensatieketels• collectief	<ul style="list-style-type: none">• gascondensatieketels• collectief

- gebouwschil: € 377.848 (= 35,0 €/m²)
 - extra gevelisolatie
 - extra dakisolatie
 - schrijnwerk (passief profielen + 3-voudig glas)
 - betere luchtdichtheid

- ventilatie: € 72.000 (= 6,7 €/m²)
 - D_HR collectief i.p.v. C_DC individueel

- verwarmingssysteem: € 0
 - idem

- volgens EPB (gelijkstroomventilatoren)
 - C 0,74 kWh/m³/jaar
 - D 1,31 kWh/m³/jaar

- monitoring ECO-Life
 - C (vraagsturing) individueel 0,25 kWh/m³/jaar
 - D (warmteterugwinning) collectief 1,34 kWh/m³/jaar

- Extra verbruik D (warmteterugwinning) collectief
 - 1,09 kWh/m³/jaar
 - prijs elektriciteit: 0,21 €/kWh
 - 0,4 €/m²

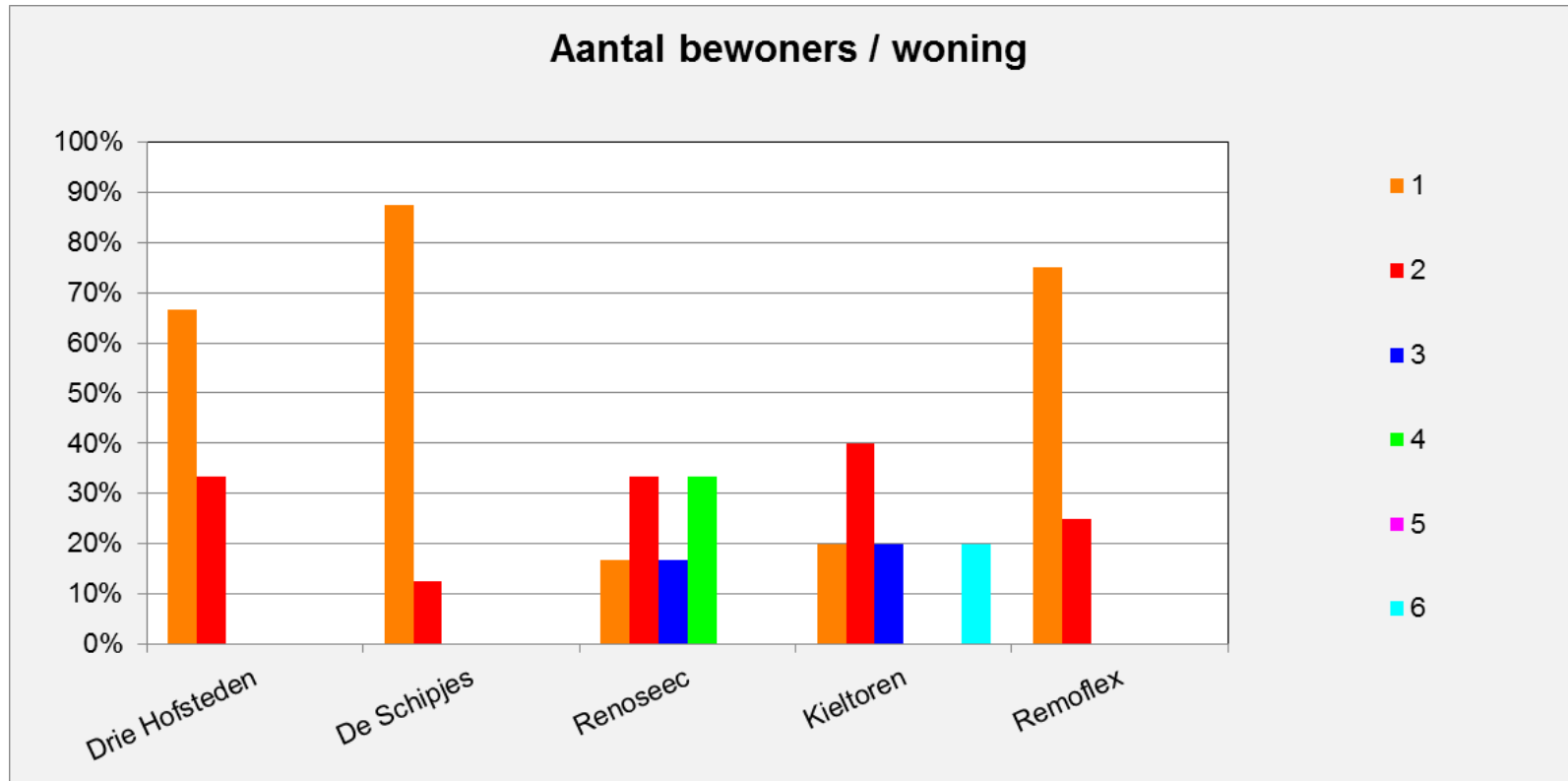
- › afhankelijk van gebruikersgedrag
 - › welke ruimten verwarmd?
 - › gedurende welke periode?
 - › tot welk setpunt?
- › impact comfortniveau?
- › EPB-profiel representatief?

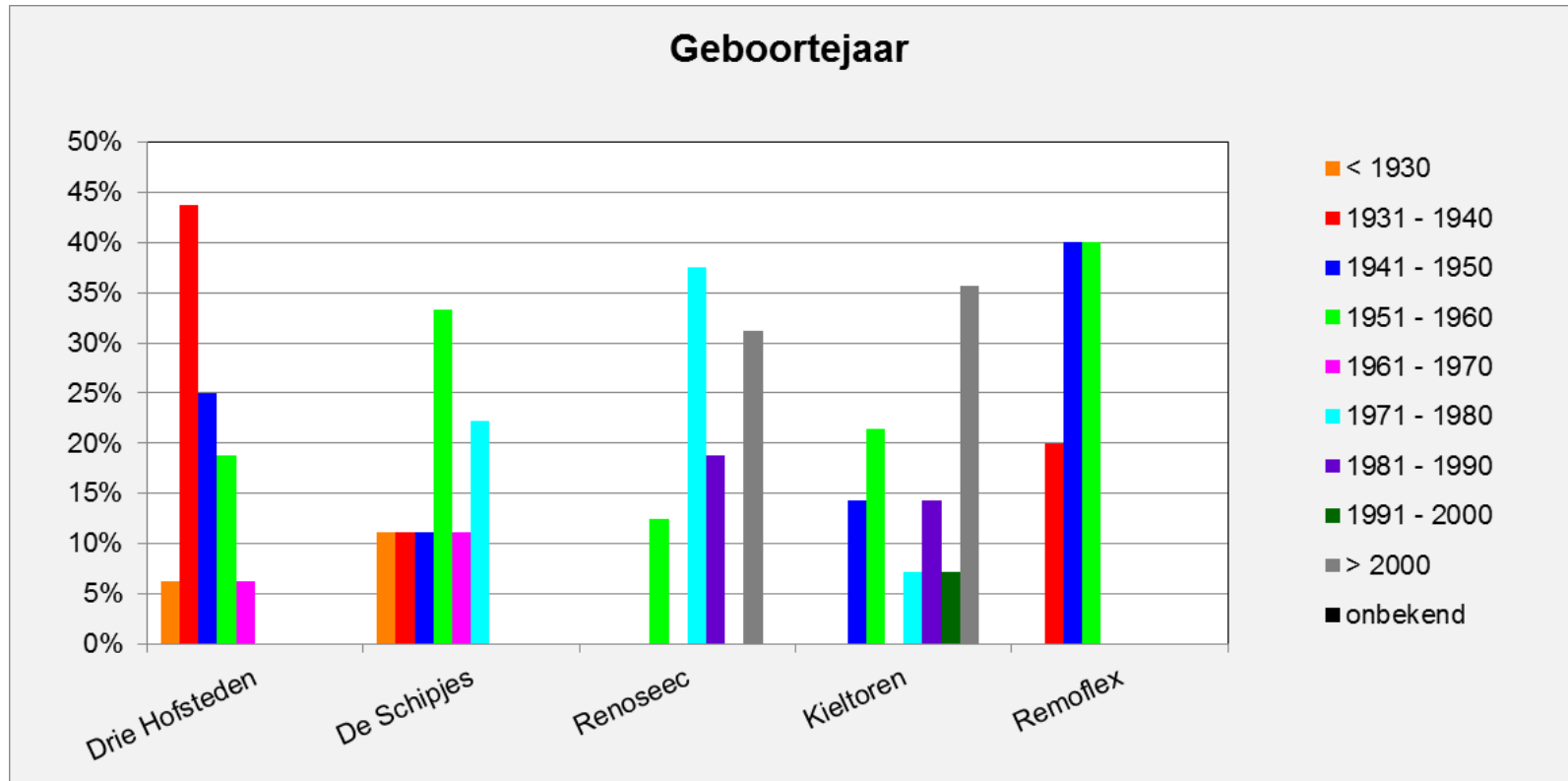
Gebruikersgedrag

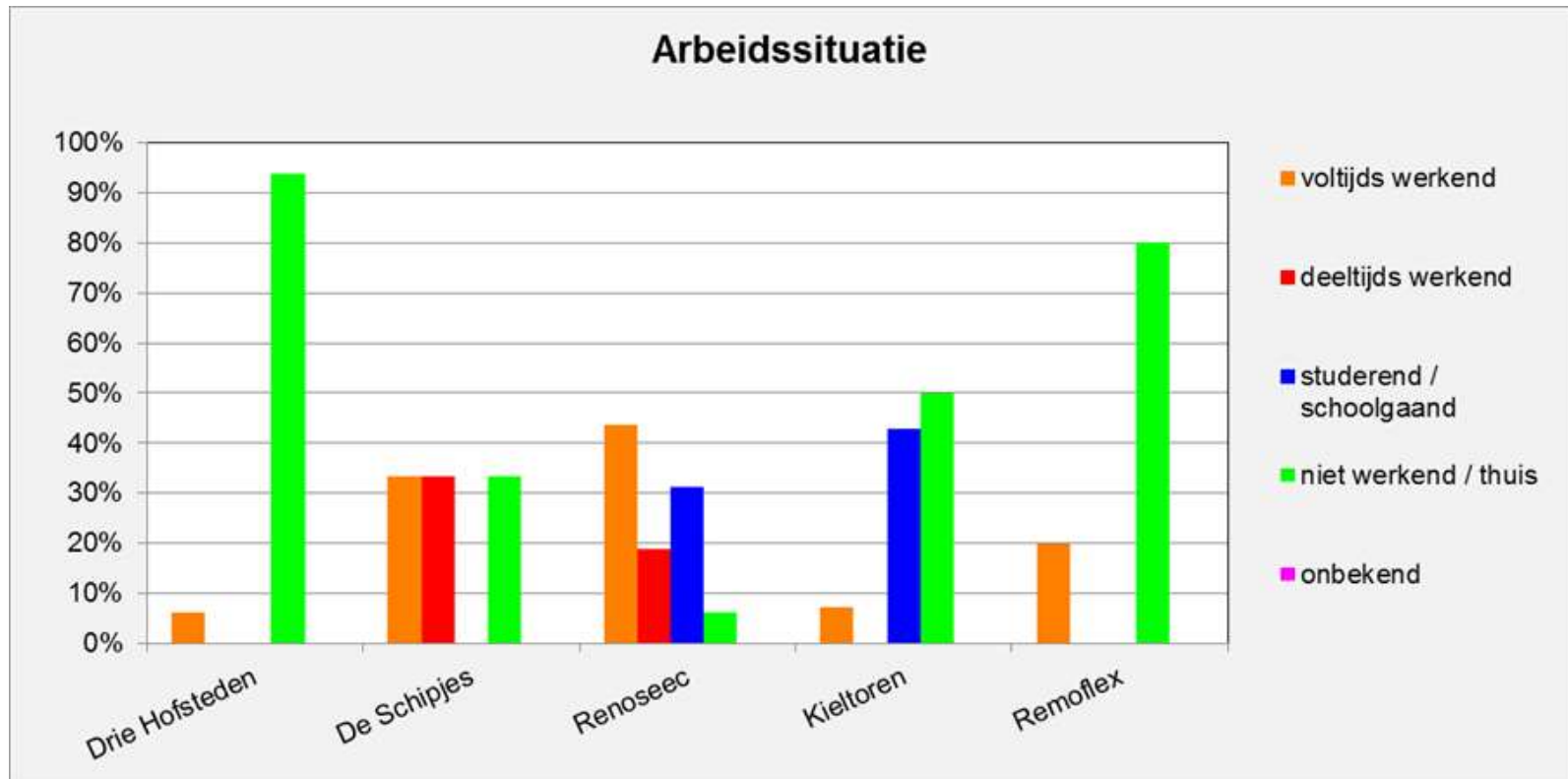
- Meetcampagne
- Profiel bewoners
- Stookprofiel

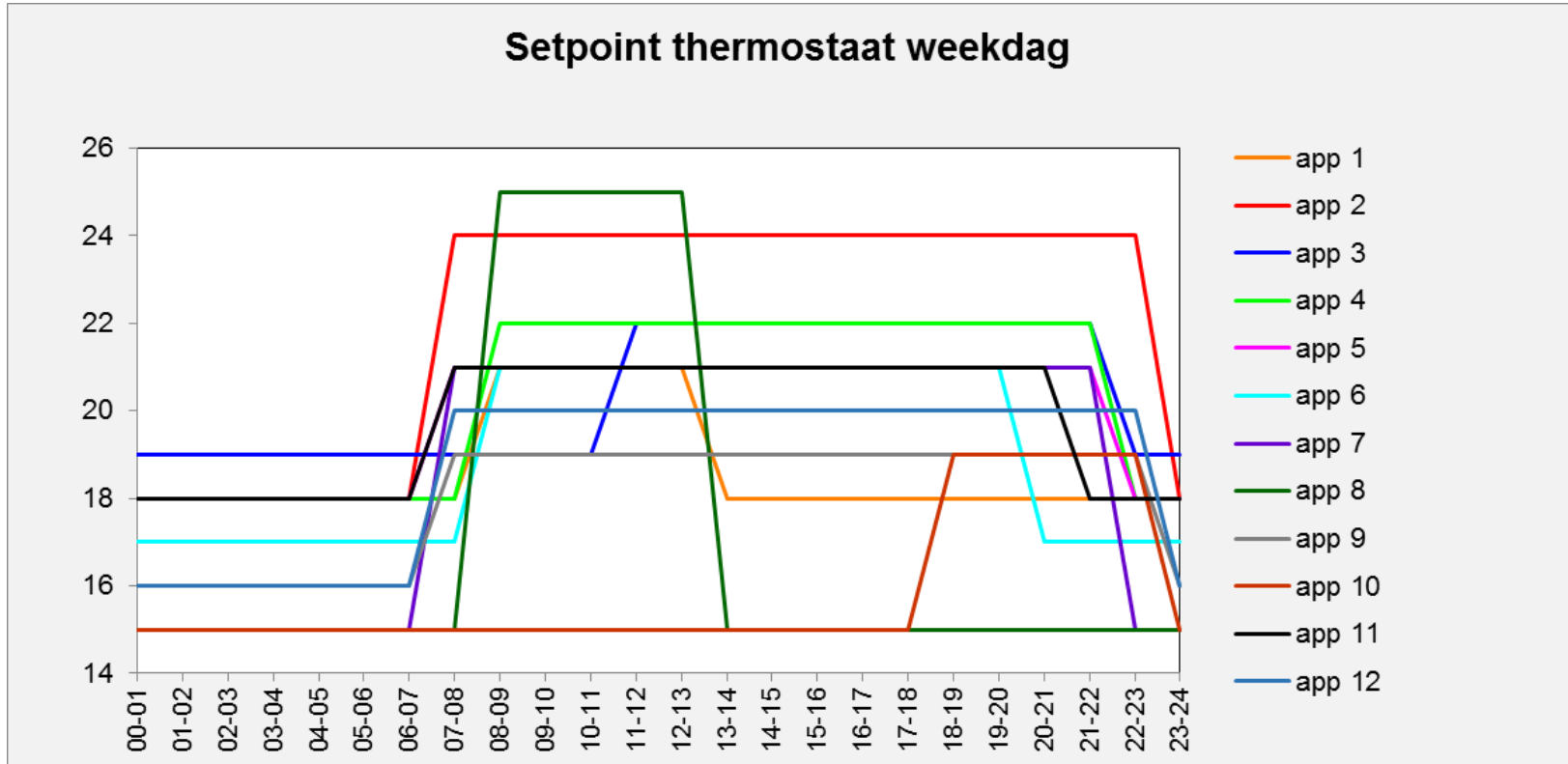
Hoofdstuk 3

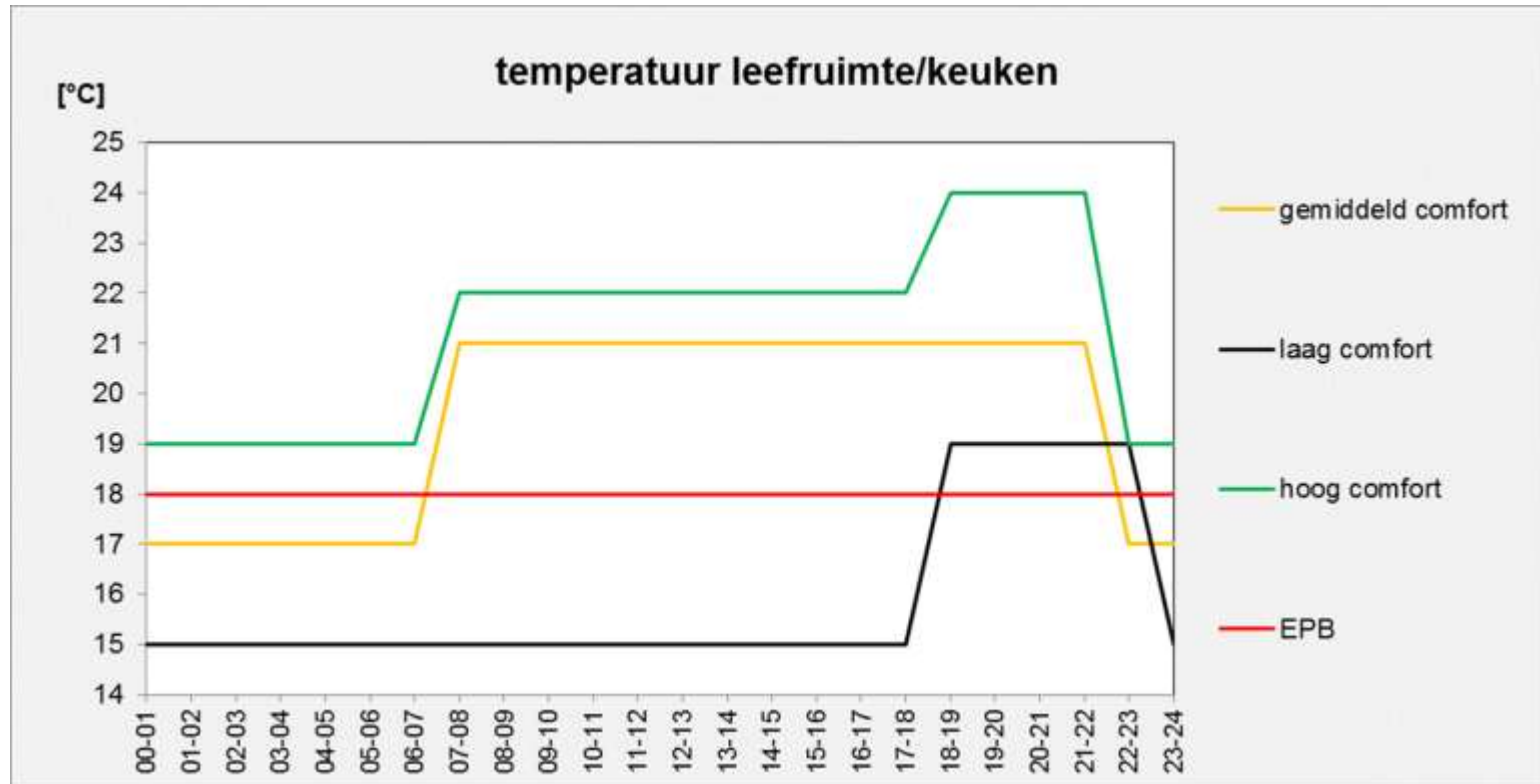
- monitoring (3 weken winter + 3 weken zomer)
 - temperatuur
 - CO₂
- enquête
 - profiel bewoners
 - karakteriseren woning
 - gebruik van de woning
 - stookprofiel
 - openen van vensters
 - openen van deuren

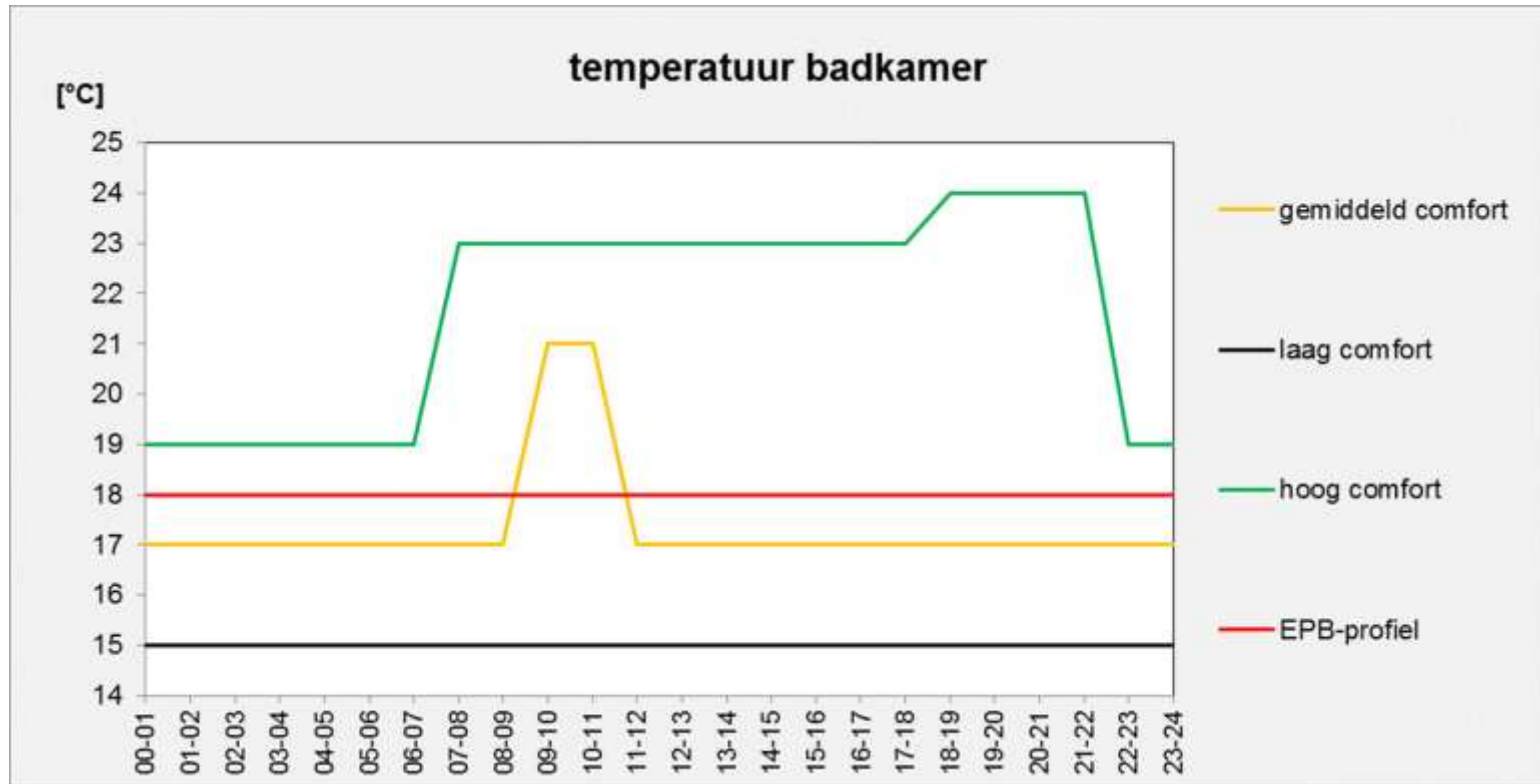










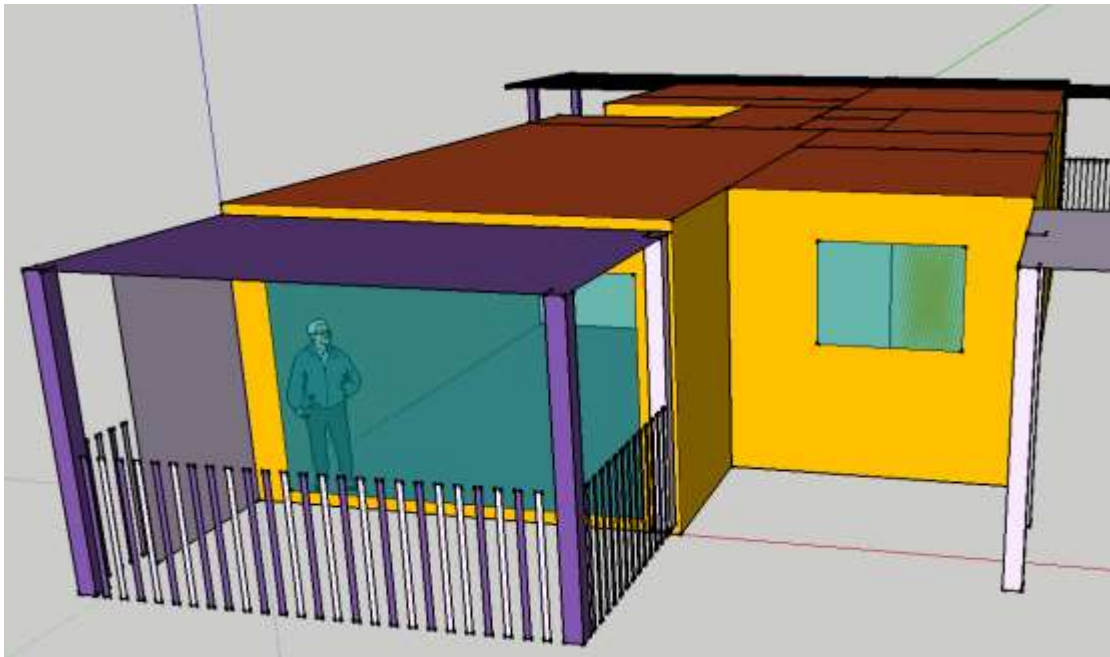


Energiesimulaties

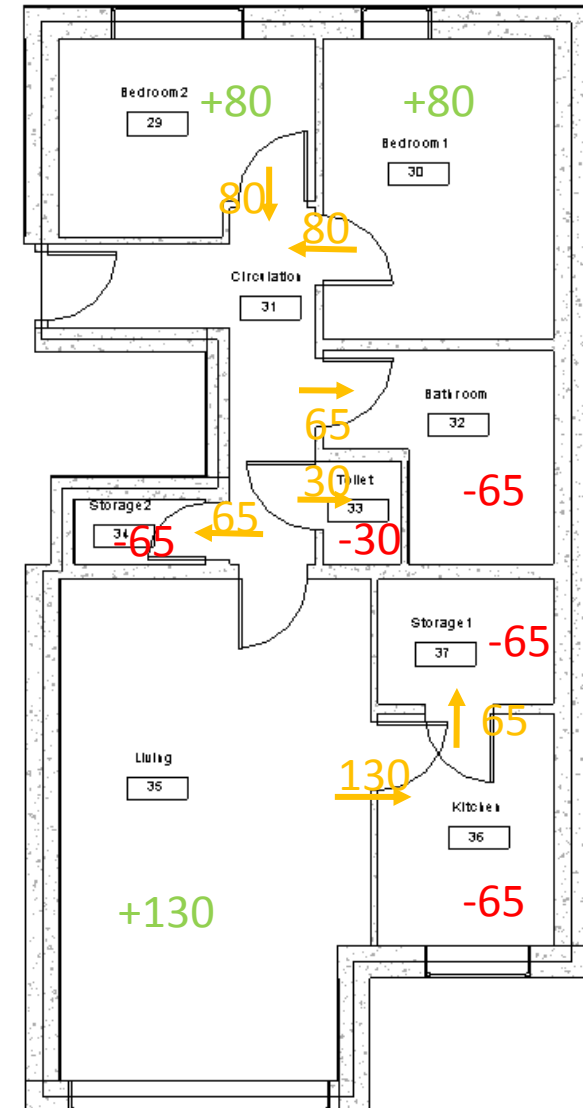
- TRNSYS model
- Ventilatie
- Energiekosten

- 1 gebouwmodel incl. beschaduwing
 - 4 varianten: midden, zijkant, dak, hoek
 - gebouw = 90 x midden + 18 x zijkant + 10 x dak + 2 x hoek

- iedere ruimte aparte zone



- › nominale debieten
 - › minimumeisen EPB + balans
 - › dag- en nachtzone apart in balans
- › ventilatiesysteem C met vraagsturing (C_DC)
 - › overdag: 100% dagzone, 15% nachtzone
 - › 's nachts: 15% dagzone, 100% nachtzone
- › ventilatiesysteem D met warmteterugwinning (D_HR)
 - › overdag: 100%
 - › 's nachts: 50%
 - › 71% warmteterugwinning



- geen reëel verwarmingssysteem gemodelleerd
 - verwarmingssysteem oneindig vermogen
 - jaarlijkse som = netto energiebehoefte voor ruimteverwarming
- gascondensketel: $\eta_{\text{gen}} = 85 \%$ (> monitoring ECO-Life)
- prijs gas: 0,05 €/kWh

Resultaten

- › Gebouwschil
- › Ventilatiesysteem
- › Gebouwschil + ventilatiesysteem
- › Conclusies
- › Opmerkingen

Hoofdstuk 5

	AS-BUILT	REFERENTIE
GEBOUWSCHIL	<ul style="list-style-type: none">• 3-voudig glas• bijkomende isolatie• goede luchtdichtheid	<ul style="list-style-type: none">• HR glas• U_{max,2016}• standaard luchtdichtheid
VENTILATIE	<ul style="list-style-type: none">• D (warmteterugwinning)• collectief	<ul style="list-style-type: none">• C (vraagsturing)• individueel

- gebouwschil + ventilatie
 - resultaten soms moeilijk te interpreteren
 - deelanalyse gebouwschil en ventilatie



	AS-BUILT	REFERENTIE
GEBOUWSCHIL	<ul style="list-style-type: none"> • 3-voudig glas • bijkomende isolatie • goede luchtdichtheid 	<ul style="list-style-type: none"> • HR glas • U_{max,2016} • standaard luchtdichtheid
VENTILATIE	<ul style="list-style-type: none"> • C (vraagsturing) • individueel 	<ul style="list-style-type: none"> • C (vraagsturing) • individueel



	AS-BUILT	REFERENTIE
GEBOUWSCHIL	<ul style="list-style-type: none"> • 3-voudig glas • bijkomende isolatie • goede luchtdichtheid 	<ul style="list-style-type: none"> • HR glas • U_{max,2016} • standaard luchtdichtheid
VENTILATIE	<ul style="list-style-type: none"> • D (warmteterugwinning) • collectief 	<ul style="list-style-type: none"> • D (warmteterugwinning) • collectief

› ventilatiesysteem C_DC

comfort-niveau	NEBrv (asbuilt)	NEBrv (ref)	NEBrv besparing	besparing stookkost	meerkost hulpenergie	investering	TVT
	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ²]	[jaar]
gemiddeld	17.6	28.8	11.2	0.7	-	35.0	53
laag	5.1	11.9	6.8	0.4	-	35.0	87
hoog	26.7	41.1	14.4	0.8	-	35.0	41
EPB	14.2	29.8	15.7	0.9	-	35.0	38

› ventilatiesysteem D_HR

comfort-niveau	NEBrv (asbuilt)	NEBrv (ref)	NEBrv besparing	besparing stookkost	meerkost hulpenergie	investering	TVT
	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ²]	[jaar]
gemiddeld	3.5	13.7	10.2	0.6	-	35.0	58
laag	0.9	7.1	6.2	0.4	-	35.0	96
hoog	5.8	22.2	16.4	1.0	-	35.0	36
EPB	3.7	13.7	10.0	0.6	-	35.0	60



	AS-BUILT	REFERENTIE
GEBOUWSCHIL	<ul style="list-style-type: none"> • HR glas • U_{max,2016} • standaard luchtdichtheid 	<ul style="list-style-type: none"> • HR glas • U_{max,2016} • standaard luchtdichtheid
VENTILATIE	<ul style="list-style-type: none"> • C (vraagsturing) • individueel 	<ul style="list-style-type: none"> • D (warmteterugwinning) • collectief



	AS-BUILT	REFERENTIE
GEBOUWSCHIL	<ul style="list-style-type: none"> • 3-voudig glas • bijkomende isolatie • goede luchtdichtheid 	<ul style="list-style-type: none"> • 3-voudig glas • bijkomende isolatie • goede luchtdichtheid
VENTILATIE	<ul style="list-style-type: none"> • C (vraagsturing) • individueel 	<ul style="list-style-type: none"> • D (warmteterugwinning) • collectief

› standaard schil

comfort-niveau	NEBrv (asbuilt)	NEBrv (ref)	NEBrv besparing	besparing stookkost	meerkost hulpenergie	investering	TVT
	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ²]	[jaar]
gemiddeld	13.7	28.8	15.1	0.9	0.4	6.7	15
laag	7.1	11.9	4.8	0.3	0.4	6.7	-
hoog	22.2	41.1	18.8	1.1	0.4	6.7	10
EPB	13.7	29.8	16.1	0.9	0.4	6.7	13

› passiefschil

comfort-niveau	NEBrv (asbuilt)	NEBrv (ref)	NEBrv besparing	besparing stookkost	meerkost hulpenergie	investering	TVT
	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ²]	[jaar]
gemiddeld	3.5	17.6	14.2	0.8	0.4	6.7	17
laag	0.9	5.1	4.2	0.2	0.4	6.7	-
hoog	5.8	26.7	20.9	1.2	0.4	6.7	8
EPB	3.7	14.2	10.4	0.6	0.4	6.7	38

as-built vs. referentie

comfort-niveau	NEBrv (asbuilt)	NEBrv (ref)	NEBrv besparing	besparing stookkost	meerkost hulpenergie	investering	TVT
	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[kWh/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ² /jaar]	[€/m ²]	[jaar]
gemiddeld	3.5	28.8	25.4	1.5	0.4	41.7	40
laag	0.9	11.9	11.0	0.6	0.4	41.7	200
hoog	5.8	41.1	35.3	2.1	0.4	41.7	25
EPB	3.7	29.8	26.1	1.5	0.4	41.7	38

- › terugverdiëntijd gemiddeld comfortniveau : 40 jaar
 - › gebouwschil: \pm 55 jaar
 - › ventilatiesysteem: \pm 15 jaar

- › grote impact gebruikersprofiel op TVT
 - › hoger comfortniveau \rightarrow kortere TVT

- › impact gebruikersprofiel afhankelijk van
 - › ventilatiesysteem
 - › gebouwschil

- › EPB-profiel (\neq EPB-rekenmethode!)
 - › TVT leunt aan bij gemiddeld comfortniveau
 - › deelanalyses: soms grote afwijking

- terugverdiëntijden niet algemeen geldig
 - meerkosten projectspecifiek
 - comfortniveau projectspecifiek
 - impact simulatieparameters
 - klimaat
 - ventilatiemodellen (debieten, vraagsturing, warmteterugwinning)

- TVT is vereenvoudigde methode
 - geen onderhoudskosten, vervangingskosten, tijdswaarde geld, ...

- comfortverhoging niet altijd gevalideerd
 - vb. temperatuurstijging in onverwarmde ruimte bij systeem D_HR

- geen 'rebound-effect' ingerekend
 - vervolgonderzoek gebruikersgedrag na renovatie

Meer informatie?



32 (0)9 264 35 71



wolf.bracke@ugent.be



Sint-Pietersnieuwstraat 41 B4, 9000 Gent

nzeb symp