

Eindrapport

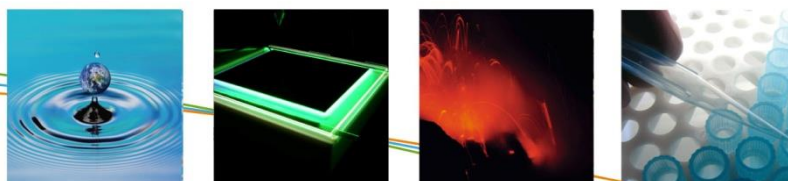
# Smart Home project jaargang 3 en 4, eindrapport:

1. De energievraag in de lage energiewoning van de toekomst en de mogelijke meerwaarde van slimme sturing
2. Interoperabiliteit voor energiebeheer-overzicht
3. Een Smart Grid proefopstelling

Dominic Ectors, VITO/EnergyVille; Paul Van Tichelen, VITO/EnergyVille

Studie uitgevoerd in opdracht van: Smart Home Tecnolec project  
2015/ETE /R / 1310306/PVT

September 2015



Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

## VERSPREIDINGSLIJST

De leden van de smart home gebruikersgroep, zijnde:

<b>Firma</b>	<b>Naam</b>	<b>Categorie</b>
Bits & Bytes NV	William Knoors	Domotica
Carlo Gavazzi NV	Jean-Marc Brichart	Domotica
M-Pro Benelux BVBA	Mario Clabots	Domotica
Niko	Patrik Mariën	Domotica
One Smart Control	Bert De Haes	Domotica
Qbus NV	Tom Vanden Bussche	Domotica
Schneider Electric NV	Patrick Noë	Domotica
Teletask BVBA	Johan Vander Beken	Domotica
Velleman NV	Stephan Santens	Domotica
AEM Dirk Van Steenlandt BVBA	Dirk Van Steenlandt	Installateur
Declercq Technics BVBA	Werner Declercq	Installateur
Electro Service André BVBA	André Overdulse	Installateur
IECH Coene Dirk bvba	Dirk Coene	Installateur
J.J. De Prins BVBA	Peter De Prins	Installateur
TRS BVBA	Jan De Ryck	Installateur
IWT	Francis Deprez	IWT
Fedelec	Peter Van den Brulle	Federatie
Nelectra	Christophe Louage	Federatie
LVMEB	Filip Van Mol	Federatie
iMinds IBCN	Andy Van Maele	Partner
iMinds SMIT	Bram Lievens	Partner
Thomas More Geel	Tom Van den Broeck	Partner
VITO	Paul Van Tichelen	Partner
VITO	Dominic Ectors	Partner
SGF	Heidi Lenaerts	Waarnemer
WTCB	Jan Desmyter	Waarnemer
BCDI	Youri Vandervaeren	Waarnemer
Tecnolec	Kris Van Dingenen	
Tecnolec	Anny Piessens	
Tecnolec	William Stinissen	

## INHOUD

### Contents

<b>1. Inleiding</b>	<b>11</b>
1.1. <i>Smart Home project</i>	11
1.2. <i>VITO taakomschrijving en uitvoering</i>	11
<b>2. Deel 1: de energievraag in de lage energiewoning van de toekomst en de mogelijke meerwaarde van slimme sturing</b>	<b>13</b>
2.1. <i>De Referentiewoning voor de analyse</i>	13
2.2. <i>Energiebalans van de referentiewoning in het verleden en de toekomst volgens berekeningen</i>	14
2.2.1. Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1950 en 1970	15
2.2.2. Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1971 en 1990	16
2.2.3. Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1991 en 2005	17
2.2.4. Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 2005-2015 lage energie	18
2.2.5. Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd vanaf 2010 lage energie en-luchtdicht	19
2.2.6. Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd vanaf 2016 bijna-Energieneutrale woning(BEN)	21
2.3. <i>De evolutie samengevat en trends voor slim energiebeheer (EMS) van verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning vanaf 1950 naar de toekomst (2016..)</i>	22
2.3.1. De vraag naar koeling of maatregelen om oververhitting te beperken neemt toe voor moderne woningen, om oververhitting te voorkomen kunnen extra technieken en sturingen nodig zijn	22
2.3.2. Wanneer koeling toegepast wordt is er een hoge synergie met lokale productie van fotovoltaïsche panelen (PV)	22
2.3.3. Een lokale opslagbatterij kan nuttig zijn om ventilatie-hulpenergie te voorzien bij netuitval en/of ter verhoging van het eigenverbruik	22
2.3.4. De totale dekking van eigenverbruik voor een zogenaamde nulenergiewoning door zelfproductie met fotovoltaïsche energie is een vraag over de kleinste tijdperiode van de tariefmeting en/of saldering	23
2.3.5. Door meer risico voor oververhitting en het bijkomend comfort van koeling in lage-energiewoningen zal de interesse voor warmtepompen toenemen	24
2.3.6. Voor een moderne luchtdichte woning is vaak elektrische hulpenergie nodig voor ventilatie en een slimme sturing kan hierop besparen	24
2.3.7. De elektrische Hulpenergie voor verwarming/koeling neemt toe en slimme sturing kan besparen	25
2.3.8. De thermische Inertie van de lage energiewoning tegen buitentemperatuurschommelingen neemt toe en nachtcooling is vaak duurzame optie	25
2.3.9. De warmtebalans en regeling wordt bepaald door meerdere factoren	26

2.4. <i>Wat zijn mogelijke belangrijke slimme HVAC EMS regelfuncties voor de bijna-Energieneutrale woningen</i>	26
2.5. <i>Wat weten we uit de praktijkmetingen van energiebalansen voor lage energiewoningen en bevestigt dit de vorige trends</i>	28
2.5.1. Inschatting van de Vlaamse situatie volgens het TETRA BEP2020 project _____	28
2.5.2. Resultaten uit Duitsland voor monitoring van 'Efficiency House Plus' _____	30
2.5.3. Bemeting van de nulenergiewoning in Wuppertal(D) en winnaar van Solar Decathlon in 2010	31
2.5.4. Lessons learned uit Nederlands proeftuin Slimme Energie Goes _____	32
2.5.5. EPB bouwrends in Vlaanderen _____	32
2.6. <i>Wat zegt de norm EN 15232(2007) over impact van gebouwautisering en kunnen we die toepassen</i>	32
2.6.1. doel van de norm EN 15232 _____	32
2.6.2. Structuur en inhoud van die norm _____	32
2.6.3. Kunnen we die cijfers van EN15232 uit 2007 toepassen en wat zijn de beperkingen	34
2.7. <i>Wat weten we uit de EPB-rekenmethode voor nieuwbouw voor impact op HVAC</i>	35
2.7.1. EPB over Hulpenergie voor ventilatie _____	35
2.7.2. Koeling en risico voor oververhitting _____	35
2.7.3. Warmtepomp of condensatieketel met een variabele vertrektemperatuur _____	36
2.7.4. Temperatuur gestuurde regeling per ruimte of zonerings _____	36
2.8. <i>De energievraag voor sanitair warm water</i>	36
2.8.1. Warmtevraag naar sanitair warm water voor onze referentiewoning _____	36
2.8.2. warmtevraag voor stilstand verliezen in opslagvaten of boilers en leidingen _____	36
2.8.3. enkele Trends met invloed EMS systemen voor sanitair warm water _____	37
2.9. <i>De energievraag voor verlichting</i>	37
2.9.1. Te verwachten energievraag voor verlichting volgens de methode van prEN 15193	37
2.9.2. Belangrijk trends voor EMS systemen _____	38
2.10. <i>Elektrische mobiliteit</i>	38
2.10.1. Te verwachten energievraag voor een elektrisch voertuig _____	38
2.10.2. Trend naar slim laden van elektrische voertuigen _____	38
2.11. <i>wat is de energievraag voor de andere verbruikers in huis</i>	39
2.11.1. Huishoudelijk elektriciteitsverbruik algemeen meetgegevens en vooruitzichten voor EMS	39
2.11.2. meer over Koken _____	41
2.11.3. Meer over Koelen (Koelkast& diepvriezer) _____	41
2.11.4. Meer over Wassen en drogen _____	41
2.11.5. meer over ICT en entertainment _____	42
2.12. <i>Wat zijn de mogelijke EMS regelfuncties voor sanitair warm water, verlichting, elektrische mobiliteit en andere huishoudtoestellen samengevat</i>	42
2.13. <i>Wat zijn nu de mogelijke baten bij implementatie van slimme energiebeheerfuncties in onze referentiewoning</i>	44
2.13.1. Mogelijk besparingen op energiekosten in de referentiewoning _____	44
2.13.2. Andere meerwaarde voor EMS dan enkel de lagere energiekosten _____	46
2.14. <i>Besluit</i>	46

<b>3. Deel 2: Interoperabiliteit</b>	<b>47</b>
3.1. <i>de Architectuur</i>	49
3.1.1. Flexibiliteitsarchitectuur	49
3.1.2. Energiebeheer en slimme toestellen	51
3.1.3. Architectuur als een deel van de strategie	55
3.2. <i>Interfaces en bijhorende standaarden</i>	56
3.2.1. Interface tussen de CEM/EMG en de slimme toestellen	56
3.2.2. Interface tussen de CEM/EMG en de slimme meter	58
3.2.3. Interface tussen de CEM/SMG en de smart grid	59
3.3. <i>de Communicatie en informatie laag technologieën en Protocollen voor de smart home</i>	61
3.3.1. Bluetooth en de smart home	61
3.3.2. ZigBee	66
3.3.3. Wi-Fi	71
3.3.4. Z-Wave	72
3.3.5. Thread	72
3.3.6. EnOcean	73
3.3.7. Vergelijking van communicatie technologieën	74
3.3.8. Software Defined Radio	77
3.4. <i>Integratie van slimme toestellen en IoT in een smart home</i>	78
3.4.1. Slimme verlichting: de geschiedenis	79
3.4.2. Slimme lichtpunten	79
3.4.3. Architecturen	80
3.4.4. De voor- en nadelen van de huidige slimme lampen	83
3.4.4.3. Nadelen	85
3.4.5. Voorbeeld van commerciële cloud service: IFTTT	88
3.5. <i>een overzicht van enkele Initiatieven</i>	89
3.5.1. DG CNECT Study on Semantic Assets for Smart Appliances Interoperability	90
3.5.2. DG ENER Ecodesign Preparatory Study on Smart Appliances project	90
3.5.3. Home Gateway Initiative (HGI)	91
3.5.4. EEBus & energy@home @ AGORA	91
3.5.5. Alseen/AllJoyn	91
3.5.6. OpenInterconnect Consortium (OIC)	92
3.5.7. Homekit	92
3.5.8. ThreadGroup	92
3.5.9. Andere initiatieven	93
<b>4. Deel 3: proefopstelling</b>	<b>94</b>
4.1. <i>Inleiding</i>	94
4.2. <i>Test scenario en proefopstelling</i>	96
4.3. <i>FPAI</i>	96
4.3.1. Omschrijving	96
4.3.2. Ervaring opgedaan met FPAI	99
4.3.3. Andere software Frameworks	100
<b>5. Besluit</b>	<b>103</b>
5.1. <i>Technowatch</i>	103

---

5.2.	<i>Meerwaarde van...</i>	104
5.3.	<i>Interoperabiliteit</i>	105
5.4.	<i>De ervaring met de proefopstelling</i>	106
5.5.	<i>Aanbevelingen</i>	107

## LIJST VAN TABELLEN

Tabel 2-1: Kenmerken woning 1950-1970	15
Tabel 2-2: Kenmerken woning 1971-1990	16
Tabel 2-3: Kenmerken woning 1991-2005	17
Tabel 2-4: Kenmerken woning 2005-2015	18
Tabel 2-5: Kenmerken woning vanaf 2010 lage energie	20
Tabel 2-6: Kenmerken woning vanaf 2016 bijna-energie neutrale woning	21
Tabel 2-7 Samenvatting van mogelijk belangrijke regelfuncties voor bijna-energie neutrale (BEN) woningen	26
Tabel 2-8 Voorbeeld uit 'Table 1' uit EN 15232(2007) dat functie-eisen oplegt per klasse van gebouwautomatisering	33
Tabel 2-9 relatief besparingspotentieel	34
Tabel 2-10 Samenvatting van mogelijk belangrijke regelfuncties voor sanitair warm water, verlichting, elektrische mobiliteit en andere huishoudtoestellen samengevat	43
Tabel 2-11 Ingeschat jaarlijks energieverbruik per EMS scenario voor de virtuele referentiewoning	45
Tabel 2-12 Inschatting van de jaarlijkse energiekosten per EMS scenario voor de virtuele referentiewoning	45
Tabel 4-1 FPAI bundles	99
Tabel 4-2 vergelijking van verschillende software frameworks	101
Tabel 4-3 vergelijking van verschillende software frameworks (vervolg)	102



## LIJST VAN FIGUREN

Figuur 2-1 Kenmerken van de gekozen referentiewoning	14
Figuur 2-2 Plan van de referentiewoning (oriëntatie: achtergevel=zuid, zijgevel=west)	14
Figuur 2-3: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1950 en 1970, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie	16
Figuur 2-4: : Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1971 en 1990, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie	17
Figuur 2-5: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1991 en 2005, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie.	18
Figuur 2-6: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 2005-2015, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie	19
Figuur 2-7: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd vanaf 2010, , balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie	20
Figuur 2-8: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd vanaf 2016 bijna-energieneutrale woning, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie	21
Figuur 2-9 Vergelijking van het eigenverbruik afhankelijk van de meetperiode voor uitmiddelen van eigenproductie versus verbruik per jaar (Jahr) vs per maand (Monat) of per uur (Stunde)	23
Figuur 2-10: De vier ventilatiesystemen voor woningen	24
Figuur 2-11 Werkelijk elektriciteitsverbruik per m <sup>2</sup> voor geëvalueerde woningen in BEP2020 project	30
Figuur 2-12 Gemeten maandelijks energieverbruik per 130 m <sup>2</sup> in de proefwoning	30
Figuur 2-13 Vergelijking van 4 opties voor HVAC technieken voor dezelfde woning en impact op de energievraag	31
Figuur 2-14 Opdeling van huishoudelijk elektriciteitsgebruik (Remodece)	39
Figuur 2-15 Stand-by verbruik per toestel (Remodece)	40
Figuur 3-1 Relatie tussen GWAC en SGAM lagenmodel	48
Figuur 3-2: Functionele flexibiliteit architectuur	50
Figuur 3-3 Implementatie 1	51
Figuur 3-4 Implementatie 2	52
Figuur 3-5 Implementatie 3	52
Figuur 3-6 Implementatie 4	53
Figuur 3-7 Interactie tussen verschillende componenten	54
Figuur 3-8: CEM interactie	57
Figuur 3-9: slimme meter poorten volgens NTA 8130	58
Figuur 3-10: standaarden en standaardisatie werkgroepen	59
Figuur 3-11: IEC 62746 roadmap	61
Figuur 3-12 Sternetwerk	62
Figuur 3-13 Piconets en scatternets	63
Figuur 3-14 Mesh netwerk	65
Figuur 3-15 de ZigBee IP protocol stack (bron ZigBee IP specificatie)	69
Figuur 3-16 de ZigBee SEP 1.0 en SEP 2.0 protocol stacks gerefereerd aan het OSI/Internet model	69
Figuur 3-17 de verschillende ZigBee protocol stacks	70
Figuur 3-18 ZigBee 3.0 en Thread	71

Figuur 3-19 Thread netwerk protocol situering (bron: threadgroup.org)	73
Figuur 3-20 de protocol stack ISO/IEC 14543-3-10 (bron EnOcean)	74
Figuur 3-21 draadloze bouwautomatiseringstechnologieën	75
Figuur 3-22 draadloze smart home netwerken volgens Gartner	75
Figuur 3-23 een eenvoudig overzicht van enkele draadloze technieken (bron: J. Alonso-Zarate, M. Dohler)	76
Figuur 3-24 Draadloze technieken in open lucht (last mile)(bron: Yan Zhang, IoT Standards Wireless Community workshop 4 December 2014)	76
Figuur 3-25 Vergelijking van Insteon met Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave en ZigBee(bron: Insteon)	77
Figuur 3-25 blokschema met twee verschillende SDR realisaties	78
Figuur 3-26: een slimme lamp met afstandsbediening	81
Figuur 3-27: een mesh netwerkconfiguratie	81
Figuur 3-28: een ad-hoc en permanent mesh netwerkconfiguratie	82
Figuur 3-29: een ster netwerkconfiguratie	82
Figuur 3-30: een ad-hoc ster netwerkconfiguratie	83
Figuur 3-31: een PLC netwerkconfiguratie	83
Figuur 3-32: een traditionele aansluiting van een lamp	84
Figuur 3-33: een doorgeluste aansluiting van een lamp	84
Figuur 3-34: een ster aansluiting van een lamp	85
Figuur 4-1 Proefopstelling	95
Figuur 4-2 FLEXIBLEPOWER APPLICATION INFRASTRUCTURE concept	97
Figuur 4-3 de software runtime in de FP home box in meer detail	98
Figuur 5-1 Lagen, protocollen en interfaces	112

## LIJST VAN AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN

AC	Alternating Current
AD	Active Demand
ADR	Activ Demand Response
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
API	Application Programming Interface
AREI	Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties
BEN	Bijna Energie-Neutrale woning
BRP	Balance Responsible Partner
CEN	Comité Européen de Normalisation
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CIM	Common Information Model
COSEM	COmpanion Specification for Energy Metering
CV	Centrale Verwarming
DC	Direct Current
DER	Distributed Energy Resources
DLMS	Device Language Message Specification
DNB	Distributie netbeheerder (= DSO)
DR	Demand Response
DSO	Distribution System Operator
DSM	Demand Side Management
DSMR	Dutch Smart Meter Requirements
EMC	Electro Magnetic Compatibility
EMS	Energie Management Systeem (energie Beheer systeem)
ESCO	Energy Service Company
ESP	Energy Service Provider
ETSI	Europees Telecommunicatie en Standaardisatie Instituut
EV	Elektrisch voertuig
GPRS	General Packet Radio Service
HAN	Home Area Network
HVAC	Heating Ventilation Airconditioning
IEC	International Standardisation Committee
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IHD	In Home Display
IWW	Interne-Warmte-Winsten
KNX	KONNEX
LAN	Local Area Network
LS	Laagspanning
MCI	Modular Communication Interface
MUC	Multi Utility Controller
NIALM	Non Intrusive Appliance Load Monitoring
NILM	Non Intrusive Line Monitoring
NTA	Netherlands Technical Agreement
OBIS	Object Identification System
OGEMA	Open GateWay Energy Management Alliance
OSGI	Open Services Gateway Initiative
OSI	Open Systems Interconnection

PC	Personal Computer
PLC	Programmable Logic Controller
PLC	Powerline Communication
PQ	Power Quality
PV	Photovoltaïsch (zonnepanelen)
SCM	Slimme Communicatie Module
SDK	Software Development Kit
SDO	Standaardisatie organisatie
SEP	Smart Energy Profile
SGAM	Smart Grid Architecture Model
SGF	Smart Grid Flanders
SG-CG	Smart Grid Coordination Group
TNB	Transmissie netbeheerder (=TSO)
ToU	Time Of Use
TSO	Transmission System Operator
V	Volt
VREG	Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt

**DER (Distributed Energy Resources):** verzamelnaam voor (kleinere) productie-eenheden, aanstuurbare of slimme lasten en opslagtechnologie die zich in het laagspannings- of middenspanningsnetwerk bevinden.

**DER cluster:** een groep DER die gecoördineerd werken en zich gedraagt als één aanstuurbare productie/consumptie eenheid. Men spreekt van een commerciële DER cluster wanneer de DER eenheden geografisch verspreid zijn. Een technische DER cluster daarentegen is een geografisch geconcentreerde DER cluster, waarvan de onderdelen ook aangestuurd worden in functie van de lokale distributienet werkingsparameters.

**Time of Use (ToU):** model waarbij de tarieven voor elektriciteit verschillen afhankelijk van het tijdstip. Hierbij heeft men verschillende opties om dit uit te voeren: vaste (start- en eindtijdstip varieert niet) versus flexibele periodes, vast versus variabel aantal periodes, vaste (contract) of flexibele prijzen per periode, enzovoort. De bedoeling is de residentiële vraag te beïnvloeden door verschillende tarieven dynamisch naar de eindgebruiker te communiceren. ToU betekent niet dat de residentiële toestellen rechtstreeks gestuurd worden.

**Variabele aansluitcapaciteit:** de maximale elektriciteitsconsumptie of/en -productie worden doorgegeven. Dit kan op een vrijwillige of afdwingende wijze gebeuren. Dwingend kan via een slimme meter die de afname of toevoer beperkt tot een zekere limiet en afschakelt wanneer deze overschreden wordt. Bij de vrijwillige wijze zal de verbruiker beloofd worden om beneden de limiet te blijven. Op huis niveau kunnen de slimme toestellen aangestuurd worden om binnen deze limieten te blijven.

**Automatische actieve vraagsturing (Active Demand of AD):** Residentiële actieve vraagsturing waarbij toestellen automatisch reageren op externe stuursignalen. Hierbij is geen ingreep van de eindgebruiker vereist. In principe kan zowel verbruik als lokale productie op deze wijze beïnvloed worden.

**Flexibele cluster:** de slimme toestellen vormen over alle deelnemende huizen heen één controlecluster zodat deze toestellen individueel aangestuurd kunnen worden. Dit laat een optimalere controle van de aangeboden flexibiliteit toe.

**Linear<sup>1</sup>:** Linear is een Vlaams onderzoeksproject en bestudeert hoe hernieuwbare energiebronnen, zoals wind- en zonne-energie, optimaal in het distributienetwerk kunnen ingeschakeld en gebruikt worden.

<sup>1</sup> <http://www.linear-smartgrid.be/>

---

## 1. INLEIDING

---

### 1.1. SMART HOME PROJECT

Het project 'SMART HOME: naar de intelligente elektrische installatie. Integratie van energiebeheer in domotica' is een VIS traject gesubsidieerd door het agentschap voor Innovatie door Wetenschap en Technologie (IWT). Het globale projectdoel is om de Vlaamse elektro-installatiebranche haar koppositie te laten uitbouwen inzake geïntegreerde residentiële elektronische toepassingen en installaties voor energiebeheer en communicatie.

Het project richt zich op twee doelgroepen:

- De KMO-domoticafabrikanten/-leveranciers kunnen de technologische uitdagingen en markt-opportunities op het vlak van energiemanagement en smart grids niet voldoende opvolgen. Daarom vragen zij dat de impact van deze evolutie op hun bestaande producten en dienstenaanbod onderzocht wordt. Om aan de top te blijven, geven deze bedrijven aan dat het noodzakelijk is om hun producten en systemen verder te laten evolueren naar geïntegreerde energiebeheerssystemen die klaar zijn om ingepast te worden in de toekomstige smart grids.
- Bij de elektro-installatiebedrijven leeft de nood aan kennis inzake residentiële netwerkgebaseerde elektronische toepassingen (IP) en communicatietoepassingen (ICT) om de intelligente elektrische installaties met energiebeheer mee vorm te geven en effectief te plaatsen. Het aspect onderhoud en herstelling zal door de mogelijke communicatieproblemen veel complexer worden.

De taak van VITO binnen dit project richtte zich voornamelijk op de KMO-domoticafabrikanten/-leveranciers en is toegelicht in sectie 1.2.

### 1.2. VITO TAAKOMSCHRIJVING EN UITVOERING

Om bovenstaande doelstellingen voor de domoticafabrikanten/-leveranciers doelgroep te ondersteunen, is deze taak opgedeeld in twee delen:

1. Deeltaak 1: een „technology watch“ op maat van de domoticafabrikanten/-leveranciers, om de evoluties ter zake in binnen- en buitenland op te volgen.
2. Deeltaak 2: een collectief onderzoek met praktijkcases ter verduidelijking van de impact en de mogelijkheden van de evolutie naar smart grids, energiebeheer en multitarieven, op het bestaande producten en dienstenaanbod.

In het kader van deeltaak 1 heeft VITO de volgende prestaties verricht:

- 24 Technology Watch-nieuwsbrieven met technische info (technische kennistransfer en technologieverspreiding). Deze nieuwsbrieven richtten zich zowel op de domoticafabrikanten als op de elektro-installatiebedrijven, en werden verspreid door TECNOLEC aan hun leden. Een overzicht van nieuwsbrieven is in Bijlage A.
- 3 workshops voor domoticafabrikanten/leveranciers in het kader van het collectief onderzoek en de verspreiding van de resultaten ervan. Een eerste workshop aan het begin van het project gaf een stand van zaken aangaande slimme netwerken, slimme meters en

slimme huizen. De tweede workshop lichtte het eerste onderzoeksrapport toe en de derde workshop licht dit rapport toe.

- 4 info-avondreeksen van 4 sessies inzake de evoluties rond smart grids en energiebeheer, gericht op een breder publiek.

In het kader van deeltaak 2 zijn de volgende prestaties verricht:

- Een collectief onderzoeksrapport<sup>2</sup> (fase 1) met een inventarisatie van de deelnemende domoticasystemen en een beschrijving van de mogelijkheden van de integratie van energiebeheer en energiebeheeralgoritmes in de domoticasystemen.
- Na het tweede jaar is in samenspraak met IWT en de gebruikersgroep de uitvoering van deeltaak 2 deels gewijzigd. Het testen van een door de domoticafabrikanten ontwikkeld systeem op huisniveau en/of straatniveau is vervangen door een proefontwikkeling gebaseerd op een beschikbaar opensource energiebeheer platform door VITO en er is in dit rapport een bijkomend onderzoek naar de energievraag in de lage-energiewoning van de toekomst en de mogelijke meerwaarde van slimme sturing.

In dit rapport wordt nader ingegaan op:

- Deel 1: De energievraag in de lage-energiewoning van de toekomst en de mogelijke meerwaarde van slimme sturing;
- Deel 2: een zicht op interoperabiliteit;
- Deel 3: de bevindingen opgedaan tijdens de uitvoering van de proefontwikkeling met opensource energiebeheer platform FPAI<sup>3</sup>.

Het rapport sluit af met een hoofdstuk met een opsomming van de voornaamste besluiten en aanbevelingen.

---

<sup>2</sup> Smart Home onderzoeksrapport geschreven door Dominic Ectors en Paul Van Tichelen met de resultaten van jaar 1 en 2 van het smart home project. Gepubliceerd in Mei 2013 naar de deelnemers van het Smart Home project.

Dit rapport bevat:

- de inventarisatie van de systemen van de domotica fabrikanten om deze te catalogeren op het niveau van de systeemarchitectuur;
- de conceptvalidatie en mogelijkheden van de integratie van energiebeheer en energiebeheeralgoritmen in de domoticasystemen;
- een 20tal projectvoorstellen en de bevraging naar de domoticafabrikanten/- leveranciers hieromtrent. Het doel is na te gaan wat de interesse voor de uitwerking van deze ideeën is, en zo productinnovatie te stimuleren;
- een beschrijving van de laboratoriuminfrastructuur van VITO welke ter beschikking staat van de fabrikanten om hun energiebeheersysteem te testen;
- in de bijlagen wordt achtergrondinformatie verstrekt aangaande interfaces, protocollen, slimme meter functies en diensten, VITO testomgeving en energiebeheer use-cases.

<sup>3</sup> <http://www.flexiblepower.org/>

## 2. DEEL 1: DE ENERGIEVRAAG IN DE LAGE ENERGIEWONING VAN DE TOEKOMST EN DE MOGELIJKE MEERWAARDE VAN SLIMME STURING

---

In dit hoofdstuk gaan we in op de rol die een domoticasysteem of EMS kan spelen in de woning van de toekomst en de verschillen met de vorige generatie woningen (1950..) en kijken we naar de jaarlijks mogelijke kostenbesparing op energie. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een referentiewoning en het verbruiksprofiel van typische toestellen in huis. Als referentiewoning wordt gekozen voor een ruime half-open woning. Voor die woning wordt de maandelijkse energiebalans besproken met de technische eisen door de loop der jaren, zoals voor de jaren 70 tot een 'bijna-energie neutraal woning' (BEN)<sup>4</sup> van de toekomst. Anders dan dat de naam zou kunnen doen vermoeden heeft die woning nog wel degelijk mogelijke energiekosten. Er wordt hiervoor besproken welke EMS functies er zijn per toepassing (HVAC, huishoudtoestellen,..). Vervolgens kijken we naar een typisch jaarverbruik voor gas en elektriciteit van de referentiewoning en maken we een inschatting van de mogelijke impact dat een EMS hierop kan hebben.

### 2.1. DE REFERENTIEWONING VOOR DE ANALYSE

Voor de analyse van de energievraag wordt als referentie voor een ruime half-open woning in België/Vlaanderen gekozen<sup>5</sup> omdat we verwachten dat het totaal verbruik en prestaties hiervan zich tussen dat van een appartement en een vrijstaande woning situeert<sup>6</sup>, zie Figuur 2-1 en Figuur 2-2. De gegevens hiervoor zijn afkomstig uit een studie die voor het Vlaams Energie-agentschap uitgevoerd werd<sup>5</sup>. Om een beeld te krijgen hoe het verbruik van zo'n woning evolueert indien ze gebouwd zou zijn door de loop der jaren worden basisgegevens uit het Tabula project gebruikt<sup>11</sup>. Hiervoor wordt dan nagegaan hoe de eisen voor slim energiebeheer mee evolueren en veranderen. Finaal proberen we dan in te schatten hoeveel energieverbruik er nog overblijft en wat de impact van een slimme regeling is. De eisen waaraan een BEN<sup>4</sup> (Bijna Energie Neutrale) woning moet voldoen zijn beschikbaar op de site van het Vlaams Energie Agentschap<sup>7</sup>.

---

<sup>4</sup> <http://www.energiesparen.be/BEN>

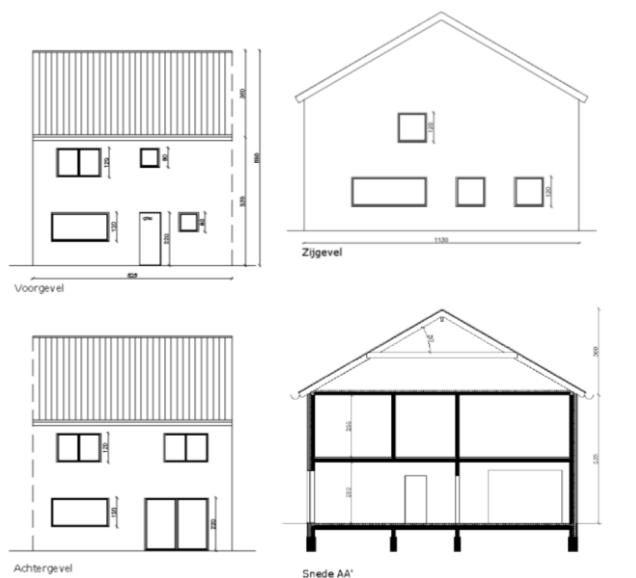
<sup>5</sup> VEA (2013): 'STUDIE NAAR KOSTENOPTIMALE NIVEAUS VAN DE MINIMUMEISEN INZAKE ENERGIEPRESTATIES VAN GERENOVEERDE BESTAANDE RESIDENTIËLE GEBOUWEN'.

<sup>6</sup> 'EPB-cijfers en statistieken voor EPB-aanvragen ingediend t/m eind 2014' is beschikbaar op: <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/EPBincijfers-2006-2014.pdf>

<sup>7</sup> <http://www.energiesparen.be/epb/nieuwsbrief/overzicht>

HALFOPEN WONING		
ALGEMEEN		
Constructiejaar	1950	
Beschermd volume	548,01 m <sup>3</sup>	Excl. AOR 168,62 m <sup>3</sup>
Bruto vloeroppervlak	187,35 m <sup>2</sup>	
Compactheid	1,63 m	
Totale verliesopp	336,51 m <sup>2</sup>	
Gevel totaal	119,61 m <sup>2</sup>	Excl. raamopp
Noord	35,99 m <sup>2</sup>	
Zuid	31,20 m <sup>2</sup>	
Oost	52,42 m <sup>2</sup>	
Raam totaal	29,55 m <sup>2</sup>	
Noord	6,38 m <sup>2</sup>	15% van noordgevel / excl. glazen deur 1,98 m <sup>2</sup>
Zuid	8,04 m <sup>2</sup>	20% van zuidgevel
Oost	13,15 m <sup>2</sup>	20% van oostgevel
Vloer (op grond)	93,68 m <sup>2</sup>	
Zoldervloer	93,68 m <sup>2</sup>	Wand naar AOR
Schuin dak	111,08 m <sup>2</sup>	Buitenopp AOR
Zijgevel	20,34 m <sup>2</sup>	Buitenopp AOR

Figuur 2-1 Kenmerken van de gekozen referentiewoning<sup>5</sup>



Figuur 2-2 Plan van de referentiewoning (oriëntatie: achtergevel=zuid, zijgevel=west)

## 2.2. ENERGIEBALANS VAN DE REFERENTIEWONING IN HET VERLEDEN EN DE TOEKOMST VOLGENS BEREKENINGEN

Nota: De hiernavolgende berekeningen zijn enkel indicatief en werden met de PHPP 2007 spreadsheet gemaakt<sup>8</sup>, die software wordt gebruikt omwille van het detail en de flexibiliteit om zelf berekeningen toe te voegen. Bemerkt wel dat de PHPP 2007 berekeningen verschillen van de EPB software<sup>9,10</sup>, maar die verschillen zijn hier geen voorwerp van studie.

<sup>8</sup> [http://passiv.de/en/04\\_phpp/04\\_phpp.htm](http://passiv.de/en/04_phpp/04_phpp.htm)

<sup>9</sup> <http://www.energiesparen.be/epb/prof/software>

<sup>10</sup> <http://www.passiefhuisplatform.be/artikel/energie-efficiente-woningen-certifiëren-met-epb>



Algemene gebruikte begrippen hierbij zijn:

'Energiebalans': Dit is de relatie tussen de energie verliezen, b.v. warmteverlies door isolatie, en de interne warmtewinsten van de woning, b.v. warmte door ingestraalde zon. Indien die balans niet in evenwicht is kan de woning opwarmen of afkoelen.

'U-waarde' ( $W/m^2K$ ): Dit is een maat voor isolatie en drukt de hoeveelheid warmte uit die per seconde, per  $m^2$  en per graad temperatuurverschil tussen de ene en de andere zijde van een wand(constructie) doorgelaten wordt.

'Transmissieverliezen': De transmissieverliezen omvatten alle warmteverliezen via de scheidingsconstructies tussen het gebouw en de buitenomgeving, de bodem en de aangrenzende onverwarmde ruimten.

'Ventilatieverliezen': Dit zijn de warmteverliezen door de ventilatie van de woning, bewust of onbewust (bv door lekken).

'Luchtdichtheid volgens  $n50$ ' ( $h^{-1}$ ): Dit is een meetwaarde voor de luchtdichtheid van de woning en is het aantal verse-luchtvolumes per uur bij een drukverschil van 50 Pa.

'Hulpenergie voor verwarming en koeling': Dit is de energie nodig voor toestellen die nodig zijn om de verwarming of koeling te laten functioneren zoals circulatiepompen.

'Interne WarmteWinsten'(IWW): Dit is energie afkomstig van bronnen binnen de woning bijvoorbeeld: personen, huishoudtoestellen, verlichting,..

'Zonnewinsten': Dit zijn de interne warmtewinsten afkomstig van de ingestraalde zon.

### 2.2.1. ENERGIEBALANS VOOR VERWARMING/KOELING EN VENTILATIE VOOR DE TYPEWONING GEBOUWD TUSSEN 1950 EN 1970

Deze woningen hadden een spouwmuur en enkel glas, er is geen specifieke dakisolatie, de typische bouwkundige kenmerken zijn<sup>11</sup>:

Tabel 2-1: Kenmerken woning 1950-1970

Component	Beschrijving	U-waarde ( $W/m^2K$ )
Dak	Ongeïsoleerde dakconstructie	1,7
Gevel	Ongeïsoleerde spouwmuur	1,7
Vloer	Ongeïsoleerde vloer op volle grond	0,85
Raam	Houten raamprofielen - enkele beglazing	5
Deur	Buitendeur - ongeïsoleerd	4
Gemiddelde		2,06

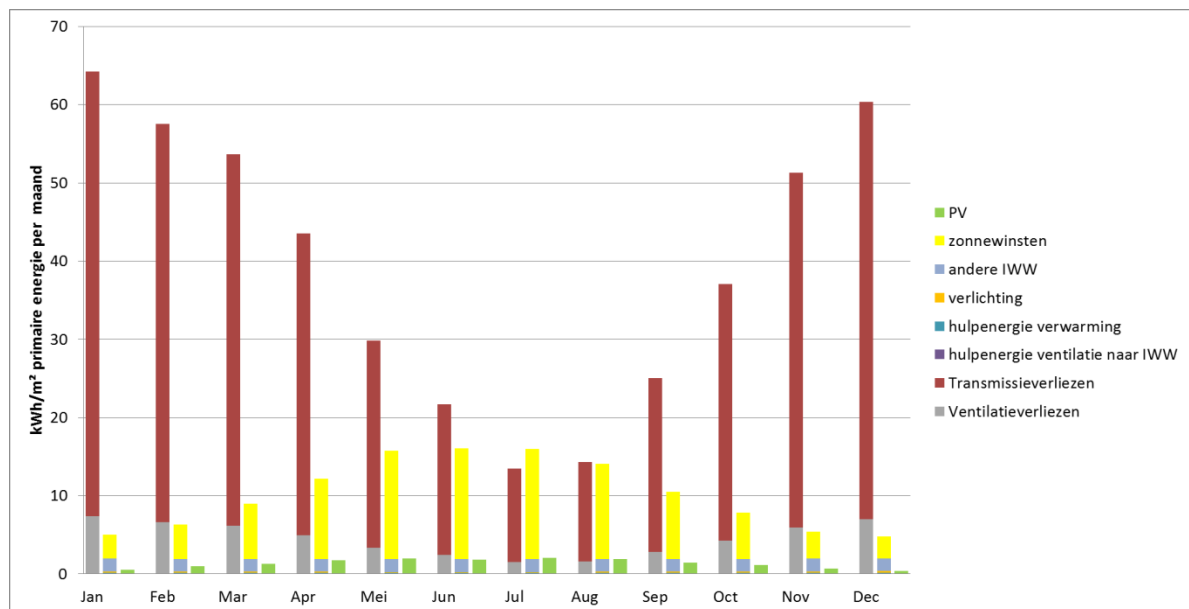
Voor luchtdichtheid werd  $n50 = 7,4 h^{-1}$  aangenomen, dit is weinig luchtdicht.

Een fotovoltaïsche installatie van 3 kWp werd toegevoegd ter illustratie. Figuur 2-3 geeft de warmtebalans van de woning weer, met links de warmtevraag nodig voor verwarming door transmissie(rood) of isolatieverlies en ventilatie (grijs) versus het aanbod van warmte zonder verwarming midden met geel zoninstraling en andere interne bronnen (blauw, ..).

Dit resulteert<sup>12</sup> in een maandelijkse energiebalans voor de woning (exclusief verwarming):

<sup>11</sup> TABULA project (2014), 'Belgische woningtypologie Nationale brochure over de TABULA woningtypologie', VITO, Deliverable 2.3.

<sup>12</sup> Eigen berekening ter illustratie aan de hand van PHPP tool versie 2007.



Figuur 2-3: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1950 en 1970, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie

In dit voorbeeld is de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming op jaarbasis 351 kWh/m<sup>2</sup> en het nodige verwarmingsvermogen voor transmissieverliezen ( $U_{\text{oppervlak}}$ ) is 692 W/°C. In deze woning is bijna steeds verwarming nodig en het risico op oververhitting is beperkt, de verwarming is afhankelijk van transmissieverliezen en eenvoudige regeling met stooklijn<sup>13</sup> op basis van buitentemperatuur is voldoende. De bespreking over de rol van gebouwautomatisering volgt later in sectie 2.12.

### 2.2.2. ENERGIEBALANS VOOR VERWARMING/KOELING EN VENTILATIE VOOR DE TYPEWONING GEBOUWD TUSSEN 1971 EN 1990

Na de eerste oliecrisis (1973) is er toenemende aandacht voor isolatie in de spouwmuren en de eerste generatie dubbel glas doet zijn intrede, de typische bouwkundige kenmerken zijn<sup>11</sup>:

Tabel 2-2: Kenmerken woning 1971-1990

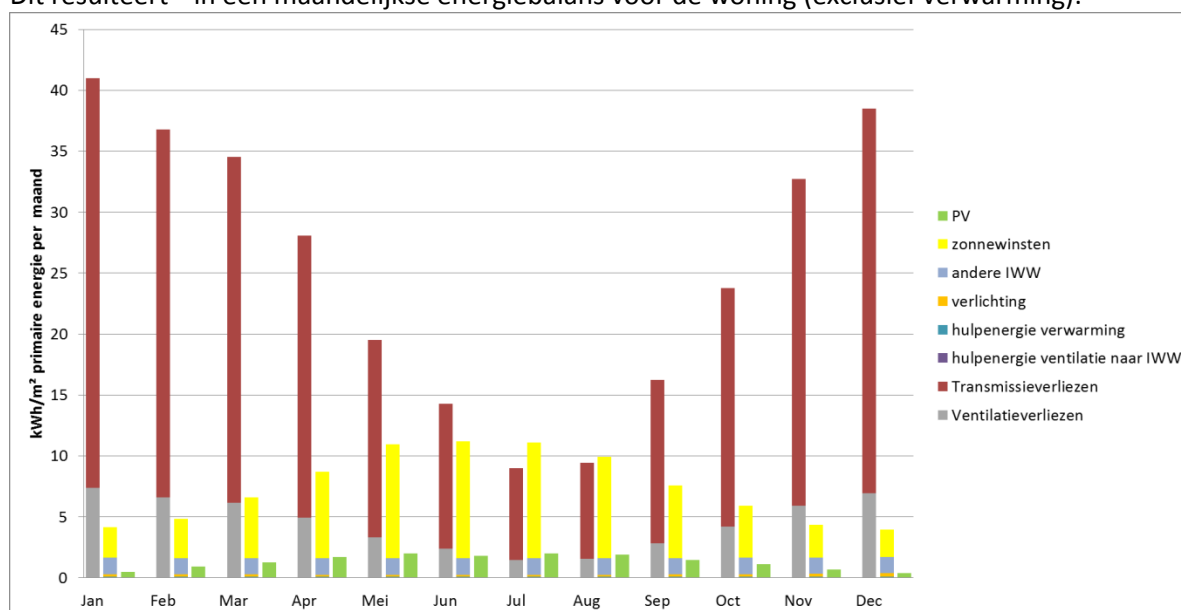
Component	Beschrijving	U-waarde (W/m <sup>2</sup> K)
Dak	dakisolatie tussen kepers 4 cm	0,85
Gevel	spouwisolatie 2 cm	1
Vloer	Ongeïsoleerde vloer op volle grond	0.85
Raam	Meerkamer raamprofielen - dubbele beglazing <2005	3,5
Deur	Buitendeur - ongeïsoleerd deurblad - pre 1991	4
Gemiddelde		1,27

Voor luchtdichtheid werd  $n_{50} = 7,4 \text{ h}^{-1}$  aangenomen, dit is weinig luchtdicht.

<sup>13</sup> <https://nl.wikipedia.org/wiki/Cv-regeling>

Een fotovoltaïsche installatie van 3 kWp werd toegevoegd ter illustratie.

Dit resulteert<sup>14</sup> in een maandelijkse energiebalans voor de woning (exclusief verwarming):



Figuur 2-4: : Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1971 en 1990, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie

In dit voorbeeld is de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming op jaarbasis 217 kWh/m<sup>2</sup> en het nodige verwarmingsvermogen voor transmissieverliezen is 426 W/°C. De bespreking over de rol van gebouwautomatisering volgt later in sectie 2.12.

### 2.2.3. ENERGIEBALANS VOOR VERWARMING/KOELING EN VENTILATIE VOOR DE TYPEWONING GEBOUWD TUSSEN 1991 EN 2005

Deze periode kenmerkt zich door een meer doorgedreven isolatie van dak, gevel en vloer; de typische bouwkundige kenmerken zijn<sup>11</sup>:

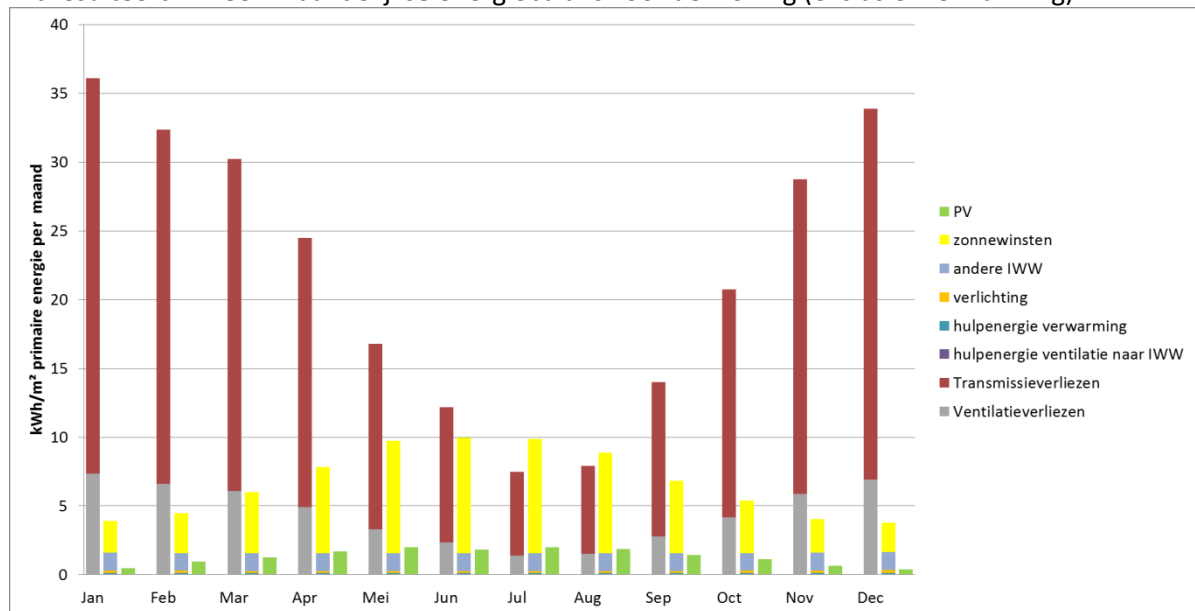
Tabel 2-3: Kenmerken woning 1991-2005

Component	Beschrijving	U-waarde (W/m <sup>2</sup> K)
Dak	dakisolatie	0,6
Gevel	spouwisolatie	0,6
Vloer	Vloer op volle grond 1991-2005 - uitvullaag 4 cm	0,7
Raam	Meerkamer raamprofielen - dubbele beglazing <2005	3,5
Deur	Buitendeur - ongeïsoleerd deurblad - 1991-2005	3,5
Gemiddelde		1,08

Voor luchtdichtheid werd n<sub>50</sub> = 7,4 h<sup>-1</sup> aangenomen, dit is weinig luchtdicht. Een fotovoltaïsche installatie van 3 kWp werd toegevoegd ter illustratie.

<sup>14</sup> Eigen berekening ter illustratie aan de hand van PHPP tool versie 2007.

Dit resulteert<sup>15</sup> in een maandelijkse energiebalans voor de woning (exclusief verwarming):



Figuur 2-5: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 1991 en 2005, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie.

In dit voorbeeld is de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming op jaarbasis 187 kWh/m<sup>2</sup> en het nodige verwarmingsvermogen voor transmissieverliezen is 363 W/°C. In deze woning kan oververhitting in de zomer optreden, de maatregelen worden later besproken bij gebouwautomatisering in sectie 2.12.

#### 2.2.4. ENERGIEBALANS VOOR VERWARMING/KOELING EN VENTILATIE VOOR DE TYPEWONING GEBOUWD TUSSEN 2005-2015 LAGE ENERGIE

In 2003 wordt de EPB richtlijn ingevoerd<sup>16</sup> wat resulteert in het opleggen van energiebesparende eisen voor woningen, die regelmatig strenger worden in de loop der jaren. Hierbij komt dat rond 2007 de belangstelling voor energiebesparing nog verder toenam omdat aangenomen werd dat broeikasgassen afkomstig van fossiele brandstof zouden kunnen bijdragen tot een onaanvaardbare klimaatopwarming<sup>17</sup>. Verschillende nieuwe energiebesparende producten of technieken komen op de markt. Een verbeterde versie van dubbel glas (Low-E) komt op de markt en de gebouwschil wordt nog meer geïsoleerd. de typische bouwkundige kenmerken zijn<sup>11</sup>:

Tabel 2-4: Kenmerken woning 2005-2015

Component	Beschrijving	U-waarde (W/m <sup>2</sup> K)
Dak	Dakisolatie	0,15
Gevel	Spouwisolatie of buitengevelisolatie	0,25
Vloer	Vloerisolatie	0,25

<sup>15</sup> Eigen berekening ter illustratie aan de hand van PHPP tool versie 2007.

<sup>16</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Directive\\_on\\_the\\_energy\\_performance\\_of\\_buildings](https://en.wikipedia.org/wiki/Directive_on_the_energy_performance_of_buildings)

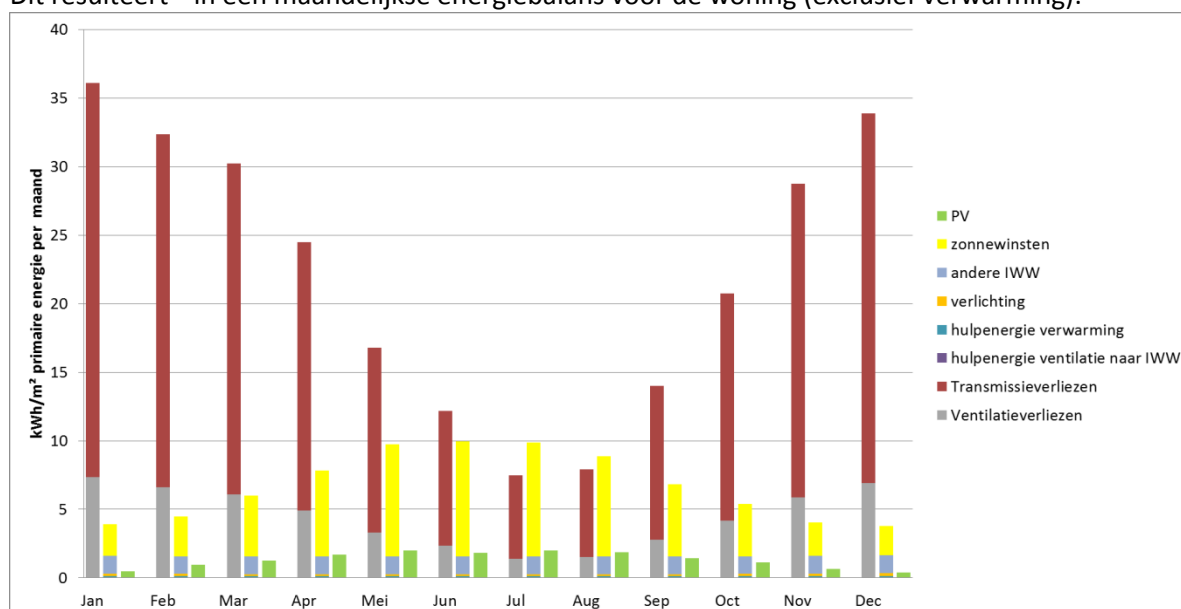
<sup>17</sup> [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/peace/laureates/2007/ipcc-facts.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2007/ipcc-facts.html)

Raam	Geïsoleerde raamprofielen - verbeterde isolerende beglazing Ug 1,1	1,25
Deur	Verbeterd geïsoleerde deurprofielen en deurblad	1,8
Gemiddelde		0,38

Voor luchtdichtheid werd  $n_{50} = 7.4 \text{ h}^{-1}$  aangenomen, dit is weinig luchtdicht en er is geen ventilatie met warmterecuperatie.

Een fotovoltaïsche installatie van 3 kWp werd toegevoegd ter illustratie.

Dit resulteert<sup>18</sup> in een maandelijkse energiebalans voor de woning (exclusief verwarming):



Figuur 2-6: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd tussen 2005-2015, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie

In dit voorbeeld is de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming op jaarbasis  $73 \text{ kWh/m}^2$  en het nodige verwarmingsvermogen voor transmissieverliezen is  $128 \text{ W/}^\circ\text{C}$ . In vergelijking met de vorige generatie woningen (sectie 2.2.4) is het transmissieverlies (rood) sterk afgenomen door de doorgedreven isolatie en proportioneel worden de ventilatieverliezen (grijs) belangrijk. Bemerkt dat in deze woning en de volgende generaties de interne warmtewinsten vaak relatief belangrijk zijn (zon, interne bronnen). Om dus nog verder te besparen wordt een luchtdichte woning met aangepast ventilatiesysteem noodzakelijk.

### 2.2.5. ENERGIEBALANS VOOR VERWARMING/KOELING EN VENTILATIE VOOR DE TYPEWONING GEBOUWD VANAF 2010 LAGE ENERGIE EN-LUCHTDICHT

Woningen worden nog beter geïsoleerd. Ramen en vensters worden ook nog beter geïsoleerd en gecoat met warmte reflecterende coatings. Woningen worden luchtdicht gebouwd door gebruik van afdichtmaterialen en in de winter wordt warmte uit ventilatielucht gerecupereerd. De typische bouwkundige kenmerken zijn<sup>11</sup>:

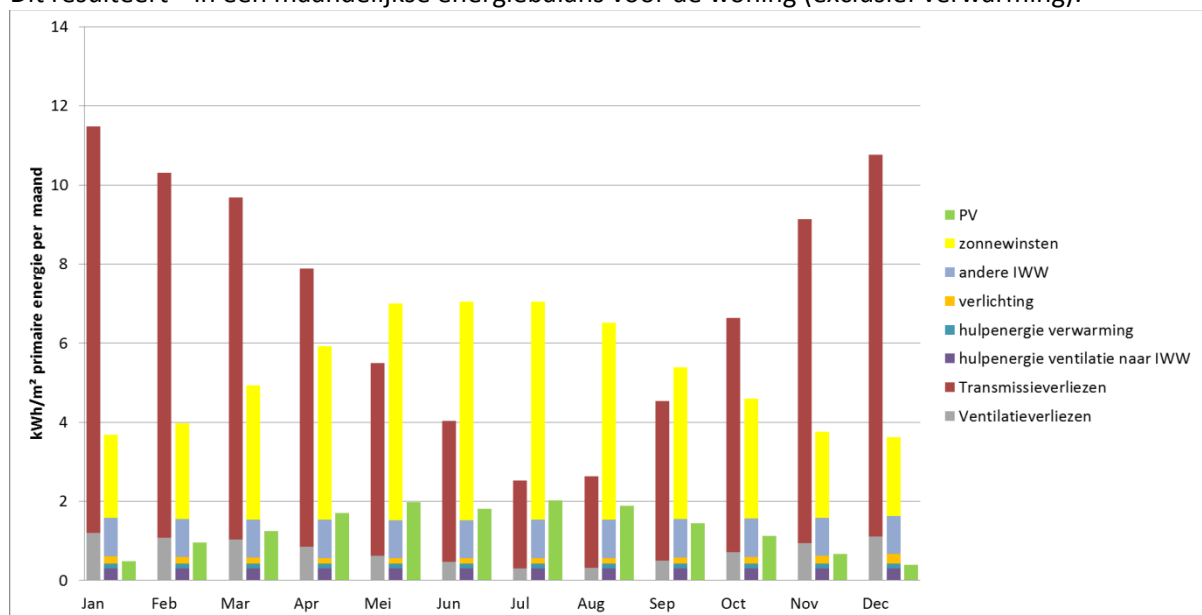
<sup>18</sup> Eigen berekening ter illustratie aan de hand van PHPP tool versie 2007.

Tabel 2-5: Kenmerken woning vanaf 2010 lage energie

Component	Beschrijving	U-waarde (W/m <sup>2</sup> K)
Dak	Dakisolatie	0,15
Gevel	Spouwisolatie of buitengevelisolatie	0,25
Vloer	Vloerisolatie	0,25
Raam	Geïsoleerde raamprofielen - verbeterde isolerende beglazing Ug 1,1	1,25
Deur	Verbeterd geïsoleerde deurprofielen en deurblad	1,8
Gemiddelde		0,38

Voor luchtdichtheid werd  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$  aangenomen, dit is zeer luchtdicht. Een fotovoltaïsche installatie van 3 kWp werd toegevoegd ter illustratie.

Dit resulteert<sup>19</sup> in een maandelijkse energiebalans voor de woning (exclusief verwarming):



Figuur 2-7: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd vanaf 2010, , balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie

In dit voorbeeld is de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming op jaarbasis 35 kWh/m<sup>2</sup> en het nodige verwarmingsvermogen voor transmissieverliezen ( $U_{\text{oppervlak}}$ ) is 128 W/°C. De zonnewinsten (geel) worden relatief zeer belangrijk in de energiebalans. In vergelijking met de buitentemperatuur kunnen die snel variëren en in de regeling van de verwarming zijn nu naast de buitentemperatuur ook de warmtewinsten van de zon relatief belangrijk. Dus eenvoudig regelen enkel op basis van binnen- en buitentemperatuur, bv met een stookklijn, kan onvoldoende zijn voor optimale prestaties. De bespreking over de rol van gebouwautomatisering volgt later in sectie 2.12.

<sup>19</sup> Eigen berekening ter illustratie aan de hand van PHPP tool versie 2007.

**2.2.6. ENERGIEBALANS VOOR VERWARMING/KOELING EN VENTILATIE VOOR DE TYPEWONING GEBOUWD VANAF 2016 BIJNA-ENERGIENEUTRALE WONING(BEN)**

Dit is een nog beter geïsoleerde en nog meer luchtdichte variant van de voorgaande typewoning met de volgende kenmerken<sup>11</sup>. Vanaf 2016 dient in Vlaanderen de isolatie van nieuwbouw voor dak, gevel, vloer beter dan 0,24 W/m<sup>2</sup>K te zijn en glas 1,1 W/m<sup>2</sup>K.

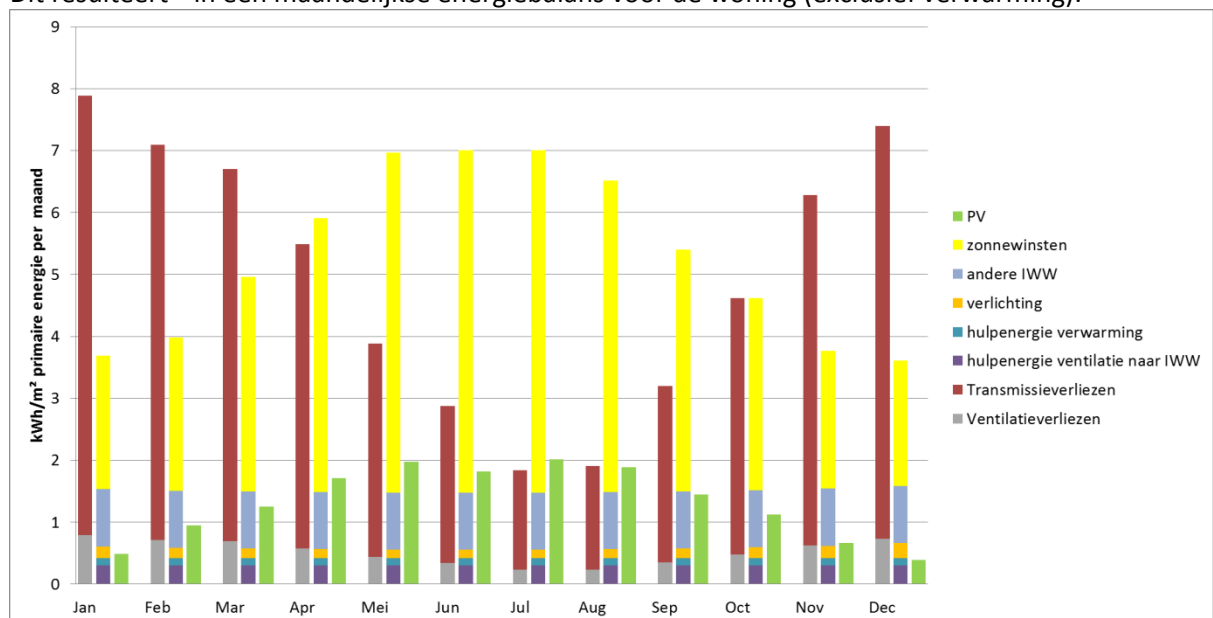
Tabel 2-6: Kenmerken woning vanaf 2016 bijna-energie neutrale woning

Component	Beschrijving	U-waarde (W/m <sup>2</sup> K)
Dak	Dakisolatie	0,1
Gevel	Spouwisolatie of buitengevelisolatie	0,2
Vloer	Vloerisolatie	0,2
Raam	Geïsoleerde raamprofielen - verbeterde isolerende beglazing (drievoudig)	0,8
Deur	Verbeterd geïsoleerde deurprofielen en deurblad	1,2
Gemiddelde		0,27

Voor luchtdichtheid werd n50 = 0,6 h<sup>-1</sup> aangenomen, dit is zeer luchtdicht.

Een fotovoltaïsche installatie van 3 kWp werd toegevoegd ter illustratie.

Dit resulteert<sup>20</sup> in een maandelijkse energiebalans voor de woning (exclusief verwarming):



Figuur 2-8: Energiebalans voor verwarming/koeling en ventilatie voor de typewoning gebouwd vanaf 2016 bijna-energie neutrale woning, balk links warmtevraag per maand, midden interne warmtewinsten, rechts typische PV productie

In dit voorbeeld is de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming op jaarbasis: 15 kWh/m<sup>2</sup> en het nodige verwarmingsvermogen voor transmissieverliezen (U<sub>x</sub>oppervlak) is 90 W/°C. Onnodig twee halogeenlampen van 50 Watt laten branden zal dus de temperatuur in de woning potentieel met meer dan 1 °C laten stijgen. Zoals ook al in de vorige situatie aangehaald (sectie 2.2.6) zal het

<sup>20</sup> Eigen berekening ter illustratie aan de hand van PHPP tool versie 2007.

regelen van de temperatuur afhankelijk zijn van meer factoren dan enkel maar de buitentemperatuur. De bespreking over de rol van gebouwautomatisering volgt later in sectie 2.12. De potentiële vraag voor koeling (20 kWh/m<sup>2</sup>) in die woning is hoger dan de netto energiebehoefte voor verwarming (15 kWh/m<sup>2</sup>) per jaar, voor koeling zijn er dus extra maatregelen nodig zoals verder besproken (beschaduwning, airco, ..).

### **2.3. DE EVOLUTIE SAMENGEVAT EN TRENDS VOOR SLIM ENERGIEBEHEER (EMS) VAN VERWARMING/KOELING EN VENTILATIE VOOR DE TYPEWONING VANAF 1950 NAAR DE TOEKOMST (2016..)**

#### **2.3.1. DE VRAAG NAAR KOELING OF MAATREGELEN OM OVERVERHITTING TE BEPERKEN NEEMT TOE VOOR MODERNE WONINGEN, OM OVERVERHITTING TE VOORKOMEN KUNNEN EXTRA TECHNIEKEN EN STURINGEN NODIG ZIJN**

In zeer goed geïsoleerde woningen neemt de vraag naar koeling toe, dit is omdat de som van de interne warmtewinsten en de zonnwinsten door instraling meestal groter zijn dan de vraag voor verwarming (zie sectie 2.2.6). In de nul-energiewoning (Figuur 2-8) is de warmtevraag voor transmissieverliezen (rood) en ventilatieverliezen (grijs) (balk links) vaak kleiner dan de interne warmtewinsten vooral van zoninstraling (geel) en zijn er dus extra maatregelen nodig om oververhitting te voorkomen. Ter vergelijking in de woningen tot 2005 kwam zo'n situatie bijna niet voor (Figuur 2-4 en Figuur 2-5). Oververhitting kan beperkt of voorkomen worden door gebruik van zonwerend glas, energiezuinige toestellen, buiten koken en door rekening te houden met beschaduwning en/of oriëntatie maar ook via *slim gestuurde zonwering*, *nachtkoeling* (zie later 2.3.8) of *airconditioning*.

#### **2.3.2. WANNEER KOELING TOEGEPAST WORDT IS ER EEN HOGE SYNERGIE MET LOKALE PRODUCTIE VAN FOTOVOLTAÏSCHE PANELEN (PV)**

De vraag naar actieve koeling kan in bepaalde concepten toenemen, zie hiervoor in 2.3.1. Indien er fotovoltaïsche panelen (PV) gebruikt worden is er een goede synergie met airconditioning, zie Figuur 2-8 groen (eigenproductie PV) versus geel (zonnwinsten te koelen) hetgeen ook een duurzame en actieve oplossing kan bieden. Bemerkt wel dat indien andere vormen van koeling (zonwering, nachtventilatie, ..) gebruikt worden er relatief minder synergie is tussen lokale productie en lokale vraag, zie Figuur 2-8. Zonder saldering op jaarbasis (bv met terugdraaiende teller) is een business case weinig waarschijnlijk voor een grote installatie die het jaarverbruik dekt. Als er geen saldering is zal de PV installatie dan sterk onder-gedimensioneerd moeten worden in vergelijking met het jaarverbruik.

#### **2.3.3. EEN LOKALE OPSLAGBATTERIJ KAN NUTTIG ZIJN OM VENTILATIE-HULPENERGIE TE VOORZIEN BIJ NETUITVAL EN/OF TER VERHOOGING VAN HET EIGENVERBRUIK**

Ventilatie heeft continu hulpenergie nodig, waardoor er weinig synergie is tussen de dagproductie van PV en het verbruik. Via elektrische energieopslag met batterijen kan met dit eigenverbruik van PV verhogen. Een warmtepomp voor verwarming daarentegen verbruikt vooral in de winter wanneer de zon niet schijnt en om dat men een batterij niet<sup>21</sup> economisch voor seizoensopslag kan gebruiken is het voor dit deel van de energiebalans geen optie. Voor batterijopslag komen nog andere types van verbruik in aanmerking, zie bijvoorbeeld ook verbruiken besproken in sectie 2.11

---

<sup>21</sup> Een batterij kost 100'n euro per kWh, dus ze per jaar maar eenmaal gebruiken is economisch geen realistische optie voor de nabije toekomst



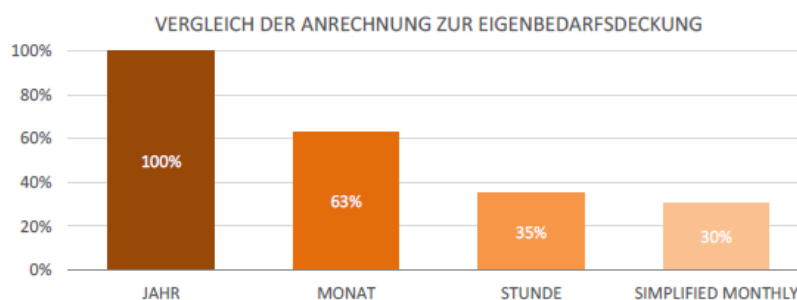
. Een bijkomend voordeel van een batterij met noodstroomfunctie is dat ze bij spanningsuitval nog voor ventilatie in de woning kan zorgen.

### 2.3.4. DE TOTALE DEKKING VAN EIGENVERBRUIK VOOR EEN ZOGENAAMDE NULENERGIEWONING DOOR ZELFPRODUCTIE MET PHOTOVOLTAÏSCHE ENERGIE IS EEN VRAAG OVER DE KLEINSTE TIJDPERIODE VAN DE TARIEFMETING EN/OF SALDERING

De voorgaande analyse in sectie 2.2 gaf enkel informatie op maandbasis maar mogelijk kunnen ook dagprofielen van belang zijn als men het ‘eigenverbruik’ wil compenseren met productie, alles hangt af van de meetperiode voor tarifiering. Hiervoor verwijzen we ook naar een recente studie op vraag van de overheid in Luxemburg<sup>22</sup> over hoe eigenproductie in rekening kan gebracht worden in zogenaamde nulenergie of energiepositieve woningen en de impact van de tijdperiode voor de energiebalans (per uur, per maand of per jaar), dit wordt in Figuur 2-9 geïllustreerd.

Zoals ook uit Figuur 2-8 blijkt, kan de warmtevraag in de winter niet op maandbasis gecompenseerd worden door fotovoltaïsche energie tenzij men ze zeer sterk zou overdimensioneren in vergelijking met de jaarvraag.

Tarifiering van elektriciteit waarbij men op jaarbasis kan salderen bijvoorbeeld met een terugdraaiende teller kan uiteraard een “economische” nulenergie woning op jaarbasis voorzien met het net als buffer. Hiervoor is weinig gebouwautomatisering nodig en op deze kosten-baten analyse wordt in deze studie dus niet verder ingegaan. Die is vooral afhankelijk van de beslissingen over PV subsidie en vooral hierbij tegen welke kost het net als seizoensbuffer gebruikt mag worden, bijvoorbeeld geen bij terugdraaiende teller of het salderen<sup>23</sup> bij een slimme meter.



**Abb. 48** Vergleich der anrechenbaren Eigenbedarfsdeckungsanteile für unterschiedliche Bilanzzeitschritte für ein Passivhaus der Effizienzklasse A-A-A mit folgenden Eckdaten: Wohnfläche 150 m<sup>2</sup>, Allgemeinstrombedarf 2.020 kWh/a, Strombedarf für Lüften und Hilfsenergie 480 kWh/a, Strombedarf zum Heizen und für die Warmwassererwärmung über eine Luft-Wärmepumpe 2.100 kWh/a. Der Gesamtstrombedarf beträgt 4.600 kWh/a. Die PV-Anlage hat eine Leistung von 4,6 kWp; der erzeugte Solarstrom beträgt 4.600 kWh/a.

Figuur 2-9 Vergelijking<sup>22</sup> van het eigenverbruik afhankelijk van de meetperiode voor uitmiddelen van eigenproductie versus verbruik per jaar (Jahr) vs per maand (Monat) of per uur (Stunde)

<sup>22</sup> M. Lichtmess (3/2015): ‘Vereinfachte Bestimmung der Eigenstromnutzung von PV-Anlagen in einer Monatsbilanz’.

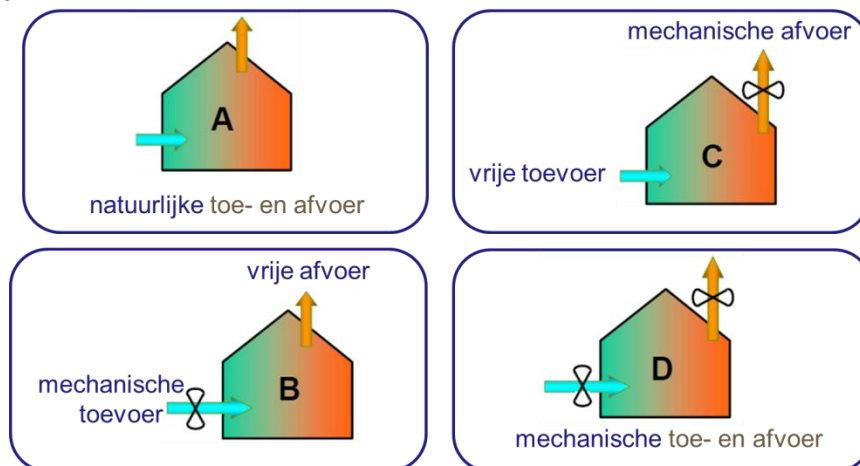
<sup>23</sup> <http://www.energieleveranciers.nl/zonnepanelen/salderen-energie-terugleveren>

**2.3.5. DOOR MEER RISICO VOOR OVERVERHITTING EN HET BIJKOMEND COMFORT VAN KOELING IN LAGE-ENERGIEWONINGEN ZAL DE INTERESSE VOOR WARMTEPOMPEN TOENEMEN**

De voorgaande figuren tonen aan dat de primaire warmtevraag afneemt maar ook dat de vraag naar koeling kan toenemen. Een warmtepomp kan in principe altijd bi-directioneel werken en dus zowel verwarmen als koelen, hetgeen de hogere aanschafkosten t.o.v. enkel een verwarmingsketel kan verantwoorden. Een bijkomend voordeel is dat ze voor 100% op elektrische energie werkt waardoor ze in principe koolstofarm kunnen werken in vergelijking met verbrandingstoestellen. Zo zijn in Denemarken bijvoorbeeld geen verwarmingstoestellen toegelaten die enkel op fossiele brandstof kunnen werken<sup>24</sup>. Te verwachten is dus dat er steeds meer voor warmtepompen zal gekozen worden in vergelijking met gasketels, een zwaar belaste elektriciteitsprijs in vergelijking met gas zou die trend wel kunnen remmen.

**2.3.6. VOOR EEN MODERNE LUCHTDICHTE WONING IS VAAK ELEKTRISCHE HULPENERGIE NODIG VOOR VENTILATIE EN EEN SLIMME STURING KAN HIEROP BESPAREN**

Een goed ventilatiesysteem zorgt voor de juiste balans in luchtkwaliteit en energieprestatie van de woning. Er worden vier basistechnieken voor ventilatiesystemen toegepast in woningen: de systemen A, B, C en D. In principe zijn ook hybride oplossingen mogelijk maar die kunnen in België in EPB niet in rekening gebracht worden. De indeling is gebaseerd op hoe de lucht in de woning wordt toe- en afgevoerd en staat los van hun waardering voor energieprestatie, comfort of luchtkwaliteit.



Figuur 2-10: De vier ventilatiesystemen voor woningen

Met het oog op energiebesparing wordt tegenwoordig meer en meer gebruikgemaakt van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (systeem D), zie situatie 2.2.6. Het ventilatiesysteem zorgt ervoor dat verse lucht langs droge ruimtes (leefruimte, slaapkamer,..) in de woning wordt gebracht en via tussenruimtes (gang,..) naar de natte ruimtes (keuken, badkamer, ...) stroomt waar hij afgevoerd wordt. Via een warmtewisselaar wordt de warmte van de afvoerlucht overgedragen aan de verse lucht. Het maximaal opgenomen vermogen van de ventilatoren in systeem D is vaak meer dan 200 Watt voor een residentiele woning<sup>25</sup>. Ter vergelijking het elektriciteitsverbruik van een doorsnee gezin met één meter is 3500 kWh<sup>26</sup> of gemiddeld 400 Watt.

<http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/denmark/name-25113-en.php>

<sup>25</sup> (4) [http://www.epbd.be/media/pdf/donnees\\_produits\\_peb/product\\_data/4.4\\_ventil\\_NL.pdf](http://www.epbd.be/media/pdf/donnees_produits_peb/product_data/4.4_ventil_NL.pdf)

<sup>26</sup> (5) <http://www.vreg.be/nl/gemiddeld-energieverbruik-van-een-gezin>

*Bij systeem D neemt de vraag naar warmte af maar is er een toename van het elektriciteitsverbruik voor hulpenergie. Om de ventilatieverliezen verder te beperken kan een vraag-gestuurd ventilatiesysteem gebruikt worden. Dat stuurt de debieten in functie van de nood aan ventilatie. De sturing gebeurt bijvoorbeeld door de detectie van aanwezigheid, vocht en/of CO<sub>2</sub>. Zie nieuwsbrief 20 van maart 2015 waar meer in detail op ingegaan werd over hoe die in EPB in rekening gebracht kan worden. Bijvoorbeeld een systeem D met twee zones (dag / nacht) en één CO<sub>2</sub> sensor in de leefruimte en één in de belangrijkste slaapkamer laat een reductiefactor van 0,53 toe (- 47 %). Hybride systemen zijn nog niet opgenomen en er wordt ook nog geen rekening gehouden met het afschakelen van het ventilatiesysteem bij het openen van ramen. *Het openen van ramen in de zomer kan het elektriciteitsverbruik van het systeem D nog verder reduceren.* Uiteraard kan zo'n scenario wel opgenomen worden in de domotica installatie om de elektriciteitsfactuur van de eigenaar te verlagen, immers 106 Watt (systeem D van 200 Watt met reductiefactor 0,53) gedurende 2000 zomeruren uitsparen is 212 kWh per jaar. Hiervoor dienen wel sensoren op de ramen en deuren geïnstalleerd te worden. Voor innovatieve systemen die nog beter presteren kunnen uiteraard nog steeds andere reductiefactoren aangevraagd worden zoals voorheen op basis van gelijkwaardigheidsbesluiten.*

### **2.3.7. DE ELEKTRISCHE HULPENERGIE VOOR VERWARMING/KOELING NEEMT TOE EN SLIMME STURING KAN BESPAREN**

Bij het gebruik van lage temperatuurafgiftesystemen zoals vloerverwarming en overgedimensioneerde radiatoren of convectoren kan het elektrische hulpenergieverbruik hoger zijn in vergelijking met traditionele radiatoren. Bij een warmtepomp in vergelijking met een gasketel kunnen er ook meer drukverliezen zijn in de warmtewisselaar. Anderzijds worden de circulatiepompen steeds efficiënter. Sinds 2009 zijn er in Europa ook labels en minimum efficiëntie eisen voor circulatiepompen<sup>27</sup>. Voor energiebesparingen bij circulatiepompen zie ook Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 11

De slimme sturing is in dit geval vooral gericht op het afschakelen van de verwarming(circulatiepompen e.d.) en koeling in seizoenen wanneer ze niet nodig zijn inclusief dus de hulpenergie voor circulatiepompen, het is dus niet zozeer een zoneregeling die tot besparing leidt. Slimme thermostaten die door zonering tot besparing leiden worden relatief minder belangrijk (omwille van meer uniforme binnentemperaturen door ventilatie en het toepassen van vloerverwarming...?), dit is vooral in de oudere woning een besparing (secties 2.2.1 en 2.2.2). Typische cijfers voor hulpenergie staan in Figuur 2-13 voor verschillende verwarmingsopties.

### **2.3.8. DE THERMISCHE INERTIE VAN DE LAGE ENERGIEWONING TEGEN BUITENTEMPERATUURSCHOMMELINGEN NEEMT TOE EN NACHTKOELING IS VAAK DUURZAME OPTIE**

De afkoeltijd neemt toe wanneer isolatie toeneemt, hetgeen dus het geval is voor de beter geïsoleerde woningen. De woning Een vloerverwarming met bijhorende dikkere deklaag zal de inertie van het systeem verder in de hand werken. Vaak wordt hierdoor de thermische inertie van het systeem zo groot dat *een slimme thermostaat op basis van aanwezigheid geen zinvolle optie meer* is. Anderzijds kan een slimme sturing die *buffering gebruiken voor elektrische vraagsturing*, bijvoorbeeld door de warmtepomp in de daluren in te schakelen. Indien men zonder comfortverlies een minimum temperatuur bij buffering voor verwarming wil handhaven zal men beperkt moeten oververwarmen, hetgeen extra verliezen veroorzaakt, maar in een goed geïsoleerde woning zal dit beperkt blijven. Een zonnige winterdag kan ook al een belangrijke impact hebben en die

---

<sup>27</sup> <http://www.eceee.org/ecodesign/products/circulators>

voorspelling zou dan ook bij buffering in rekening moeten gebracht worden om niet nutteloos te bufferen.

*Gebruik van thermische inertie kan ook gebruikt worden om oververhitting te voorkomen, vooral in combinatie met nachtventilatie met een slimme sturing van de ramen. In dit geval is een airconditioning vaak geen noodzaak.*

### 2.3.9. DE WARMTEBALANS EN REGELING WORDT BEPAALD DOOR MEERDERE FACTOREN

Voor de lage- en bijna-energieneutrale (BEN) woningen is verwarmen in de meeste maanden niet nodig, zie 2.2.5 en 2.2.6. De zoninstraling en de interne warmtebronnen zorgen dan voor voldoende warmte. Op te merken valt dat de thermische opbrengst van deze interne warmtebronnen sterk kan variëren waardoor het voorspellen van de behoefte en dus correct regelen van de verwarming complexer wordt zoals eerder besproken. Een goede voorspelling van de warmtevraag is niet alleen nodig om verliezen door het afwijken van de insteltemperatuur te beperken maar ook voor een optimaal rendement van het verwarmingstoestel, bij een condensatieketel door een zo laag mogelijke retourtemperatuur<sup>28</sup> en bij een warmtepomp door een zo laag mogelijke vertrektemperatuur<sup>29</sup> te gebruiken.

### 2.4. WAT ZIJN MOGELIJKE BELANGRIJKE SLIMME HVAC EMS REGELFUNCTIES VOOR DE BIJNA-ENERGIENEUTRALE WONINGEN

Aansluitend op de vorige trends (2.3) voor HVAC energiebalans kunnen de volgende slimme gebouwregelfuncties voor de technische installatie geïdentificeerd worden, zie Tabel 2-7. Bemerkt dat deze functies niet 1-op-1 overeenkomen met de oplijsting van 'Table 1' in EN 15232(2007), zie 2.6, en dat ook niet alle regelfuncties vereist voor klasse A zijn opgenomen, bv. controle van verwarming per ruimte.

Tabel 2-7 Samenvatting van mogelijk belangrijke regelfuncties voor bijna-energieneutrale (BEN) woningen

Ref.	Functie HVAC	Toepassing EMS	impact	kost
OH.1	Oververhitting tegengaan	Zonwering automatisch sturen	hoog	Hoog maar: - aan slaapkamers nuttig verduisteren; - aan terras is een luifel ook nuttig voor zonwering.
OH.2	"	Automatisch ramen openen voor nachtkoeling	hoog	laag
OH.3	"	Sluimerverbruik verminderen door alles uit schakelaar	laag	matig
OH.4	"	Monitoring en advies over	matig	matig

<sup>28</sup> <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact9&art=143>

<sup>29</sup> <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=48&art=4>

		energiezuinigheid van toestellen die kunnen bijdragen tot interne warmtewinsten		
OH.5	“	Instelpunt koeling warmtepomp (precieze regeling)	Hoog	Afhankelijk van de keuze voor warmtepomp
PAS.1	Besparen op verwarming met zonnepanelen	Zonwering automatisch sturen bemerkt: bij automatisch sturen kan gekozen worden voor glas met een hoge zontoetredingsfactor (ZTA <sup>30</sup> ).	hoog	Hoog maar: - aan slaapkamers nuttig verduisteren; - aan terras is een luifel ook nuttig voor zonwering
AUX.1	Besparen op hulpenergie van verwarming/koeling	Uitschakelen circulatiepompen en/of ventilatoren wanneer niet nodig	matig	laag
AUX.2	Besparen op de hulpenergie van het ventilatiesysteem en verwarming	Vraaggestuurde ventilatie op basis een combinatie van CO <sub>2</sub> en aanwezigheidsensoren. Ook het zoneren met kleppen van de ventilatie in een dag- en nachtzone is een mogelijkheid of gebruik van decentraal systeem D	matig	matig
HP.1	Rendement warmtepomp optimaliseren	Verlagen van de vertrektemperatuur op basis van de voorspelling van de energievraag)	matig	In principe laag maar vaak moeilijk aan te sluiten
GB.1	Rendement gascondensatieketel optimaliseren	Verlagen van de retourtemperatuur op basis van de voorspelling van de energievraag)	matig	In principe laag maar vaak moeilijk aan te sluiten
VENT.1	Besparen op de hulpenergie van het ventilatiesysteem	Automatisch ramen openen, kan in combinatie met nachtkoeling	matig	laag
VENT.2	“	Handmatig ramen open in combinatie met raamcontacten.	matig	laag
COST.1	Besparen op energiekosten door sturing van de vraag Subfuncties zijn:	In/uitschakelen van toestellen in functie van het tarief	matig (niet alle toestellen komen in aanmerking en	laag

<sup>30</sup> <https://nl.wikipedia.org/wiki/Zontoetredingsfactor>

	COST.1.delay = uitstellen van de start en/of stop COST.1.interrupt = Tijdelijk onderbreken van de werking		tariefverschillen kunnen laag zijn)	
COST.2	Besparen op de distributiekosten en/of eigenverbruik optimaliseren Subfuncties zijn: COST.2.delay = uitstellen van de start en/of stop COST.2.interrupt = Tijdelijk onderbreken van de werking	Indien het net niet als buffer voor elektriciteitsopslag mag gebruikt worden (bv salderen of terugdraaiende meter) kan men lokaal vraag en aanbod op elkaar afstemmen	matig (bv 15% eigenverbruik naar 30%)-	laag
MON.1	Opvolgen of de HVAC verbruiken zijn zoals voorzien	Kijken of de verbruiken overeenstemmen met de voorspellingen in functie van gebruik, buitentemperatuur, zoninstraling, .. Afwijkingen melden en suggesties voor oorzaken geven (bv raam open).	hoog	laag

## 2.5. WAT WETEN WE UIT DE PRAKTIJKMETINGEN VAN ENERGIEBALANSEN VOOR LAGE ENERGIEWONINGEN EN BEVESTIGD DIT DE VORIGE TRENDS

Het voorgaande voorbeeld is gebaseerd op modelberekeningen, door de toegenomen complexiteit enerzijds en anderzijds de eenvoud van dat model is validatie nodig. Ter controle vergelijken we deze resultaten met literatuur, waarbij op te merken valt dat er tot op heden nog maar weinig gegevens beschikbaar zijn. Verder onderzoek op basis van nauwkeurigere modellen en metingen kan dus de kwaliteit sterk verbeteren, maar dit valt buiten de mogelijkheden en de context van dit onderzoeksrapport. Een belangrijke trend waar we graag bevestiging van zien is de toename van verbruik van elektrische hulpenergie waarop energiebeheer toegepast zou kunnen worden zoals hiervoor samengevat werd in sectie 2.3.

### 2.5.1. INSCHATTING VAN DE VLAAMSE SITUATIE VOLGENS HET TETRA BEP2020 PROJECT

Over de Vlaamse situatie zijn er meetresultaten beschikbaar uit het TETRA project 'BEP2020: Betrouwbare EnergiePrestaties van woningen'<sup>31</sup>

<sup>31</sup> IWT-Tetra project nr 110189 BEP2020: betrouwbare energieprestaties van woningen Naar een robuuste en gebruikersonafhankelijke performantie EINDRAPPORT.

In deze studie staan de volgende interessante bevindingen m.b.t onze BEN-referentiewoning zoals in sectie 2.2.6 besproken:

- 'In deze (bijna) passiefhuizen heerst er in de volledige woning vaak ongeveer dezelfde temperatuur en wordt de warmte via de recuperatie door het D-systeem verdeeld over het hele huis' (p. 35). Dit staat in contrast met een gevraagde temperatuurregeling per ruimte in EN 15232 voor klasse A automatisering, zie 2.6.
- 'Een aangenaam, comfortabel binnenklimaat is realiseerbaar in lage energie nieuwbouwwoningen, zowel op vlak van binnentemperaturen als op vlak van binnenluchtkwaliteit. In goed geïsoleerde woningen met D-systeem wordt de warmte goed binnen gehouden en is er weinig afkoeling buiten de verwarmingsperiodes. Het is zelfs haalbaar om met zeer beperkt verwarmingsvermogen aangename binnentemperaturen te realiseren. Ook in de andere woningen en bij gebruik van andere ventilatiesystemen worden aangename binnentemperaturen gerealiseerd in overeenstemming met de wensen van de bewoners (insteltemperatuur en verwarmingsperiodes). Oververhitting in de zomer is echter een reëel risico. Vooral houtskeletwoningen zijn hier gevoelig voor, hoewel ze ook sneller afkoelen en de gemiddelde binnentemperatuur dus vergelijkbaar is met die van massiefbouw. Om het zomercomfort te verbeteren, dient er al bij het ontwerp aandacht besteed te worden aan de nodige maatregelen en kan daarnaast het openen van de ramen tijdens koelere avonden en nachten voor een afkoeling zorgen.'(p.45).
- 'Aan de bewoners van de 70 woningen werd gevraagd om wekelijks de meterstanden van hun energiemeters (gas, elektriciteit, PV-winsten) te noteren. De registratie door de bewoners was echter onvoldoende gedetailleerd om exacte waarden tussen welbepaalde momenten af te leiden (bv. het verbruik tussen de eerste en de laatste dag van elke maand). Bovendien waren niet alle bewoners er altijd in geslaagd om zeer consequent de meterstanden te noteren, bv. omwille van vakantie of uit vergeetachtigheid.' (p. 47). Dus interessante details over deelverbruiken ontbreken nog in deze studie.
- In de marge: 'De gedetailleerde berekeningen geven echter aan dat de invloed van de verbetering van de luchtdichtheid van een n50-waarde van  $1 \text{ h}^{-1}$  naar  $0,6 \text{ h}^{-1}$  slechts zeer beperkt is en slechts een zeer kleine energiewinst tot gevolg heeft.'(p. 74). Bemerkt dat de passiefhuistandaard<sup>32</sup> en Frankrijk<sup>33</sup> beter dan  $0,6 \text{ h}^{-1}$  opleggen en die waarde werd ook gebruikt in onze referentiewoning in 2.2.6, in Vlaanderen is die eis er niet.

Voor woningen met elektrische verwarming zoals warmtepompen werd het totaal verbruik gemeten en hieruit ingeschat wat de eindenergie was voor ruimteverwarming en het technisch verbruik (hulpenergie), zie Figuur 2-11. Die orde van grootte ligt in lijn van de lage energie referentiewoningen in 2.2.5 en 2.2.6.

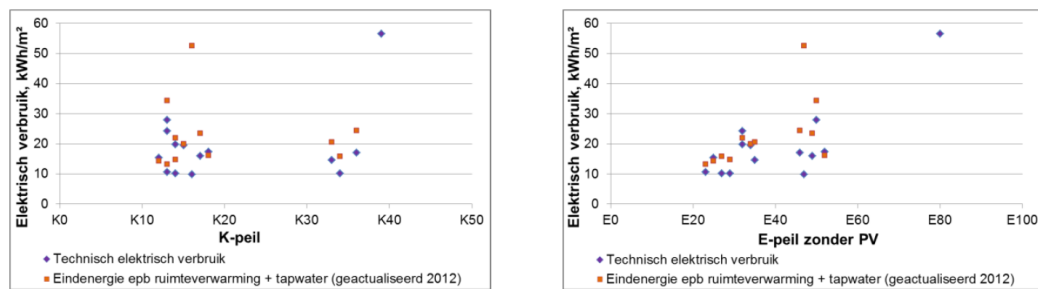
---

<sup>32</sup>

[http://www.passivhaus-institut.de/de/02\\_informationen/02\\_qualitaetsanforderungen/02\\_qualitaetsanforderungen.htm](http://www.passivhaus-institut.de/de/02_informationen/02_qualitaetsanforderungen/02_qualitaetsanforderungen.htm)

<sup>33</sup> <http://www.rt-batiment.fr/batiments-neufs/etancheite-a-lair.html>



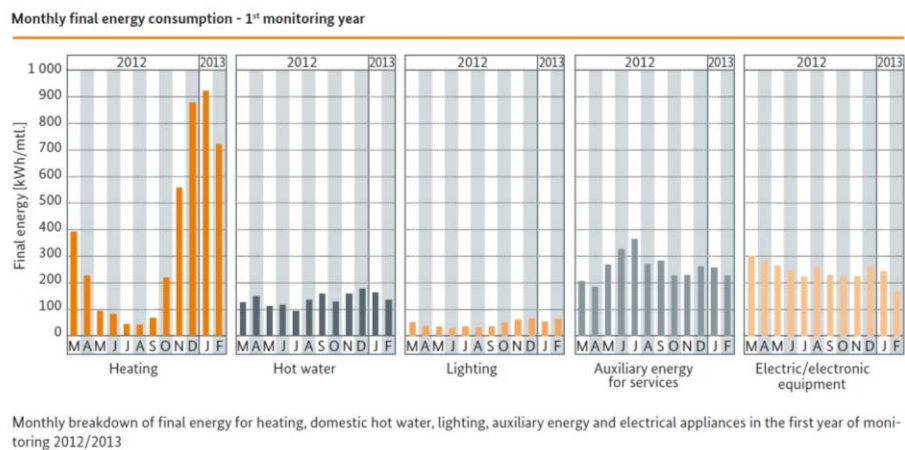


Figuur 3-31: Werkelijk elektriciteitsverbruik per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte, i.f.v. het K-peil (links) en het E-peil (rechts)

Figuur 2-11 Werkelijk elektriciteitsverbruik per m<sup>2</sup> voor geëvalueerde woningen in BEP2020 project

### 2.5.2. RESULTATEN UIT DUITSLAND VOOR MONITORING VAN 'EFFICIENCY HOUSE PLUS'

Ook in Duitsland werden Lage energiewoningen gebouwd en gemeten<sup>34</sup> die door PV installaties op jaarbasis energiepositief zijn, dus meer produceren dan ze verbruiken. Al die woningen waren ook met warmtepompen uitgerust. Gedetailleerde gemeten resultaten op maandbasis zijn beschikbaar van de woning in Berlijn. Dit is een vrijstaande woning van 130 m<sup>2</sup> die bewoond werd door een gezin met twee kinderen. Het gemeten maandelijks energieverbruik staat in Figuur 2-12, het totale jaarverbruik bedraagt 12400 kWh. Bemerkt dat het verbruik voor hulpenergie (auxiliary services) relatief hoog was.

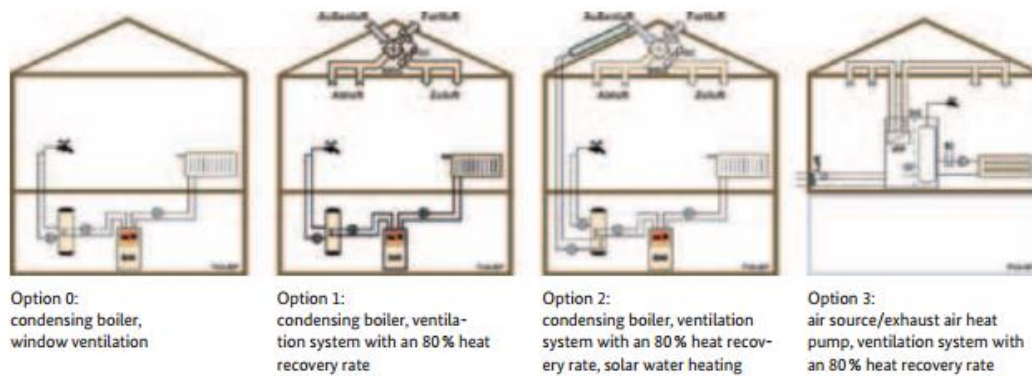


Figuur 2-12 Gemeten<sup>34</sup> maandelijks energieverbruik per 130 m<sup>2</sup> in de proefwoning

In deze studie worden voor dezelfde woning 4 opties voor HVAC technieken vergeleken, zie Figuur 2-13. Hieruit blijkt ook het toegenomen belang van hulpenergie in de totale energievraag van de woning.

<sup>34</sup> "What makes an Efficiency House Plus?", September 2014, <http://www.bmub.bund.de/>





Option	Not including photovoltaics (PV)				Primary energy demand (not including PV) [kWh/m <sup>2</sup> a]	Photovoltaic area needed [m <sup>2</sup> ]	Including photovoltaics (PV)	
	Delivered energy demand [kWh/m <sup>2</sup> a]						Final energy demand [kWh/m <sup>2</sup> a]	Primary energy demand [kWh/m <sup>2</sup> a]
	Heating and hot water	Auxiliary energy	Household and lighting	Total				
0 Condensing boiler, window ventilation	65.2	3.4	20.0	85.6	134.6	91	-0.1	-100.0
1 as 0 plus ventilation with 80 % heat recovery rate	48.6	5.7	20.0	74.3	122.6	79	-0.2	-79.4
2 as 1 plus solar water heating	30.2	6.0	20.0	56.2	103.2	60	-0.4	-48.7
3 as 1 plus air source/exhaust air heat pump	12.5	6.9	20.0	39.4	104.6	42	-2.1	-1.6

Figuur 2-13 Vergelijking<sup>34</sup> van 4 opties voor HVAC technieken voor dezelfde woning en impact op de energievraag

Ten slotte bevat deze studie ook de volgende quote ‘TIP: Innovative system design should include a monitoring system so that efficiency can be continually analysed and appropriate improvements made where necessary.’

### 2.5.3. BEMETING VAN DE NULENERGIEWONING IN WUPPERTAL(D) EN WINNAAR VAN SOLAR DECATHLON IN 2010

Tussen begin 3/2012 en einde 2/2013 werd een nulenergiewoning gemeten<sup>35</sup> in Wuppertal (D) die een uitvoering was van de winnaar van de Solar Decathlon in 2010. Het is een vrijstaande woning met slechts 48 m<sup>2</sup> bruikbare oppervlakte. Die woning had in die periode een stroomverbruik van 6875 kWh/j of 142 kWh/m<sup>2</sup>. Vooral het hoge verbruik voor verwarming, ventilatie en sanitair warm water viel tegen, 1700 kWh berekend versus 3700 kWh gemeten. Dit kwam ondermeer doordat de warmtepomp niet steeds gebruikt werd wegens geluidoverlast maar ook door de hulpenergie van circulatiepomp en de ventilatie. Ook het verbruik van huisautomatiseren viel tegen, bv dehoogteregeling van een tafelblad. In die woning lag het eigenverbruik door PV productie op 30 % met metingen uitgemiddeld over 5 minuten.

<sup>35</sup> Sonne Wind&Wärme (10/2014): ‘Nullenergiehaus im Praxistest’

#### 2.5.4. LESSONS LEARNED UIT NEDERLANDS PROEFTUIN SLIMME ENERGIE GOES

Lessons learned uit Nederlands proeftuin Slimme Energie Goes **Error! Bookmark not defined.** :

- Perspectieven voor “all electric” met warmtepomp zijn minder goed dan wordt beweerd. Moderne woningen zijn zo energie-efficiënt en de gas prijs is zo laag in vergelijking met elektriciteit dat een rendabele CV-ketel voordeliger is dan Warmtepompen.
- De grootste groep huurders wist vooral veel winst te behalen in de wat minder efficiënte woningen door klantgericht energiebesparing op basis van Energie Management Systemen en/of Slimme meters. Het vergt voor eindgebruikers weinig investering & levert wel geld (en bewustzijn) op.

#### 2.5.5. EPB BOUWTRENDS IN VLAANDEREN

‘EPB-cijfers en statistieken voor EPB-aanvragen ingediend t/m eind 2014’ is beschikbaar op: <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/EPBcijfers-2006-2014.pdf> Hieruit, in 2014 werden 39345 EPB aangiftes voor afgewerkte woningen ingediend waarvan 67,5 % voor nieuwbouw en 95,3 % woningen. Het rapport vermeld voornamelijk gegevens over het E-peil, dat is een relatieve waarde<sup>36</sup>. In 2013 was 12 % ‘energiezuinig’ (E<40) en 5 % ‘Bijna Nul Energie(BEN)’(E<30). Het rapport haalt aan dat ‘Nieuwe eengezinswoningen worden jaar na jaar energiezuiniger’ en voor woningen met aanvraagjaar 2013 was het gemiddelde E-peil 53.

### 2.6. WAT ZEGT DE NORM EN 15232(2007) OVER IMPACT VAN GEBOUWAUTISERING EN KUNNEN WE DIE TOEPASSEN

#### 2.6.1. DOEL VAN DE NORM EN 15232

Om de impact van een automatiseringssysteem te berekenen op deze woningen kan gebruikt gemaakt worden van de norm EN 15232<sup>37</sup>. De norm EN 15232 is één uit een serie van Europese normen die zich toeleggen op het berekenen van de energie-efficiëntie van de technische installaties van een gebouw, zoals verwarming, koeling, verlichting en ventilatiesystemen. Het doel van deze normen is de Europese richtlijn betreffende de energieprestatie van gebouwen (EPBD) te ondersteunen, om zo de energieprestaties van gebouwen in de lidstaten van de EU te vergroten. Die norm wordt niet of onvolledig toegepast in EPB eisen<sup>38</sup> voor nieuwbouwwoningen in Vlaanderen(2015), zoals later besproken heeft die norm in versie 2007 ook nog beperkingen en onvolledigheden en dus onmiddellijk toepassen is niet direct een zinvolle optie.

#### 2.6.2. STRUCTUUR EN INHOUD VAN DIE NORM

Binnen de norm EN 15232 worden de termen Building Automation and Control System (BACS) en Technical Building Management (TBM) gebruikt. BACS, gedefinieerd in EN ISO 16484-2, omvat alle functies betreffende automatisering, controle en optimalisatie van gebouwtechnische systemen om te komen tot een energie-efficiënte, economische en veilige werking van gebouwtechnische installaties. Complexe, geïntegreerde energiebesparende functies en routines kunnen worden

---

<sup>36</sup> <http://www.energiesparen.be/epb/epileis>

<sup>37</sup> [EN 15232:20011 ontwerp: Energieprestatie van gebouwen - Invloed van Gebouwautomatisering, Regelingen en Gebouwbeheer](#)

<sup>38</sup> <http://energiesparen.be/epb/bijlagen>

geconfigureerd in functie van het daadwerkelijke gebruik van een gebouw en afgestemd op de werkelijke behoeften van de gebruiker om onnodig energieverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot te vermijden. Building Management (BM) en in het bijzonder TBM zoals gedefinieerd in CEN/TR 15615, levert informatie voor de bediening, het onderhoud en beheer van gebouwen. Voor energiemangement bijvoorbeeld levert trendopvolging en alarmering mogelijkheden om onnodig energiegebruik tijdig op te sporen.

De EN 15232 norm specificereert de volgende punten:

- een gestructureerde lijst van BACS en TBM functies die een impact op de energieprestatie van een gebouw hebben
- meerdere methodes om de impact van deze functies op de energieprestatie van gebouwen te beoordelen
- een methode om de minimumeisen voor deze functies in het kader van gebouwen met verschillende complexiteit te bepalen
- een vereenvoudigde methode om een eerste inschatting van de impact van bovenvermelde functies te krijgen

De norm definieert vier energierendementsklassen (A, B, C, D) voor BACS systemen, respectievelijk voor residentiële en niet-residentiële gebouwen:

- **klasse D** staat voor gebouwen met geen of onvoldoende BACS. Deze worden beschouwd als niet energie-efficiënt en dienen aangepast te worden.
- **klasse C** komt overeen met standaard BACS met een beperkte centrale functionaliteit.
- **klasse B** komt overeen met een geavanceerd BACS en enkele TBM functies. Dit staat voor een geavanceerde controle systeem met een ruimte gebaseerde aanpak en management functionaliteit.
- **klasse A** komt overeen met een hoge energieprestatie BACS en TBM; staat voor holistische, hoge energie-performance controle systeem met de communicatie tussen de verschillende onderdelen van het systeem.

Voor elke specifieke klasse zijn er gedetailleerde minimum functie-eisen voor TBM, zie Tabel 2-8.

Tabel 2-8 Voorbeeld uit 'Table 1' uit EN 15232(2007) dat functie-eisen oplegt per klasse van gebouwautomatisering

Table 1 — Function list and assignment to BAC efficiency classes

		Definition of classes							
		Residential				Non residential			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>AUTOMATIC CONTROL</b>									
<b>HEATING CONTROL</b>									
Emission control									
<i>The control system is installed at the emitter or room level, for case 1 one system can control several rooms</i>									
0	No automatic control								
1	Central automatic control								
2	Individual room automatic control by thermostatic valves or electronic controller								
3	Individual room control with communication between controllers and to BACS								
4	Integrated individual room control including demand control (by occupancy, air quality, etc.)								

In deze wordt een methode met BAC efficiëntiefactoren voor thermische energie en elektrische energie voorgesteld.. Onder elektrische energie verstaat men de energie voor verlichting en de hulpenergie voor de thermische systemen om pompen, kleppen, en zo te voeden. Er staan referentiewaarden in voor vereenvoudigde berekeningen, zie Tabel 2-9, die geeft het besparingspotentieel voor thermische energie en elektrische energie weer indien men van klasse D naar klasse A overstapt voor de verschillende gebouwtypes. In Annex A van deze norm (2007) staan de methode en referentiewaarden waarbij de factoren bepaald, dak&muur-isolatie van 0.34 W/m<sup>2</sup>K, vloerisolatie van 0.4 W/m<sup>2</sup>K en ramen van 1.4 W/m<sup>2</sup>K. Dat is dus minder goed geïsoleerd dan onze lage energie referentiewoningen (zie 2.2).

	Elektrisch besparingspotentieel		Thermisch besparingspotentieel	
	D→A	C→A	D→A	C→A
<b>Kantoren</b>	21%	13%	54%	30%
<b>Scholen</b>	20%	14%	33%	20%
<b>Hotels</b>	16%	10%	48%	32%
<b>Restaurants</b>	12%	8%	45%	32%
<b>Woningen</b>	15%	8%	26%	19%

Tabel 2-9 relatief besparingspotentieel

### 2.6.3. KUNNEN WE DIE CIJFERS VAN EN15232 UIT 2007 TOEPASSEN EN WAT ZIJN DE BEPERKINGEN

De referentiecijfers voor isolatie en luchtdichtheid die gebruikt werden in deze norm van 2007 zijn niet representatief voor onze luchtdichte bijna-nul energiewoning (zie 2.2.6), het komt overeen met een niet luchtdichte woning beter dan onze referentiewoning van voor 2005(zie 2.2.3) maar minder geïsoleerd dan die vanaf 2005 (2.2.4..2.2.6).

Die cijfers zijn mogelijk niet representatief omdat:

- De efficiëntiefactoren werden berekend voor woningen die slechter zijn dan de huidige minimumnormen;

- Er slechts twee efficiëntiefactoren zijn en dit te eenvoudig om de complexiteit en veelheid van besparingen weer te geven;
- De vraag naar hulpenergie neemt voor lage energiewoningen, zie 2.2.6 en 2.5.3, en hier maar één vaste ratio op toepassen is te eenvoudig;
- De eisen voor bepaalde klassen zijn mogelijk niet aangepast aan de realiteit van lage energiewoningen, bijvoorbeeld voor de sturing van verwarming kan de zoninstraling belangrijker zijn dan de buitentemperatuur en die regelingen zijn nog niet meegenomen in de versie van 2007.

### **2.7. WAT WETEN WE UIT DE EPB<sup>39</sup>-REKENMETHODE VOOR NIEUWBOUW VOOR IMPACT OP HVAC**

In Vlaanderen is een energieprestatieregelgeving van toepassing op nieuwbouw en grondige renovaties<sup>39</sup>. Men spreekt hierbij over "Energieprestatie en Binnenklimaat", of afgekort EPB. Om die eisen te berekenen staat gratis software ter beschikking<sup>40</sup>. In principe zou de impact hier ook mee berekend kunnen worden. Voor de voorgaande analyse werd gebruikt gemaakt van de PHPP software<sup>41</sup> van het "Passive House Institute" omdat dit een spreadsheet is waar we zelf berekeningen kunnen aan toevoegen en veranderen. De EPB software laat dit niet toe en werd daarom niet gebruikt, extra vergelijkende berekeningen vielen buiten het tijdbestek van deze studie. Hierna volgt enkel een korte bespreking van enkele elementen die in EPB meegerekend worden en die hiervoor besproken werden.

#### **2.7.1. EPB OVER HULPENERGIE VOOR VENTILATIE**

Voor ventilatie zie sectie 2.3.6, de gegevens uit dit voorbeeld kunnen gebruikt worden.

#### **2.7.2. KOELING EN RISICO VOOR OVERVERBITTING**

In de Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 17<sup>42</sup> werden ook andere elementen toegelicht die een impact hebben op het E-peil hierbij ook het gebruik van automatische zonwering: In EPB kan optioneel gekozen worden om zonwering in te voeren, al dan niet met een automatische bediening. Dit heeft een invloed op oververhitting en wordt in rekening gebracht in het E-peil. In EPB wordt oververhitting steeds meegerekend, ook wanneer er geen koeling opgegeven werd bij installatie. Er zijn momenteel geen specifieke eisen voor de automatische bediening maar uiteraard is een domotica installatie hiervoor aangewezen. Zowel zonwering in het vlak van het raam (verticaal) als niet in het vlak(b.v. horizontaal) kan in rekening gebracht worden, bv. een terrasoverkapping.

Tot midden 2015 werd oververhitting ondanks de vorige maatregelen soms nog overschat in EPB omdat men nachtventilatie door openen van ramen niet in rekening kon brengen. Recent kan dit echter wel met de nieuwe EPB software-3G<sup>43</sup> indien het inbraakrisico<sup>44</sup> toelaatbaar is. Dat inbraakrisico is voorlopig dus nog gedefinieerd op basis van het gebouwwontwerp, zonder rekening te houden met alarminstallaties.

<sup>39</sup> <http://www.energiesparen.be/epb/energieprestatieregelgeving>

<sup>40</sup> <http://www.energiesparen.be/epb/prof/software>

<sup>41</sup> [http://passiv.de/en/04\\_phpp/04\\_phpp.htm](http://passiv.de/en/04_phpp/04_phpp.htm)

<sup>42</sup> <http://nl.tecnolec.be/diensten/nieuwsbrieven/toelichting>

<sup>43</sup> <http://www.energiesparen.be/epb/prof/software>

<sup>44</sup> <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/inbraakrisico-definitie.pdf>

In onze analyse zullen we voor de eenvoud aannemen dat koeling vermeden kan worden door intelligent sturing van zonwering en nachtventilatie, een gedetailleerde berekening volgens de nieuwste EPB software valt buiten het tijdsbestek van dit rapport.

### **2.7.3. WARMTEPOMP OF CONDENSATIEKETEL MET EEN VARIABELE VERTREKTEMPERATUUR**

Het rendement van een warmtepomp of condensatieketel is afhankelijk van de vertrektemperatuur of retourtemperatuur van het water, een automatische regeling levert hier ook voordeel (bv. Een stooklijn). Er zijn geen specifieke eisen voor een automatische regeling van de vertrektemperatuur of retourtemperatuur. Deze wordt in de meeste gevallen geregeld in functie van de buitentemperatuur aan de hand van een stooklijn.. Vooral bij lage energiewoningen kunnen ook andere factoren een belangrijke rol spelen zoals zinstraling, ventilatiebehoefte, interne warmtewinsten. Met behulp van een domotica systeem is het mogelijk om ook met deze parameters rekening te houden voor een nauwkeurigere en dus meer efficiënte regeling. (bron: Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 17).

### **2.7.4. TEMPERATUUR GESTUURDE REGELING PER RUIMTE OF ZONERING**

Indien de ruimtetemperatuur per vertrek geregeld moet kunnen worden kan men thermostaatkranen per kamer voorzien. Er zijn in EPB geen specifieke eisen voor de implementatie, maar een domotica systeem met stuurbare regelventielen kan hier een goed alternatief vormen. (bron: Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 17).

## **2.8. DE ENERGIEVRAAG VOOR SANITAIR WARM WATER**

### **2.8.1. WARMTEVRAAG NAAR SANITAIR WARM WATER VOOR ONZE REFERENTIEWONING**

Gebaseerd op de PHPP 2007<sup>8</sup> spreadsheet voor 4 personen heeft onze referentiewoning 2117 kWh warm water per jaar nodig, afkomstig van een behoefte van 25 liter warm water aan 60 °C per persoon per dag. Uiteraard dit kan variëren afhankelijk van de gebruikers.

### **2.8.2. WARMTEVRAAG VOOR STILSTAND VERLIEZEN IN OPSLAGVATEN OF BOILERS EN LEIDINGEN**

Voor een slecht referentie opslagvat (2 cm isolatie) van 200 liter bedragen verliezen<sup>8</sup> 199 Watt en volgens de nieuwe Europese Ecodesign eisen<sup>45</sup> zou dit beperkt moeten worden vanaf midden 2017 tot maximaal 86 Watt (meer dan 5 cm isolatie). Dit resulteert dan in stilstand verliezen voor de boiler van 1743 kWh tot 753 kWh per jaar. Er zijn ook verliezen in de leidingen, vooral als er circulatieleidingen gebruikt worden maar voor het voorbeeld zullen we die verwaarlozen.

---

<sup>45</sup>

[http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/Infoblaetter/BDH\\_Infoblatt\\_Nr\\_60\\_Web.pdf](http://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Infoblaetter/BDH_Infoblatt_Nr_60_Web.pdf)

### 2.8.3. ENKELE TRENDS MET INVLOED EMS SYSTEMEN VOOR SANITAIR WARM WATER

#### 2.8.3.1. WARMWATERRECUPERATIE VAN DOUCHES

Er zijn ook systemen voor douchewarmteterugwinning met warmtewisselaars op de markt<sup>46</sup>, die kunnen het warmwaterverbruik voor douches tot 50 % verminderen. In deze eenvoudige analyse wordt dit niet meegenomen.

#### 2.8.3.2. HOT FILL WASMACHINES EN VAATWASSERS

Het is soms ook mogelijk wasmachines en vaatwassers op sanitair warm water aan te sluiten<sup>47</sup>, in deze eenvoudige analyse wordt niet meegenomen. Voor de wasmachine is het nadeel dat geen regenwater gebruikt wordt.

## 2.9. DE ENERGIEVRAAG VOOR VERLICHTING

### 2.9.1. TE VERWACHTEN ENERGIEVRAAG VOOR VERLICHTING VOLGENS DE METHODE VAN PREN 15193

De REMODECE<sup>51</sup> studie (Table 4.2) uit 2007 vond een gemiddeld verbruik voor verlichting van 487 kWh in Europa, dit kan uiteraard sterk variëren per woning en is onder meer ook afhankelijk van de efficiëntie van de lampen.

In een voorstel voor de norm EN 15193 (2015..) staat een methode die rekening houdt met daglicht en aanwezigheden, die methode werd toegepast maar de standaard afwezigheidsfactoren voor residentieel gebruik resulteerden in zeer hoge verbruiken en die werden dus aangepast. Dit is een complexe methode maar ter illustratie geven we hier enkel enkele resultaten mee die men kan generen die boven en onder de REMODECE cijfer uitkomen. Voor Europa werd het gebruik voor een gemiddelde gezin<sup>48</sup> en woning met een mix van lampen geschat op 467 kWh/jaar, bemerk wel dat onze referentiewoning groter is en meer bewoners heeft. Dit resulteert dan in:

- 705 kWh voor een woning met matig efficiënte verlichting (vooral halogeenlampen);
- Met enkel LED verlichting en dezelfde branduren verbruikt dit 270 kWh;
- Door automatisering met afwezigheidsdetectie en automatisch van openen zonwering zou men dan het verbruik tot 195 kWh kunnen reduceren.

Die cijfers worden in de verdere kostenanalyse aangenomen als voorbeeld, maar zijn uiteraard sterk afhankelijk van de gebruiksduur en die is sterk afhankelijk van de bewoners.

---

<sup>46</sup> <http://www.energiesparen.be/epb/prof/warmtapwater>

<sup>47</sup> <http://www.duurzaamthuis.nl/hot-fill-wasmachine-is-allerzuinigste>

<sup>48</sup> [http://ecodesign-lightsources.eu/sites/ecodesign-lightsources.eu/files/attachments/LightSources\\_Task3\\_rev1\\_apr2015\\_Draft.pdf](http://ecodesign-lightsources.eu/sites/ecodesign-lightsources.eu/files/attachments/LightSources_Task3_rev1_apr2015_Draft.pdf)



## **2.9.2. BELANGRIJK TRENDS VOOR EMS SYSTEMEN**

### **2.9.2.1. DIMBARE EN KLEURINSTELBARE EFFICIËNTE LED VERLICHTING**

Led lampen vandaag kunnen soms gedimd worden maar laten ook toe om de kleur in te stellen en sferen te creëren<sup>49</sup> (zie ook de Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 23 over slimme lampen en sectie 3.4).

### **2.9.2.2. SLUIMERVERBRUIK VOOR SLIMME LAMPEN**

Verlichting is een gedragsgestuurde activiteit, maar waarbij het verbruik kan verlaagd worden door aanwezigheids- en lichtsterkte detectie. Verschuiven is niet mogelijk. Moduleren (dimmen) kan in functie van comfort, lichtsterkte, smart grid signalen. Zo goed als geen stand-by verliezen, tenzij slimme lampen worden aangewend. Vele cijfers betreffende dit stand-by verbruik bij slimme lampen zijn nog niet beschikbaar, maar sommige fabrikanten geven toch al een stand-by verbruik van 0,4 W tot 1,7W aan. Bij 1000 operationele uren per jaar, een LED lamp van 9W en een stand-by vermogen van 0,4W geeft dit een jaarlijks stand-by verbruik van 3,1kWh en actief verbruik van 9kWh. Dit is een stand-by/actief verbruik verhouding van 1/4. Bij 1,7W wordt dit een verhouding van 13/9, en hoe lager de actieve uren, hoe hoger deze verhouding. Indien nieuwe slimme lampen een dergelijk stand-by verbruik blijven vertonen, kan het aangewezen zijn de spanning op deze circuits af te schakelen, met dien verstande dat de extra functionaliteit (zie sectie 3.4.2) welke deze lampen aanbieden dan verloren gaan.

## **2.10. ELEKTRISCHE MOBILITEIT**

### **2.10.1. TE VERWACHTEN ENERGIEVRAAG VOOR EEN ELEKTRISCH VOERTUIG**

Als voorbeeld nemen we de gemiddelde gemeten elektriciteit vraag voor een Tesla model S, die is rond de 20 kWh per 100 km<sup>50</sup>. Wanneer men dan bijvoorbeeld 10000 km per jaar aflegt resulteert dat in een totaal verbruik van 2000 kWh per jaar.

### **2.10.2. TREND NAAR SLIM LADEN VAN ELEKTRISCHE VOERTUIGEN**

Slim laden van elektrische voertuigen is nu al een realiteit in Nederland, zie ook Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 21. Laden kan eenvoudig uitgesteld, verminderd of onderbroken worden in functie van de prijs van elektriciteit.

---

<sup>49</sup> <http://www.philips.be/c-p/7199960PH/hue-personal-wireless-lighting-tafellamp>

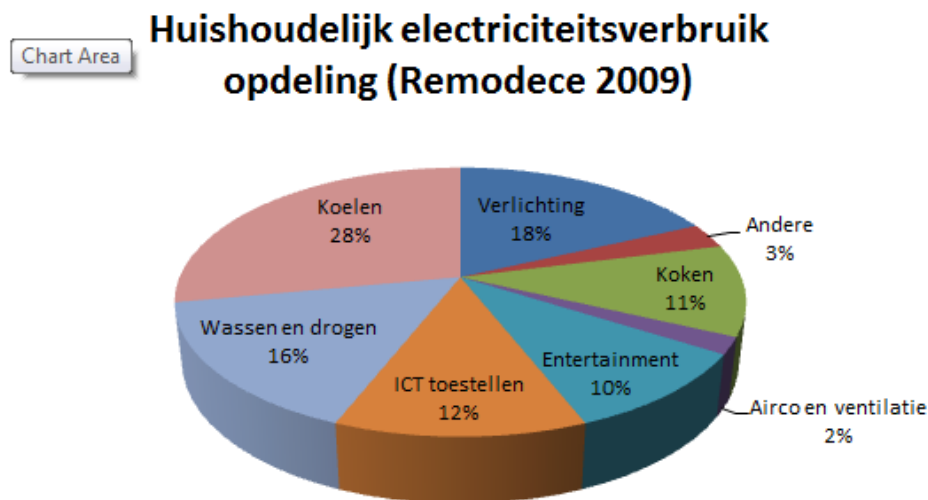
<sup>50</sup> [http://www.spritmonitor.de/de/uebersicht/198-Tesla\\_Motors/1315-Model\\_S.html?powerunit=2](http://www.spritmonitor.de/de/uebersicht/198-Tesla_Motors/1315-Model_S.html?powerunit=2)



## 2.11. WAT IS DE ENERGIEVRAAG VOOR DE ANDERE VERBRUIKERS IN HUIS

### 2.11.1. HUISHOUDELIJK ELEKTRICITEITSVERBRUIK ALGEMEEN MEETGEGEVENS EN VOORUITZICHTEN VOOR EMS

De Remodece<sup>51</sup> studie van 2009 geeft de opdeling (Figuur 2-14) van elektriciteitsverbruik in een gemiddeld huishouden. Hierbij is het elektriciteitsverbruik voor elektrische ruimteverwarming en warm water niet inbegrepen.



Figuur 2-14 Opdeling van huishoudelijk elektriciteitsgebruik (Remodece<sup>51</sup>)

Hierbij komt men uit op een stand-by verbruik van 11% of 305kWh per huishouden per jaar. Wat neerkomt op een continu stand-by verbruik van 39.8W. 305 kWh komt overeen met een 76 EURO per jaar aan 0,25 EURO/kWh. Stand-by verbruik is in IEC/EN 62301 gedefinieerd als het gemiddeld verbruik tijdens de uren dat een toestel niet gebruikt worden voor zijn primaire functie, en welke niet door de gebruiker kan uitgeschakeld worden (tenzij loskoppelen van het elektriciteitsnet). Een deel van dit stand-by verbruik kan vermeden worden. Een set-top box kan uitgeschakeld worden wanneer het huis in rust mode (nacht, niemand aanwezig gedurende dag) verkeert, doch lokale video opname planning is dan niet mogelijk. Routers, switches en modems kunnen uitgeschakeld worden, echter indien telefoon via Voice-over-IP (VOIP) geschiedt of alarmmeldingen via IP worden doorgestuurd kan men deze toestellen niet uitschakelen wanneer het huis in rust mode verkeert. Voor het stand-by verbruik wordt er onderscheid gemaakt tussen de OFF-mode waarbij het toestel volledig is uitgeschakeld, en de stand-by Active mode waarbij de gebruiker het toestel in stand-by heeft gezet waardoor het bijvoorbeeld via de afstandsbediening terug aangeschakeld kan worden. Figuur 2-15 geeft het stand-by verbruik van enkele typische toestellen. In de eerste kolom staan de gemeten stand-by verbruiken per toestel. In de tweede kolom zijn deze waarden gecorrigeerd met het al dan niet aanwezig zijn van dit type toestel in een huishouden (uitgemiddeld over alle huishoudens in de EU). De derde kolom geeft dit verbruik op jaarbasis weer.

<sup>51</sup> [http://remodece.isr.uc.pt/downloads/REMODECE\\_PublishableReport\\_Nov2008\\_FINAL.pdf](http://remodece.isr.uc.pt/downloads/REMODECE_PublishableReport_Nov2008_FINAL.pdf)

Appliance	Spot measurements	Average standby power considering ownership	Considering Ownership At EU-12
	Unit	W	W
			kWh/year/household
Microwave oven	2,2	1,5	11,2
Desktop PC including monitor	6,4	5,0	38,7
Laptop PC	2,1	0,9	6,7
Router for internet, Modem,	8,0		29,4
Wireless access point		3,8	
Scanner	6,3	2,3	17,8
All in one printer	4,4	1,9	14,9
Printer	4,8	3,2	24,6
Fax machine	4,0	0,7	5,3
Phone	2,8	2,5	19,4
TV CRT	3,1	2,9	22,0
TV LCD	1,8	0,4	3,2
TV Plasma	1,6	0,1	1,1
TV Projector	37,5	0,4	3,2
Home cinema	2,7	0,5	3,7
VHS recorder/player	4,9	3,2	24,3
DVD recorder/player	3,8	2,5	19,4
Hi-Fi	4,7	3,4	25,8
Satellite/cable/air set top box	6,4	2,6	20,2
Hard disk (TV recorder)	2,1	0,5	3,5
Video game	1,5	0,4	2,9
Compact Hi-Fi	2,8	1,0	7,7
<b>Total</b>		113,9	39,8
			305 kWh/Year

Figuur 2-15 Stand-by verbruik per toestel (Remodece<sup>51</sup>)

Niettegenstaande dat de toestellen zuiniger worden dankzij energie-efficiëntiemaatregelen als de eco-design regelgeving, neemt het elektriciteitsverbruik per huishouden toe. Dit wijt men<sup>51</sup> onder andere aan:

- De toename van het aantal elektrische toestellen in huis. Zo neemt het gemiddeld aantal TVs en koelkasten per huishouden toe.
- Door het Internet gebeuren neemt het aantal ICT en entertainment toestellen (DVD, routers, Wi-Fi access points, tablets, PCs) in huis toe, vele hiervan met een stand-by verbruik.
- Het gedrag van mensen verandert. Mensen werken meer thuis, in hun vrije tijd ook meer op computers en tablets, wassen meer en maken meer gebruik van warm water.
- Men kiest voor grotere beeldschermen en koelkasten, welke respectievelijk per schermoppervlakte respectievelijk cm<sup>3</sup> inhoud minder verbruiken, maar omwille van de grotere beeldoppervlaktes respectievelijk grotere inhouden in totaal toch meer verbruiken.
- De bevolking ouder wordt, en deze meer thuis blijft, en meer behoefte heeft aan verwarming, koeling en verlichting.
- Het aantal lichtpunten in huis sterk toeneemt.
- Een verhoogde levensstandaard met meer comfort.

Deze trend zal ook nog versterkt worden door de elektrificatie van voertuigen, door de invoering van elektrische warmtepompen voor ruimteverwarming, ruimte koeling en/of warm water. Indien de huidige Internet of Things (zie hoofdstuk 3.4) trend zich ook doorzet waarbij er steeds meer slimme toestellen in huis komen welke continu in een netwerk-stand-by mode staan om te reageren op commando's, zal dit verbruik nog toenemen. Anderzijds kan de communicatie met slimme toestellen ook ervoor zorgen dat het verbruik afneemt, door toestellen uit te schakelen of het gebruik ervan te optimaliseren.

Het aandeel van elektriciteitsverbruik in het totaal huishoudelijk energieverbruik wordt hierbij op ongeveer 25% geschat (1990-2009, European Environmental Agency (EEA)). Daarbij nam het elektriciteitsverbruik gedurende deze jaren met ongeveer 1,7% per jaar toe<sup>52</sup>.

Het gebruiken van de flexibiliteit van een toestel kan leiden tot een meerverbruik. Door te moduleren kan het zijn dat deze toestellen qua efficiëntie niet optimaal benut worden, waardoor er een meerverbruik kan optreden.

#### **2.11.2. MEER OVER KOKEN**

Koken is een typisch gedragsgestuurde activiteit met weinig mogelijkheid tot aanpassing van het gedrag. Men wil kunnen koken wanneer men thuiskomt van werk of op de middag. Automatisering zal hier niets bijdragen. Verschuiven of moduleren van het verbruik is niet aangewezen. De stand-by verliezen zijn over het algemeen laag en kunnen niet uitgeschakeld worden zonder verlies aan functionaliteit: de klok van microgolfoven of oven is dan niet meer zichtbaar. Wanneer deze toestellen slim worden, zal het stand-by verbruik wel toenemen. Een microgolfoven heeft een verbruik van ongeveer 67 kWh per jaar. Wanneer een dergelijk toestel een stand-by verbruik heeft van 1 tot 2 W betekent dit al een extra van een jaarlijks stand-by verbruik van 8,76 tot 17,52 kWh. Voor het koken komt men op een verbruik van 300 kWh/jaar voor toestellen met een lage energie efficiëntie, waarbij dit kan verminderd worden tot een 230 kWh/jaar wanneer men toestellen met de hoogste energie efficiëntie (stand 2015) aanschaft.

#### **2.11.3. MEER OVER KOELLEN (KOELKAST& DIEPVRIEZER)**

Koelen is een continue activiteit. Onder de categorie koelen valt de koelkast en de diepvriezer. Verschuiven is niet van toepassing. Moduleren (lagere of hogere verbruiksstand) is mogelijk daar deze toestellen beschikken over een zekere inertie (buffer). Het stand-by verbruik kan niet verlaagd worden.

Voor het koelen zit men rond een verbruik van 800 kWh/ jaar voor toestellen met een lage energie efficiëntie, waarbij dit kan verminderd worden tot een 265 kWh/jaar wanneer men toestellen met de hoogste energie efficiëntie (stand 2015) aanschaft.

#### **2.11.4. MEER OVER WASSEN EN DROGEN**

Wassen en drogen is een gedragsgestuurde activiteit, maar deze toestellen zijn typisch ook TimeShifters en kunnen dus met uitstel opgestart worden. De huidige toestellen hebben geen stand-by verbruik. Wanneer deze toestellen slim dienen aangestuurd te worden, zal dit leiden tot een verwaarloosd meerverbruik. Deze toestellen dienen enkel in netwerk-stand-by mode te

---

<sup>52</sup> Impact of user behavior and intelligent control on the energy performance of residential buildings, [www.3e.eu](http://www.3e.eu)

functioneren wanneer een (uitgestelde) activiteit (wassen, drogen) is opgestart. Eens de activiteit is uitgevoerd zal de gebruiker het toestel uitschakelen.

Het gezamenlijk verbruik van een afwasmachine, wasmachine en droogkast komt neer op een 650 kWh/jaar voor toestellen met een lage energie efficiëntie, en een 400 kWh/jaar voor toestellen met een hoge energie efficiëntie.

#### **2.11.5. MEER OVER ICT EN ENTERTAINMENT**

ICT en entertainment is een typisch gedragsgestuurde activiteit met weinig mogelijkheid tot aanpassing van het gedrag. Verschuiven of moduleren van het verbruik is niet aangewezen. Het stand-by verbruik kan verlaagd worden door toestellen volledig af te schakelen, maar dit kan gepaard gaan met een afname van de functionaliteit (geen opname van TV programma wanneer de set-top box uitgeschakeld is, geen Internet en VOIP wanneer router of switches uitgeschakeld, enzovoort). Indien zo ontworpen, kan men bijvoorbeeld wel een aantal (draadloze) telefoons, bepaalde switches, en set-top boxes (indien meerdere) slim uitschakelen.

Opmerkelijk is dat een aantal toestellen een hoog stand-by verbruik heeft ten opzichte van het verbruik in de actieve fase.

Volgens de specificaties<sup>53</sup> van Telenet verbruikt een Digibox en Digicorder het volgende:

Een oudere Digicorder verbruikt max. 25 W in operationele modus en max. 20 W in stand-by modus.

Een oudere Digibox verbruikt max. 18 W in operationele modus en max. 14 W in stand-by modus.

Een nieuwer type (stand 2015) Digicorder verbruikt max. 20 W in operationele modus, max. 12 W in stand-by modus en 0,5 W in slimme energiestand. Een nieuwer type (stand 2015) Digibox verbruikt max. 20 W in operationele modus, max. 12 W in stand-by modus en 1 W in slimme energiestand.

De slimme energiestand heeft tot gevolg dat het 1 tot 2 minuten kan duren vooraleer er TV gekeken kan worden.

Een gemeten stofzuigerrobot verbruikte 5W wanneer deze in het oplaadstation zat, en de stofzuiger is gewoonlijk altijd in het oplaadstation tenzij wanneer het toestel aan het stofzuigen is. Wanneer de robot niet in het oplaadstation was, verbruikte dit oplaadstation 1W.

Algemeen kan men stellen dat nieuwere toestellen dankzij de regelgeving zoals ecodesign steeds minder in stand-by zullen verbruiken, zodat het slim aansturen van stopcontacten voor deze toestellen minder zal opbrengen in de toekomst.

Zo legt de ecodesign regelgeving het maximum netwerk stand-by verbruik op:

- Vanaf 1 January 2015: 12 Watt voor producten met hoge netwerk beschikbaarheid en 6 Watt voor toestellen zonder hoge netwerk beschikbaarheid.
- Vanaf 1 January 2017: 8 Watt voor producten met hoge netwerk beschikbaarheid en 6 Watt voor toestellen zonder hoge netwerk beschikbaarheid.

#### **2.12. WAT ZIJN DE MOGELIJKE EMS REGELFUNCTIES VOOR SANITAIR WARM WATER, VERLICHTING, ELEKTRISCHE MOBILITEIT EN ANDERE HUISHOUDTOESTELLEN SAMENGEVAT**

Aansluitend op de vorige trends bij sanitair warm water, verlichting, elektrische mobiliteit en andere huishoudtoestellen kunnen de volgende slimme EMS gebouwregel functies geïdentificeerd worden, zie Tabel 2-10.

---

<sup>53</sup> <https://www2.telenet.be/nl/klantenservice/de-telenet-decoders-overzicht-technische-specificaties/>

Tabel 2-10 Samenvatting van mogelijk belangrijke regelfuncties voor sanitair warm water, verlichting, elektrische mobiliteit en andere huishoudtoestellen samengevat

Ref.	Functie	Toepassing EMS	impact	kost
SAVE.1	Besparen op sluimerverbruik	Sluimerverbruik verminderen door alles uit met home in stand by functie	matig	laag
COST.1	Besparen op energiekosten door sturing van de vraag Subfuncties zijn: COST.1.delay = uitstellen van de start en/of stop COST.1.interrupt = Tijdelijk onderbreken van de werking	In/uitschakelen van toestellen in functie van het tarief	matig (niet alle toestellen komen in aanmerking en tariefverschillen kunnen laag zijn)	laag
COST.2	Besparen op de distributiekosten en/of eigenverbruik optimaliseren Subfuncties zijn: COST.2.delay = uitstellen van de start en/of stop COST.2.interrupt = Tijdelijk onderbreken van de werking	Indien het net niet als buffer voor elektriciteitsopslag mag gebruikt worden (bv salderen of terugdraaiende meter) kan men lokaal vraag en aanbod op elkaar afstemmen	matig (bv 15% eigenverbruik naar 30%)-	laag
MON.1	Opvolgen of de grote huishoudelijk toestellen verbruiken zijn zoals voorzien	Kijken of de verbruiken overeenstemmen met de voorspelingen in functie van gebruik en suggesties voor oorzaken geven (bv filter wasmachine vervuild, deur koelkast defect, ..).	matig	laag

## 2.13. WAT ZIJN NU DE MOGELIJKE BATEN BIJ IMPLEMENTATIE VAN SLIMME ENERGIEBEHEERFUNCTIES IN ONZE REFERENTIEWONING

### 2.13.1. MOGELIJK BESPARINGEN OP ENERGIEKOSTEN IN DE REFERENTIEWONING

Om een grof beeld te bekomen van mogelijke toekomstige kostenbesparing door slim energiebeheer(EMS) in onze virtuele referentiewoning van de toekomst worden de volgende energiekosten scenario's ingeschat en vergeleken:

- *Scenario "gas per jaar EE=laag no smart"*: Dit is een klassieke installatie met verwarming op gas in combinatie met weinig efficiënte toestellen, er is ook geen intelligent energiebeheer. Voor de woning wordt aangenomen dat ze weinig geïsoleerd en luchtdicht is (type 71-90 uit 2.2.2).
- *Scenario "gas per jaar EE=hoog no smart"*: Dit is een klassieke installatie en huis met de meest efficiënte toestellen en gebouwd volgens de principes van een bijna-nul energiewoning of passief huis(type 2016-.. uit 2.2.6) maar met gas als verwarming. De woning is dus sterk geïsoleerd en luchtdicht. Er is geen gestuurde zonwering of koeling door nachtventilatie maar koeling met airconditioning. Er is wel een energiemonitoring om te bewaken dat de meest energie-efficiënte oplossingen gekozen en gebruikt worden, dus enkel de functie 'MON.1' uit Tabel 2-7 en Tabel 2-10.
- *Scenario 'WP per jaar EE=hoog no smart'*: Dit is dezelfde woning als het vorige scenario maar waarbij warmtepompen gebruikt worden, zonder gas en gebruik van fossiele brandstoffen.
- *Scenario "gas per jaar EE=hoog smart EE"*: Dit is een huis gebouwd volgens de principes van een bijna-nul energiewoning of passief huis uit het vorige scenario. In vergelijking met de vorige woning is er wel een slimme gestuurde zonwering, ventilatie en energiebeheer zoals besproken in de vorige hoofdstukken. Dit zijn de functies'OH.1-5, PAS.1, AUX.1-2, HP.1, GB.1, VENT.1-2 en SAVE.1' uit Tabel 2-7 en Tabel 2-10. Er dit scenario wordt er nog wel niet vanuit gegaan dat er variabele sturing en tarieven zijn, zoals vandaag(2015) het geval is. De woning gebruikt nog gas als warmtebron.
- *Scenario "gas per jaar EE=hoog smart EE+flex"*: Dit is dezelfde woning als het vorige scenario maar waar er een business case is door variabele tarieven en een slimme sturing om daar op in te spelen. Dit zijn de functies' COST.1 en COST.2' uit Tabel 2-7 en Tabel 2-10. Er wordt voor verwarming nog steeds gas gebruikt.
- *Scenario "WP per jaar EE=hoog smart EE+flex"*: Dit is dezelfde woning als het vorige scenario maar waarbij warmtepompen gebruikt worden, zonder gas en gebruik van fossiele brandstoffen.

De scenario's bevatten ook een indicatieve inschatting van het financieel voordeel dat door flexibiliteit bekomen kan worden, bij gebrek aan actuele en bestaande gegevens worden hier de volgende aannames gemaakt voor de functies 'COST.1 en COST.2' uit Tabel 2 7 en Tabel 2 10:

- Flexibiliteit(%), is het aandeel dat gebruik kan maken van dit extra verlaagd tarief. Dit kan per toestel verschillen.
- Het Flexibel verbruik (kWh) wordt berekend uit de Flexibiliteit(%) uit het totaal verbruik (kWh). Voor het flexibel verbruik (kWh) wordt bij wijze van voorbeeld aangenomen dat dit aan een 30 % lager tarief kan(Euro/kWh).
- In sommige toepassingen kan flexibiliteit leiden tot een hoger verbruik doordat er een extra opslagverlies is, bv stilstand verliezen in een boiler. Bij wijze van voorbeeld wordt hier dan aangenomen dat dit 5% extra verlies veroorzaakt dat dus gecompenseerd moet worden door de lagere tarieven.

Op basis van de ruwe inschattingen gebaseerd op de vorige hoofdstukken komen we dan voor de virtuele referentiewoning tot een jaarlijks energieverbruik per scenario zoals in Tabel 2-11. Meer details over de aannames achter deze cijfers staan in Bijlage B.

	totaal verbruik in kWh per jaar per scenario						
	gas per jaar EE=laag no smart	gas per jaar EE=hoog no smart	WP per jaar EE=hoog no smart	gas per jaar EE=hoog smart EE	WP per jaar EE=hoog smart EE	gas per jaar EE=hoog smart EE+flex	WP per jaar EE=hoog smart EE+flex
kleine en grote huishoudtoestellen (excl. HVAC, SWW)	2962	1484	1484	1412	1412	1438	1438
Verlichting	762	287	287	194	194	194	194
Koeling	160	1069	1069	0	0	0	0
Sanitair Warm Water	3860	2870	820	2260	646	2260	648
Verwarming (excl. Hulpenergie)	40579	2805	801	2272	649	2272	682
Hulpenergie van verwarming (excl. Ventilatie)	636	636	860	515	697	515	697
Hulpenergie ventilatiesysteem	0	788	788	206	206	206	206
Elektrisch voertuig	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
<b>Totaal zonder EV</b>							
woning 71-90	48959	0	0	0	0	0	0
BEN woning 2016	0	9939	6110	6859	3804	6885	3864
<b>Totaal met EV</b>							
woning 71-90	50959	0	0	0	0	0	0
BEN woning 2016	0	11939	8110	8859	5804	8885	5864

Tabel 2-11 Ingeschat jaarlijks energieverbruik per EMS scenario voor de virtuele referentiewoning

Indien we voor gas rekenen aan 0,06 Euro/kWh en voor elektriciteit 0,25 Euro/kWh bekomt men de jaarlijkse energiekosteninschatting zoals in Tabel 2-12.

	totale elektriciteitskost + gaskost per jaar per scenario						
	gas per jaar EE=laag no smart	gas per jaar EE=hoog no smart	WP per jaar EE=hoog no smart	gas per jaar EE=hoog smart EE	WP per jaar EE=hoog smart EE	gas per jaar EE=hoog smart EE+flex	WP per jaar EE=hoog smart EE+flex
kleine en grote huishoudtoestellen (excl. HVAC, SWW)	€ 740	€ 371	€ 371	€ 353	€ 353	€ 335	€ 335
Verlichting	€ 191	€ 72	€ 72	€ 49	€ 49	€ 49	€ 49
Koeling	€ 40	€ 267	€ 267	€ -	€ -	€ -	€ -
Sanitair Warm Water elektriciteitskost	€ -	€ -	€ 205	€ -	€ 161	€ -	€ 138
Sanitair Warm Water gaskost	€ 232	€ 172	€ -	€ 136	€ -	€ 136	€ -
Verwarming (excl. Hulpenergie) elektriciteitskost	€ -	€ -	€ 200	€ -	€ 162	€ -	€ 145
Verwarming (excl. Hulpenergie) gaskost	€ 2.435	€ 168	€ -	€ 136	€ -	€ 136	€ -
Hulpenergie van verwarming (excl. Ventilatie)	€ 159	€ 159	€ 215	€ 129	€ 174	€ 129	€ 161
Hulpenergie ventilatiesysteem	€ -	€ 197	€ 197	€ 51	€ 51	€ 51	€ 51
Elektrisch voertuig	€ 500	€ 500	€ 500	€ 500	€ 500	€ 425	€ 425
<b>Totaal zonder EV</b>							
woning 71-90	€ 3.796	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
BEN woning 2016	€ -	€ 1.407	€ 1.527	€ 854	€ 951	€ 835	€ 878
<b>Totaal met EV</b>							
woning 71-90	€ 4.296	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
BEN woning 2016	€ -	€ 1.907	€ 2.027	€ 1.354	€ 1.451	€ 1.260	€ 1.303

Tabel 2-12 Inschatting van de jaarlijkse energiekosten per EMS scenario voor de virtuele referentiewoning

### 2.13.2. ANDERE MEERWAARDE VOOR EMS DAN ENKEL DE LAGERE ENERGIEKOSTEN

Op te merken valt dat er naast de energiekostenbesparing nog andere voordelen kunnen zijn van een EMS systeem in lage energiewoningen, bijvoorbeeld:

- Het *binnenklimaat* beter onder controle houden door een gebruiksvriendelijk systeem;
- Uiteraard kunnen veel functies uit Tabel 2-7 en Tabel 2-10 ook manueel uitgevoerd worden, *EMS biedt vooral het comfort en gebruiksvriendelijkheid* om dit automatisch te doen.
- Indien het EMS en bijhorend opslagsysteem ervoor zorgen dat je niet zonder stroom komt te zitten omwille van een *afschakelplan of andere stroompanne*, dan levert dit een comfortmeerwaarde op. Daar waar mensen bereid zijn om een generator en andere oplossingen aan te schaffen voor enkele honderden tot duizenden (kleine kmo) EUROs, kan een geïntegreerd EMS systeem hier meer bieden;
- Indien er tijdelijke *capaciteitslimieten* worden opgelegd met behulp van een slimme meter (in voorspelde perioden van tekort kan het toegelaten opgenomen vermogen per woning gelimiteerd worden naar bijvoorbeeld 6A), dan zal een EMS ervoor kunnen zorgen dat de capaciteitslimiet niet overschreden wordt en de woning alzo niet tijdelijk afgeschakeld wordt.
- Tijdig *defecten of foutieve instellingen* in toestellen en HVAC systemen *opsporen*.
- Sommige automatische systemen leveren een *lager E-peil op in de EPB* aanvraag waar ook subsidies en/of boetes aan gekoppeld kunnen zijn, zie ook Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 17.

### 2.14. BESLUIT

Zie hoofdstuk 5.2



---

### 3. DEEL 2: INTEROPERABILITEIT

---

Ter verduidelijking van de begrippen gebruikt in dit hoofdstuk worden een aantal computernetwerk termen in bijlage C van dit rapport verklaard.

Op 1 maart 2011 publiceerde de Europese Commissie mandaat 490 - normalisatie mandaat voor Europese standaardisatie organisaties (SDOs) voor de ondersteuning van Europese Smart Grid-implementatie. Om deze taak te volbrengen, richtte de Europese standaardisatie organisaties CEN-CENELEC-ETSI de 'Smart Grid Coordination Group' (SG-CG) op, welke nu is opgevolgd door de 'Smart Energy Grid Coordination Group' (SEG-CG) om de normalisatie activiteiten in slimme energie netwerken (b.v. elektriciteit, warmte, gas) te coördineren. SEG-CG omvat interacties tussen energiesystemen en interactie met eindgebruikers. De focus van standaardisatie in de smart grid lag voornamelijk op het elektriciteitsnetwerk (en alle actoren) zelf, maar sinds kort komt ook de interface tussen de smart grid en de smart home (en de bijhorende slimme toestellen) op de voorgrond.

Interoperabiliteit is in deze van allergrootste belang. Men zal verschillende actoren in het netwerk hebben die gebruik willen maken van de flexibiliteit aangeboden door de gebruikers in het net. Net zozeer zal men toestellen in huis hebben van verschillende fabrikanten welke gebruik maken van allerhande communicatietechnologieën.

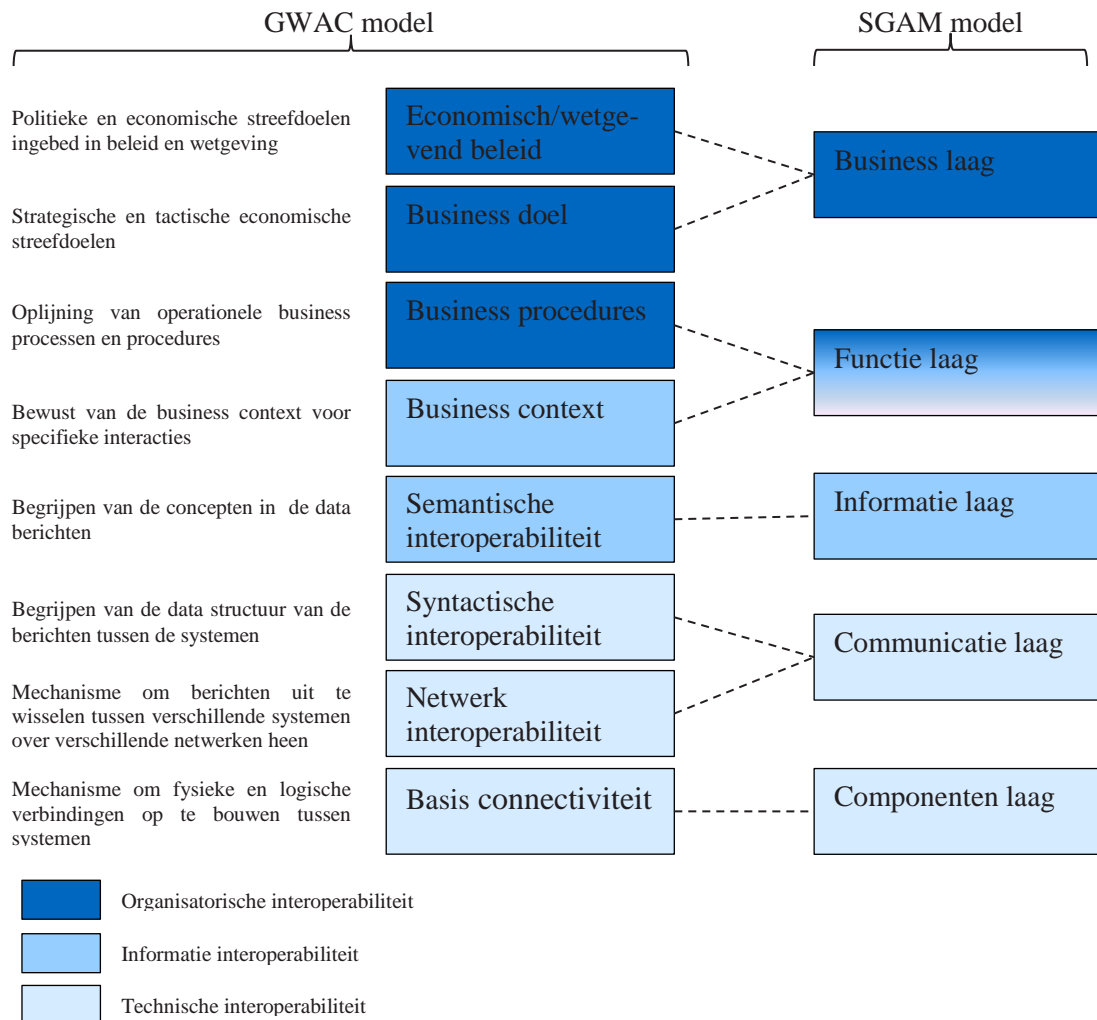
Wanneer men interoperabiliteit conceptueel bestudeert, zal men het probleem opdelen in lagen, net zoals bij het OSI lagenmodel<sup>54</sup> dat als een referentie model gebruikt wordt voor communicatie. Om tot een systeem te komen waarbij meerdere systemen met elkaar samenwerken, dienen deze op elke laag van het interoperabiliteit referentiemodel samen te werken. Pas dan bekom je volledige interoperabiliteit. In de VS heb je het Gridwise Architecture Council (GWAC) model<sup>55</sup> en in de EU het door de Smart Grid Coordination Group ontworpen Smart Grid Architecture Model (SGAM)<sup>56</sup> welke allebei een interoperabiliteit lagenmodel weergeven. Niettegenstaande het GWAC model in meer lagen is onderverdeeld dan het SGAM model, is er een duidelijke relatie tussen beide (zie Figuur 3-1).

---

<sup>54</sup> <https://nl.wikipedia.org/wiki/OSI-model>

<sup>55</sup> <http://www.sgip.org/Interoperability-and-the-GWAC-Stack>

<sup>56</sup> <http://www.cencenelec.eu/standards/Sectors/SustainableEnergy/SmartGrids/Pages/default.aspx>



Figuur 3-1 Relatie tussen GWAC en SGAM lagenmodel

Interoperabiliteit is nodig op elk niveau. Dit komt neer op:

- Technische interoperabiliteit: hierbij ligt de nadruk op de syntax en het formaat van de informatie, waarbij er gefocust wordt op hoe de informatie voorgesteld en uitgewisseld wordt.
- Informatie interoperabiliteit: hierbij ligt de nadruk op de semantiek, met andere woorden wat wordt er uitgewisseld en wat is de betekenis van deze informatie.
- Organisatorische interoperabiliteit: hierbij ligt de nadruk meer op het praktische, de doelstelling van de samenwerking.

Indien men interoperabiliteit op elk niveau heeft, voldoet men aan de drie eisen voor interoperabiliteit: informatie met elkaar kunnen uitwisselen, weten wat deze informatie voorstelt en deze kunnen verwerken, en benutten voor een gezamenlijk doel.

Om een systeem (of systeem van systemen) te ontwikkelen met interoperabiliteit als belangrijk aspect van het systeem, verzamelt men eerst user stories en use cases met een beschrijving op hoog

niveau van de interacties tussen verschillende actoren en het doel van deze interacties. Vervolgens definieert men een architectuur en de interfaces, waarop deze use cases gemapt worden. Per interface bepaalt men dan hiervoor de informatie die over deze interface uitgewisseld wordt en de nodige communicatie protocollen hiervoor.

In de volgende hoofdstukken gaan we dieper in op technische en informatie interoperabiliteit.

- In hoofdstuk 3.1 worden verschillende, mogelijke architectuurmodellen toegelicht;
- In hoofdstuk 3.2 worden de interfaces en bijhorende standaarden tussen de verschillende componenten in het architectuurmodel dat gepromoot wordt door standaardisatie toegelicht;
- In hoofdstuk 3.3 worden de belangrijkste communicatie technologieën en protocollen (communicatie laag) en data modellen (informatie laag) toegelicht.

De focus in deze hoofdstukken ligt op energiebeheer. Andere smart home aspecten zoals comfort, beveiliging, infotainment of eHealth worden niet toegelicht. In elk van deze hoofdstukken wordt tevens ook de nieuwe en lopende activiteiten van standaardisatie voor deze domeinen beschreven.

In het eerste onderzoeksrapport<sup>2</sup> lag de focus op architecturen rond woningautomatiseringssystemen en hoe energiebeheersystemen aan deze woningautomatiseringssystemen kunnen gekoppeld of hiermee geïntegreerd worden. In dit rapport ligt de focus eerder op de smart home in totaliteit. Een duidelijke trend hier is het 'Internet of Things' (IoT) welke aanleiding geeft tot de introductie van slimme toestellen in huis. Deze toestellen kunnen gekoppeld worden aan de bovengenoemde woningautomatiseringssystemen, of onafhankelijk hiervan opereren. In kader van de smart home spreekt men ook van 'Smart Appliances'. Tot deze groep van slimme toestellen behoren niet alleen slim witgoed zoals een slimme koelkast of wasmachine, maar ook HVAC toestellen en systemen, woningautomatisering, verlichting en slimme laadpalen voor elektrische voertuigen (EV). Dit wordt toegelicht in hoofdstuk 3.4.

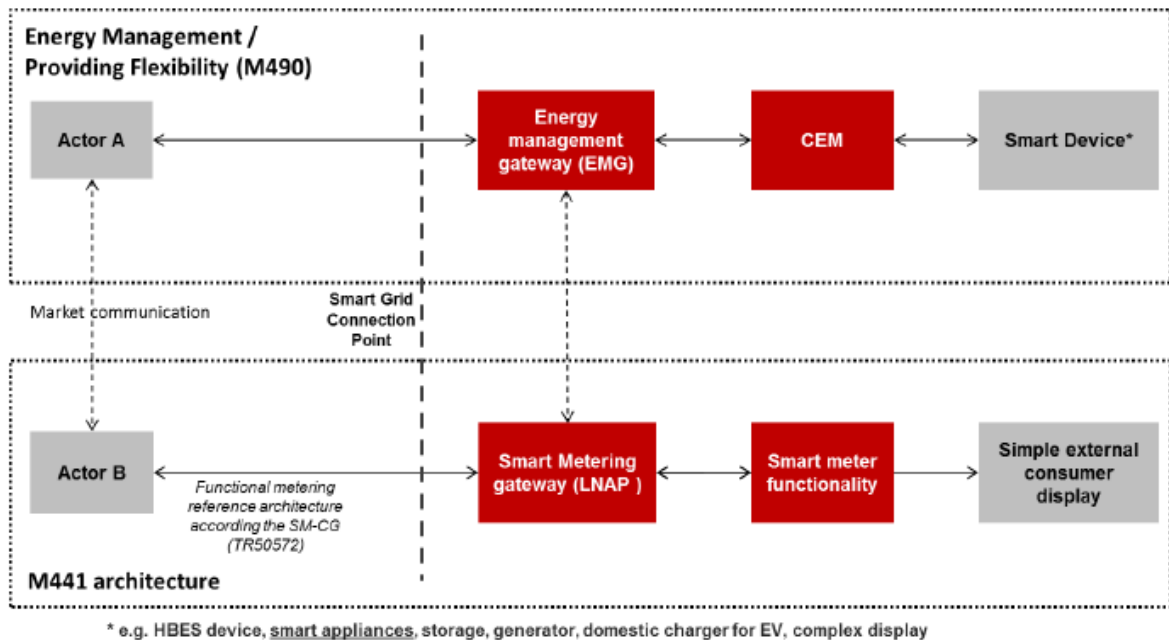
Hoofdstuk 3.5 geeft dan weer een overzicht van initiatieven, naast standaardisatie, gaande in de wereld van Smart Home en IoT.

### **3.1.DE ARCHITECTUUR**

Deze sectie richt zich voornamelijk op de architecturen aangaande smart home - smart grid samenwerking welke door de standaardisatie organisaties (SDOs) naar voor geschoven worden.

#### **3.1.1. FLEXIBILITEITSARCHITECTUUR**

Het architectuur model in onderstaande afbeelding (Figuur 3-2) is ontwikkeld door de SG-CG.



Figuur 3-2: Functionele flexibiliteit architectuur<sup>57</sup>

In deze architectuur biedt de 'Customer Energy Manager' (CEM) de flexibiliteit van aangesloten slimme apparaten aan via de Energy management Gateway (EMG). De componenten in deze architectuur zijn functionele / logische entiteiten, wat betekent dat er niet noodzakelijk een 1-op-1 koppeling is met fysieke toestellen. Verschillende functies kunnen bijvoorbeeld gegroepeerd worden in één fysiek toestel.

De Smart Grid Connection Point markering geeft de scheiding/interface tussen het smart grid en de smart home. Er zijn twee interfaces naar buiten toe voorzien: de koppeling tussen de smart meter en de smart meter infrastructuur (onderste deel van de tekening), en de koppeling tussen de energy beheer en een energie diensten leverancier (bovenste deel van de tekening).

Het onderste deel van de tekening geeft de slimme meter infrastructuur weer met de 'Smart Meter Functionality' welke de kernfunctionaliteit van een slimme meter, namelijk het meten staat. De Smart Metering Gateway (SMG) verzorgt de communicatie van de slimme meter met de organisatie verantwoordelijk voor het uitlezen van de meters (Actor B), de communicatie met andere meters, de communicatie met de EMG en met een display in huis. Dit gedeelte is in detail beschreven door de 'Smart meter Coordination Group' (SM-CG) in het kader van mandaat M/441.

Het bovenste deel geeft de energiebeheer functionaliteit weer in kader van mandaat M/490. De CEM communiceert via de 'Energy Management Gateway' met de slimme meters in huis en met dienstenleverancier (Actor A). Een dienstenleverancier kan een aggregator, een organisatie welke de flexibiliteit van vele gebouwen en systemen commercieel exploiteert en aanbied op de vraag-en aanbod elektriciteitsmarkt, maar kan ook een energieleverancier zijn. De CEM beheert de flexibiliteit van de aangeslotene systemen en toestellen en kan deze ook aanbieden aan een derde partij. Hierbij moet vermeld worden dat alle communicatiepaden in dit model optioneel zijn. Een CEM, welke bijvoorbeeld de PV panelen en enkele slimme toestellen in huis beheert, heeft niet noodzakelijk een interface met een 'Actor A'. Deze CEM kan bijvoorbeeld op basis van elektriciteitsstariefperiodes ontvangen via de SMG – EMG interface bepalen wanneer het

57

[ftp://ftp.cencenelec.eu/EN/EuropeanStandardization/HotTopics/SmartGrids/SGCG\\_Methodology\\_Flexibility\\_Management.pdf](ftp://ftp.cencenelec.eu/EN/EuropeanStandardization/HotTopics/SmartGrids/SGCG_Methodology_Flexibility_Management.pdf)

economisch voordeliger is voor de eindgebruiker om PV-energie aan het elektriciteitsnetwerk te leveren of om zoveel mogelijk PV-energie te laten verbruiken door de lokale toestellen.

### 3.1.2. ENERGIEBEHEER EN SLIMME TOESTELLEN

Wanneer men ervan uitgaat dat energiebeheer een inherent onderdeel wordt van slimme toestellen, kan men energiebeheer louter als een (software) toepassing beschouwen. De slimme toestellen kunnen status informatie over verbruik doorgeven, en kunnen aangestuurd worden via commando's welke hun energieverbruik beïnvloeden (aan/uit, prijsinformatie, moduleren, emergency mode,...).

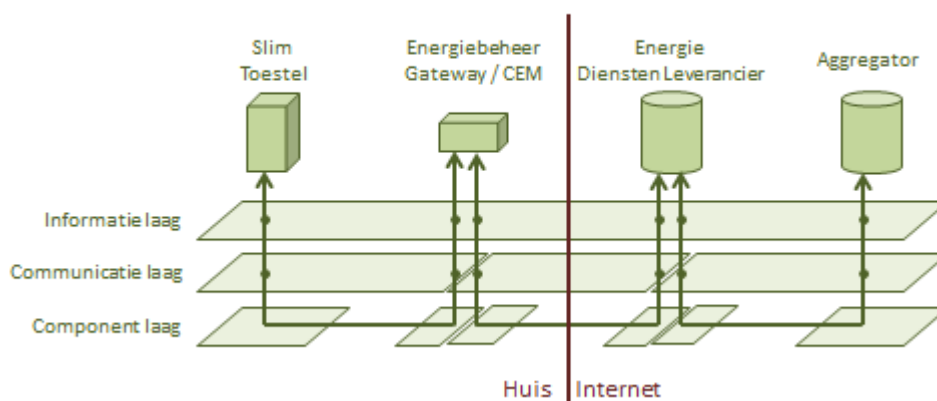
In het kader van energiebeheer onderscheidt men twee controle modellen:

- **Rechtstreekse controle:** het eindtoestel krijgt een commando om een bepaalde actie uit te voeren. De energiebeheer intelligentie bevindt zich niet in het eindtoestel. Het eindtoestel zal wel steeds controleren dat de energiebeheer acties niet botsen met de goede werking van het toestel. Bijvoorbeeld mocht in het kader van energiebeheer een commando naar een diepvriezer gestuurd worden om zijn energieverbruik te verminderen en dit botst met de ingestelde maximum temperatuur dan zal de diepvriezer dit commando weigeren.
- **Onrechtstreekse controle:** de energiebeheer intelligentie zit in het eindtoestel zelf. Het toestel neemt zelf de beslissing aangaande het energieverbruik gebaseerd op informatie die het verkrijgt. Deze informatie kan in de vorm van energieprijzen, prioriteiten of modes (het huis schakelt naar verlofmode of laagenergieverbruik mode, de distributienetwerkbeheerder stuurt een emergency mode, enzovoort).

De energiebeheer functie is een toepassing welke een beslissing/actie neemt in het kader van energiebeheer gebaseerd op instellingen en aangeboden informatie (status van toestellen, weersvoorspelling, energieprijzen, en/of andere).

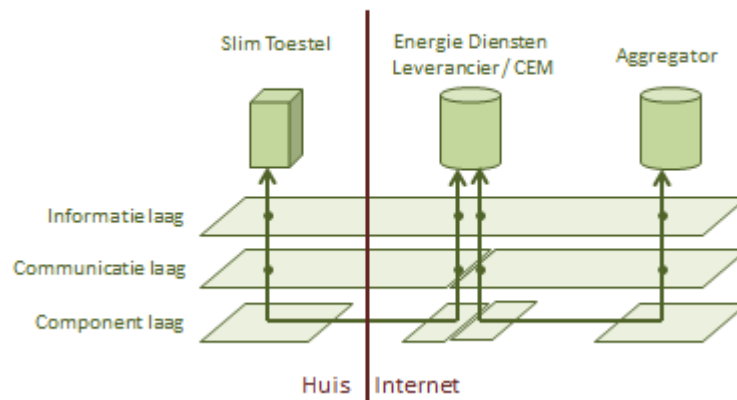
Het architectuur model in 3.1.1 is een functioneel model, waarmee verschillende implementaties mogelijk zijn.

In Figuur 3-3 beheert de CEM meerdere toestellen in huis. De CEM kan hier een functie zijn welke door het gebouwautomatiseringssysteem wordt aangeboden. Een energiedienstenleverancier verzamelt de flexibiliteit op huis niveau en verzamelt deze voor een aggregator welke deze flexibiliteit op de energiemarkt aanbiedt.



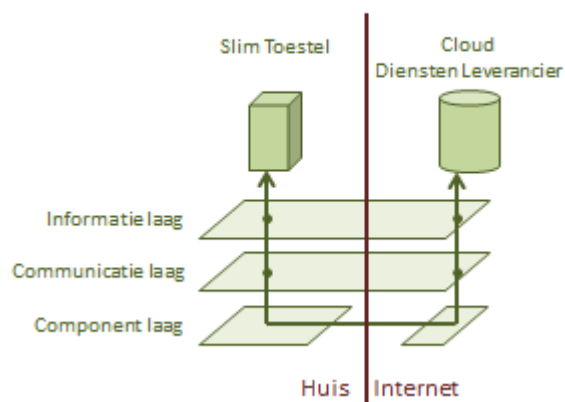
Figuur 3-3 Implementatie 1

In Figuur 3-4 is het slimme toestel rechtstreeks verbonden met de CEM in de cloud, zonder via een energiebeheergateway te lopen op huis niveau. De CEM beheert de flexibiliteit en biedt die aan de aggregator aan. In principe kunnen dezelfde functies aangeboden worden als in Figuur 3-3, behalve dat er een Internet verbinding nodig is. De CEM in de cloud kan meerdere toestellen in huis beheren, zodat bijvoorbeeld ook optimalisatie voor lokale eigenconsumptie mogelijk is (zie Figuur 3-5). Aggregatie op huisniveau zoals in Figuur 3-3 lijkt hier echter beter geschikt daar de data al op huisniveau geaggregeerd wordt en dat geen data naar het Internet wordt doorgestuurd als je enkel lokale optimalisatie wenst (privacy by design).



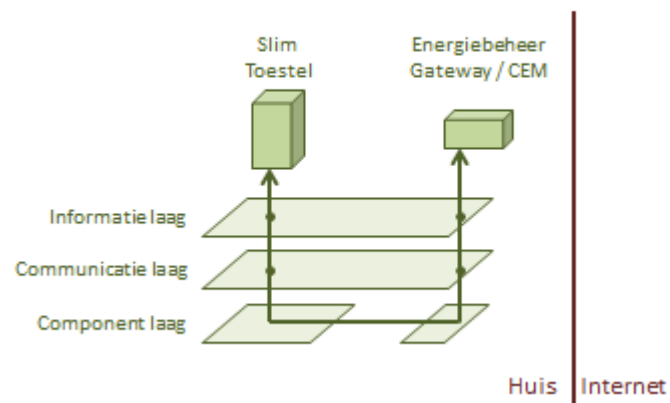
Figuur 3-4 Implementatie 2

De energie management functie kan zich ook in het slim toestel bevinden. Binnen standaardisatie spreekt men dan van een DEM (Device Energy Management) functie. Het slim toestel reageert bijvoorbeeld op tarief, weer of prijs informatie die het bekommt van een dienstenleverancier in de cloud.



Figuur 3-5 Implementatie 3

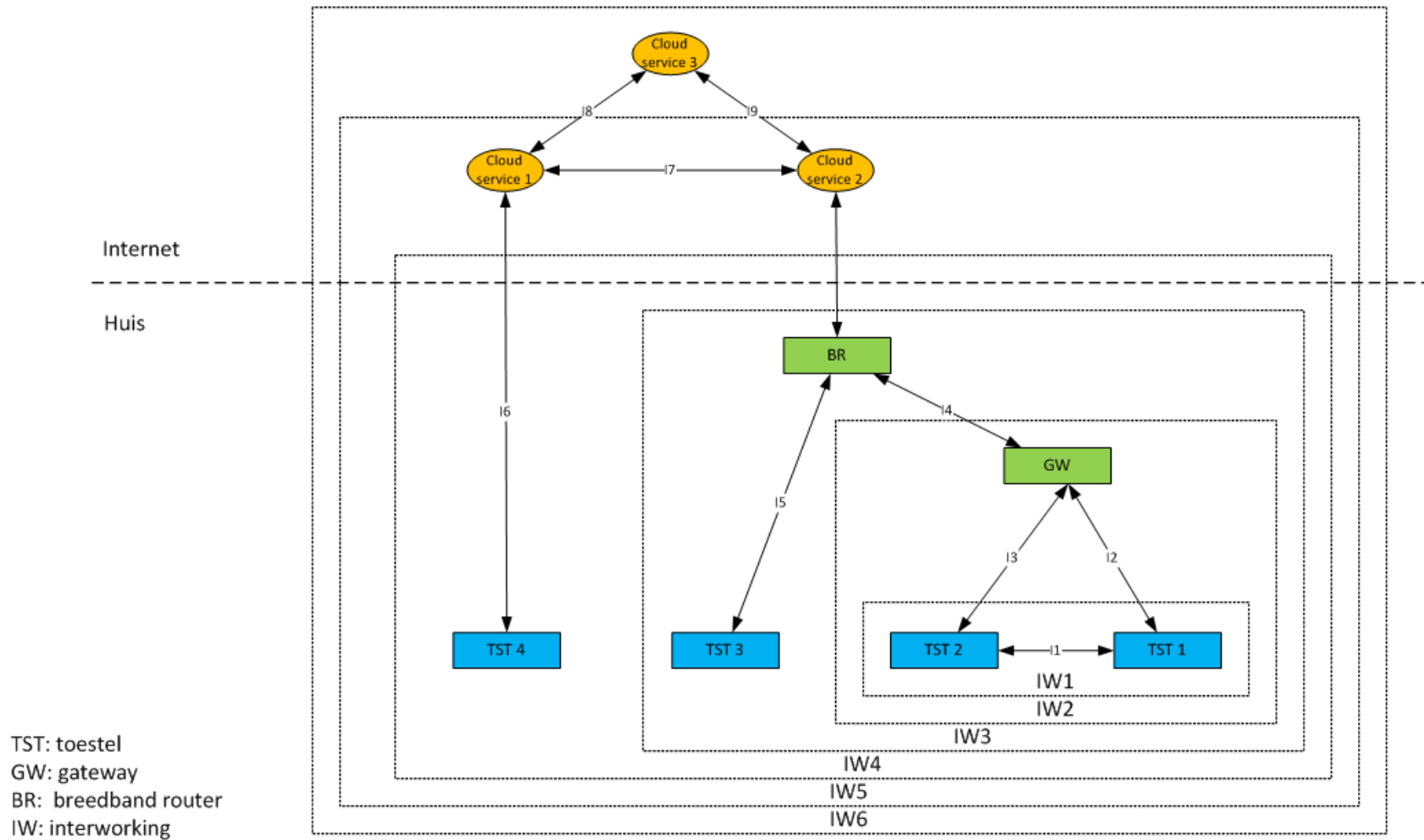
Lokale optimalisatie is ook mogelijk met implementatie 1, maar dan wordt het een implementatie zoals afgebeeld in Figuur 3-6, al dan niet met extra informatie (zoals weersinfo) komende van een cloud diensten leverancier.



Figuur 3-6 Implementatie 4

Figuur 3-7 geeft voor de mogelijke architecturen de interfaces of verbindingen tussen de verschillende componenten in een smart of connected home bekeken vanuit communicatie standpunt.

Hierbij staat BR voor de breedband router die de verbinding met het Internet verzorgt, en GW staat voor een specifieke gateway of hub. De verbindingen I5 en I4 met de BR verlopen typisch over IP over ethernet of Wi-Fi.



Figuur 3-7 Interactie tussen verschillende componenten



De rest van de verbindingen worden verduidelijkt aan de hand van enkele concrete voorbeelden:

- Voorbeeld 1: TST3 is een woningautomatiseringssysteem en is via de BR verbonden met een Philips HUE gateway, welke op zijn beurt verbonden is met een aantal lichtpunten, TST1 en TST2, via ZigBee. Daar ZigBee een mesh netwerk is, kunnen deze lichtpunten ook onderling een communicatieverbinding opgezet hebben. Alle verbindingen zijn lokaal (niet via het Internet).
- Voorbeeld 2: analoog aan vorig voorbeeld, maar de Hue gateway is via een cloudservice, welke een API aanbiedt, verbonden met het woningautomatiseringssysteem. Een andere implementatie van dezelfde verbindingen is bijvoorbeeld met een Netatmo weerstation (TST2) dat verbonden is met een buitenmodule (TST1) via een eigen draadloze verbinding (I1). TST2 is dan wel rechtstreeks met de BR verbonden, en TST3 kan interageren met het weerstation via de cloudservice van Netatmo.
- Voorbeeld 3: hierbij stelt TST4 een connected elektrische voertuig voor. Deze loopt typisch over een publiek mobiel netwerk als GPRS of 3G, en niet via de breedband router. Via de cloudservice van de autofabrikant kan men bepaalde gegevens verkrijgen over dit voertuig zoals status van de batterij. TST3 kan hierbij een laadpaal in huis zijn verbonden met zijn eigen cloudservice of ook TST1 kan een laadpaal zijn onder het beheer van een woningautomatiseringssysteem (GW), welke op zijn beurt een cloud service kan hebben of rechtstreeks gebruik maakt van de API van de cloudservice van de autofabrikant. Op deze manier zou het woningautomatiseringssysteem gericht het voertuig kunnen laden om bijvoorbeeld zoveel mogelijk eigen zonne-energie te benutten. Maar het voertuig en het woningautomatiseringssysteem zouden via hun respectievelijke cloudservices ook verbonden kunnen worden met een aggregator (cloudservice 3) welke hun flexibiliteit beheert. Cloudservice 3 kan ook een energieleverancier zijn, welke prijsinformatie levert of een nadere dienst welke weersinformatie levert.
- Voorbeeld 4: een ander voorbeeld dat men in een connected home nog al eens aanhaalt, is dat van een activity tracker (Fitbit, Jawbone, Apple watch,...) (TST3) welke merkt dat je wakker wordt 's morgens en via zijn cloudservice 1 dit meldt aan cloudservice 3. Cloudservice 3 is hierbij bijvoorbeeld de IFTTT (IF This Then That) dienst waarbij je hebt ingesteld dat als je wakker wordt de HUE lamp aan je bed aan dient te gaan. Hiertoe zal de IFTTT dienst een commando sturen naar cloudservice 2 (Hue cloudservice) welke een signaal naar de lamp aan je bed stuurt om deze te activeren.

### 3.1.3. ARCHITECTUUR ALS EEN DEEL VAN DE STRATEGIE

Al de mogelijke IoT toestellen, die nu al en de komende jaren nog ontworpen worden, met een veelheid aan eigen APIs bezorgen een woningautomatiseringssysteem fabrikant extra werk en kosten indien de fabrikant deze interactie tussen zijn systeem en deze IoT toestellen mogelijk wil maken. Door de architectuur in voorbeeld 4 hierboven te volgen dient de woningautomatiseringssysteem fabrikant eenmalig een eigen cloudservice op te zetten en een 'channel' hiervoor aan te maken bij de IFTTT dienst. Indien elke fabrikant van IoT toestellen dit ook doet, en daar ziet het er wel naar uit, dan kunnen deze toestellen op een eenvoudige wijze met een woningautomatiseringssysteem verbonden worden zonder hiervoor de software van het woningautomatiseringssysteem te moeten aanpassen of uitbreiden. Enkel een recept voor de IFTTT dienst dient te worden geschreven.

Een nadeel aan deze strategie is natuurlijk het exporteren van data naar het Internet, welke lokaal had kunnen verwerkt worden, wat niet strookt met het "privacy & security by design" principe. Een ander nadeel is dat deze functie wegvalt als er zich een probleem stelt met de Internet verbinding of de cloudservice.

Als fabrikant kan men ook voor beide architecturen kiezen waarbij afhankelijk van de klant en de prijs die deze hiervoor wenst te betalen kan gekozen worden voor de lokale versus de cloudservice architectuur, of zelfs een combinatie van beide.

### 3.2. INTERFACES EN BIJHORENDE STANDAARDEN

Een interface is het grensvlak (de interactie) tussen twee of meer systemen of componenten. Een interface kan ook tussen een systeem en een persoon zijn, men spreekt dan over een gebruikersinterface, welke in dit rapport niet aan bod komt.

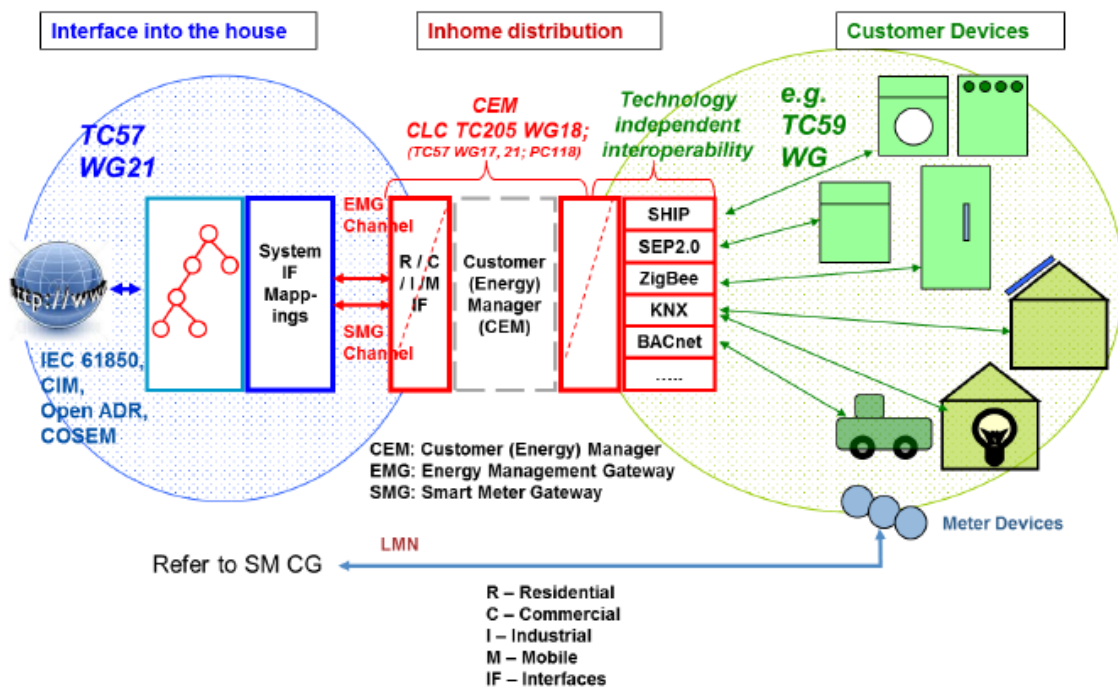
Deze sectie licht het werk van standaardisatie toe vanuit het standpunt van de Customer Energy Manager (CEM) (zie Figuur 3-2), dus de interfaces vanuit de CEM/EMG naar de smart grid, naar de slimme meter en naar de slimme toestellen. De eerste standaarden hieromtrent komen beschikbaar in 2015 en 2016. Momenteel hebben vele standaarden nog een draft status.

#### 3.2.1. INTERFACE TUSSEN DE CEM/EMG EN DE SLIMME TOESTELLEN

Draft standaard **prEN 50491-12** (Cenelec TC205 WG18) "General requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES) and Building 2 Automation and Control Systems (BACS) Part 12: Smart Metering/Smart Grid – Application Specification – DSM and Energy Management" beschrijft de interface tussen de CEM en de slimme toestellen of gebouwautomatiseringssystemen.

In deze standaard (zie Figuur 3-8) gaat men ervan uit dat er steeds verschillende transport en applicatie protocollen naar de verschillende toestellen in huis zullen aangewend worden. Deze applicatie protocollen zoals ZigBee Home Automation 1.2, ZigBee SEP 2.0, KNX, BACnet en andere gebruiken elk een ander datamodel (en berichten) om de informatie voor te stellen die ze overbrengen. Om dit probleem op te lossen wil men een gemeenschappelijk neutraal datamodel definiëren. Voor elk van de bestaande protocollen zal er dan een vertaler adapter voorzien worden die een specifiek datamodel van bijvoorbeeld SEP 2.0 omzet naar het neutrale datamodel en omgekeerd. De logica in de CEM zal dan steeds met dit neutraal datamodel werken. De prEN 50491-12 standaard beschrijft het neutrale datamodel, de data structuren en data types voor interface II (de interface tussen de CEM en de slimme toestellen). Het datamodel voorziet een abstractie van de verschillende toestellen en systemen die kunnen aangestuurd worden, weliswaar in het kader van energiebeheer. Het datamodel zal bijvoorbeeld beschrijven welke actie er op een toestel (verschuiven van de start, modulatie,...) mogelijk is, energieverbruik/productie profielen, voorkeuren opgelegd door de gebruiker en-zo-voort. Het datamodel wordt in de standaard beschreven aan de hand van XML schema definities (XSD). Deze standaard is in ontwikkeling en indien alles verloopt volgens plan zal deze in 2015-2016 gepubliceerd worden.

Het **SHIP** (Smart Home Internet Protocol) protocol (Cenelec TC59 WG7, publicatie voorzien in 2015-2016) is een IP gebaseerd protocol welke rechtstreeks gebruik maakt van het neutrale datamodel, en waarbij er dus geen adapter meer nodig is in de CEM.



Figuur 3-8: CEM interactie<sup>58</sup>

**prEN 50631** “Defining the platform for interconnecting household appliances in a home network and their connection to SmartMeters/SmartGrids”: nog niet beschikbaar, ook niet in draft vorm.

**IEC 62950 (draft)** “HOUSEHOLD AND SIMILAR ELECTRICAL APPLIANCES –SPECIFYING AND TESTING SMART OPERATION PERFORMANCE OF SMART APPLIANCES – GENERAL ASPECTS” beschrijft in het kader van energiebeheer:

- de capaciteiten en de functies van de slimme toestellen,
- hoe deze toestellen dienen te reageren op bepaalde standaard instructies en condities vanuit de smart grid,
- Verschillende manieren om de reacties van slimme toestellen te kunnen testen en verifiëren.

In het kader van een algemeen data model is er een studie<sup>59</sup> van TNO in opdracht van DG CNECT (Europese Commissie) om een ontologie (SAREF) uit werken die kan benut worden om dit algemeen neutraal datamodel te beschrijven.

<sup>58</sup> EEBUs white paper V2.0,

[http://www.eebus.org/fileadmin/Mediapool/Download/downloads\\_en/2013\\_08\\_EEBus\\_e\\_V\\_Whitepaper\\_2\\_0\\_e.pdf](http://www.eebus.org/fileadmin/Mediapool/Download/downloads_en/2013_08_EEBus_e_V_Whitepaper_2_0_e.pdf)

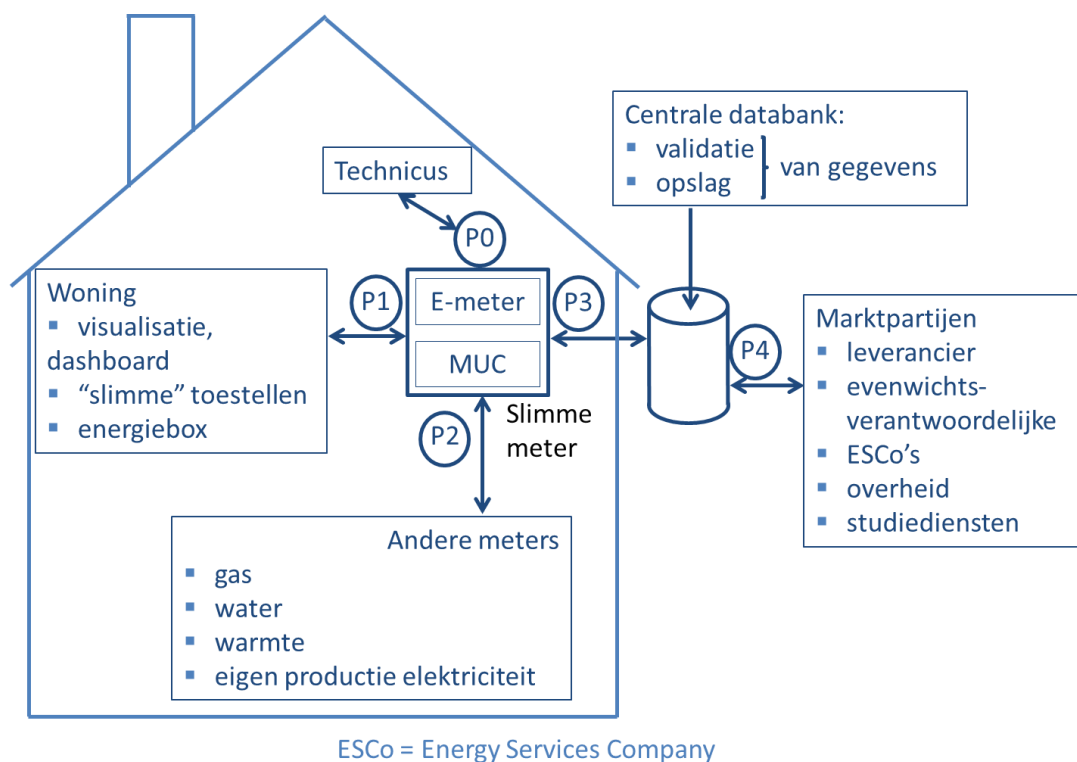
<sup>59</sup> Smart Appliances, study Smart 2013/0077, <https://sites.google.com/site/smartappliancesproject/>

**3.2.2. INTERFACE TUSSEN DE CEM/EMG EN DE SLIMME METER**

Het ziet er niet naar uit dat in Vlaanderen alle klassieke meters systematisch binnen een korte termijn zullen vervangen worden, maar uiteindelijk zullen alle mechanische meters, wanneer deze aan vervanging toe zijn, vervangen worden door (slimme) elektronische meters.

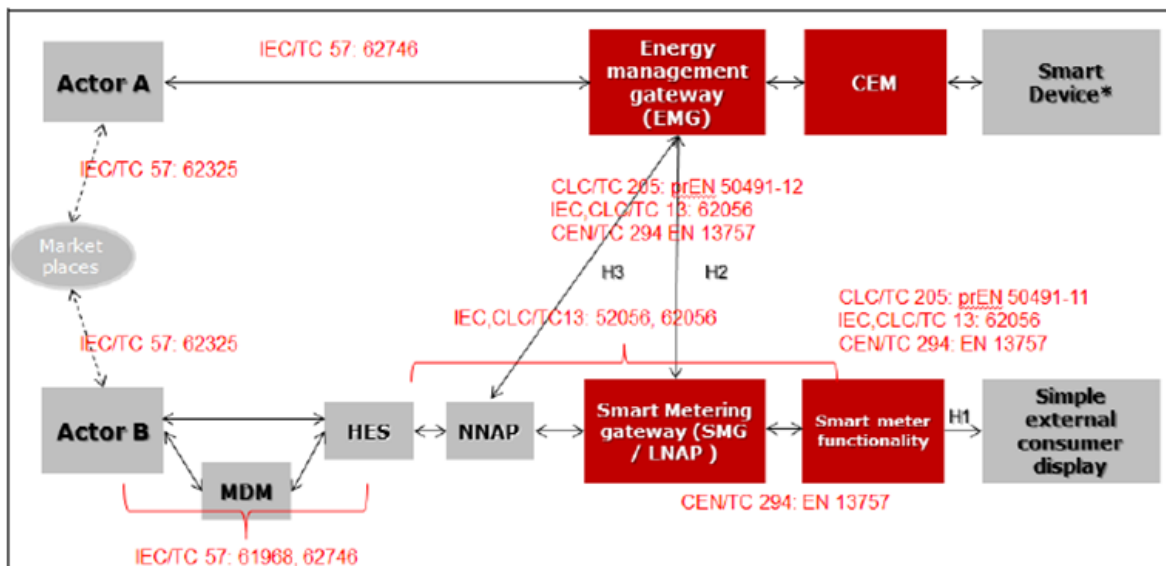
De Nederlandse NTA norm (8130) (Dutch Smart Meter Specification, DSMR) specificeert de volgende interfaces:

- poort P1: voor de communicatie tussen de slimme meter en één of meer modules voor overige diensten, maar kan niet worden gebruikt voor het zenden van data aan het meetstelsel. Via deze interface kunnen domotica systemen, energie beheer systemen of afzonderlijke energie displays meetgegevens opvragen;
- poort P2: voor de communicatie tussen de slimme meter en andere meters (gasmeter, watermeter,...) of apparaten van de netbeheerder;
- poort P3: voor de communicatie tussen de meter en de centrale toegangsserver (CTS) ;
- poort P4: is de poort op de CTS waarmee onafhankelijke dienstenaanbieders, leveranciers en netbeheerders toegang krijgen tot de CTS.



Figuur 3-9: slimme meter poorten volgens NTA 8130

De P1 poort in Figuur 3-9 komt overeen met de interface tussen de Smart Meter Gateway (SMG) en de Energy Management Gateway (EMG) in Figuur 3-10.



Figuur 3-10: standaarden en standaardisatie werkgroepen

In het piloot project van EANDIS wordt een eigen XML/HTTP gebaseerd protocol voor de P1 poort gebruikt. In het Infrax pilootproject past men de Nederlandse DSMR specificatie toe voor de P1 poort. Welke standaard men uiteindelijk zal aanwenden voor de P1 poort is nog niet beslist, maar de VREG heeft aangegeven dat het een open internationale standaard dient te worden die in onderling overleg tussen beide distributienetbeheerders gekozen wordt.

Volgende standaarden worden internationaal aangehaald voor de P1 poort:

- DSMR P1 specificatie gebaseerd op IEC 62056-21 Mode D;
- Het draadloze ZigBee Pro protocol samen met Smart Energy Profiel SEP 1.x (UK) ;
- Het IP gebaseerde (ZigBee) Smart Energy Profiel SEP 2.0 (Australië, VS);
- DLMS /COSEM - IEC 62056 -21 + OBIS, verschillende landen ;
- Het Smart Message Language protocol (SML), voornamelijk in Duitsland;
- M-Bus (Meter-Bus) is een Europese standaard (EN 13757) waarbij een master verschillende meters kan uitlezen (2 -draadsbus of draadloos);
- Building automatisatie protocollen als LonWorks (ISO/IEC 14908-1,-2,-3,-4) en KNX (EN 50090, ISO/IEC 14543-3).

### 3.2.3. INTERFACE TUSSEN DE CEM/SMG EN DE SMART GRID

Deze interface wordt beschreven in de **IEC 62746** (IEC TC57 WG21) "Systems Interface between Customer Energy Management System and the Power Management System" standaard serie. Het doel van deze standaard reeks is de interfaces en protocollen tussen de smart grid en energiebeheersystemen in residentiële, commerciële of industriële gebouwen te beschrijven, met andere woorden de interfaces tussen actor A en de EMG/CEM.

Deze serie bestaat uit de volgende standaarden (deels nog te ontwikkelen):

- 62746-1 Overview (include Glossary)
- TR 62746-2 Use Cases and Requirements (beschikbaar vanaf juni 2015)
- TS 62746-3 Architecture (beschikbaar vanaf november 2015)
- 62746-4 Data Model (beschikbaar 2016)

- 62746-5 Service interface to customer system
- 62746-10 Mapping
  - 62746-10-1 PAS OpenADR 2.0b (beschikbaar)
  - 62746-10-2 CIM compliant Mapping to XMPP
  - ...

Figuur 3-11 geeft de planning aan voor de IEC 62746 reeks waarbij dient opgemerkt te worden dat TS 62746-2 en TR 62746-3 een jaar vertraging hebben. De belangrijkste user stories / use cases met betrekking tot deze interface worden beschreven in standaard IEC 62746-2<sup>60</sup>. De publicatie van deze standaard is gepubliceerd in 2015. Deze standaard geeft een goed overzicht van welke scenario's mogelijk zijn wanneer de smart grid en de smart home interageren. TS 62746-3 beschrijft een meer algemene architectuur met daarin de verschillende partijen als aggregatoren, energie leveranciers, diensten leveranciers, de elektriciteitsmarkt en zo voort. IEC 62746-10-1 beschrijft het OpenADR demand response protocol, welke ontwikkeld is door EPRI en voorlopig vooral in de VS toegepast wordt. (PAS staat voor Public Available Specification, en is het resultaat van een versnelde procedure die toegepast wordt wanneer men merkt dat de industrie veel sneller vooruit gaat dan de standaardisatie werkgroepen).

Vandaag de dag springt er nog niet één protocol uit voor de interface naar actor A toe, maar volgende protocollen/datamodellen zijn mogelijke kandidaten:

- IEC 61968 & IEC 61970, het common information model (CIM);
- IEC 61850, oorspronkelijk als communicatie protocol naar substations bedoeld, maar dit wordt nu ook breder aangewend naar bijvoorbeeld gedistribueerde hernieuwbare bronnen;
- OpenADR;
- SEP 2.0.

De protocollen en bijhorende datamodellen worden zo ontworpen dat ze transport protocol onafhankelijk zijn. Daartoe worden 'mappings' ontwikkeld die een applicatie protocol op een onderliggend transport protocol mappen. Hierbij wordt XMPP (eXtensible Messaging and Presence Protocol) geregeld opgenoemd als een van de transport protocollen. XMPP wordt ook gebruikt in IEC 61850 voor communicatie met gedistribueerde hernieuwbare energiebronnen (DER). XMPP is van oorsprong een open en op XML gebaseerd netwerkprotocol voor instant messaging en presence notification, en beschreven in IETF 3920, 3921, 3922 en 3923.

Gelijkaardig aan sectie 3.2.1 zal men, om onafhankelijk te zijn van het gekozen protocol, hier ook streven naar een gemeenschappelijk datamodel, waarbij het datamodel van het gebruikte protocol omgezet wordt naar dit gemeenschappelijk datamodel.

---

<sup>60</sup> <https://webstore.iec.ch/publication/22279>

Current Versions	Next step	Long term
TR 62746-2 ed.1 TS 62746-3 ed.1		
Use Cases and requirements for virtual resources in customer premises Architecture	Data models Message content and exchange patterns Message transport and services Security	Availability, redundancy Engineering Service interface to customer system Profiles, Interoperability Conformance Testing
2014	2015-2016	5+ years

Figuur 3-11: IEC 62746 roadmap

### 3.3. DE COMMUNICATIE EN INFORMATIE LAAG TECHNOLOGIEËN EN PROTOCOLLEN VOOR DE SMART HOME

Dit hoofdstuk bespreekt de belangrijkste communicatieprotocollen met betrekking tot smart home. Dit hoofdstuk richt zich niet op de woningautomatiseringssysteem controle protocollen, maar eerder op de nieuwere protocollen en communicatietechnologieën voor de communicatie met andere systemen en toestellen in huis zoals de opkomende IoT toestellen of slim witgoed. Duidelijk is dat draadloze communicatie technologieën en protocollen sterk aan het opkomen zijn. De meeste protocollen hieronder beschreven behoren tot een protocol stack bovenop een draadloos communicatiemedium. De indeling in dit hoofdstuk is niet volgens de lagenstructuur beschreven in hoofdstuk 3 maar gaat uit van protocol stacks en protocol families. Op het einde van het hoofdstuk worden enkele protocol stacks vergeleken en wordt ook 'Software Defined Radio' (SDN) toegelicht.

Een uitstekend overzicht van draadloze technieken<sup>61</sup> is beschikbaar in de publicatiebibliotheek van Tecnolec.

#### 3.3.1. BLUETOOTH EN DE SMART HOME

[Bluetooth](#) is gestart als een communicatietechnologie om de kabels van een mobiele telefoon, zoals deze naar de PC of hoofdtelefoon, te vervangen door een draadloze verbinding.

Vandaag is Bluetooth vooral gekend omwille van de Bluetooth integratie in mobiele telefoons, draagbare fitnessstoestellen, hoofdtelefoons, draadloos bellen, enzovoort. En met de recente en aangekondigde wijzigingen in de Bluetooth specificaties kan Bluetooth een belangrijke communicatietechnologie in de smart home worden.



<sup>61</sup> Technologische verkenning: Draadloze technieken en hun toepassingen; Howest, KAHO, Tecnolec, IWT; <http://nl.tecnolec.be/publicaties?File=%2fdata%2facms%2fTechnischeBib%2fTechnischeBib%2fData%2fdraadloos%2fTechn.+verkenning+draadloos.pdf>



### 3.3.1.1. BLUETOOTH: DE GESCHIEDENIS

De geschiedenis van Bluetooth begint in 1994, wanneer Ericsson naar een goedkope manier zocht om via een radioverbinding communicatie tot stand te brengen tussen mobiele telefoons en andere apparaten. Het doel was om allerlei kabels tussen mobiele telefoons en hoofdtelefoons, PCs en andere toestellen overbodig te maken. De naam Bluetooth verwijst overigens naar de vikingenkoning Harald Blauwtand.

In 1998 besloot Ericsson voor de verdere ontwikkeling en het promoten van de Bluetooth-techniek tot het oprichten van de 'Bluetooth Special Interest Group' (SIG), waarbij zich al gauw vrijwel alle grote electronicabedrijven, softwareontwikkelaars en telecombedrijven aansloten. Momenteel heeft de SIG groep meer dan 20.000 leden en is deze nog uitgebreid naar andere domeinen zoals consumentenelektronica, medische sector, en andere sectoren.

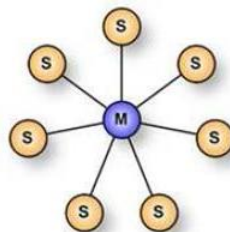
Het "Institute of Electrical and Electronics Engineers" (IEEE) heeft Bluetooth gestandaardiseerd als IEEE 802.15.1, maar beheert de standaard niet langer. Bluetooth SIG houdt nu toezicht op de ontwikkeling van de specificaties, beheert het certificeringsprogramma en beschermt het Bluetooth handelsmerk.

### 3.3.1.2. BLUETOOTH: DE TECHNOLOGIE

Bluetooth is een communicatietechnologie om data over korte afstanden uit te wisselen en maakt gebruik van de 2,4 - 2,4835 GHz frequentieband gelegen in de vrije ISM (Industrial, Scientific and Medical) 2.4 GHz radiofrequentieband. Deze wordt onder andere ook door Wi-Fi, ZigBee, draadloze telefoons, microgolfovens, babyfoons en andere toepassingen benut.

Het is een technologie die kadert in het WPAN (Wireless Personal Area Network) domein, dus draadloze netwerken met een klein bereik, typisch enkele meters. Vergeleken met bijvoorbeeld Wi-Fi, een WLAN netwerk, heeft dit soort van netwerken andere kenmerken: het bereik is kleiner, er wordt een lagere datasnelheid benut, de meeste toestellen worden gevoed door een batterij (dus laag verbruik gewenst) en toestellen koppelen zich vaker in en los van het netwerk (ad-hoc netwerk).

Bluetooth is een connectie-georiënteerd protocol waarbij een toestel, de 'master' een actieve punt-tot-punt verbinding kan opzetten met 1 tot 7 andere toestellen (de 'slaves'). Zo bekom je een sternetwerk (zie figuur).

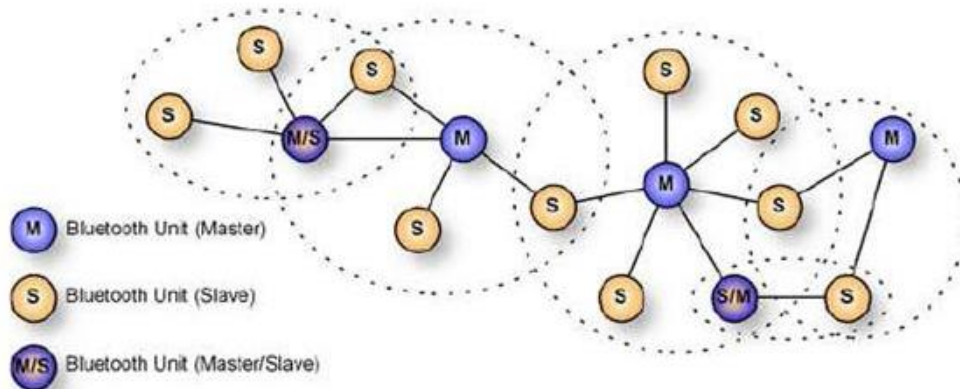


Figuur 3-12 Sternetwerk

Van zodra men een verbinding heeft tussen twee of meerdere toestellen spreekt men in dit kader van een piconet. In zo'n piconet kunnen dus 8 toestellen in actieve netwerktoestand staan, maar kunnen tot 255 toestellen in het netwerk zijn opgenomen waarvan het merendeel dan in een tijdelijke 'geparkeerde' netwerktoestand staat. De toestellen kunnen ook wisselen van rol zodat bijvoorbeeld de slave de rol van master overneemt. Verschillende piconetten kunnen ook naast elkaar (of door elkaar) bestaan. Zo kan een toestel in het ene piconet een master zijn en kan dat



zelfde toestel in een tweede piconet een slave of master zijn. Men spreekt dan van scatternets. Tot nu toe heeft Bluetooth geen routing functie om berichten doorheen scatternets te sturen.



Figuur 3-13 Piconets en scatternets

Om interferentie te vermijden gebruikt Bluetooth een techniek “frequency hopping” genaamd, waarbij de beschikbare band in subkanalen gedeeld wordt en men voortdurend van het ene subkanaal naar het volgende springt.

### 3.3.1.3. BLUETOOTH: DE RECENTE AANPASSINGEN EN NABIJE TOEKOMST

Door de jaren heen zijn er steeds nieuwe Bluetooth specificaties gekomen. Men heeft (oudere versies buiten beschouwing gelaten):

- De Bluetooth v2.1 (juli 2007) waarbij datasnelheden tot 2 à 3 Mbit/s mogelijk zijn.
- De Bluetooth v3.0 +HS (april 2009) waarbij via de HS (high speed) optie snelheden tot 24Mbit/s mogelijk zijn. Bluetooth wordt echter enkel gebruikt voor het opzetten van de hoge snelheid verbinding. De hoge snelheid verbinding zelf verloopt via IEEE 802.11, beter gekend als Wi-Fi.
- Bluetooth v4.0 (juni 2010), ook wel Bluetooth BLE (Bluetooth Low Energy) genoemd, waarbij er vooral aan de energiezuinigheid werd gewerkt. Vanaf dan worden de originele versies aangeduid als de klassieke Bluetooth, de versie 3.0 als de “high speed” Bluetooth en de versie 4.x als de “low energy” protocollen. Bluetooth BLE wordt vooral gebruikt in draagbare toestellen en sensoren zoals mobiele telefoons, wearables (draagbare toestellen zoals bijvoorbeeld fitnessmeters), beacons (bakens), enzovoort. Veelal toestellen welke op een (oplaadbare) batterij werken.
  - In december 2013 was er een software update aan de 4.0 versie, namelijk Bluetooth v4.1, met verschillende verbeteringen.
  - In december 2014 was er de meest recente versie, namelijk Bluetooth v4.2. Dit is een hardware en software update en is gericht op het gebruik voor het ‘Internet of Things’ (IoT). Hierbij is ten opzichte van de vorige versie gewerkt aan een betere privacy (o.a. het moeilijker maken om Bluetooth toestellen te kunnen traceren), hogere beveiliging van de connecties, nog energiezuiniger en tevens sneller. Maar

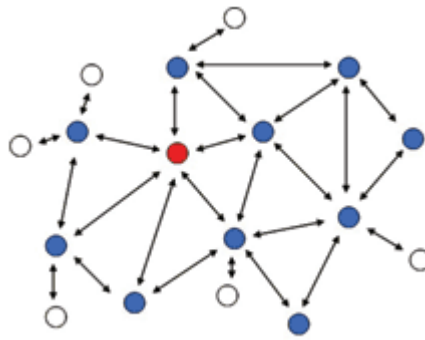
in het kader van de smart home is deze versie vooral interessant omwille van de ondersteuning voor het Internet Protocol IPv6 en de rechtstreekse koppeling met het Internet. Vanaf deze versie kunnen Bluetooth toestellen rechtstreeks op IP niveau (over Bluetooth) een verbinding opzetten met andere toestellen via een gateway/router die Bluetooth v4.2 ondersteund. De router zal met het Bluetooth toestel een Bluetooth verbinding hebben en de IP pakketten doorsluizen naar de eindbestemming. De eindbestemming kan zich op het IP LAN netwerk in huis bevinden of op een server in de cloud / Internet. Dit opent de deur voor nog meer innovatie betreffende Bluetooth gebaseerde cloud-diensten. Sensoren kunnen bijvoorbeeld informatie over gezondheid van de patiënt (hartslag, bloedsuiker) doorgeven aan een server die instructies voor zorg op afstand kan bieden. Of milieugegevens verzamelen en deze naar een server zenden voor statistische analyse. Of in het kader van huisautomatisering kunnen allerlei sensoren in en buiten het huis hun gegevens naar het domotica systeem sturen via IP. Voorheen diende een Bluetooth sensor gekoppeld te worden aan een ander Bluetooth toestel als een mobiele telefoon of bijkomende gateway/hub en diende er een applicatie op dit toestel te draaien welke de data van de sensoren verzamelde en dan via IP naar de eindbestemming stuurde. Deze applicatie was verschillend per toepassing. Deze software component dient nu niet meer voor elke toepassing opnieuw ontwikkeld te worden.

#### 3.3.1.4. BLUETOOTH MESH

Zoals reeds aangegeven werkt Bluetooth tot nu toe volgens het ster principe. Dit heeft zijn voordelen maar ook zijn nadelen zoals “single point of failure”<sup>62</sup> en het beperkte bereik (10 meter). Daarom heeft de SIG recentelijk aangekondigd dat tegen eind 2016 de volgende Bluetooth specificatie “mesh” netwerken zal ondersteunen. Bij een mesh of vermaasd netwerk zijn er tussen 2 punten in het netwerk meerdere paden mogelijk. Een netwerk kan volledig vermaasd zijn, waarbij elke punt met elk ander gekoppeld is, maar dit leidt tot een zeer groot aantal koppelingen wanneer er toestellen bijkomen. In een mesh netwerk heeft elke node een routing (doorgeef) functie. Vanaf dat ogenblik zal het bereik in “vaste” netwerken zoals in huis aanzienlijk verbeteren ervanuit gaande dat er vele Bluetooth toestellen (sensoren en actoren) in huis gemonteerd zijn. Momenteel zijn er al enkele chipfabrikanten ([CRS](#), [Seed labs](#)) die een eigen versie van Bluetooth mesh aanbieden. Deze fabrikanten werken ook mee aan de nieuwe Bluetooth mesh standaard. Naast mesh bekijkt men ook nog naar andere oplossingen om het bereik te verhogen in een volgende versie.

---

<sup>62</sup> “single point of failure” is een term voor een bepaalde component van een systeem waarbij het volledige systeem onderuit gaat wanneer deze component faalt. Voor een hoge betrouwbaarheid van een systeem is dit niet gewenst.



Figuur 3-14 Mesh netwerk

### 3.3.1.5. BLUETOOTH IN HET KADER VAN SMART HOME

Enkele redenen waarom Bluetooth een belangrijke communicatietechnologie kan worden in de smart home:

- Bluetooth is gekend bij het brede publiek, en in een groot aandeel van de huizen is Bluetooth al aanwezig als onderdeel van een mobiele telefoon, een draadloos toetsenbord, draadloze muis, PC of headset. Ook de slimme horloges, draagbare fitness- en eHealthtoestellen maken meestal gebruik van Bluetooth.
- De aanwezigheid van Bluetooth in mobiele telefoons en tablets vergemakkelijken de introductie. Zo worden er momenteel creatieve oplossingen bedacht waarbij een eenvoudige Bluetooth schakelaar gekoppeld wordt aan een app op een smartphone. Druk je op zo'n knop wordt er bijvoorbeeld automatisch een alarm signaal via je smartphone verstuurd, een pizza besteld, alle lichten uitgedaan (indien gekoppeld aan slimme lichten of domotica), enzovoort. De actie is naar keuze in te stellen.
- Beacons of bakens op Bluetooth voor lokalisatie binnen in een gebouw wordt steeds populairder. Door een aantal bakens te plaatsen kan er nauwkeuriger bepaald worden waar een bepaald Bluetooth toestel zich bevindt in een gebouw. Dit kan op allerlei creatieve manieren benut worden: om goederen/toestellen/personen voorzien van een Bluetooth zender op te sporen (bijvoorbeeld waar zijn mijn sleutels, of waar is de heftruck of fiets nu weer achtergelaten, of en hoeveel personen zijn er in een kamer). Of om de lichten automatisch aan te sturen wanneer je een donkere kamer betreedt.
- Bluetooth BLE heeft een laag energieverbruik wat noodzakelijk is voor systemen gevoed door een batterij.
- Er zijn vele leveranciers van Bluetooth chips, technologie en software implementaties.
- Bluetooth is een van de belangrijke protocollen van het IoT, vooral dan omwille van het lage verbruik van deze technologie in mobiele toepassingen, en omwille van de voorhanden zijnde communicatie met de smartphone.
- De recente aanpassingen in Bluetooth v4.2 in verband met IPv6 en de veranderingen in de nabije toekomst, die onder andere het bereik verbeteren maken de technologie uiterst geschikt voor toepassing binnen in gebouwen.

- Ondersteuning door enkele grote bedrijven in het kader van woningautomatisering. Apple bijvoorbeeld heeft voor de Apple Homekit (zie smart home nieuwsbrief nummer 16) Bluetooth en Wi-Fi als communicatietechnologieën gekozen.
- Het gediversifieerd en groot aanbod van toestellen dat Bluetooth ondersteunt, gaande van mobiele telefoons, slimme lampen, sensoren, luidsprekers, enzovoort. Begin 2015 heeft General Electric (GE) een totale smart home oplossing [avi-on](#) gebaseerd op Bluetooth mesh van CSR aangekondigd. Naast het aanbieden van Bluetooth modules die kunnen verwerkt worden in eindproducten, biedt Seed labs sinds de zomer 2015 ook een Smart Home oplossing<sup>63</sup> aan gebaseerd op het eigen mesh Bluetooth protocol. Voorbeelden van aangeboden producten zijn slimme lampen, sensoren, schakelaars en slimme in- en opbouw stekkers. Elk van deze toestellen, welke niet batterij gevoed zijn, zendt verschillende keren per seconde een Bluetooth Advertising Packet uit, wat vergelijkbaar is met een Bluetooth Smart Beacon. Hierdoor zou bijvoorbeeld het licht in de kamer automatisch aangestuurd kunnen worden op voorwaarde dat je rondloopt met een Bluetooth toestel zoals een smartphone of smart watch.

#### 3.3.2. ZIGBEE

ZigBee is net als Bluetooth een WPAN-technologie. Bij de ontwikkeling van ZigBee was het energieverbruik en de kostprijs belangrijk. Hierdoor is deze technologie geschikt voor gebruik in de industrie, bijv. bij draadloze sensornetwerken en voor gebruik bij woningautomatiseringssystemen. De fysische laag en de MAC-laag zijn gebaseerd op de IEEE802.15.4 standaard.

##### 3.3.2.1. ZIGBEE EN CORE ZIGBEE

In 2002 werd de ZigBee Alliance opgericht. Dit is een open, non-profit samenwerking tussen verschillende bedrijven, regelgevende organen en universiteiten. Een van de belangrijkste realisaties van deze groep is een bundel open standaarden. De belangrijkste is de ZigBee Core standaard welke een open standaard is voor draadloze communicatie, gebaseerd op IEEE 802.15.4. ZigBee is actief in de banden rond 2.4 GHz en rond 868 MHz. Een data snelheid tot 250 kbps kan gehaald worden en het heeft een bereik tot 70m.

ZigBee is ontworpen als een lage kost netwerk met een laag energieverbruik, en is vooral populair bij de bouw van draadloze sensornetwerken. Deze worden veelal gebruikt in situaties waar een bedrade oplossing moeilijk is of veel kost. In vergelijking met systemen die grote bestanden zoals video's transporteren, is bij dit type van toepassingen de data die over deze netwerken verzonden wordt, van nature uit vaak klein. Ook zijn betrouwbaarheid, veiligheid en de flexibiliteit van het ontwerp vaak doorslaggevend bij dit type van netwerken. In de afgelopen jaren heeft ZigBee zijn weg gevonden in commerciële systemen voor huis-automatisering, slimme energiesystemen, consumentenelektronica, industriële sensornetwerken en gezondheidszorg. Het beschikt over vele energiebesparende opties en optimalisaties om het transport efficiënt te laten verlopen.



De **core ZigBee specificatie** definieert het kosteneffectieve en energie-efficiënte mesh (zie ook Figuur 3-14) ZigBee netwerk. Het is een innovatieve, zichzelf configurerend en Herstellend (Self

---

<sup>63</sup> <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Ganz-einfach-mit-Bluetooth-Smart-zum-smarten-Heim-2604321.html>

Healing) systeem met redundante, relatief goedkope knooppunten met een laag energieverbruik. ZigBee is beschikbaar in twee sets, **ZigBee PRO** en **ZigBee**. Elke set bepaalt hoe het ZigBee mesh netwerk wordt ingesteld. ZigBee PRO, de meest gebruikte specificatie, is geoptimaliseerd voor een laag stroomverbruik en ondersteunt grote netwerken met duizenden apparaten.

Naast deze 2 specificaties heeft de alliantie ook nog een aantal **toepassingsprofielen** (application profile) ontwikkeld die van ZigBee gebruik maken. Een profiel definieert de randvoorwaarden en instellingen om twee toepassingen met eenzelfde profiel op eenvoudige en eenduidige wijze met elkaar te kunnen laten communiceren. Met andere woorden, een profiel is gebaseerd op een verzameling van standaarden waarbij de opties en configuratie mogelijkheden, die deze standaarden bieden, vastgelegd worden. Een voorbeeld van een veelgebruikte, niet-ZigBee profiel in het dagelijks leven is het Bluetooth Headset Profile dat gebruikt wordt om een headset via Bluetooth aan een mobiele telefoon te koppelen. Veel mensen zullen de ervaring herkennen dat het niet lukte om een nieuwe GSM, welke Bluetooth ondersteunt, met de autotelefooninstallatie te koppelen. Dit kwam omdat beide systemen ofwel niet hetzelfde profiel ondersteunde of een van beide implementaties afweek van de specificaties van het profiel.

Zo heeft de ZigBee Alliance ook een aantal profielen voor toepassingen met ZigBee gespecificeerd. De belangrijkste in de Smart Home context zijn:

- ZigBee Building Automation, een specificatie voor de controle en monitoring van systemen in commerciële gebouwen. Deze specificatie is door BACnet aanvaard als draadloze standaard voor gebruik in BACnet oplossingen voor commerciële gebouwen. (BACnet is een datacommunicatie-protocol voor gebouwautomatisatie en controlenetwerken, oorspronkelijk ontwikkeld onder de auspiciën van de Amerikaanse vereniging van HVAC ingenieurs.)
- ZigBee Home Automation, een specificatie voor producten die toestellen en systemen in huis, zoals verlichting, beveiliging, HVAC en andere, aansturen en beheren.
- ZigBee Health Care, een specificatie voor producten om op een veilige en betrouwbare wijze niet-kritische gezondheidszorggerelateerde toepassingen en diensten te beheren. Denk hierbij aan het opvolgen van de gezondheidstoestand van personen in huis, maar ook aan fitness en wellness toepassingen.
- ZigBee SEP (Smart Energy Profile) versie 1.0, een specificatie voor producten om het gebruik van energie en water in huis te automatiseren, monitoren en controleren. ZigBee SEP versie 1.1 voegt hier een aantal belangrijke functies aan toe zoals dynamische prijszetting, het tunnelen van andere protocols, prepayment, en door-de-lucht updates.

#### 3.3.2.2. ZIGBEE SMART ENERGY PROFILE 2.0 (SEP 2.0)

Eind april 2013 werd de finale versie van Smart Energy Profile 2.0, afgekort SEP 2.0, vrijgegeven. In het kader van smart grid en smart home is dit een belangrijke open standaard. In feite is het een applicatie laag profiel en specificeert het een informatie data model (informatie laag).

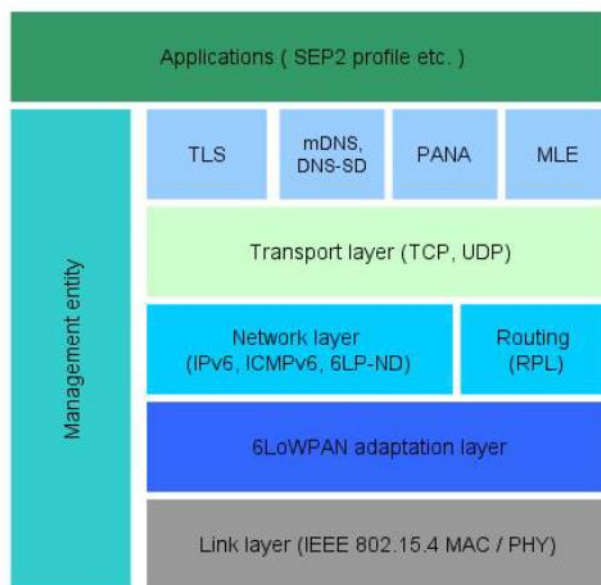
In dit profiel heeft men de waarden zo gekozen dat men aan de specifieke eisen van embedded devices tegemoet komt. Deze toestellen worden gekenmerkt door een beperkte rekenkracht en

geheugen. Ook kan de energievoorziening beperkt zijn. Bijvoorbeeld een sensor met enkel een batterij, welke het enkele jaren moet uithouden

SEP 2.0 is een evolutie van SEP 1.x met enkele interessante eigenschappen:

- De **focus** van SEP 2.0 ligt op communicatie voor energie-efficiëntie, energieverbruik, prijs en tarieven, actieve vraagsturing (demand response), beheer van belastingen (load control), en berichtgeving.
- Versie 2 specificeert bovendien, boven op alle diensten en toestellen die versie 1 reeds omvat, de volgende extra applicatiefuncties:
  - Het beheer van het laden van plug-in elektrische voertuigen (PEV)
  - Installatie, configuratie en download van firmware voor HAN toestellen (HAN is de afkorting van Home Area Network en staat voor het computer netwerk in huis, namelijk het netwerk vanaf de kabel- of ADSL-modem naar de verschillende toestellen in huis, waarbij zowel draadloze als bedrade netwerken inbegrepen zijn)
  - Voorafbetaalde diensten (prepaid services)
  - Gebruikersinformatie en berichtgeving
  - Lastcontrole (Load control)
  - Actieve vraagsturing (Demand response)
- Niettegenstaande de roots bij de ZigBee Alliance ligt, is er voor gekozen om met andere groeperingen zoals de Homeplug Powerline Alliance (communicatie over het elektriciteitsnet), de Home Grid Alliance (in-huis communicatie via coax, telefoonlijn of elektriciteitsnet), de Wi-Fi Alliance (Wi-Fi), SunSpec Alliance (PV), Society of Automotive Engineer (SAE), Internet Engineering Task Force (IETF) en andere organisaties **samen te werken**. Het is dus in principe geen specificatie meer aangaande ZigBee. Als zodanig bekomt men een gemeenschappelijke informatie- en applicatieprofiel voor bedrade en niet-bedrade HANs.

Daar de ZigBee stack niet IP gebaseerd is, heeft de ZigBee Alliance de ZigBee IP specificatie ontwikkeld. SEP2.0 kan boven ZigBee IP draaien. Hierbij maakt men net als voor ZigBee gebruik van de 802.15.4 (draadloze medium) technologie, maar stapelt men hierboven op een 6LoWPAN en IPv6 laag (zie Figuur 3-15). 6LoWPAN staat voor 'IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks' en is een specificatie van de IETF (Internet Engineering Task Force). De 6LoWPAN laag zorgt ervoor dat de IP laag efficiënt gebruik maakt van het draadloos medium door bijvoorbeeld header compressie toe te passen. Een ZigBee netwerk kan niet rechtevrees met een ZigBee IP netwerk communiceren, maar wel via een gateway.



Figuur 3-15 de ZigBee IP protocol stack (bron ZigBee IP specificatie)

Het applicatie profiel is **onafhankelijk** van welke technologie op de fysieke of link laag wordt gebruikt. Het draait bovenop de algemene Internet Protocol stack (TCP/UDP/IP) en wat onder deze lagen zit maakt niet uit (zie volgende figuur).

OSI-model	Internet-model	ZigBee-SEP-1.x	SEP-2.0
7. Applicatie	4. Applicatie	Smart-Energy-Profile-1.x	SEP, XML/EXI, HTTP
6. Presentatie	3. Transport	ZigBee-stack	TCP, UDP
5. Sessie	2. Internet	802.15.4	IPv6
4. Transport	1. Link		802.15.4, 1901, 802.11, ...
3. Netwerk			
2. Data-link			
1. Fysieke-laag			

Figuur 3-16 de ZigBee SEP 1.0 en SEP 2.0 protocol stacks gerefereerd aan het OSI/Internet model

- SEP versie 2 ondersteunt niet alleen in-huis netwerken (Home Area Network, afgekort HAN), maar kan ook ingezet worden om een geavanceerde meterinfrastructuur (Advanced Metering Infrastructure, afgekort AMI) uit te bouwen. Hiermee bedoelt men het netwerk op wijkniveau bestaande uit een concentratie gateway en de communicatie hieruit met de slimme meters in de wijk.

Bovendien heeft men het consortium voor SEP 2 Interoperabiliteit, CSEP genaamd, opgericht. Dit consortium werkt aan test tools en procedures om de daadwerkelijke interoperabiliteit te garanderen door certificatie.



Figuur 3-17 geeft een overzicht over de huidige ZigBee protocol stacks.

	ZigBee RF4CE		ZigBee PRO						ZigBee IP
Application Standard	ZigBee Remote Control	ZigBee Input Device	ZigBee Building Automation	ZigBee Health Care	ZigBee Home Automation	ZigBee Retail Services	ZigBee Smart Energy 1.x	ZigBee Telecom Services	ZigBee Smart Energy 2.0
Network	ZigBee RF4CE		ZigBee PRO						ZigBee IP
MAC	IEEE 802.15.4 – MAC								IEEE 802.15.4 - MAC
PHY	IEEE 802.15.4 Sub-GHz (specified per region)		IEEE 802.15.4 – 2.4 GHz (worldwide)						IEEE 802.15.4 2006 - 2.4GHz or other

Figuur 3-17 de verschillende ZigBee protocol stacks<sup>64</sup>

### 3.3.2.3. ZigBEE 3.0

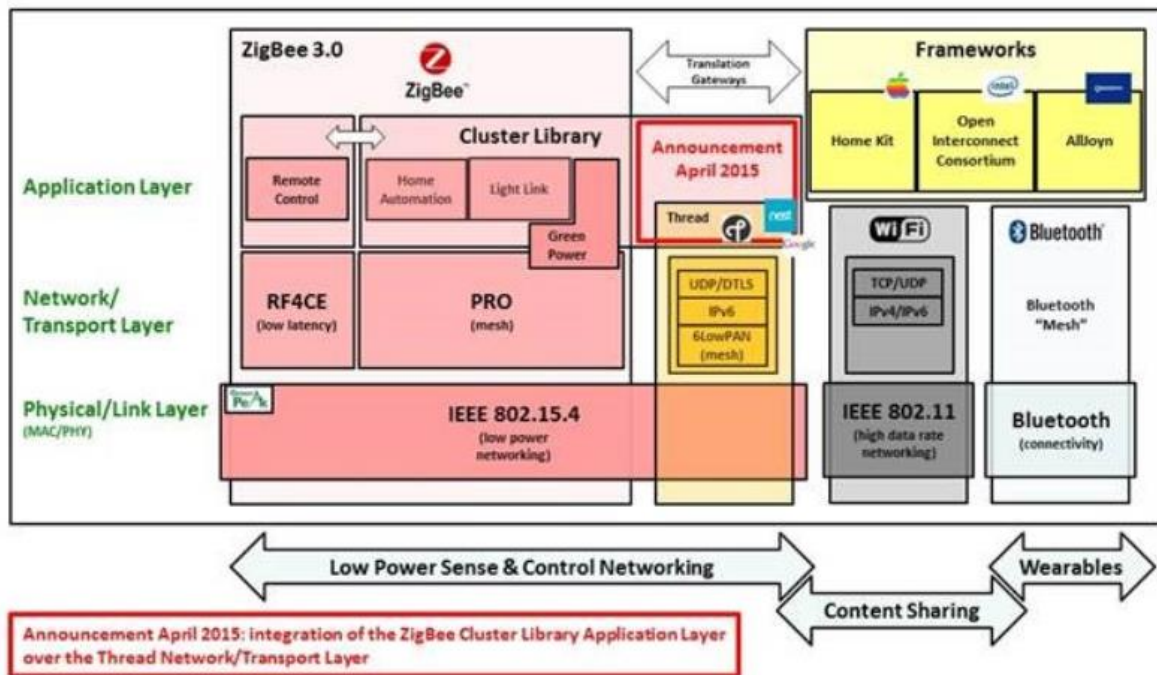
Elk toepassingsprofiel (zie 3.3.2.1) is gespecificeerd in een aparte specificatie. Nadeel hiervan is dat er toestellen zijn die ZigBee communicatie ondersteunen maar toch niet met elkaar kunnen communiceren omdat ze elk een ander toepassingsprofiel ondersteunen. Dit komt naar de eindklant heel verwarrend over. In 2015 heeft de ZigBee Alliance aangekondigd dat ze dit willen verbeteren met ZigBee 3.0.

ZigBee 3.0 is de eenmaking van de ZigBee applicatie standaarden in één enkele standaard. ZigBee 3.0 wordt momenteel ontwikkeld en verwacht wordt dat de leden van de ZigBee Alliance in het vierde kwartaal van 2015 de nieuwe specificatie zullen goedkeuren. ZigBee 3.0 is voornamelijk een draadloos protocolstack standaard, welke de voormalige toepassingsprofielen (ZigBee HomeAutomation, ZigBee Light Link, ZigBee Smart Energy, enz.) op de top van ZigBee Pro integreert.

In april 2015 kondigde de ZigBee alliance aan dat hun applicatie ook bovenop het Thread protocol (zie secties 3.3.5 en 3.5.8) zal werken. Daar Thread naar boven toe UDP/IP aanbiedt, zou dit ook kunnen betekenen dat de toepassingsprofielen in ZigBee 3.0 ook bovenop IP kunnen werken.

<sup>64</sup> Bron: <http://greentechadvocates.com/2013/04/04/zigbee-ip-smart-grid-meet-the-internet-of-things/>





Figuur 3-18 ZigBee 3.0 en Thread<sup>65</sup>

### 3.3.2.4. ZIGBEE PRODUCTEN

Op de ZigBee website staan (mei 2015) de volgende geregistreerde ZigBee producten:

- 180 producten gebaseerd op ZigBee Home Automation;
- 122 producten gebaseerd op ZigBee Light Link;
- 354 producten gebaseerd op ZigBee Smart Energy (1.x en 2.0).

### 3.3.3. WI-FI

Wi-Fi IEEE 802.11 is een volwassen technologie die bij een smart home hoort, als is het om de verbinding met de smartphone of tablet van de gebruiker te bewerkstelligen. Ook worden er op de markt slimme toestellen zoals slimme stekkers gebaseerd op Wi-Fi verkocht.

Wi-Fi is een draadloos sternetwerk (Figuur 3-12) en is in de meeste routers in huis geïmplementeerd. Doorheen de jaren werden met de verschillende standaard versies IEEE 802.11 a/b/g/n/ac steeds snellere datasnelheden aangeboden.

Daar waar deze versies werken in de 2,4 en/of 5 GHz band maakt IEEE 802.11ad gebruik van de wereldwijd vrije 60 GHz band. Men deze standaard kan men datasnelheden tot 7 Gbps bereiken over een korte afstand en deze is bedoeld om de kabels tussen toestellen als TVs en blu-ray spelers voor 4k-,8k- of 3D-cinema streaming te vervangen.

Men verwacht ook dat IEEE 802.11ah (Low Power Wi-Fi) in 2016 zal goedgekeurd worden en dat er producten gebaseerd op deze standaard op de markt zullen geïntroduceerd worden. Daar waar de voorheen genoemde IEEE 802.11 standaarden steeds een hogere doorvoersnelheid beogen, mikt men met deze standaard op communicatie tot 1 km ver maar met een lagere doorvoersnelheid. Hiermee wil men slimme meters uitlezen, sensoren over een langere afstand uitlezen, kortom

<sup>65</sup>Bron: <http://www.greenpeak.com/company/Opinions/CeesLinksColumn40.pdf>

communicatie met IoT toestellen. Ook het energieverbruik zou lager moeten liggen. De standaard maakt gebruik van de 900MHz band.

Ook zijn er nu verschillende technologieën (ad hoc Wi-Fi en Wi-Fi Direct) om 2 toestellen via Wi-Fi met elkaar te koppelen zonder het gebruik van een access point.

Vergeleken met de andere protocollen in dit hoofdstuk heeft Wi-Fi de hoogste doorvoersnelheid, het grootste bereik (alhoewel een sterk vernet mesh netwerk ook een groot bereik kan hebben), een hoge marktpenetratie, maar ook het grootste energieverbruik. Het is daarom niet geschikt, tenzij IEEE 802.11ah het tij kan keren, voor toestellen welke met een batterij gevoed worden en niet regelmatig (korte tussentermijn) geladen worden.

#### **3.3.4. Z-WAVE**

Z-Wave<sup>66</sup> is een draadloze mesh technologie gebruik makend van de frequenties beneden de 1 GHz. De onderste PHY en MAC lagen zijn gedefinieerd in de ITU-T standaard G.9959. Z-Wave bestaat al meer dan 10 jaar en is een gesloten protocol stack. Net als ZigBee heeft deze technologie een laag energieverbruik.

In 2005 werd de Z-Wave Alliance<sup>67</sup> opgericht om Z-Wave te promoten en de kwaliteit van de gecertificeerde producten te bewaken. Meer dan 325 fabrikanten en dienstenleveranciers ondersteunen Z-Wave. Hierbij zijn er op mei 2015 meer dan 1350 verschillende compatibele producten beschikbaar waarbij de alliantie schat dat 35 miljoen Z-Wave producten wereldwijd verkocht zijn.

#### **3.3.5. THREAD**

De ThreadGroup<sup>68</sup> is een non-profit organisatie die verantwoordelijk is voor de marketing rond het Thread protocol en de certificering van Thread producten. Thread is een IP-gebaseerd draadloos netwerkprotocol voor IPv6-netwerken draaiende boven op een IEEE 802.15.4 mesh netwerk. De ThreadGroup belooft dat met Thread productontwikkelaars en consumenten eenvoudig en veilig meer dan 250 apparaten kunnen verbinden in een low-power, draadloos mesh netwerk. Tot de stichtende leden van de groep behoren onder andere Yale Security, Silicon Labs, Samsung Electronics, Nest Labs (Google), Freescale® Semiconductor, Big Ass Fans en ARM. Op 14 juli 2015 trad ook Qualcomm toe tot de ThreadGroup wat kan leiden tot een integratie van Thread in het AllSeen/AllJoyn(zie sectie 3.5.5) IoT framework.

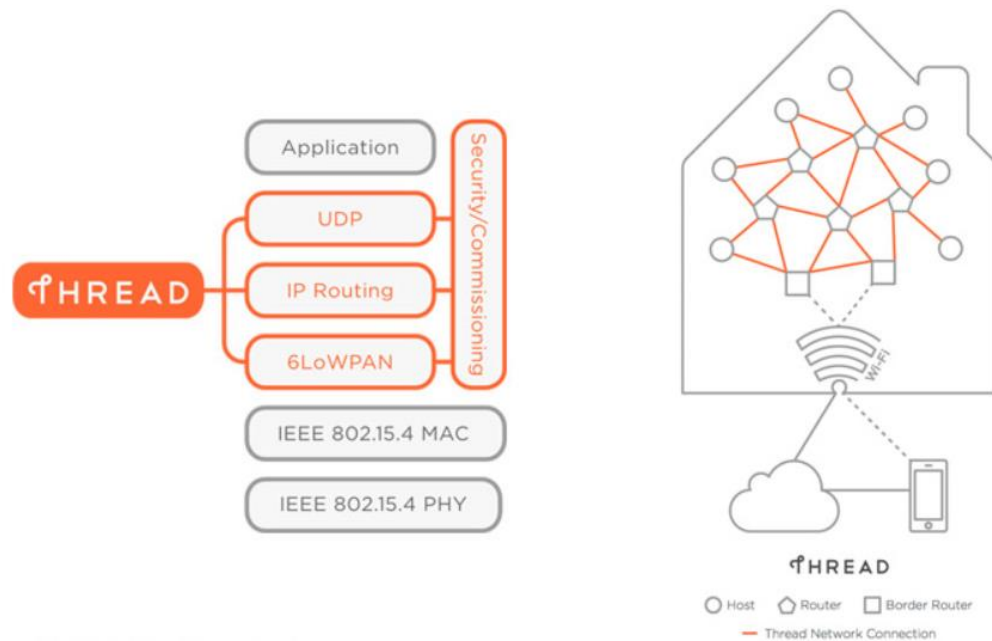
Het grote verschil met ZigBee dat ook op IEEE 802.15.4 is gebaseerd, is dat Thread het Internet Protocol IP als netwerktechnologie toepast, terwijl ZigBee een eigen netwerk protocol heeft bedacht. Zoals reeds beschreven in 3.3.2.3 en geïllustreerd in Figuur 3-18 werken beide partijen ook samen en is het de bedoeling dat het ZigBee applicatie ook bovenop Thread kan werken.

---

<sup>66</sup> <http://www.z-wave.com/>

<sup>67</sup> <http://z-wavealliance.org/about-z-wave-technology/>

<sup>68</sup> <http://www.threadgroup.org/>



Figuur 3-19 Thread netwerk protocol situering (bron: threadgroup.org)

### 3.3.6. ENOCEAN

Naast de draadloze protocollen zoals IEEE 802.11 (basis voor Wi-Fi), IEEE 802.15.1 (basis voor Bluetooth), IEEE 802.15.4 (basis voor ZigBee, Wireless Hart, Thread en andere) is er sinds een jaar ook de ISO/IEC 14543-3-10:2012 standaard. Deze standaard is gebaseerd op de EnOcean<sup>69</sup> protocol stack en specificeert een draadloos protocol voor toestellen die over zeer weinig energie beschikken (ultra-low power devices). Hierbij spreekt men van toestellen die energie winnen uit de omgeving. Types hiervan zijn:

- Toestellen welke mechanische kracht omzetten in elektriciteit: bijvoorbeeld het drukken op een (licht)-schakelaar.
- Toestellen welke zonne-energie omzetten in elektriciteit: bijvoorbeeld een sensor met zonnecel.
- Toestellen welke thermische energie omzetten in elektriciteit. Hierbij wordt een temperatuur verschil benut om elektriciteit op te wekken.

Het protocol is zodanig ontwikkeld dat het energieverbruik nodig voor de communicatie extreem laag is. De standaard beschrijft de onderste drie lagen van het OSI model: de fysieke, de link en de netwerk laag. De EnOcean Alliance specificeert de applicatie laag door middel van de EnOcean Equipment Profiles (EEP) om zo interoperabiliteit te garanderen. EnOcean GmbH is een spin-off bedrijf van Siemens en is in 2001 opgericht.

<sup>69</sup> <http://www.enocean.com/>



Figuur 3-20 de protocol stack ISO/IEC 14543-3-10 (bron EnOcean)

### 3.3.7. VERGELIJKING VAN COMMUNICATIE TECHNOLOGIEËN

Elke technologie heeft zijn eigen applicatiedomein. De volgende tabellen geven een idee van de verschillende karakteristieken van deze technologieën.

Deze tabellen zijn overgenomen van verschillende rapporten en websites. Men dient steeds de bron van deze gegevens in het achterhoofd te houden bij het interpreteren van deze tabellen.

	First Released	Range (indoor / outdoor)	Maximum Speed	Frequency	Modulation	Transmission Standard	Location Accuracy
Z-Wave	1999	30 m	250 kBit/s	908.42 MHz	GFSK	IEEE 802.15.4(*)	10m(**)
ZigBee	2003/2006	30m - 500m	250 kBit/s	2.4GHz (Global) 902MHz (North America), 868MHz (Europe)	QPSK	ITU-G.9959	10m(**)
WirelessHart	2004	50m / 250m	250 kBit/s	2.4 GHz	DSSS, O-QPSK	IEEE 802.15.4(*), IEC 62591	10m(**)
MiWi	2003	20m / 50m	20kBit/s 40kBit/s 250kBit/s	868MHz, 915MHz, 2.4GHz	O-QPSK	IEEE 802.15.4(*)	10m(**)
EnOcean				902MHz (North America), 868MHz (Europe)	ASK	ISO/IEC 14543-3-10	N/A
DASH7 (active RFID)	2004	- 1000m	200kBit/s	433MHz	GFSK	ISO/IEC 18000-7	1m
Thread	2015	30m - 500m	250 kBit/s	2.4GHz	QPSK	IEEE 802.15.4(*)	10m(**)
HAP	2014	10m	1MBit/s	2.4GHz	GFSK	BLE	< 1m

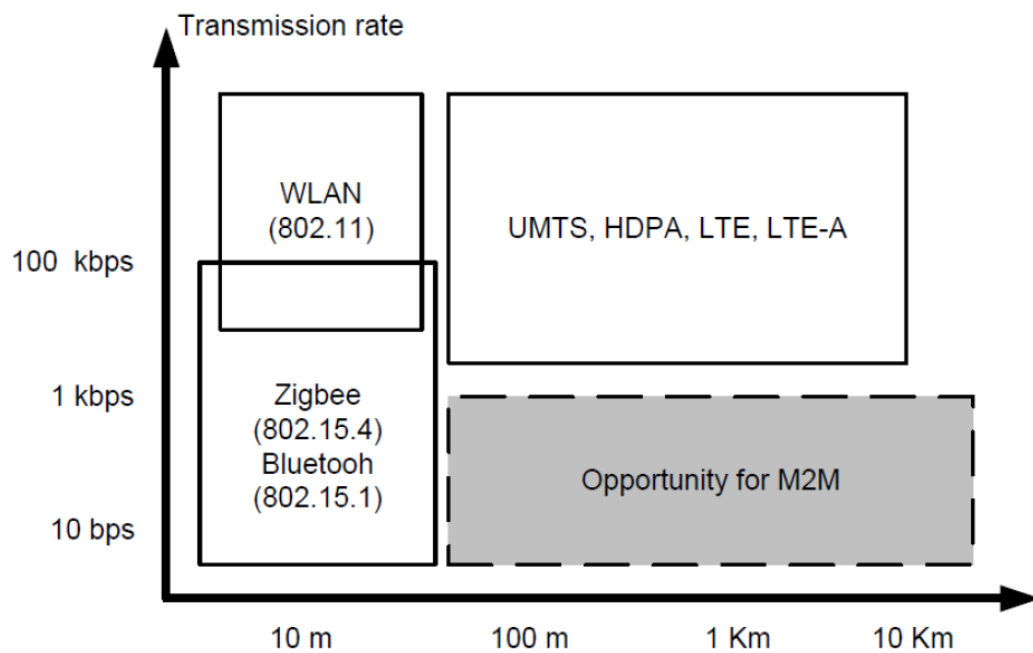
Figuur 3-21 draadloze bouwautomatiseringstechnologieën<sup>70</sup>

A Selection of Enabling Technologies					
Technology	Frequency / License	Target Application	Standards Body	Max Data Rate	Comments
ZigBee	2.4 GHz / Unlicensed in Most Countries	Industrial/Home Automation	IEEE and ZigBee Alliance	0.25 Mbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Mesh network</li> <li>&gt; Large ecosystem support</li> </ul>
Z-Wave	900 MHz / Licensed	Home Automation	Proprietary	0.04 Mbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Short range and low data rate limit smart home usage</li> <li>&gt; Problematic frequency band (cellular interference) Large ecosystem support</li> </ul>
Wi-Fi	2.4 GHz, 3.6 GHz, 5 GHz / Country Dependent	Home Networking	IEEE and Wi-Fi Alliance	54 Mbps (802.11a/g), 300 Mbps - 600 Mbps (802.11n)	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; High power consumption</li> <li>&gt; Large installed base Does not require separate gateway</li> </ul>
Bluetooth Low Energy	2.4 GHz / Unlicensed	Accessories	IEEE and Bluetooth SIG	1 Mbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Low cost, low energy consumption</li> <li>&gt; Short-range limits smart home usage</li> </ul>
ONE NET	868 MHz, 915 MHz / Unlicensed	Wireless Personal Area Networks	Open Source	0.23 Mbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Small installed base</li> <li>&gt; Limited ecosystem support</li> </ul>
DECT ULE	1.7 GHz - 1.9 GHz / Licensed	Cordless Phones and Data	ETSI	1 Mbps	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Very low power consumption, long battery life</li> <li>&gt; Large installed base, low cost</li> <li>&gt; Does not require separate gateway</li> </ul>

Figuur 3-22 draadloze smart home netwerken volgens Gartner<sup>71</sup>

<sup>70</sup> How To Smart Home, A Key Concept Book by Othmar Kyas, <http://www.openremote.com/wp-content/uploads/2013/12/How-To-Smart-Home-PDF-OR.pdf>

<sup>71</sup> <http://embedded-computing.com/articles/building-smarter-home-zigbee-3-0/#>



Figuur 3-23 een eenvoudig overzicht van enkele draadloze technieken (bron: J. Alonso-Zarate, M. Dohler)

Zie ook 121203-m2m-tutorial-alonso-boswarthick-dohler-globecom2012-4961955251780189470.pdf in draadloze technieken

	BLE	ZigBee	Wifi	Industrial standards	NFC
Frequency	2.4GHz	2.4GHz/ 900MHz	2.4GHz/ 5GHz	Sub-GHz	13.56MHz
Coverage	≥ 100m	≥ 100m	≥ 100m	Up to 2km	≤ 10cm
Power consumption	Low	Low	High	Low	Low or passive
Data rate	1Mbps	≤ 250kbps	Up to 600Mbps	Typical few kbps~200kbps	Typical up to 848 kbps
Topology	Piconet (star)	Star, tree, mesh	Star	Line, star, tree	P2P
Interference mitigation	Adaptive frequency hopping	DSSS	OFDM	Less problem for very narrow BW	~
Ecosystem	√	X	√	-	-

Figuur 3-24 Draadloze technieken in open lucht (last mile)(bron: Yan Zhang, IoT Standards Wireless Community workshop 4 December 2014)

	Insteon	Z-Wave	WiFi	Bluetooth	Zigbee
Maximum Theoretical Network Size	Unlimited	232	256	9	256
Maximum Practical Network Size	1,000s	30-35	Dozens?	9	Dozens?
Physical Layer 1	RF	RF	RF	RF	RF
Physical Layer 1 Frequency	915MHz	915MHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz
Physical Layer 2	Powerline	-	-	-	-
Physical Layer 2 Frequency	132KHz	-	-	-	-
Mesh Enrollment	Automatic	Procedural	Procedural	Procedural	Procedural
Operate W/O Hub	✓	-	-	-	-
Cost	\$	\$\$	\$\$\$	\$	\$\$
Compatibility Classes (Less Is More)	1	>1	Many	3	>>9
Forward & Backward Compatible	✓	-	-	-	-
Scenes Without Delay	✓	-	-	-	-
Message Propagation	Simulcast	Routed	Routed	Theoretical	Routed
Network Configuration	Full Mesh	Partial Mesh	Star	Star	Star + Mesh
Controller Failure	Remote Access Failure	Complete Network Failure	Complete Network Failure	Complete Network Failure	Complete Network Failure
Mobile Devices	Automatic	Breakdown	Automatic	Automatic	Breakdown
Initial Products	Fully Supported	Obsolete	Just Launched	Just Launched	Obsolete
Physical Interoperability	✓	✓	✓	✓	Not Assured
Brand Interoperability	✓	Not Assured	w / software/SDK	w / software/SDK	Limited
Messages Acknowledged	✓	✓	✓	✓	✓
Unique Addressing	✓	-	-	-	Not Enforced
Error Detection	✓	✓	✓	✓	✓
Error Correction	✓	✓	✓	✓	✓
Collision Avoidance	✓	✓	✓	✓	✓

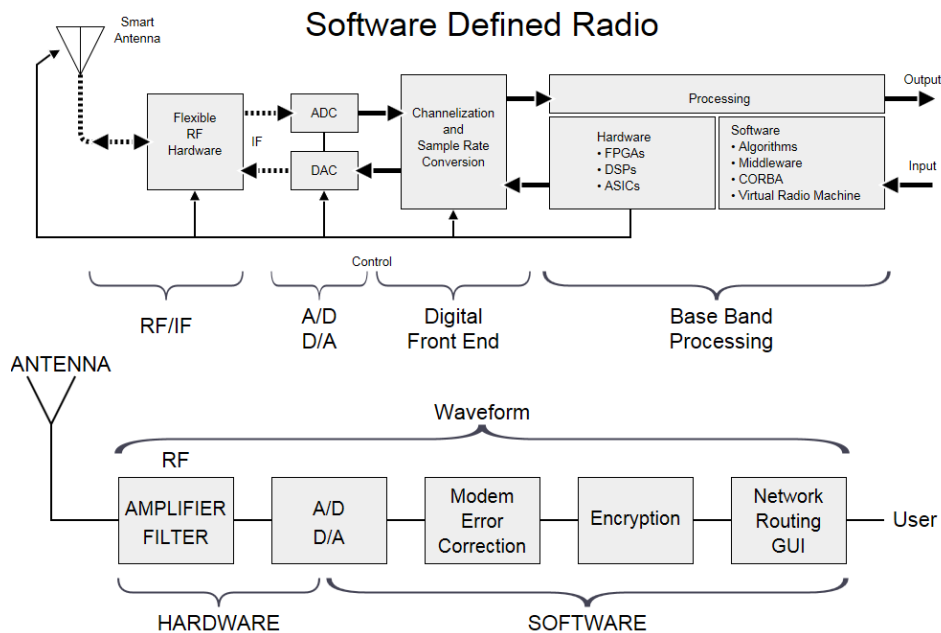
Figuur 3-25 Vergelijking van Insteon met Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave en ZigBee (bron: [Insteon](#))

### 3.3.8. SOFTWARE DEFINED RADIO

Software Defined Radio (SDR) systeem is een techniek waarbij de communicatie-onderdelen die typisch in hardware geïmplementeerd worden (bijvoorbeeld mixers, filters, versterkers, modulatoren/demodulatoren, detectors etc.) uitgevoerd worden door middel van software. Waar dit vroeger nog vrij duur was omdat je hiervoor speciale hardware nodig had, verwacht men dat deze sterk in prijs zal dalen.

Dit betekent dat protocollen en communicatie technologieën van op afstand kunnen worden aangepast en op de laatste stand gebracht worden, maar ook dat de hardware meer generiek wordt en dat je verschillende communicatie technologieën door eenzelfde hardware platform worden ondersteund. Interoperabiliteit op de communicatie laag en deels de componenten laag wordt zo minder een probleem daar je beide kanten van de communicatieverbinding via software op dezelfde communicatietechnologie en communicatieprotocollen stand kunt brengen. Je hoeft niet meer een router te kopen met bijvoorbeeld ondersteuning voor Bluetooth, Thread, ZigBee of Z-Wave. In plaats daarvan heb je een router waarbij je kiest welke communicatie technologie je in je huis wilt gebruiken door een bepaalde software stack implementatie te activeren.





Figuur 3-26 blokschema met twee verschillende SDR realisaties<sup>72</sup>

Een voorbeeld in deze richting gebruik makend van een SDR architectuur is het CoPlasM<sup>73</sup> project. Het doel van het CoPlasM project is de realisatie van een proof-of-concept van een multi-standaard communicatieplatform voor slimme meter toepassingen en de validatie ervan in de uitdagende context van een energiedistributienetwerk. De multi-connectiviteit (draadloos, kabel, power-line-communicatie) biedt een heel veelzijdige oplossing aan de netwerkkoperator die resulteert in een kortere time-to-market, een lagere prijs, een goedkopere verdeling en een eenvoudigere en eenvormige installatie.

Naast SDR welke nog in ontwikkeling is, kiezen fabrikanten meer en meer voor de integratie van meerdere radio's in hun producten, al dan niet modulair. En dit voornamelijk in routers en domotica server/hub systemen. Een recent voorbeeld van een router met meerdere radio's is de OnHub<sup>74</sup> router van Google welke IEEE 802.11 Wi-Fi (2,4 en 5 GHz), IEEE 802.15.1 (Bluetooth) en IEEE 802.15.4 (Thread, ZigBee,...) ondersteund.

### 3.4. INTEGRATIE VAN SLIMME TOESTELLEN EN IOT IN EEN SMART HOME

Met de komst van het Internet of Things (IoT), slimme toestellen, draadloze sensoren en beter wordende draadloze communicatietechnologieën is een duidelijke trend richting integratie van slimme toestellen merkbaar. Hierbij spreekt men van een 'connected home'. Niettegenstaande dat deze toestellen en systemen afzonderlijk kunnen toegevoegd worden aan een gebouw zonder dat dit voorzien is van gebouwautomatisering, kan men deze slimme toestellen ook integreren met een gebouwautomatiseringssysteem.

In dit hoofdstuk nemen we de slimme lamp (met de communicatiemodule ingebouwd in de lampsocket) als voorbeeld van een slim toestel dat al dan niet geïntegreerd kan worden met een gebouwautomatiseringssysteem. De slimme lamp is van alle slimme toestellen duidelijk het meest

<sup>72</sup> [https://nl.wikipedia.org/wiki/Software-defined\\_radio](https://nl.wikipedia.org/wiki/Software-defined_radio)

<sup>73</sup> <https://www.iminds.be/nl/projecten/2014/03/07/coplasm>

<sup>74</sup> <https://on.google.com/hub/>



vooroplopend en uitgewerkt. Men verwacht dat de markt voor slimme lampen tot 2018 -2020 exponentieel zal groeien.

Vertrekkende van de geschiedenis van slimme verlichting, de definitie wat slimme lichtpunten zijn en de gebruikte architecturen komen we tot de voor- en nadelen en bijhorende conclusie van het gebruik van deze oplossing. De meeste punten opgesomd in de laatste twee secties zijn ook van toepassing op andere slimme toestellen die gebruik maken van deze technologieën.

#### 3.4.1. SLIMME VERLICHTING: DE GESCHIEDENIS

Het beheren van de verlichting in een gebouw is steeds een belangrijke functie geweest van gebouwautomatisering. Dit gebeurde voornamelijk door het in- en uitschakelen via een relais of dimmen van de lichtpunten, waarbij de relais en dimmer zich in de distributiekast bevonden. De lichtpunten op zich waren 'dom': geen uitwisseling van informatie of commando's via een digitaal communicatieprotocol. De intelligentie, indien al aanwezig in dergelijk lichtpunt, beperkte zich tot het in- en uitschakelen of dimmen gebaseerd op signalen van losstaande of geïntegreerde bewegings- of daglichtsensoren. In commerciële en industriële gebouwen als kantoren, winkels of fabriekshallen wordt wel gebruik gemaakt van digitale communicatieprotocollen als [DALI](#) of [DMX](#) om de lichtpunten aan te sturen. Voor deze protocollen is er een aparte bekabeling nodig. Voor DALI wordt er bijvoorbeeld een 5-aderige kabel genomen in plaats van drie aders waarbij 2 aders voor DALI benut worden. Er zijn ook andere technologieën op de markt die gebruik maken van powerline communicatie waarbij het digitaal signaal over de voedingskabel gestuurd wordt.

#### 3.4.2. SLIMME LICHTPUNTEN

Een slim lichtpunt onderscheidt zich van een dom lichtpunt doordat het kan communiceren met andere toestellen en dat het een zekere intelligentie, in de vorm van software, rekenkracht en geheugen bevat. De laatste jaren worden deze lichtpunten ook gecombineerd met niet-licht gerelateerde sensoren en bieden ze zelfs totaal andere functionaliteiten aan, die nu mogelijk zijn dankzij de communicatie en aanwezige intelligentie.



Voorbeelden van functionaliteit zijn:

- De combinatie van [lichtpunt en luidspreker](#) in één behuizing.

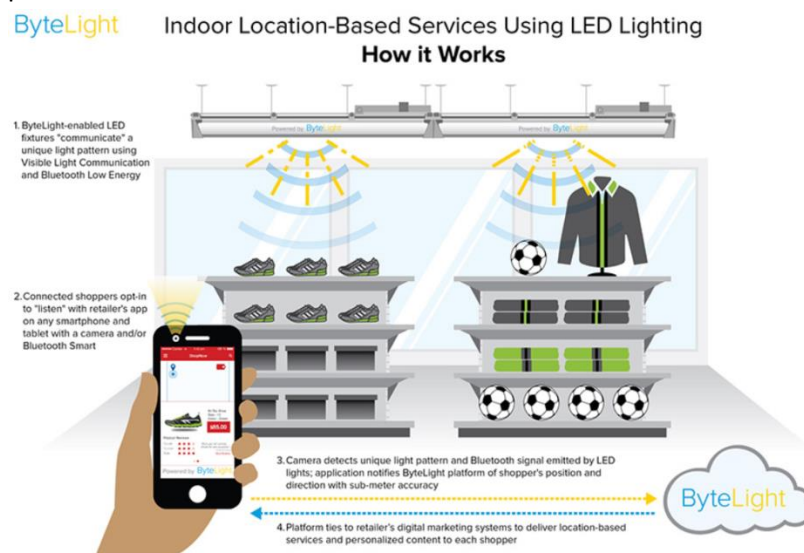


- Als knooppunt in een mesh netwerk waarbij het bereik en betrouwbaarheid van het communicatienetwerk verbetert. Veel gebruikte technologieën hiervoor zijn ZigBee, Z-Wave en Bluetooth (zie 3.3.1.4).
- Als [repeater](#) voor een communicatienetwerk als Wi-Fi om het bereik en betrouwbaarheid van dit draadloos datanetwerk in huis te verbeteren.
- Naast de combinatie met daglicht en bewegingssensoren worden nu



ook [combinaties](#) met temperatuur-, vochtigheid-, geluid-, en andere sensoren ontwikkeld.

- Als onderdeel van een binnenshuis lokalisatiesysteem, waarbij men tot op minder dan een meter de locatie van een toestel (met de nodige functies) kan bepalen. Een voorbeeld hiervan is het [bytelight](#) systeem dat nauwkeurig de positie van toestellen uitgerust met een camera en communicatiefunctie kan bepalen. Hierbij wordt er informatie vanuit het lichtpunt via het licht (modulatie) verstuurd (ook wel Visible Light Communication of VLC genoemd), onzichtbaar voor het oog, welke door de camera van het toestel opgepikt wordt. Aan de hand van deze informatie kan dit toestel dan zijn positie bepalen en doorgeven. Een smartphone bezit hiervoor nu reeds alle nodige functionaliteit, maar elk ander toestel met camera en communicatie kan hiervoor gebruikt worden. In eerste instantie is dit bedoeld voor het gericht sturen van boodschappen aan klanten in een commerciële omgeving. Positiebepaling in huis kan ook gerealiseerd worden met slimme lampen gebaseerd op Bluetooth Low Energy (BLE, Bluetooth 4.x)). Deze lampen fungeren dan als een Bluetooth Beacon, zodat toestellen uitgerust met BLE (bijvoorbeeld smartphone, wearable, smartwatch of tag) aan de hand van deze bakens hun positie tot op het niveau van kamer of deel van de kamer kunnen bepalen. Een APP op deze toestellen kan dan bepalen wat het met deze informatie kan uitrusten.

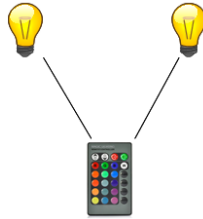


- Gecombineerd met een ingebouwde accu. De lampen kunnen dan ook voor een beperkte duur licht produceren. Het concept is gekend van noodverlichtingsarmaturen, maar bij deze systemen is het ingebouwd in de lampsocket. Voorbeeld: de [IvitiOn](#) lampen (wel zonder communicatie). De Iviti [AdrON](#) lamp combineert dit nog met een frequentie gebaseerd mechanisme om te detecteren dat het elektriciteitsnetwerk in problemen geraakt, en schakelt dan automatisch over op de interne batterij.

#### 3.4.3. ARCHITECTUREN

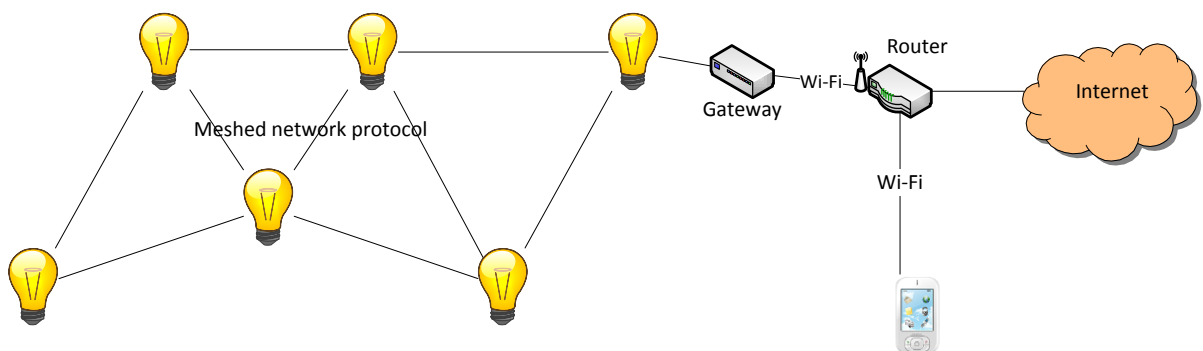
De slimme lampen die vandaag de dag op de markt zijn maken gebruik van verschillende communicatie architecturen. In de draadloze systemen heb je voornamelijk de ster en mesh configuraties.

Figuur 3-27 toont de eenvoudigste oplossing waarbij een slimme lamp gecontroleerd wordt door een bijhorende afstandsbediening gebruik makend van draadloze radiocommunicatie. Deze oplossing is qua bijkomende functionaliteit sterk beperkt.



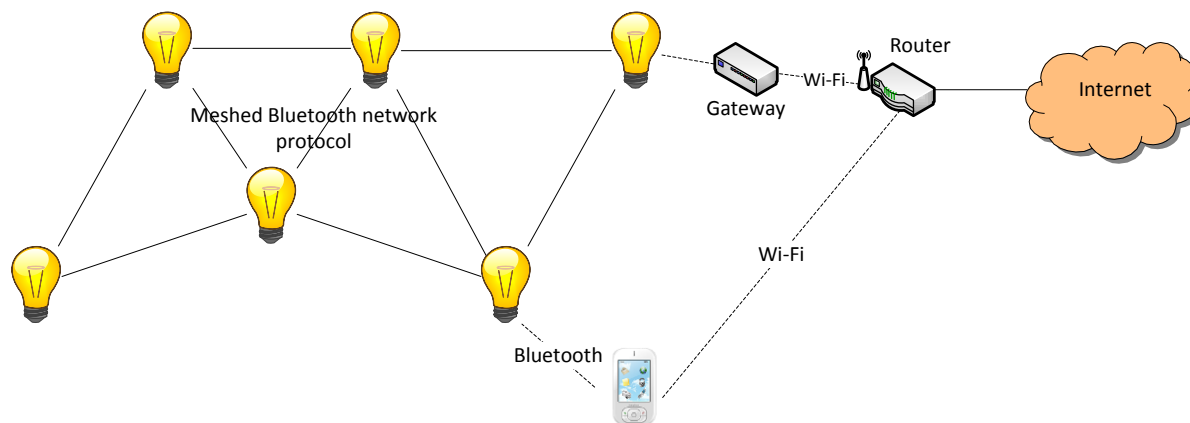
Figuur 3-27: een slimme lamp met afstandsbediening

Figuur 3-28 toont een mesh (vermaasd) communicatienetwerk. De knopen in zo'n netwerk zijn verbonden met meerdere andere knopen. Deze configuratie wordt toegepast bij onder andere ZigBee en Z-Wave. Voordelen van zulke netwerk is het over algemeen laag verbruik, toch behoorlijk bereik en datasnelheid, en bestand tegen het uitvallen van een of meerdere knopen. De koppeling van mesh netwerk met het datanetwerk in huis geschiedt via een gateway. Deze functionaliteit kan ingebouwd zijn in één van de knopen (in een speciale slimme lamp), in de router, maar de meeste gebruikte wijze tot nu toe is in een aparte toestel genaamd gateway of hub. Deze gateway is nodig om acties via het datanetwerk in huis mogelijk te maken, bijvoorbeeld vanaf smartphone of tablet.



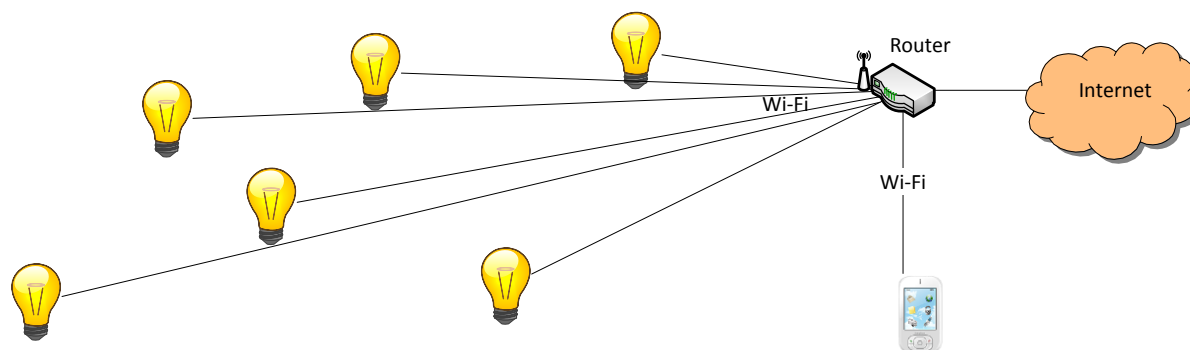
Figuur 3-28: een mesh netwerkconfiguratie

De volgende netwerkconfiguratie is een variant op bovenstaande mesh configuratie en wordt toegepast in bedrijf-eigen oplossingen gebaseerd op Bluetooth. Vanaf volgend jaar zal er wel een gestandaardiseerde versie van Bluetooth voor mesh configuraties komen (zie 3.3.1.4). In Figuur 3-29 merk je dat de controle niet noodzakelijk via de gateway verloopt. Omdat smartphone en tablet BLE ondersteunen kunnen deze rechtstreeks met het mesh netwerk koppelen zonder via het lokale datanetwerk in huis te moeten gaan. Wanneer je het wilt integreren met andere (automatisering)systemen dien je wel een gatewayfunctie te voorzien.



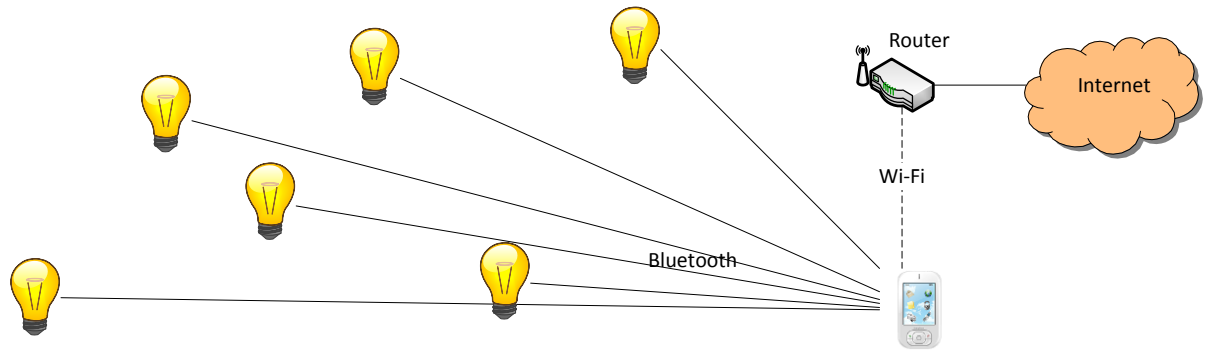
Figuur 3-29: een ad-hoc en permanent mesh netwerkconfiguratie

Figuur 3-30 toont dan weer een typisch ster-netwerk. Deze slimme [lampen](#) maken gebruik van Wi-Fi om met de router te communiceren. Wi-Fi heeft een groter 1-op-1 bereik dan de typische mesh netwerken, het verbruik ligt ook wel heel wat hoger. Bovendien is Wi-Fi vooral bedoeld voor netwerken waar hoge datasnelheden nodig zijn.



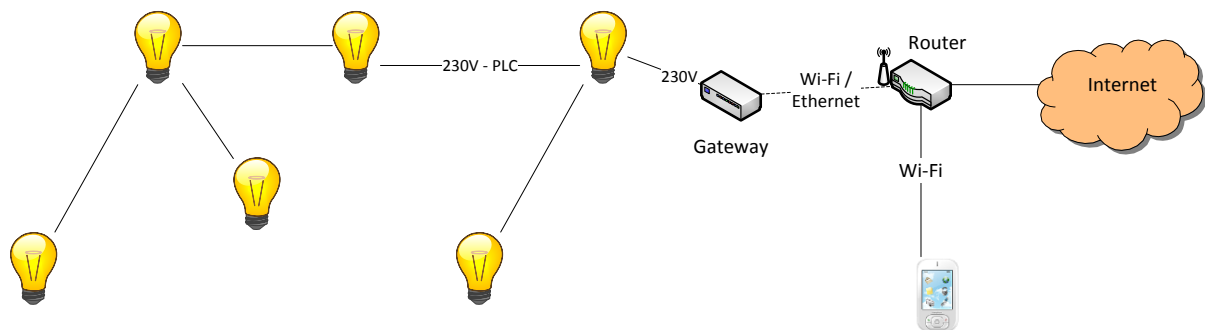
Figuur 3-30: een ster netwerkconfiguratie

Figuur 3-31 geeft ook een ster netwerk weer gebaseerd op de huidige gestandaardiseerde Bluetooth technologie. Netwerken met lampen met deze technologie is vooral bedoeld voor kleinere, ad-hoc (wisselende) netwerken. De smartphone moet een koppeling maken met elke lamp. In principe kan de lamp met de laatste Bluetooth versie 4.2 via Internet Protocol (IP) rechtstreeks contact maken via de smartphone met eender welk toestel op het lokale netwerk of in het Internet.



Figuur 3-31: een ad-hoc ster netwerkconfiguratie

Figuur 3-32 geeft een PLC configuratie aan. Het communicatiesignaal volgt het 12V of 230V voedingsnet. Een voorbeeld van lampen gebaseerd op PLC is [Insteon](#). De Insteon technologie steunt zowel op draadloze als PLC communicatie. PLC communicatie wordt vooral ook in straatverlichting gebruikt.



Figuur 3-32: een PLC netwerkconfiguratie

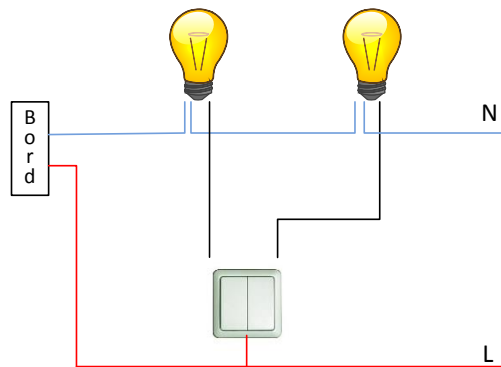
### 3.4.4. DE VOOR- EN NADELEN VAN DE HUIDIGE SLIMME LAMPEN

#### 3.4.4.1. VOORDELEN

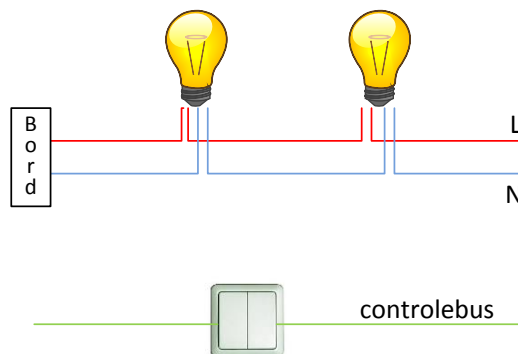
- De controle van de lichtpunten geeft aanleiding tot heel wat mogelijkheden. De lichtpunten kunnen aangestuurd worden om:
  - een sfeer te creëren, waarbij je de typische RGB LED lampen hebt die van kleur kunnen veranderen, maar je hebt ook LED lampen waarbij de warmte van het licht kan aangepast worden. Natuurlijk kunnen deze lampen gedimd worden.
  - te simuleren dat iemand aanwezig is in huis (veiligheid),
  - de verlichting gericht te sturen (aanwezigheid, daglicht,...) en zo energie te besparen,
  - een signaal te geven (iemand aan de voordeur, of een sms ontvangen,...).

○ ...

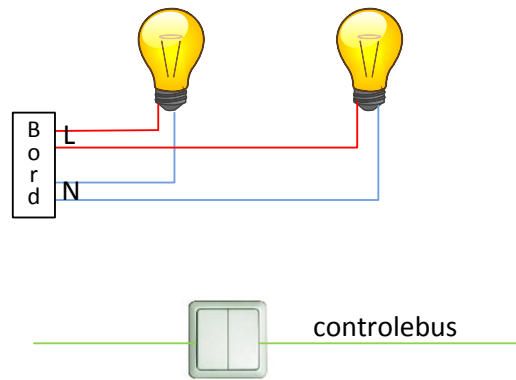
- Het loskoppelen van de hardwired koppeling tussen knop en lichtpunt in traditionele installaties (zie Figuur 3-33). Er dient geen bedrading meer te zijn tussen knop en lichtpunt. Dit betekent minder slijpwerk en bedrading. Het lichtpunt zelf kan gevoed worden vanuit een ster-netwerk (Figuur 3-35) of doorgelust (parallele aansluiting) op 1 kabel (Figuur 3-34). Het ster-netwerk biedt het voordeel dat men nog altijd individueel kan schakelen via het distributiebord mocht de draadloze communicatie niet feilloos werken. Een andere oplossing, indien draadloze communicatie niet werkt, voor zowel het ster-netwerk als de doorgeluste configuratie is het gebruik van powerline communicatie zoals bijvoorbeeld aangeboden door [DigitalStrom](#).



Figuur 3-33: een traditionele aansluiting van een lamp



Figuur 3-34: een doorgeluste aansluiting van een lamp



Figuur 3-35: een ster aansluiting van een lamp

- Het bereik en de betrouwbaarheid van een mesh communicatienetwerk verbetert met het aantal knooppunten in het netwerk. In een kamer zijn steeds een of meerdere lichtpunten aanwezig en dus ideaal gesitueerd om een mesh netwerk te versterken.
- De draadloze of powerline communicatie maken deze lichtpunten ideaal om automatiserings-functies bij renovatie in het gebouw te integreren of om een scenario te volgen waarbij slimme lichtpunten geleidelijk aan ingevoerd worden.
- Deze nieuwe draadloze technieken kunnen ook bijdragen aan andere functies zoals aanwezigheidsherkenning of in huis lokalisatie. Denk hierbij aan de Bluetooth Beacon functionaliteit.
- Installatiegemak. Bij deze slimme lichtpunten tracht men de installatie zo eenvoudig mogelijk te maken opdat iedereen een installatie zelf kan uitvoeren en het in principe niet moeilijker mag zijn dan het vervangen van een gloeilamp. Daar de communicatiemodule in de lamp zit, dient er niets veranderd te worden aan de elektrische bedrading (geen modules die tussen lamp en elektrische installatie dient geplaatst te worden). Ervaring leert dat in communicatienetwerken wel regelmatig iets verkeerd loopt of de configuratie toch niet out-of-the-box lukt. Een installateur met kennis van ICT kan dan noodzakelijk zijn.

#### 3.4.4.2. Nadelen

- Een aanzienlijk hogere aankoopprijs per lichtpunt, mogelijk deels gecompenseerd door een eenvoudigere installatiebedrading.
- Betrouwbaarheid van de sturing ten opzichte van de traditionele installatie (hardwired of aangestuurd vanuit de elektriciteitskast). Een lichtpunt mag een keer niet kunnen aangestuurd worden, maar een tweede keer wordt niet aanvaard door een klant. Draadloze communicatie maakt gebruik van een gedeeld medium en kan dus gestoord worden. Het bereik van de communicatie kan in gebouwen met veel staal, beton of bakstenen behoorlijk beperkt zijn. Elektronica in de toestellen kan stuk gaan. Toestellen kunnen onverwacht gedrag vertonen. Een voorbeeld hiervan deed zich voor bij een Berlijnse professor in ICT die zijn huis, als een labo, volledig met slimme toestellen had

uitgerust. Een slimme lamp was in een ‘foute’ toestand terecht gekomen en bleef voortdurend berichten op het communicatienetwerk sturen (vergelijkbaar met een Denial of Service (DOS) aanval op een netwerk) met als gevolg dat het communicatienetwerk uitviel, en de toestellen in huis niet meer te bedienen waren. Als specialist kon hij de fout snel lokaliseren via monitoring van het netwerk, maar een leek zou hier de wanhoop nabij zijn en genoodzaakt zijn beroep te doen op een specialist.

- **Beveiliging:** zoals reeds herhaaldelijk aangetoond de afgelopen jaren kunnen communicatienetwerken afgeluisterd worden of men kan op een netwerk inbreken en de controle overnemen van deze lichtpunten. Inbreuken op de beveiliging hebben doorgaans niet hun oorzaak in de gebruikte technologie, maar in de specifieke (software) implementatie van deze technologie.
- **Levensduur.** Alhoewel de meeste lichtpunten op LED technologie gebaseerd zijn, en men hiervoor een levensduur van 25000 tot 50000 branduren aangeeft, geldt dit niet voor de communicatie (consumenten)elektronica. Naast het stuk gaan van deze elektronica kan het ook zijn dat het communicatieprotocol niet meer ondersteund wordt over 10 tot 20 jaar. Wanneer je dan een lichtpunt vervangt en het nieuwe lichtpunt gebruikt enkel een nieuw communicatieprotocol of communicatietechnologie dan is het mogelijk dat je een veelheid aan communicatieprotocollen en- technologieën krijgt. Deze dienen allemaal aangestuurd te worden. Ook andersom indien je bijvoorbeeld je smartphone als controller gebruikt, en een nieuwere versie van een smartphone ondersteunt de gebruikte communicatie technologie niet meer dan heb je een probleem. Standaardisatie kan en zal helpen, maar niet bij voorgaand scenario's. Een techniek die wel kan helpen en opmars maakt is '[software defined radio](#)' (zie 3.3.8). Hierbij worden communicatie-onderdelen, die typisch geïmplementeerd zouden zijn in hardware, uitgevoerd in software. Zodoende kunnen deze functies van op afstand via een software update aangepast worden aan de nieuwste stand van protocol en technologie, in zoverre dit natuurlijk binnen de mogelijkheden ligt .
- **Eigenverbruik of stand-by verbruik.** Daar deze toestellen continu luisteren op een communicatienetwerk is er een zeker stand-by verbruik, dus ook als het licht niet brand. In principe kan men dit uitschakelen door de voeding naar het lichtpunt te onderbreken via een gewone lichtschaakelaar. In deze toestand echter kan men het lichtpunt niet meer via communicatie bereiken en niet meer controleren tot als de voeding naar het lichtpunt hersteld is. Dit stand-by verbruik hangt onder meer af van de communicatietechnologie die toegepast wordt. Zo zal een Wi-Fi knooppunt veel meer verbruiken dan een Bluetooth of ZigBee knooppunt. Wanneer een lichtpunt deel uitmaakt van een mesh netwerk en geen voeding meer heeft, betekent dit ook dat dit lichtpunt geen knooppunt meer is in het mesh netwerk. Dit kan tot gevolg hebben dat andere lichtpunten niet meer aanstuurbaar zijn. Vele cijfers betreffende dit stand-by verbruik zijn nog niet beschikbaar, maar sommige fabrikanten geven toch al een stand-by verbruik van 0,4 W tot 1,7W aan. Dit is natuurlijk ook afhankelijk van de bijkomende functies zoals bewegingsdetectie, ingebouwde luidspreker functionaliteit en zo. Bij verlichting spreekt men van de lumen efficacy ratio uitgedrukt in lumen per Watt. Waar een gloeilamp een efficacy ratio van ongeveer 13 lm/W heeft, heeft een moderne LED lamp een efficacy ratio van 70 lm/W en meer. Wanneer men echter het stand-by verbruik van



slimme lampen meerekent in de efficacy ratio (dit wordt tot op heden nog niet gedaan, maar momenteel lopen er verschillende ecodesign [studies](#) die onder andere dit aspect nader onderzoeken), kan deze ratio aanzienlijk dalen. Een slimme lamp welke met een maximum verbruik van 9W 600lm produceert heeft een traditionele efficacy van  $600/9=67$  lm/W. Bij 1000 operationele uren per jaar en een stand-by verbruik van 0,45W wordt dit op jaarbasis  $600*1000/(9*1000+0,45*(8760-1000)) = 45$  lm/W, dus heel wat minder goed. Hoe lager het operationele verbruik, hoe meer het stand-by verbruik de uitkomst beïnvloedt en dus de ratio nog omlaag trekt. Bij 500 operationele uren per jaar wordt dit al 33 lm/W voor bovenstaand voorbeeld. 0,5 Watt continu verbruik komt overeen met ongeveer een elektriciteitskost van 1 EURO per jaar. Een complete installatie van ongeveer 30 lampen betekent dus een stand-by verbruikskost van 30 EURO per jaar. In combinatie met een woningautomatiseringssysteem kan men de lichtcircuits enkel van voeding voorzien wanneer men via een lichtschakelaar of een app het licht wil aanschakelen en zo het stand-by vermogen uitschakelen. Hiertoe dient de app of hub een signaal naar het woningautomatiseringssysteem te sturen.

- Vele oplossingen die vandaag aangeboden worden vergen een extra toestel, de hub of gateway genoemd. Dit toestel verbindt het draadloos netwerk van de verlichting met het datanetwerk (LAN) in huis. Indien nodig dient men zelfs meerdere dergelijke toestellen te plaatsen. Deze configuratie betekent ook dat als dit toestel de geest geeft, de lichtpunten niet meer te schakelen zijn via het communicatienetwerk. Sommige oplossingen bieden hiervoor een oplossing waarbij ze nog steeds via een traditionele lichtschakelaar (het onderbreken van de voeding) aan en uit kunnen geschakeld worden. De lamp gaat aan bij meerdere keren kort na elkaar schakelen of naar de laatste onthouden toestand. Om de lichten te kunnen bedienen via de app dient dit extra toestel steeds aan te staan. Dit toestel heeft ook een stand-by verbruik, meestal van enkele Watts.
- Bij oplossingen gebaseerd op (huidige) Bluetooth dien je het lichtpunt te 'paren' met een smartphone bijvoorbeeld. Wanneer een smartphone of tablet verbonden is met zo'n lichtpunt is dit lichtpunt niet meer tegelijkertijd te koppelen met een ander smartphone. Sommige fabrikanten bieden hiervoor oplossingen aan zoals een centraal account.
- Schaalbaarheid. De huidige Bluetooth gebaseerde oplossingen zijn eerder bedoeld voor kleine installaties met minder dan 10 lampen. Zigbee en Wi-Fi gebaseerde oplossingen kunnen grotere installaties aan maar vergen dan weer een of meerdere hubs/gateways of repeaters.
- Meer elektronisch 'afval' per lamp.

Naast het inbouwen van de communicatie- elektronica in de lamp zijn er ook [voorbeelden](#) waarbij men deze elektronica inbouwt in een tussenfitting.



Een designtrend, dankzij de levensduur en de mogelijkheden van LEDs, is ook dat de LEDs deel uitmaken van het lichtarmatuur, met andere woorden dat er geen fitting meer is. De intelligentie zal dan ook deel uitmaken van het armatuur.

Kijkend naar de niet-residentiële sector zie je daar ook andere ‘connected’ oplossingen naast Dali en DMX. Een voorbeeld hiervan is het [Connected Office Lighting](#) systeem welke gevoed wordt via Power over Ethernet (PoE) en waarbij de armaturen ook nog extra sensoren bevatten en ook dienst doen als toegangspunt tot het communicatienetwerk. De LED-armaturen zijn voorzien van sensoren en zenders, die op hun beurt weer zijn verbonden met intelligente monitoring- en beheersystemen. De verlichting functioneert zo als een transportmiddel voor het verzenden van deze gegevens, wat beheer van verlichting, verwarming, ventilatie en airconditioning mogelijk maakt via één enkel systeem. Bedrijven kunnen via intelligente verlichtingssystemen een beter inzicht krijgen in het gebruik van hun kantoorgebouw, en tegelijkertijd kunnen medewerkers hun werkomgeving aanpassen aan hun behoeften. De armaturen zullen gedetailleerde gegevens leveren over welke ruimtes er gebruikt worden en wanneer. Daarmee kunnen facility managers waar nodig de lichtniveaus selectief verlagen, verwarming of koeling verminderen of niet noodzakelijke schoonmaakrondes overslaan als niemand in de ruimte is geweest. Wat deze technologie betekent voor de niet-residentiële sector, betekenen de slimme lampen voor de residentiële sector.

### 3.4.5. VOORBEELD VAN COMMERCIELE CLOUD SERVICE: IFTTT

IFTTT<sup>75</sup> (IF This Then That) is een web dienst die verschillende applicaties op een eenvoudige en uniforme wijze aan elkaar knoopt. Hiertoe biedt IFTTT kanalen<sup>76</sup> (194 verschillende kanalen op 1/7/2015) aan welke de basis blokken zijn van deze dienst. Een kanaal biedt triggers en acties aan. Op deze manier kan bijvoorbeeld een activiteitstracker via diens kanaal doorgeven wanneer een gebruiker wakker wordt en via het kanaal van de woningautomatisering of verlichtingssysteem de verlichting in het gebouw hiervoor aanpassen. Recepten zijn voorgeconfigureerde combinaties van triggers en acties.

De voordelen hierbij zijn dat:

- Het grote voordeel voor een woningautomatiseringsfabrikant is dat deze een veelvoud van toestellen en diensten van verschillende leveranciers aan zijn woningautomatisering kan koppelen zonder de APIs voor al deze toestellen en diensten te moeten implementeren. De woningautomatiseringsfabrikant kan zich op zijn systeem concentreren en bijkomende diensten voor zijn klanten aanbieden, zonder veel ontwikkelingswerk te moeten steken in de interfacing met deze toestellen en diensten.
- grote gemeenschap welke aan recepten werkt ,
- steun van verschillende grote bedrijven (Philips HUE, GE, Apple, Facebook,...).

De nadelen:

- beperkte logische engine ,
- beperkte API per toestel /dienst (kanaal), native oplossingen via de specifieke APIs of SDK van deze toestellen zullen uitgebreidere mogelijkheden aanbieden,
- afhankelijk van derde partij (wat als deze ermee stopt of veel geld gaat vragen, als de dienst enkel in de US gesitueerd is ) waarbij er op dit ogenblik weinig alternatieven voor IFTTT zijn,
- betrouwbaarheid van dienst (uitval), vertraging (verschil in verwerkingssnelheid), beveiliging (toegang tot paswoorden, hoe veilig voor hacking), privacy,...
- steeds verbinding via Internet nodig, wat als deze wegvalt of trager wordt?

---

<sup>75</sup> <https://ifttt.com/>

<sup>76</sup> <https://ifttt.com/channels>

Integratie met IFTTT kan in 2 stappen:

- Je maakt gebruik van bestaande kanalen om toestellen te integreren met het woningautomatiseringssysteem. Dit betekent dat er rechtstreeks geen triggers door het eigen systeem aangeboden worden. Voor de acties naar het woningautomatiseringssysteem maak je gebruik van algemene kanalen als mail of sms welke het systeem dient te interpreteren.
- Je voegt een kanaal met triggers en acties toe aan IFTTT voor je woningautomatiseringssysteem.

Op deze wijze ontstaan er 2 soorten diensten in de smart home, wat ook naar de gebruiker toe duidelijk moet zijn:

- De primaire diensten die nu door de traditionele domotica wordt aangeboden die zeer betrouwbaar zijn.
- De secundaire diensten hier bovenop die het comfort of dienstaanbod verhogen en meerwaarde creëren door de integratie van deze toestellen en diensten. Wanneer een van deze diensten niet werkt is dit een verlies aan comfort, maar aanvaardbaar voor de eindgebruiker indien deze hiermee ingestemd heeft.

Neem een slimme lamp:

- Deze kun je aansturen via
  - De primaire diensten
    - de app van de domotica,
    - de schakelaar op de muur
  - de secundaire diensten
    - de app van de lamp
    - eender welk ander toestel (dit kan ook het domoticasysteem zijn) dat via een channel en recipe indirect verbonden is met het slimme toestel.

Als de secundaire dienst uitvalt, kun je de lamp nog steeds schakelen via het automatiseringssysteem of de schakelaar op de muur. Een secundaire dienst, zoals het automatisch aangaan van een lamp wanneer men wakker wordt en dit wordt gedetecteerd door de wearable als Fitbit, MS band of Apple watch, welke een signaal naar IFTTT sturen zal dan niet meer functioneren.

### **3.5.EEN OVERZICHT VAN ENKELE INITIATIEVEN**

In het kader van IoT is er anno 2014-2015 veel activiteit gaande. Smart home en slimme toestellen worden dan ook als een onderdeel van IoT gezien. In dit kader zijn er enkele belangrijke industriële initiatieven. De meeste van deze initiatieven hebben tot doel specificaties te ontwikkelen en deze aan standaardisatie aan te bieden. Om eerste ervaringen op te doen en om ontwikkelaars over te halen bieden de meeste initiatieven ook een open source implementatie aan.

### 3.5.1. DG CNECT STUDY ON SEMANTIC ASSETS FOR SMART APPLIANCES INTEROPERABILITY

DG CNECT<sup>77</sup> heeft in 2013 TNO de opdracht gegeven een studie<sup>78</sup> uit te voeren over een gemeenschappelijke ontologie (een ontologie is plusminus gelijk aan datamodel) voor huishoudelijke slimme toestellen. De studie is afgelopen op 1 april 2015.

Ongeveer twee derde van het energieverbruik in gebouwen is afkomstig van huishoudelijke apparaten. Tegenwoordig, zijn deze toestellen vaak intelligent en verbonden met een communicatienetwerk. Het energieverbruik te verminderen is dus een kwestie van beheren en optimaliseren van het gebruik van de energie op een systeemniveau. Daarvoor dienen deze systemen gestandaardiseerde interfaces op zowel sensor als apparaat niveau te hebben. Veel (te veel) van de vereiste normen bestaan al, maar een gemeenschappelijke architectuur en informatie model niet, wat resulteert in een markt die te versnipperd en onvermogen is. Daartoe heeft men in de studie een 23-tal bestaande ontologieën (FAN, SEP 2.0, OSGi DAL, KNX, EnOcean, HYDRA, ZigBee HA, CENELEC EN 50491,...) bekeken en 20 gemeenschappelijke elementen geïdentificeerd die gediend hebben als de eerste bouwstenen voor de ontologie slimme apparaten Referentie, verder SAREF<sup>79</sup> (Smart Appliances Reference) genoemd.

Eén van de conclusies van het project is dat de bekomen ontologie niet af is en voortdurend onderhouden dient te worden. Daartoe worden de ontologie ingebed in de ETSI of oneM2M architectuur. Hiertoe zal ETSI in 2015/2016 drie specificaties publiceren welke deze ontologie nader beschrijven, hoe deze ingebed wordt in de M2M architectuur en hoe men kan testen dat toestellen aan deze specificaties voldoen.

- **TS 103 264** “SmartM2M Smart Appliances Common Ontology and SmartM2M/oneM2M mapping”;
- **TS 103 267** “SmartM2M Smart Appliances Application of ETSI M2M Communication Framework”;
- **TS 103 268** “Conformance testing”.

Het EEBus en energy@home initiatief hebben aangegeven dat ze voor het gemeenschappelijk datamodel gebruik zullen maken van SAREF, wat belangrijk is omdat deze partijen een van de belangrijkste aanbengers zijn van inhoud voor de CENELEC standaarden aangaande slimme toestellen zoals de standaard EN 50491-12.

### 3.5.2. DG ENER ECODSIGN PREPARATORY STUDY ON SMART APPLIANCES PROJECT

Deze voorbereidende ecodesign studie<sup>80</sup> kijkt vooral naar interoperabiliteit van slimme toestellen in de context van actieve vraagsturing en ook van energie efficiëntie. Deze studie is gestart eind 2014 en loopt tot 2016. Het doel van de studie is te adviseren naar Europese Commissie toe betreffende ecodesign beleidsmaatregelen. Deze maatregelen kunnen de vorm aannemen van een label (bijvoorbeeld voor interoperabiliteit van slimme toestellen) of minimumeisen hieromtrent voor deze toestellen.

---

<sup>77</sup> De Europese Commissie bestaat uit verschillende afdelingen en diensten. De afdelingen worden directoraten-generaal (DG's) genoemd. DG CNECT (ook wel DG CONNECT genoemd) houdt zich bezig met Communicatienetwerken, Inhoud en Technologie.

<sup>78</sup> <http://sites.google.com/site/smartappliancesproject>

<sup>79</sup> SAREF ontologie: <http://ontology.tno.nl/saref.ttl>; SAREF ontologie documentatie:

<http://ontology.tno.nl/saref>

<sup>80</sup> <http://www.eco-smartappliances.eu/Pages/welcome.aspx>

### 3.5.3. HOME GATEWAY INITIATIVE (HGI)

HGI<sup>81</sup>, opgericht in 2004 door grote breedband serviceproviders samen met toonaangevende leveranciers van digitale woning apparatuur, richt zich op de wijze waarop dat diensten worden geleverd aan het nieuwe digitale huis. Vertrekkende van gebruiksgevallen (use case) en behoeften, publiceert HGI eisen en test plannen voor residentiële gateways, apparaten in het huisnetwerk. De focus van HGI is ervoor te zorgen dat toepassingen, home gateway middleware en apparaten in huis naadloos met elkaar kunnen communiceren. HGI heeft leden van over de hele wereld. HGI werkt bijvoorbeeld aan een manier om (slimme) toestellen in huis op een uniforme manier voor te stellen (te modelleren) doormiddel van Smart Home Device Templates (SDT)<sup>82</sup> (zie ook Eclipse project Vorto<sup>83</sup>).

### 3.5.4. EEbus & ENERGY@HOME @ AGORA

Het Duitse EEbus<sup>84</sup>, het Italiaanse energy@home<sup>85</sup> en het Franse AGORA<sup>86</sup> hebben in 2014 aangekondigd samen te werken aan interoperabiliteit aangaande slimme toestellen en systemen in huis en lijkt het invloedrijkste initiatief op Europese bodem. Vooral EEbus is zeer bedrijvig op dit gebied en draagt zeer actief bij aan standaardisatie (IEC 62746-2, prEN 50491-12, prEN 50631,...). Onlangs hebben ze ook aangegeven SAREF (zie 3.5.1) te zullen gebruiken.

Enkele bedrijven bieden al of werken aan producten gebaseerd op EEbus, onder andere B/S/H, Miele, Vaillant, Wolf, Kostal, SMA, Busch Jaeger, Diehl, Fraunhofer, Intel, Murata, Devolo, MVV - Beegy, Ebee, Worldline en BMW.

### 3.5.5. ALLSEEN/ALLJOYN

De AllSeen alliantie<sup>87</sup>, opgericht in December 2013, is een non-profit consortium gewijd aan het promoten van producten, systemen en diensten ter ondersteuning van het Internet of Things (IoT) doormiddel van een open, universeel ontwikkelingsframework. Hiertoe heeft men het opensource framework AllJoyn ontwikkeld. De alliantie is niet van plan standaarden te ontwikkelen maar hoopt doormiddel van dit platform een soort de-facto standard te creëren. De alliantie, getrokken door Qualcomm, wil met deze opensource software IoT connectiviteit en diensten stimuleren. Ontwikkelaars dienen zich niet te bekommeren om de connectiviteit, interoperabiliteit en veiligheid maar kunnen zich concentreren op de toepassing en diens meerwaarde.

De AllSeen alliantie heeft negen werkgroepen. Een van de werkgroepen, de Smart Home Working Group ontwikkelt een AllJoyn smart home diensten platform waarbij de focus ligt op gecentraliseerd beheer van toestellen welke de AllJoyn smart home client API en/of de AllJoyn smart home server API implementeren.

Enkele van de andere primaire leden zijn Electrolux, Hayer, LG Electronics, Microsoft, Panasonic, Sharp, Silicon Image, Sony, Technicolor en TP-Link.

<sup>81</sup> <http://www.homegatewayinitiative.org/>

<sup>82</sup> <https://www.eclipsecon.org/europe2014/sites/default/files/slides/HGI-SmartDeviceTemplates-Project.pdf>

<sup>83</sup> <https://projects.eclipse.org/proposals/vorto>

<sup>84</sup> <http://www.eeбус.org/eeбус-initiative-ev/>

<sup>85</sup> <http://www.energy-home.it/SitePages/Home.aspx>

<sup>86</sup> <http://www.reseau-domiciliaire.fr/home>

<sup>87</sup> <https://allseenalliance.org/>

### 3.5.6. OPENINTERCONNECT CONSORTIUM (OIC)

Het OpenInterconnect Consortium<sup>88</sup> is opgericht door toonaangevende technologiebedrijven, met Intel als trekker, en met als doel de connectiviteit vereisten vast te leggen en interoperabiliteit tussen IoT toestellen te garanderen. Het doel is analoog aan het Allseen initiatief, buiten dat OIC aangeeft wel te wil bijdragen aan standaardisatie.

Net als Allseen biedt OIC ook een open source communicatie framework IoTivity<sup>89</sup> aan. Ten opzichte van OIC lijkt Allseen begin 2015 echter een voorsprong te hebben door een beter uitgewerkte opensource project en bijhorende documentatie. OIC heeft wel een samenwerking met het EEBus initiatief aangekondigd.

Enkele van de andere leden zijn Cisco, Acer, Samsung, Lenovo, ADT, Atmel, Dell, GE, Honeywell, Siemens en HP.

### 3.5.7. HOMEKIT

HomeKit<sup>90</sup> is Apple's poging om de huisautomatisering markt te betreden. Het is in feite een huisautomatisering framework voor ontwikkelaars en maakt gebruik van een gemeenschappelijk netwerkprotocol die apparaten kunnen gebruiken. De gebruiker moet slechts één app bedienen om de apparaten te controleren. Dankzij de marktdominantie van Apples ecosysteem zijn veel fabrikanten bereid HomeKit ondersteuning te integreren in hun producten. Apples ecosysteem is echter een gesloten systeem. Een MFi (Made For iPhone) licentie is noodzakelijk om bepaalde technologie zoals HAP (HomeKit Accesory Protocol) te gebruiken (zie ook Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 16).

### 3.5.8. THREADGROUP

De ThreadGroup is een non-profit organisatie die tot doel heeft de markt te informeren over het Thread protocol en Thread producten te certificeren. Thread is een IP-gebaseerde draadloos netwerkprotocol dat tot doel heeft de producten in huis op een nieuwe en betere manier met elkaar te verbinden. Met Thread, kunnen productontwikkelaars en consumenten gemakkelijk en veilig meer dan 250 apparaten aansluiten in een laag vermogen, draadloos mesh netwerk. Thread is een protocol voor IPv6-netwerken gebouwd op open standaarden, ontworpen voor laag vermogen 802.15.4 mesh netwerken. Bestaande populaire toepassingsprotocollen en IoT platforms kunnen lopen over Thread netwerken.

Tot de Thread groep stichtende leden behoren bedrijven als Yale Security, Silicon Labs, Samsung Electronics, Nest Lab(Google), Freescale® Semiconductor, Big Ass Fans and ARM.

April 2015 kondigden de ZigBee Alliance en de ThreadGroup aan dat ze gaan samenwerken. Hierbij zal de ZigBee cluster bibliotheek, bestaande uit de ZigBee applicatie profielen als ZigBee Smart Home, ZigBee Light Link en andere, over Thread netwerken kunnen draaien, in plaats van over ZigBee Pro. Opmerkelijk daarbij is dat Thread enkel IP gebaseerde applicatieprotocollen ondersteunt, dus zullen vermoedelijk de ZigBee applicatie profielen hiervoor aangepast worden.

---

<sup>88</sup> <http://openinterconnect.org/>

<sup>89</sup> <https://www.iotivity.org/>

<sup>90</sup> <https://developer.apple.com/homekit/>

### 3.5.9. ANDERE INITIATIEVEN

Naast bovengenoemde initiatieven zijn er nog vele andere commerciële en niet-commerciële initiatieven. Hierbij CloudRail<sup>91</sup>, OSGI DAL, Eclipse Smart Home<sup>92</sup>, OpenHAB<sup>93</sup>, Prosyst Smart Home<sup>94</sup>, OGEMA<sup>95</sup>, FAN FPAI<sup>96</sup>, Actility's Cocoon<sup>97</sup>, KEO EEBus framework<sup>98</sup> en nog andere.

In het hoofdstuk 4 wordt dieper op FAN FPAI daar dit software framework is gebruikt om de proefopstelling uit te bouwen.

---

<sup>91</sup> <http://cloudrail.com/>

<sup>92</sup> <https://eclipse.org/smarthome/>

<sup>93</sup> <http://www.openhab.org/>

<sup>94</sup> <http://www.prosyst.com/startseite/>

<sup>95</sup> <http://www.ogema.org/>

<sup>96</sup> <http://www.flexiblepower.org/>

<sup>97</sup> <http://cocoon.actility.com/>

<sup>98</sup> [http://www.kellendonk.de/keo\\_gmbh/software\\_produkte/art\\_328.html](http://www.kellendonk.de/keo_gmbh/software_produkte/art_328.html)

## 4. DEEL 3: PROEFOPSTELLING

---

Dit hoofdstuk beschrijft de proefopstelling die uitgewerkt is in het kader van het Smart Home project.

### 4.1. INLEIDING

De proefopstelling diende om na te gaan of de architecturen omtrent energiebeheer en domotica voorgesteld in het eerste smart home rapport haalbaar waren. In deze architecturen bevat de Customer Energy Management (CEM) functie de energiebeheer functionaliteit. Deze functie kan in een aparte module, welke communiceert met het domotica-systeem, ondergebracht worden of rechtstreeks in het domotica-systeem (als extra software component) geïntegreerd worden.

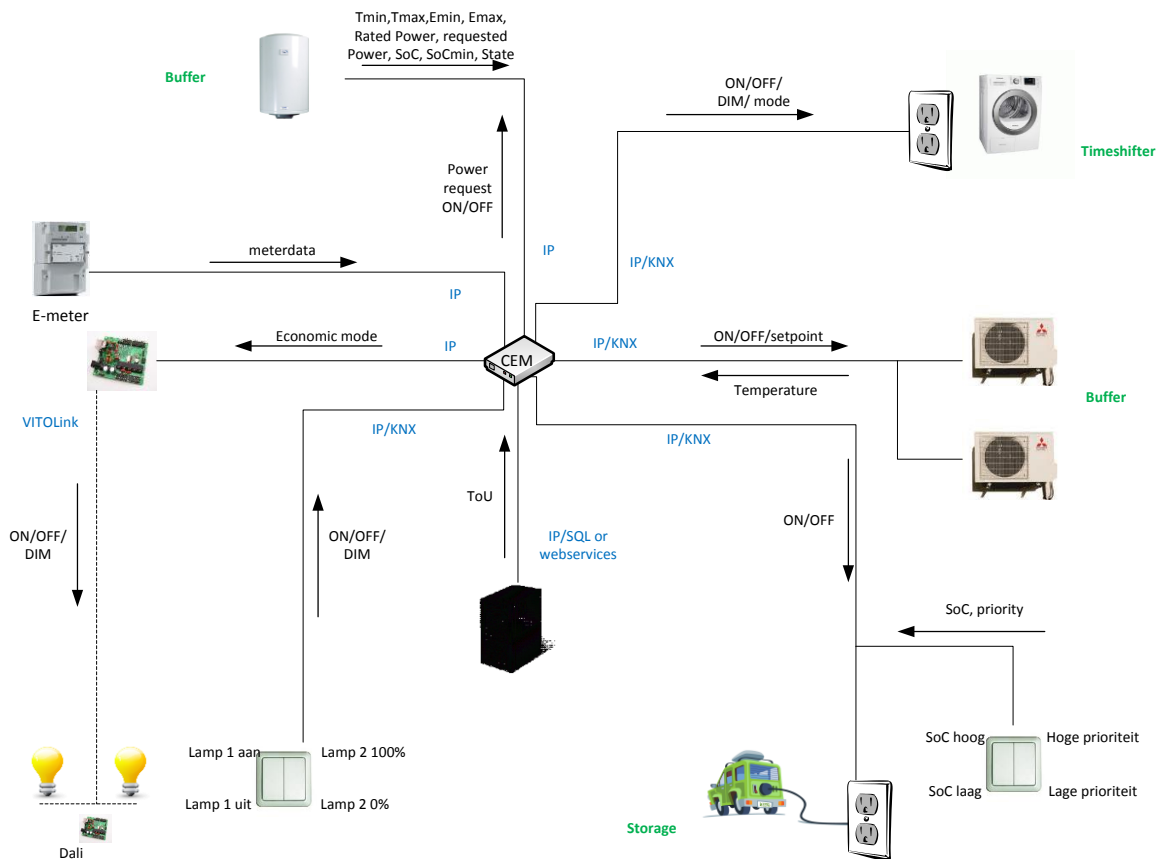
Hiertoe heeft VITO een demo-toepassing voor vraagsturing uitgewerkt met eenvoudige directe aansturing van typische toestellen in huis. Omwille van het ontbreken van een volledige domotica-installatie in het labo, is er voor gekozen de aansturing van de toestellen rechtstreeks vanuit de CEM te laten gebeuren. Daartoe is gebruik gemaakt van verschillende aanwezige protocollen in het labo, onder andere het domotica bus-protocol KNX.

Figuur 4-1 geeft de proefopstelling weer. Als platform voor het CEM (Customer Energy Management) systeem is gekozen voor het door TNO ontwikkelde open source FPAI (Flexible Power Application Infrastructure) framework van de FAN Alliantie<sup>96</sup>. In 2013 was dit een van de twee beschikbare opensource frameworks, namelijk FPAI en OGEMA (zie 3.5.9), welke expliciet voor energiebeheer ontworpen zijn. Bij de keuze van een opensource framework hebben we enkele proeven (uitvoeren van demo behorende bij elk framework, documentatie) op het FPAI als op het OGEMA framework uitgevoerd. Na deze proeven bleek dat we vele installatie- en uitvoeringsproblemen ondervonden met de OGEMA software. Bovendien bleek dat de bijhorende OGEMA documentatie duidelijk minder goed was uitgewerkt dan bij het FPAI framework. Daarom is de keuze gevallen op het FPAI framework.

In het labo hebben we de volgende toestellen meegenomen in de proefopstelling:

- Twee aanstuurbare airco's;
- Slimme boiler, ontwikkeld in het kader van het Linear project;
- Aanstuurbare lasten als een wasmachine met aan/uit functionaliteit;
- Twee lampen aanstuurbaar via het VITOLink protocol en 2 KNX schakelaars, met dimmer functie;
- Een server om de prijsindicatie door te geven;
- Een slimme meter met een P1 poort;
- De vraag tot laden van een elektrisch voertuig wordt gesimuleerd doormiddel van twee KNX schakelaars om de laadtoestand van een elektrische voertuig en gewenste prioriteit voor het laden aan te geven.





Figuur 4-1 Proefopstelling

De CEM koppelt via enkel een ethernet/IP interface met de verschillende toestellen of gateways in het labo.

Hier toe zijn de volgende interfaces geïntegreerd in de CEM, draaiende op een Shuttle PC:

- Koppeling met een slimme meter via een Raspberry PI module, gebaseerd op de optische interface volgens IEC 62056-21. Op de Raspberry PI draait een webserver met een pagina met de laatste meetgegevens van de meter (wordt elke 10 seconden verfrist). De communicatie tussen de Raspberry PI en de CEM is aldus gebaseerd op HTTP/TCP/IP om de gegevens van de webpagina uit te lezen en te verwerken.
- De aansturing (uit/aan/dimmen) van 2 lampen loopt via IP tot aan de VITOLINK tranceiver welke dan doormiddel van het VITOLink protocol over de voedingslijn een VITOLINK ontvanger aanstuurt welke gekoppeld is aan 2 lampen.
- De acties van de gebruiker loopt via KNX schakelaars.
- 2 airco's uitgerust met een Zennio KNX module worden in de opstelling aangestuurd via KNX. Deze airco's kunnen gestart of gestopt worden.
- Een aantal KNX relais werden gebruikt om toestellen, zoals een wasmachine, te laten starten of stoppen.
- Het KNX systeem werd gekoppeld met het CEM toestel via IP naar een objectserver module (KNX\_IP\_BAOS\_771 module van Weinzierl GmbH) gebaseerd op IP/KNX.
- Het aansturen van de aanwezige VITO slimme boiler via een HTTP/TCP/IP protocol. De minimum temperatuur (Tmin), de maximum temperatuur (Tmax), de minimum energie (Emin) en maximale energie (Emax) kunnen opgevraagd worden. Via de variabele requested\_power kan de boiler gevraagd worden energie te verbruiken om het water op te warmen. De boiler zal zelf checken of dit binnen de gestelde parameters kan worden

uitgevoerd. Heeft de boiler de maximale temperatuur bereikt dan zal deze niet aangaan. Omgekeerd wordt aan de boiler gevraagd niet te verbruiken, en de temperatuur van het water daalt onder de minimum temperatuur zal het water toch opgewarmd worden.

- Het elektrisch voertuig werd gesimuleerd doormiddel van een weerstandslast. Via schakelaar 1 geef je aan dat je wilt laden aan een lage of hoge prioriteit. Dit om zo de gewenste vertrektijd aan te geven. Via schakelaar 2 geef je aan of het ladingsniveau van de batterij laag of hoog is. Het initiatief om het laden te starten komt van de CEM uit.
- Via een externe applicatie geven we aan de CEM het tariefschema en bijhorende prijs van de elektriciteit.

### 4.2. TEST SCENARIO EN PROEFOPSTELLING

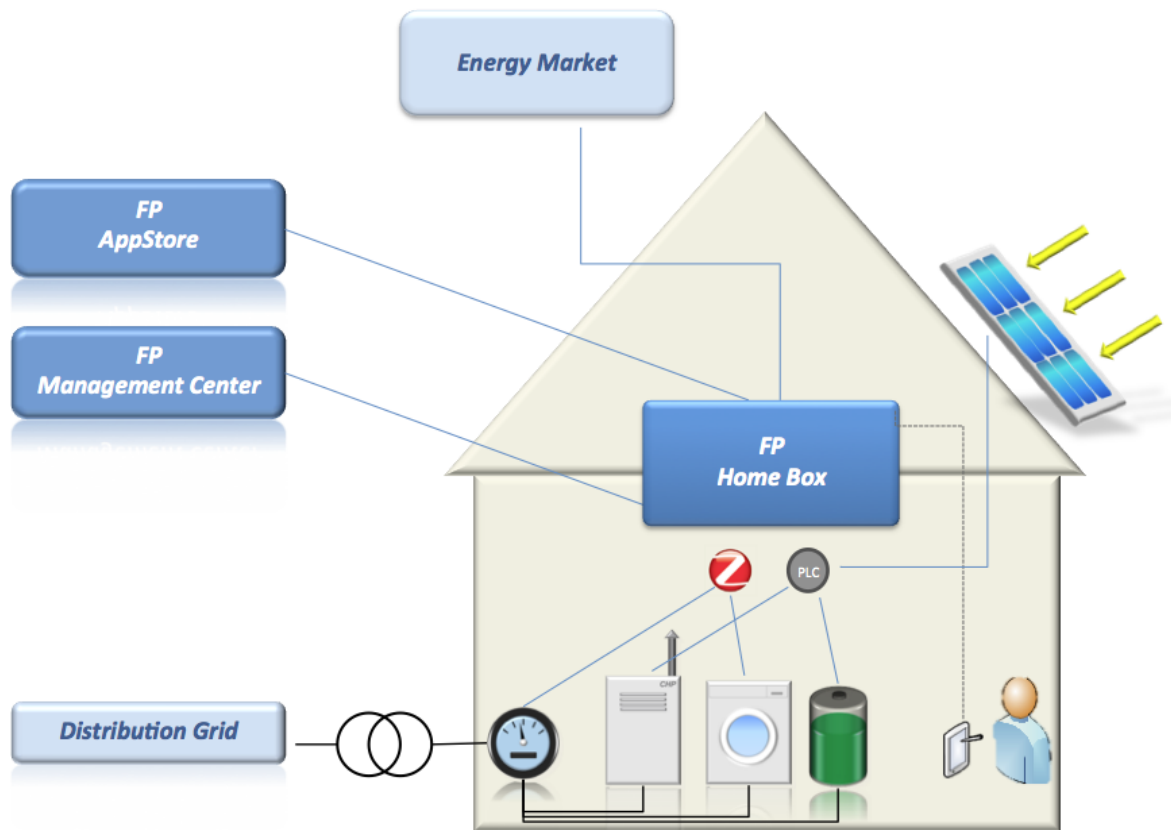
Het scenario “Combinatie uurtarief en capaciteitslimiet” dat dient te worden uitgevoerd met deze opstelling is:

- Elektriciteitstarief is laag.
- EV komt thuis aan. 2 mensen stappen uit. Via (KNX) drukknop wordt aangegeven dat je snel terug wilt vertrekken (hoge prioriteit, dadelijk laden) (16A).
- Vervolgens gaat 1 persoon douchen of neemt een bad. Smart boiler ontladtd zich (SoC neemt af). Airco staat op. Lichten zijn aan, en de andere persoon gaat naar de keuken om te koken (extra 20A), of warmtepomp is bezig.
- Hierdoor komen we boven de 40A (capaciteitslimiet/tarief). Energieapp zal prioriteiten gaan stellen en boiler niet laten opladen. Lichten dimmen via VITOLink.
- Ondertussen stijgt de prijs terug.
- EV vertrekt na een uur (laden stopt).
- Door de hogere prijs en via 24u op voorhand tariefschema weet je dat dit nog zo een uur blijft, zal de boiler niet gaan laden, maar een uur wachten vooraleer terug te laden (tenzij onder minimum limiet).
- Tarief terug laag.
- Boiler start met laden

### 4.3.FPAI

#### 4.3.1. OMSCHRIJVING

FPAI staat voor Flexible Power Application Infrastructure en behelst de volgende onderdelen: een app store, management center en residentiele energiebeheer units met een runtime software framework. In dit project is enkel gebruik gemaakt van het runtime software platform, verder met FPAI aangeduid.



Figuur 4-2 FLEXIBLEPOWER APPLICATION INFRASTRUCTURE concept<sup>96</sup>

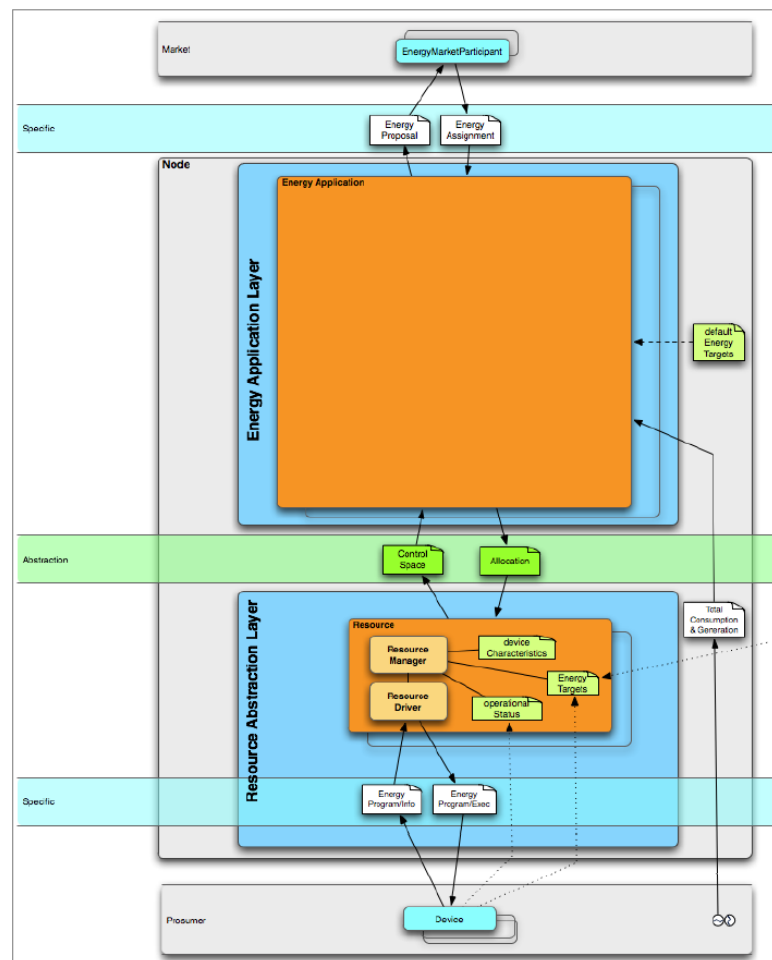
In Figuur 4-3 wordt het abstractie aspect van de FPAI runtime software meer in detail toegelicht. In FPAI is elk toestel een resource. Omdat niet elke (energiebeheer) applicatie de API of protocol van elk apart toestel dient te kennen en ook omdat dit niet nodig is voor het beheren van energie flexibiliteit, heeft men abstractie gemaakt van het type toestel. In kort komt dit erop neer dat er 4 types van toestellen zijn elk met hun API interface. Dit wordt gerealiseerd in de Resource Abstraction Layer (RAL). Dit heeft tot gevolg dat elke energiebeheer applicaties enkel overweg moet kunnen met deze resource types en de bijhorende API.

De 4 resources/toestellen types zijn:

- **TimeShifter:** dit is een toestel dat energie verbruikt/genereerd volgens een welbepaald profiel en waarbij de start van dit profiel kan schuiven in de tijd. Bijvoorbeeld een wasmachine met een wasprogramma van 2 uren, waarbij men aangeeft dat de was binnen 8 uur klaar moet zijn, maar waarbij de starttijd tussen 0 en 6 uren kan verschoven worden.
- **Buffer:** dit is een toestel dat meer of minder energie kan consumeren of generen binnen bepaalde waarden, afhankelijk van de gevraagde waarde. Dergelijk toestel kan tijdelijk minder of meer energie consumeren/genereert en zal dan later meer of minder energie nodig hebben om terug de doelstelling te bereiken. Voorbeelden hiervoor zijn thermische buffers als ruimteverwarming (huis is de buffer), warmwaterbuffer, diepvriezers en koelkasten. Ook een micro-WKK kan tijdelijk meer genereren.
- **Opslag:** dergelijk toestel kan elektriciteit opslaan en terug vrijgeven wanneer nodig. Voorbeelden hiervan zijn stationaire batterijsystemen en batterijsystemen in elektrische voertuigen.

- **Oncontroleerbare lasten:** dit zijn toestellen waarvan het energieverbruik/generatie niet kan worden beïnvloed. Typische toestellen zijn PV-installatie, TVs, computers, strijkijzer, verlichting.

Naar de energie markt/smart grid is geen abstractie gemaakt en er is dus geen generieke API voorzien zoals naar de resources. Dit betekent dat elk app moet weten hoe met het OpenADR, SEP 2.0, CIM of ander actieve vraagsturing protocol datamodel om te gaan en dus te implementeren. In het EEBus (zie secties 3.2.1 en 3.5.4) concept wil men ook deze interface abstraheren zodat je hier ook maar één API naar de energie app toe krijgt. In EEBus wordt voor elk toestel/resource/communicatieprotocol een translatie voorzien om het datamodel van dat specifiek communicatieprotocol om te zetten naar één algemeen generiek datamodel. Dit komt overeen met de resource manager en resource driver in de Resource Abstraction Layer. In EEBus past men dit principe ook nog eens toe naar de interface met de smart grid.



Figuur 4-3 de software runtime in de FP home box in meer detail<sup>96</sup>

Tabel 4-1 geeft de OSGI FPAI bundles aan welke zijn ontwikkeld of aangepast in het kader van het project.

Bundle	Omschrijving
org.flexiblepower.battery.manager org.flexiblepower.battery.simulation	Simulatie van een batterij te simuleren (ontladen en laden)
org.flexiblepower.daikin.airco.driver.api org.flexiblepower.daikin.airco.driver.impl org.flexiblepower.daikin.airco.manager	Aansturing van de Daikin airco.
org.flexiblepower.ev.driver.api org.flexiblepower.ev.driver.impl org.flexiblepower.ev.driver.manager	Simulatie van EV (schakelaars die aangeven of het voertuig met lage of hoge prioriteit moet geladen worden en status van de batterij)
org.flexiblepower.vito.buffer.sdhwbuffer.driver.api org.flexiblepower.vito.buffer.sdhwbuffer.driver.impl org.flexiblepower.vito.buffer.sdhwbuffer.driver.manager	Aansturing van de slimme boiler
org.flexiblepower.knxbaos.protocol	Protocol om de IP/KNX Baos objectserver aan te spreken
org.flexiblepower.example.timeshifter.washingmachine.driver.api org.flexiblepower.example.timeshifter.washingmachine.driver.impl org.flexiblepower.example.timeshifter.washingmachine.driver.manager	Aansturing van een timeshifter.
org.flexiblepower.sm.driver.api org.flexiblepower.sm.driver.impl org.flexiblepower.sm.driver.manager	Het uitlezen van de slimme meter via de Raspberry Pi module.

Tabel 4-1 FPAI bundles

#### 4.3.2. ERVARING OPGEDAAN MET FPAI

De ervaring met FAN/FPAI:

- FPAI is gebaseerd op JAVA/OSGI. OSGI zorgt ervoor dat een systeem heel modulair is. Deze modules worden bundles genoemd in OSGI. Deze kunnen in run-time gestart, gestopt of uitgewisseld worden. Dit legt een aantal specifieke eisen op aan deze bundles. Uit het werk is gebleken dat enkel JAVA kennis niet voldoende is en dan men duidelijk ook op de hoogte dient te zijn van OSGI.
- Een andere opgedane ervaring met systemen als FPAI (en OGEMA) is dat deze sterk focussen op de flexibiliteit van toestellen (deze classificeren volgens flexibiliteit mogelijkheden en de API hiernaartoe abstraheren), en deze flexibiliteit inzetten in functie van de grid (of eigenconsumptie). Het samenwerken tussen verschillende systemen op het gebied buiten flexibiliteit wordt niet meegenomen, bijvoorbeeld het correct laten samenwerken van ramen (open/dicht), screens, ventilatie en verwarming.

- Deze frameworks bieden ook niet een algemene oplossing aan voor interoperabiliteit. In deze frameworks worden wel de specifieke protocols naar een API/datamodel vertaald, maar elk doet dit op zijn eigen manier. Hier zou het veel beter zijn indien er met EEBus samengewerkt wordt om zo tot een gemeenschappelijk datamodel en bijhorende API te komen waar energie applicaties kunnen van gebruik maken. De translaties tussen de specifieke protocols (SEP 2.0, ZigBee Home Automation,...) en bijhorende data modellen kunnen dan generiek uitgewerkt worden (soort translatie modules). Voor elk platform kan men dan de code genereren voor deze translaties gebaseerd op deze generieke translatie schema's. Wat deze frameworks doen is een (spijtig genoeg eigen) API voor flexibiliteitbeheer naar de energieapplicaties aanbieden.
- Op 2 jaar tijd werd er slechts 1 update van de software uitgevoerd (en niet via de publieke site), waarbij een aantal APIs veranderden. Dit geeft aan dat dit systeem nog niet uitontwikkeld is.
- Anno 2015 hebben nog niet veel bedrijven zich bij het FAN/FPAI initiatief aangesloten (Accenture, Alliander CGI,ECN,TNO, DHPA,STEDIN, Technolution).
- In het kader van Internet Of Things (IoT) hebben zich eind 2014 enkele grote allianties (Allseen, OIC,...) gevormd. Deze bieden opensource software frameworks aan om toestellen 'connected' te maken zodat ontwikkelaars zich op de applicatie functionaliteit kunnen richten en zich niet met het communicatie gebeuren dienen bezig te houden. Deze frameworks richten zich dus op interoperabiliteit, en voorlopig (nog) niet op energie beheer. De meeste andere functionaliteit die voorzien is in FPAI, zoals software beheer, APP store, logging en dergelijke zijn wel voorzien in deze frameworks. De EEBus alliantie is in gesprek met deze allianties zodat vermoedelijk de informatie modellen ,welke EEBus aan het ontwikkelen is en welke in de standaarden (zie hoofdstuk 3.2) worden opgenomen, uiteindelijk in deze frameworks mee opgenomen worden.

De code is beschikbaar voor elke deelnemer van het project.

### 4.3.3. ANDERE SOFTWARE FRAMEWORKS

Tabel 4-2 en Tabel 4-3 geven per software framework een overzicht van diens eigenschappen. De meeste draaien bijvoorbeeld bovenop OSGI/JAVA, maar de frameworks bedoeld voor IoT gaan voor een implementatie in een programmeertaal als C of C++, hoogstwaarschijnlijk omwille van geheugen voetafdruk en performantie.

	FPAI	OGEMA 2.0	OpenHAB 1.6/2.0	Eclipse Smart Home	KEO Gateway Core Stack	Jemma	Prosyst OSGI	Prosyst Smart Home / Smart Energy	IoTivity	AllJoyn	Cocoon	Open IoT stack for JAVA	OSGI DAL	Qeo
<b>Owner / leader</b>	FAN	Fraunhofer	Kai Kreuzer (Deutsche Telekom)	Eclipse project	KEO GmbH (Kellendonk)	<a href="mailto:Energy@home.association">Energy@home.association</a>	Prosyst (taken over by Bosh)	Prosyst (taken over by Bosh)	InterOpenConnect (IOC) <a href="http://openinterconnect.org/">http://openinterconnect.org/</a>	Allseen Alliance (Qualcom)	Activity	Eclipse project	HGI	Technicolor
<b>Members (industry, research)</b>	TNO,Accenture, Alliander,CGI, DHPA,ECN,STEDIN, Tecnolution	Fraunhofer			Kellendonk	Electrolux,Enel Distribuzione,Indesit, Telecom Italia,Edison,Vodafone,Whirlpool, Stmicroelectronics,ABB, Renesas,Freescale,euotherm,...				more than 120 (3/2015)				Donated to Allseen (DDAPI interface)
<b>Open source/ commercial product</b>	Open source	Open source	Open source	Open source	Commercial product	Open source	Commercial product	Commercial product	Open source	Open source	Open source (or commercial product via Activity)	Open source		open source
<b>License type</b>	Apache 2.0	GPL v3		Eclipse Public License	Price/license ???	GNU LGPL	Price/license ???	Price/license ???						BSD
<b>Main focus</b>	Energy management	standardized building automation and energy management	home automation	home automation	Communication stack (+ adaptor framework) to translate to EEBus neutral datamodel	Energy management	OSGI implementation (+application framework)	middleware stack for Smart Home gateways	IoT (connectivity, discovery, security,...)	IoT (connectivity, discovery, security,...)		IoT	smart home gateway	communications framework/middleware for IoT
<b>Based upon</b>	OSGI	OSGI	OSGI		2 options: - OSGI (Prosyst) - Linux/Windows stack in C ?	OSGI	OSGI implementation	OSGI	C, C++ implementation	C, C++ implementation Bindings to C,C++,JAVA, Objective-C	OSGI			
<b>Link</b>	<a href="http://www.flexiblepower.org/">http://www.flexiblepower.org/</a>	<a href="http://www.ogemalliance.org/">http://www.ogemalliance.org/</a>	<a href="http://www.openhab.org/">http://www.openhab.org/</a>	<a href="https://eclipse.org/smarthome/index.html">https://eclipse.org/smarthome/index.html</a>	<a href="http://www.kellendonk.de/keo_gmbh/software_produkte/art_328.html">http://www.kellendonk.de/keo_gmbh/software_produkte/art_328.html</a>	<a href="http://www.energy-home.it/SitePages/Activites/IEMMA.aspx">http://www.energy-home.it/SitePages/Activites/IEMMA.aspx</a>	<a href="http://www.prosyst.com">www.prosyst.com</a>	<a href="http://www.prosyst.com">www.prosyst.com</a>	<a href="https://www.iotivity.org/">https://www.iotivity.org/</a>	<a href="https://allseenalliance.org/">https://allseenalliance.org/</a>	<a href="http://cocoon.activity.com/documentation/ongy2/overview">http://cocoon.activity.com/documentation/ongy2/overview</a>	<a href="http://iot.eclipse.org/java/open">http://iot.eclipse.org/java/open</a>		<a href="http://www.qeo.org/opensource">http://www.qeo.org/opensource</a>
<b>Included drivers/ protocols</b>	in our lab: KNX IP, HTTP/IP (to meter, airco, KNX plugs, KNX switches)	modbus,m-bus,knx,zigbee,dlms/cosem,61850	More than 100	?	SHIP,ENOCLEAN,ZigBee,KNX,Modbus	ZigBee Home automation, ZigBee gateway device	TR-069 and TR-157	Z-Wave, ZigBee, DECT ULE, EnOcean, UPnP, KNX, X10, IP Cameras, Bluetooth LE, wMBus	CoAP		KNX, IEC61131,modbus,wmbus, zigbee (limited)	lightweight protocols for two-way communications between devices and server: MQTT, CoAP,LWM2M		

Tabel 4-2 vergelijking van verschillende software frameworks

#### 4 Deel 3: proefopstelling

	FPAI	OGEMA 2.0	OpenHAB 1.6/2.0	Eclipse Smart Home	KEO Gateway Core Stack	Jemma	Prosyst OSGI	Prosyst Smart Home / Smart Energy	IoTivity	AllJoyn	Cocoon	Open IoT stack for JAVA	OSGI DAL	Qeo
<b>Hardware abstraction/ data model/API</b>	Yes (flexibility)	Yes (flexibility)	yes but very generic (item = variable)		EEBus	Device abstraction layer		device abstraction layer						
<b>Persistence/repository</b>	Yes (flexibility)	Yes (REST API)	Yes		Central Storage of Configuration Data.									
<b>Event bus</b>	Yes ?		Yes, OSGi EventAdmin service (can be distributed)		DBus					data centric or service oriented bus				data-centric publish/subscribe set of application programming interfaces (API)
<b>Documentation</b>	++	+			?	+-				++				+
<b>Alliance / community (size, activity)</b>	-		++		commercial	-?								+
<b>Drivers/protocols/bindings</b>		+	++		+	-		+						
<b>Support (response to mail, forum, faq,...)</b>	-		++		commercial	?		commercial						
<b>some security concept</b>	+	+			+									
<b>In the field</b>	several research projects	several research projects			?	several research projects		Several commercial products (Qivicon,Miele,...)						
<b>Remarks</b>	Powermatcher as service available	Resource graphs for modelling ?	focus is on home automation (UI, sitemap,rules engine,...)		SHIP implementatie	Cooperation with EEBus			Cooperation with EEBus	Community is very active.	limited open source activity (only by Activity ?)			
	Usef cooperation		lot of bindings, but not always relevant bindings also limited ( for instance bluetooth binding only indicates if there is a bluetooth connection)		EEBus datamodel and SHIP is to be released as a standard 2015/2016	Rather ZigBee based			Seems to be alpha release (0.9.0). Still lot of work.	Seems to ahead of IOC	Support for ETSI M2M framework is not clear yet. (considered too complex)			
	Documentation and source code not updated since 2013, although there is a new version (via contact)				Focus on communication stack and translation to EEBus datamodel									

Tabel 4-3 vergelijking van verschillende software frameworks (vervolg)



---

## 5. BESLUIT

---

In het tweede jaar van het project is een collectief onderzoeksrapport<sup>99</sup> (fase 1) met een inventarisatie van de deelnemende domoticasystemen en een beschrijving van de mogelijkheden van de integratie van energiebeheer en energiebeheeralgoritmes in de domoticasystemen opgeleverd. In samenspraak met IWT en de gebruikersgroep is vervolgens de uitvoering van deeltaak 2 deels gewijzigd. Het testen van een door de domoticafabrikanten ontwikkeld systeem op huishuisniveau en/of straatniveau is vervangen door een proefontwikkeling gebaseerd op een beschikbaar opensource energiebeheer platform door VITO en een bijkomend onderzoek naar de energievraag in de lage-energie woning van de toekomst, de mogelijke meerwaarde van slimme sturing in deze woning, en het thema interoperabiliteit. De resultaten van dit onderzoek zijn terug te vinden in dit rapport.

### 5.1. TECHNOWATCH

In het kader van deeltaak 1: een „technology watch“ op maat van de domoticafabrikanten/-leveranciers, om de evoluties ter zake in binnen- en buitenland op te volgen, heeft VITO 24 Technology Watch-nieuwsbrieven met technische info (technische kennistransfer en technologieverspreiding) aangeleverd. Deze nieuwsbrieven richtten zich zowel op de domoticafabrikanten als op de elektro-installatiebedrijven, en werden verspreid door TECNOLEC aan hun leden. De lijst met nieuwsbriefonderwerpen is weergegeven in bijlage A.

In de laatste nieuwsbrief<sup>100</sup> is een artikel voorzien welke een opsomming maakt van de belangrijkste smart home trends die zich openbaard hebben tijdens het project.

---

<sup>99</sup> Smart Home onderzoeksrapport geschreven door Dominic Ectors en Paul Van Tichelen met de resultaten van jaar 1 en 2 van het smart home project. Gepubliceerd in Mei 2013 naar de deelnemers van het Smart Home project.

Dit rapport bevat:

- de inventarisatie van de systemen van de domotica fabrikanten om deze te catalogeren op het niveau van de systeemarchitectuur;
- de conceptvalidatie en mogelijkheden van de integratie van energiebeheer en energiebeheeralgoritmen in de domoticasystemen;
- een 20tal projectvoorstellen en de bevraging naar de domoticafabrikanten/- leveranciers hieromtrent. Het doel is na te gaan wat de interesse voor de uitwerking van deze ideeën is, en zo productinnovatie te stimuleren;
- een beschrijving van de laboratoriuminfrastructuur van VITO welke ter beschikking staat van de fabrikanten om hun energiebeheersysteem te testen;
- in de bijlagen wordt achtergrondinformatie verstrekt aangaande interfaces, protocollen, slimme meter functies en diensten, VITO testomgeving en energiebeheer use-cases.

<sup>100</sup> Tecnolec Smart Home nieuwsbrief 24, artikel “Trends met betrekking tot de smart home gedurende de afgelopen 4 jaar”

---

## 5.2. DE MEERWAARDE VAN SLIM ENERGIEBEHEER IN EEN BIJNA-ENERGIENEUTRALE WONING

Een eindklant overtuigen om een investering te doen in domotica met energiebeheer is niet eenvoudig. Een strategie die door sommigen gekozen wordt, is de eindklant te motiveren en te overtuigen dat een investering in maatregelen voor energiebesparing een beter rendement oplevert dan het rendement op spaargeld. Om dit te ondersteunen werd in dit rapport voor een referentiewoning verschillende scenario's voor energieverbruik opgesteld en vergeleken. Vooreerst keken we naar de trend door de jaren heen (1950 tot na 2016.) om woningen steeds beter te isoleren, meer luchtdicht te maken en mechanische ventilatie met warmterecuperatie toe te passen om te komen tot een bijna-energie neutrale woning. Er wordt hierbij ook meer specifiek gekeken naar een toename van de elektrische hulpenergie en het toenemend risico voor oververhitting of vraag naar koeling. Verder brengen we ook de vraag voor sanitair warm water en laden van een elektrisch voertuig in rekening. Het mogelijk verbruik van verlichting en andere verbruikers in huis werd ook geschat voor verschillende scenario's. De scenario's zijn, verwarmen met gas of warmtepomp, met toestellen met hoge energie-efficiëntie versus een lage en tenslotte met of zonder een slimme sturing. De slimme functies werden opgelijst in 2.4 en 2.12 en de resultaten voor energieverbruik en bijhorende jaarlijkse kosten staan in 2.13. Hieruit konden we voor deze voorbeeldwoning de volgende conclusies nemen:

- In de oude weinig geïsoleerde en weinig luchtdichte woning (type 1971-90) wordt het verbruik gedomineerd door de verwarming. Beter isoleren of een slimme thermostaat kan hier uiteraard veel opleveren.
- In de bijna-energie neutrale woning neemt het belang van een slimme thermostaat erg af, vooreerst omdat het verbruik al laag is maar ook omdat de woning trager gaat reageren. Die woningen zijn anderzijds wel beter geschikt om in te spelen op een wisselende vraag en aanbod van elektriciteit, want ze kunnen warmte bufferen zonder veel extra verlies.
- Een grote besparing voor slimme sturing zit in het voorkomen van oververhitting of de vraag naar koeling. Dit kan met een slimme sturing van zonwering en nachtventilatie. Zoals besproken kan die besparing gedeeltelijk in rekening gebracht worden bij het E-peil van nieuwe woningen.
- Een andere grote besparing door slimme sturing in de bijna-energie neutrale woning kan op de hulpenergie voor verwarming en ventilatie. Die is toegenomen is in vergelijking met onze oudere woningen en besparen kan vooral door slimme sturing van ventilatie. Zoals besproken kan die besparing ook gedeeltelijk in rekening gebracht worden bij het E-peil van nieuwe woningen.
- Het aantal elektrische toestellen in huis neemt steeds toe. Slim meten en afschakelen kan hierbij ook tot extra besparing leiden. Meten kan hierbij ook bijdragen tot het aankopen van energiezuinige toestellen en/of monitoren van fouten.
- Als er geen actieve koeling toegepast wordt met airconditioning is er in ons per seizoen wisselend klimaat weinig synergie tussen de maandelijkse opbrengst van fotovoltaïsche panelen en de volledige vraag naar elektriciteit. Voor een deel van de vraag kan het uiteraard wel. Een hulpbatterij hierbij zou ook voor bepaalde noodfuncties dienst kunnen doen. Een kleine PV installatie met eventueel een hulpbatterij is dus zeker nog een interessante optie.
- Een boiler met warmtepomp en elektrisch voertuig zijn ook goede kandidaten voor vraag-gestuurd laden.

In de voorbeeldwoning met warmtepomp, elektrisch voertuig en uitgerust met de meest energiezuinige toestellen kon door slim sturen de jaarlijkse energiekosten van 2027 euro teruggebracht worden naar 1451 euro of zelf 1303 euro bij aannames van lagere tarieven voor flexibele sturing van de vraag (-30%). Slim energiebeheer en domotica blijft dus ook nog voor de bijna energie-neutrale woning met de meest zuinige toestellen interessant.

---

### 5.3.INTEROPERABILITEIT

Interoperabiliteit is een absolute vereiste wil men dat de verschillende toestellen en technische systemen afkomstig van verschillende fabrikanten in een gebouw samenwerken om een gebouw tot een slim gebouw om te vormen.

Binnen standaardisatie gaat men uit van het feit dat in een smart home er verschillende communicatie protocollen en data modellen gebruikt zullen worden. Verschillende communicatietechnologieën zoals Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, Thread (zie hoofdstuk 3.3) en andere zullen naast elkaar bestaan. Om al deze communicatie netwerken te verbinden dienen er gateway functies te voorzien worden die deze technologieën omzetten in een andere (gemeenschappelijke) vorm. Deze gateway functies kunnen in één toestel, een gateway met meerdere communicatie technologieën aan boord, aanwezig zijn of in verschillende toestellen (bijv. ZigBee/ethernet hub, Wi-Fi/ethernet ,...).

Het gemeenschappelijk netwerkprotocol bovenop de communicatietechnologieën om verschillende netwerken met elkaar te koppelen is het Internet Protocol (IP). Hier lijkt geen discussie meer over. Standaardisatie heeft daarom de focus gericht op de data die wordt overgebracht. Hoe wordt deze data voorgesteld en wat is de betekenis van deze data. Hoe kunnen applicaties deze data interpreteren en verwerken. De oplossing aangebracht door standaardisatie is een gemeenschappelijk datamodel. Daartoe dient elk datamodel aangewend door een specifiek (applicatie) protocol zoals SEP 2.0, KNX, of ander protocol omgezet te worden naar het gemeenschappelijk datamodel waarop de logica kan toegrijpen. In de loop van 2015-2016 zullen verschillende nieuwe standaarden hieromtrent gepubliceerd worden (zie 3.2).

Met opkomst van Internet of Things (IoT) en (draadloze) slimme toestellen zullen deze toestellen ook een belangrijk onderdeel van de smart home uitmaken. Maar gezien de niet onbelangrijke nadelen (zie 3.4.4) lijkt het momenteel nog niet aangeraden om een complete installatie met (draadloze) slimme toestellen uit te voeren. De technologie zal de komende jaren nog aanzienlijke veranderingen ondergaan (zie 3.3.1.4) en standaarden voor slimme toestellen zijn nog volop in ontwikkeling (zie 3.2.1). Niettegenstaande dat bieden deze toestellen ook extra functionaliteit welke zeker zijn weg zal vinden naar bepaalde toepassingen. Dankzij de nieuwe technologie zal het 'smart' concept ook breder ingang vinden en komen er ook nieuwe toepassingen. Een voorbeeld hiervan is dat bijvoorbeeld men slimme lampen ook wil benutten om winterdepressies te voorkomen of om de effecten van jetlag te milderen. In dit kader spreekt men ook van 'Human-Centric Lighting' (HCL) waarbij licht een positieve invloed heeft op ons comfort, productiviteit en gezondheid.

Slimme lampen is slechts één van de vele slimme toestellen die er aan komen en is de meest voorop lopende. Maar in het kader van IoT en smart home zullen nog vele slimme systemen en toestellen volgen. Vele van de opmerkingen opgesomd in 3.4.4 zijn ook van toepassing op deze volgende golf van slimme toestellen. Verschillende marketingbedrijven die zich bezig houden met marktonderzoek omtrent IoT voorspellen een ware toevloed aan IoT toestellen voor de komende jaren in de orde van tientallen miljarden toestellen.

Wanneer domoticafabrikanten deze slimme toestellen wensen te integreren of te koppelen met hun domotica-systeem, zijn er verschillende oplossingen (Figuur 3-7). De meest voor de hand liggende oplossing is de koppeling op IP (Internet Protocol) niveau. Vele van deze slimme toestellen bieden een gateway/hub aan die naar buiten toe IP aanbiedt. Dit is ook wat we in de proefopstelling (zie hoofdstuk 4) hebben toegepast om te koppelen met verschillende slimme toestellen. Dit betekent wel dat je op een hoger communicatie niveau nog steeds een protocol (of data model) moet implementeren om te kunnen communiceren. Commando's en statusberichten zijn voor elk merk/type van toestel verschillend, zolang er hiervoor geen standaard is. In 2016 wordt wel de publicatie van verschillende standaarden hier aangaande verwacht (zie hoofdstuk

---

3.2). Op IFA 2015 kondigde verschillende marktspelers als Bosch, Siemens, SMA en anderen al toestellen aan welke gebaseerd zijn op EEBus en SHIP (Smart Home Internet Protocol), alhoewel deze standaarden nog niet vrijgegeven zijn. Wanneer deze standaarden er zijn en eens in een domotica-systeem geïmplementeerd zijn zullen de slimme toestellen die deze standaard ondersteunen aanstuurbaar zijn. Een andere oplossing is dat de koppeling met het slimme toestel via diensten als IFTTT (If This Then That) gebeurt (zie 3.4.5) wanneer zowel het domotica-systeem als het slimme toestel via een IFTTT channel verbonden is met deze dienst. Er zijn echter wel wat nadelen aan verbonden. Valt de Internet verbinding weg, dan is de functie, die via de IFTTT dienst gerealiseerd wordt, niet meer mogelijk. Een andere mogelijkheid is de koppeling met open of gesloten ecosystemen als Google/Nest/Threadgroup of Apple/Homekit (zie 3.5). Deze bieden doorgaans een interface aan om met de toestellen in dit ecosysteem te communiceren.

Van de initiatieven vermeld in sectie 3.5 mag je verwachten dat de initiatieven DG CNECT Study on Semantic Assets for Smart Appliances Interoperability, DG ENER Ecodesign Preparatory Study on Smart Appliances project, Home Gateway Initiative (HGI) en EEBus & energy@home @ AGORA zullen leiden tot (of aanbevelen van) een of meerdere standaarden. De initiatieven Allseen/AllJoyn en OpenInterconnect Consortium (OIC) zijn voornamelijk belangrijk voor de ontwikkeling van een IoT (slim) toestel/module/sensor. De ecosystemen Google/Nest/Threadgroup of Apple/Homekit spelen natuurlijk een grote rol door de dominantie van deze marktpartijen.

#### **5.4. DE ERVARING MET DE PROEFOPSTELLING**

De proefopstelling diende om na te gaan of de architecturen omtrent energiebeheer en domotica voorgesteld in het eerste smart home rapport haalbaar waren. In deze architecturen bevat de Customer Energy Management (CEM) functie de energiebeheer functionaliteit. Deze functie kan in een aparte module, welke communiceert met het domotica-systeem, ondergebracht worden of rechtstreeks in het domotica-systeem (als extra software component) geïntegreerd worden.

Hiertoe heeft VITO een demo-toepassing voor vraagsturing uitgewerkt met eenvoudige directe aansturing van typische toestellen in huis. Omwille van het ontbreken van een volledige domotica-installatie in het labo, is er voor gekozen de aansturing van de toestellen rechtstreeks vanuit de CEM te laten gebeuren. Hiertoe is een scenario uitgewerkt (zie sectie 4.2), dat gezien de energiesituatie in België sterk veranderende tijdens de loop van derde projectjaar (in 2014 wordt er in België gewaarschuwd voor tijdelijke onderbrekingen omwille van het stilleggen van de nucleaire centrales Tihange 2 en Doel 3 wegens scheurtjes in het reactorvat en de sabotage van de Doel 4 centrale) zeer toepasselijk is.

Als software platform voor de proefopstelling is gekozen voor het door TNO ontwikkelde open source FPAI (Flexible Power Application Infrastructure) framework, welke expliciet voor energiebeheer ontworpen zijn. De voornaamste besluit uit deze ervaring met FPAI is dat de toegevoegde waarde betreffende energiebeheer, namelijk de abstractie van de verschillende type van toestellen betreffende het aanbieden van flexibiliteit, onvoldoende is om te kiezen voor een dergelijk platform. Gezien in de tussentijd verschillende andere software platformen (voor IoT) op de markt gekomen zijn, die zich voornamelijk richten op interoperabiliteit en softwarebeheer ondersteuning (bijvoorbeeld updaten van de firmware van op afstand), en bovendien gesteund worden door sterke allianties als Allseen of OIC, lijkt het mij aangewezen eerder een dergelijk software platform te kiezen om energiebeheer module te ontwikkelen. Zeker als het een energiebeheermodule is die slimme toestellen dient aan te sturen.

---

Een positieve ervaring was het koppelen van verschillende slimme toestellen via het IP protocol. Daarom kon voor de CEM module een eenvoudige PC met slechts een ethernet/IP interface ingezet worden om met de verschillende slimme toestellen in het labo te communiceren.

## 5.5.AANBEVELINGEN

In het rapport “Eindrapport van het gebruikersonderzoek “<sup>101</sup> wordt aangegeven dat voor het open breken van de markt het noodzakelijk is dat studies of aanwijsbaar materiaal over het terug-verdien-effect (gericht naar zowel eindklant als architect) worden aangebracht. Met onze virtuele voorbeeldwoning toonden we aan dat er nog wel degelijk bespaard kon worden door slim energiebeheer maar uiteraard zou een betere detailuitwerking met meer typewoningen, varianten voor gebouwtechnieken en gebaseerd op meer gemeten cijfermateriaal nuttig zijn. Hiertoe zou een vervolgproject kunnen opgestart worden waarbij de nadruk gelegd wordt op:

- Tool ontwikkelen of functionaliteit toevoegen aan bestaande tools om het nut en economisch rendement van energiebeheerfunctie in gebouwen aan te tonen.
- Proeftuin project waarbij verschillende intelligente woningen gedurende een bepaalde periode geobserveerd worden, en aspecten als energiebesparing en gebruikers experience onderzocht worden, gelijkaardig aan [http://www.delta.nl/over DELTA/perscentrum/persberichten/persberichten\\_2013/unieke\\_samenwerking\\_goese\\_proeftuin\\_bekrachtigd/](http://www.delta.nl/over_DELTA/perscentrum/persberichten/persberichten_2013/unieke_samenwerking_goese_proeftuin_bekrachtigd/).
- Het uitwerken van een proefopstelling met de focus op interoperabiliteit naar slimme toestellen toe. Hiertoe kan van een IoT framework en de (ontluikende) standaarden hieromtrent aangewend worden.

---

<sup>101</sup> Eindrapport van het gebruikersonderzoek, Smart Home: naar de intelligente elektrische installatie. Integratie van energiebeheer in domotica, iMinds/Smit/VUB, B. Lievens, C. Veeckman, 8/5/2013

## BIJLAGE A LIJST MET SMART HOME NIEUWSBRIEVEN

Nieuwsbrief	Onderwerp
1	Inleiding in de smart home
	Het belang van slimme energienetwerken
	Verslag van Smart Homes 2011
2	EN 15232: Energieprestaties van gebouwen – impact van gebouwautomatisering, regelingen en gebouwbeheer”
	Energy Efficient (EE) Smart Home Ready
	ZigBee & SEP 2.0
3	Energiebeheerinitiatieven van energie- en telecom dienstenleveranciers
	Eén interface voor slimme toestellen
	De slimme thermostaat
4	Elektriciteitsverbruik in cijfers
	De Light + Building beurs in Frankfurt trekt 196 000 bezoekers
	Synthetische Last Profielen
5	De slimme meter - de functies
	De slimme meter - de diensten
	De slimme meter - de kostenbatenanalyse
6	Evolutie van de warmtevraag in woningen
	Flexibele sturing van een warmtepomp in een smart grid omgeving
	Vergelijking van de verschillende types warmtepompen
7	Non Intrusive Appliance Load Monitoring (NIALM)
	Slimme toestellen voor een Smart Home
	Zhaga een specifieke norm voor LED modules
8	De Elektriciteitsmarkt in België
	Energieverbruik van ICT en Multimedia
	Smart Grid standaarden
9	Netvergoeding
	Proefproject slimme meters
	Studie: Empower Demand
10	PV en batterijen in Duitsland
	Smart Home ecosysteem en integrator
	Licht en communicatie
11	Ecodesign richtlijn pompen
	Ral RG-678
	Standaardisatie flash
12	Zonnebatterijen: batterijopslag in combinatie met PV
	Zonnebatterijen: economische analyse
	Smart Grids Flanders (SGF)
13	Energiezuinig schakelen met relais in domotica installaties
	IPv6 en “The Internet of Things”
	Smart Energy Solutions
14	Het besparen van energie door middel van domotica installaties deel 1
	Het besparen van energie door middel van domotica installaties deel 2
	Het besparen van energie door middel van domotica installaties deel 3
15	Energiebeheersystemen op basis van OSGI

	Energie efficiëntie van elektrische installaties
	Elektrische voertuigen ondersteunen het elektriciteitsnetwerk
16	De strijd om de Smart Home
	Warmteopslag via latente warmte
	Smart grids: Kan ik er vandaag al geld mee verdienen?
17	EPB energieprestatieregelgeving voor residentiële nieuwbouw en de rol van domotica
	Kabels als bouwproducten
	Wat zijn vlambogen en hoe kunnen ze ontstaan
18	Opties voor flexibiliteit in het elektriciteitsnetwerk
	Interoperabiliteit
	Software (-updates) is de toekomst
19	Noodstroomgeneratoren – deel 1
	Noodstroomgeneratoren – deel 2
	Noodstroomgeneratoren – deel 3
20	Een nieuwe methode voor het inrekenen van vraaggestuurde ventilatiesystemen in EPB opent nieuwe mogelijkheden om domotica mee te rekenen in het E-peil
	PV - Batterij gekoppelde residentiële systemen: Nut & Werkingsprincipes
	PV - Batterij gekoppelde residentiële systemen: Elektrische veiligheid
21	Tien technologieën welke ons leven kunnen veranderen
	Bluetooth en de smart home
	Slim laden elektrische voertuigen nu al realiteit
22	Automatisch uitlezen van water-, gas- en elektriciteitsverbruik
	Wat biedt de Tesla Powerwall batterij voor huishoudens?
23	Slimme verlichting
24	Laden van elektrische wagens in verschillende netten
	Trends met betrekking tot de smart home gedurende de afgelopen 4 jaar

## BIJLAGE B AANNAMES VOOR GEDETAILLEERDE VERBRUIKEN VOOR DE REFERENTIEWONING

	gas per jaar EE=laag no smart	gas per jaar EE=hoog no smart	WP per jaar EE=hoog no smart	gas per jaar EE=hoog smart EE	WP per jaar EE=hoog smart EE	gas per jaar EE=hoog smart EE+flex	WP per jaar EE=hoog smart EE+flex	per unit EE=laag	per unit EE=hoog	unit per jaar	% flex gebruik in tot kWh
<i>kleine en grote huishoudtoestellen (excl. HVAC, SWW)</i>	<i>kWh/jaar</i>							<i>kWh/cyclus</i>		<i>Cyclus/jaar</i>	<i>%</i>
Koelkast (inbouw 1 deur > 125 cm)	404	128	128	128	128	134	134	403,50	128,00	1	25%
Diepvriezer rechstaand model 170 -180cm	414	136	136	136	136	143	143	414,00	136,00	1	25%
Wasmachine 8kg	150	98	98	98	98	103	103	0,89	0,58	169	50%
Droogkast	251	158	158	158	158	166	166	2,46	1,55	102	50%
Afwasmachine inbouw	241	137	137	137	137	144	144	1,19	0,68	203	50%
Oven en kookplaten	225	160	160	160	160	160	160	0,62	0,44	365	0%
Microgolf (1 uur /week)	67	67	67	67	67	67	67	0,18	0,18	365	0%
Dampkap (muur)	138	29	29	29	29	29	29	0,38	0,08	365	0%
Telenet router + versterker	106	106	106	106	106	106	106	106,35	106,35	1	0%
Telenet ((set top box)	186	58	58	53	53	53	53	186,15	58,40	1	0%
Koffiemachine capsules	140	23	23	23	23	23	23	0,38	0,06	365	0%
TV 100-120cm	130	48	48	48	48	48	48	0,36	0,13	365	0%
Draadloze luidspreker	35	35	35	20	20	20	20	35,04	35,04	1	0%
Draadloze audio versterker	70	70	70	34	34	34	34	70,08	70,08	1	0%
Robot stofzuiger (om de 2 dagen)	7	7	7	7	7			0,04	0,04	180	50%
Robot stofzuiger standby verbruik	43	9	9	0	0	0	0	0,24	0,05	180	50%
Stofzuiger 1800 W (1325W opgenomen vermogen) 1uur/week	69	69	69	69	69	69	69	1,33	1,33	52	25%
Stofzuiger	28	26	26	28	28	28	28	0,54	0,49	52	25%
Bosch AI3640 CV lader (grasmaaier) (1u laden aan 166W per keer)	2	2	2	2	2	2	2	0,17	0,17	15	50%
Bosch AI3640 CV lader (grasmaaier)	43	9	9	0	0	0	0	42,70	8,72	1	50%
AC-DC charger Type SI-15045 (kleine snoeischaar) 3u laden 7,82W	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,02	10	50%
AC-DC charger Type SI-15045 stand-by 1,37W	12	9	9	9	9	9	9	11,96	8,73	1	50%
andere (ICT,phone charger, tablet charger, strijkijzer, haardroger, scheermachine, tandenborstel, ..)	200	100	100	100	100	100	100	200,00	100,00	1	25%
<b>totaal</b>	<b>2962</b>	<b>1484</b>	<b>1484</b>	<b>1412</b>	<b>1412</b>	<b>1438</b>	<b>1438</b>				

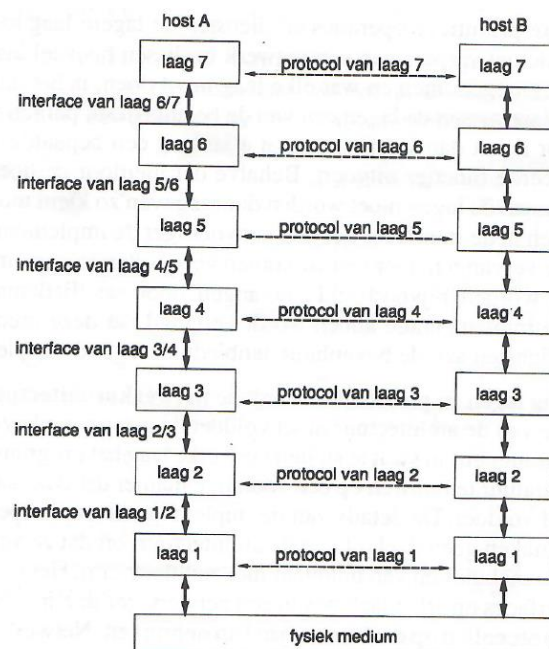


	jaarlijks verbruik per scenario								verbruik per unit		unit/jaar	flexibiliteit
	gas per jaar EE=laag no smart	gas per jaar EE=hoog no smart	WP per jaar EE=hoog no smart	gas per jaar EE=hoog smart EE	WP per jaar EE=hoog smart EE	gas per jaar EE=hoog smart EE+flex	WP per jaar EE=hoog smart EE+flex	per unit EE=laag	per unit EE=hoog	unit per jaar	% flex gebruik in tot kWh	
<b>Verlichting</b>	<i>kWh/jaar</i>								<i>W/m<sup>2</sup></i>		<i>h</i>	
Verlichting	705	270	270	194	194	194	194	5,5	1,4	1100	0%	
stand by 5 slimme lampen (1W EE laag/0,5W EE hoog standb	57	17	17	0	0	0	0	0,45	0,09	6760	0%	
<b>Totaal</b>	762	287	287	194	194	194	194					
<b>Koeling</b>	<i>kWh/m<sup>2</sup></i>								<i>kWh/m<sup>2</sup></i>		<i>m<sup>2</sup>/jaar</i>	
woning 71-90	160	0	0	0	0	0	0	3	0	187	25%	
BEN woning 2016	0	1069	1069	0	0	0	0	0	20	187	25%	
<b>Sanitair Warm Water</b>	<i>kWh/jaar</i>								<i>W/m<sup>2</sup></i>		<i>h</i>	
Warm water vraag boiler (4p.) (200 liter)	2117	2117	605	2117	605	2117	605				50%	
Stilstandverlies boiler (4p.)	1743	753	215	143	41	143	43				50%	
warmteverlies in leidingen	2											
<b>Totaal</b>	3860	2870	820	2260	646	2260	648					
<b>Verwarming (excl. Hulpenergie)</b>	<i>kWh/jaar</i>								<i>kWh/m<sup>2</sup></i>		<i>m<sup>2</sup>/jaar</i>	
woning 71-90	40579	0	0	0	0	0	0	217	0	187	50%	
BEN woning 2016	0	2805	801	2272	649	2272	682	0	15	187	50%	
<b>Hulpenergie van verwarming (excl. Ventilatie)</b>	<i>kWh/jaar</i>								<i>W/m<sup>2</sup></i>		<i>h</i>	
condensatieketel	636	636	0	515	0	515	0	3,4		187	0%	
warmtepomp	0	0	860	0	697	0	697	4,6		187	25%	
<b>Hulpenergie ventilatiesysteem</b>	<i>kWh/jaar</i>								<i>W/m<sup>3</sup></i>	<i>W/m<sup>3</sup></i>	<i>m<sup>3</sup>/h max.</i>	
woning 71-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
BEN woning 2016	1051	788	788	206	206	206	206	0,4	0,3	300	0%	
<b>Elektrisch voertuig</b>	<i>kWh/jaar</i>								<i>kWh/100 km</i>		<i>km</i>	
Elektrisch voertuig (Tesla) (10.000 km/jaar, 40A lader)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	20	10000	50%	
<b>Totaal</b>	<i>kWh/jaar</i>								<i>W/m<sup>2</sup></i>		<i>h</i>	
woning 71-90	50959	0	0	0	0	0	0					
BEN woning 2016	0	11939	8110	8859	5804	8885	5864					

## BIJLAGE C VERKLARING VAN ENKELE COMMUNICATIEBEGRIPPEN

Deze bijlage bevat enkele computernetwerk begrippen zoals gedefinieerd door A. Tanenbaum in het boek computernetwerken<sup>102</sup>.

Om de complexiteit van het onderwerp te verkleinen, worden de meeste netwerken opgezet als een reeks **lagen** of niveaus, elk gebouwd op zijn voorganger. Het aantal lagen, de naam van elke laag, de inhoud van elke laag en de functie van elke laag verschilt van netwerk tot netwerk. Maar in elk netwerk is het doel van elke laag het aanbieden van diensten aan de hogere lagen, om zo die lagen te beschermen tegen de details van de manier waarop de aangeboden diensten in feite geïmplementeerd zijn. Laag n op de ene machine voert een conversatie met de laag n op een andere machine. De regels en conventies die bij deze conversatie worden gebruikt, heten samen het **protocol** van laag n, zoals in Figuur 5-1 te zien voor een netwerk van zeven lagen. In werkelijkheid worden er geen data rechtstreeks van laag n op de ene machine naar laag n op de andere machine verzonden. Elke laag geeft data en besturingsinformatie namelijk door aan de laag die er onmiddellijk onder komt, tot op die manier de onderste laag bereikt wordt. Onder laag 1 komt het fysieke medium waarover de feitelijke communicatie plaatsvindt. Tussen twee opeenvolgende lagen bestaat er een interface. De **interface** definieert welke operaties en diensten de lagere laag aan de hogere aanbiedt. Het begrip interface wordt ook angewend om de interactie tussen verschillende systemen weer te geven (dus niet alleen tussen lagen). De verzameling lagen en protocollen wordt de **netwerkarchitectuur** genoemd. Een bepaalde stapel van lagen, met de bijhorende protocollen, wordt een **protocolstack** genoemd. De bovenste laag bevat de nuttige data, de gegevens die men wilt uitwisselen. Met een **datamodel** (ook informatiemodel of gegevensmodel genoemd) wordt beschreven hoe deze gegevens in een informatiesysteem gestructureerd zijn.



Figuur 5-1 Lagen, protocollen en interfaces<sup>102</sup>

<sup>102</sup> Computernetwerken, 1988, A. Tanenbaum, Prentice Hall