



Illustrator: Tomas Schats

BEWONERSGEDRAG NA RENOVATIE. WAAROM AFWIJKEND GEDRAG HEEL NORMAAL IS.

RESULTATEN VAN DE KORTE TERMIJN MONITORING

**M.E. Spiekman (TNO), S.U. Boess (TU Delft),
O. Guerra Santin (TU Eindhoven),
T.J.H. Rovers (Saxion), N. Nelis (Making Space)**

Maart, 2022

**IEBB
THEMA 2** 
DATAGEDREVEN OPTIMALISATIE
VAN RENOVATIECONCEPTEN

TNO innovation
for life

SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft het onderzoek naar bewonersgedrag na renovatie, uitgevoerd in het kader van het project Integrale Energietransitie in Bestaande Bouw Thema 2 - Datagedreven Optimalisatie van Renovatieconcepten (Activiteit 2, taak 2.1).

Achtergrond

Woningen en installaties worden steeds complexer. Om hoge prestaties van gebouwen te bereiken, speelt de interactie tussen bewoners, gebouw, installaties en omgeving een steeds crucialere rol. Slechte prestaties zijn een show-stopper voor de energietransitie. Het begrijpen en in kaart brengen van bewonersgedrag speelt hierbij een essentiële rol. De voorkeuren van de bewoners zijn onbekend en er is nog weinig kennis over de interactie tussen bewoners en renovatieconcepten. Ondanks dat energiezuinige concepten zoals mechanische vraaggestuurde ventilatie, balansventilatie, warmtepompen en lage temperatuur verwarming veelvuldig worden toegepast, zijn nog maar weinig renovatieconcepten in detail gemonitord. Wel zijn er aanwijzingen dat de binnenmilieukwaliteit en het comfort lang niet altijd goed zijn [1] en dat bewoners soms installatiecomponenten (zoals ventilatie) uitschakelen om bijvoorbeeld geluidsoverlast te beperken [2]. Ook zien we bij nieuwbouw en renovatieprojecten dat beoogde energieprestaties lang niet altijd worden gehaald (bijv. [3, 4, 5]). Dit leidt ertoe dat de nationale energiedoelstellingen niet worden gehaald, dat de energierekeningen hoger uitvallen dan verwacht en dat de terugverdientijd van energiebesparende maatregelen langer wordt.

Hoewel de invloed van bewonersgedrag op de gebouwprestaties onomstreden is, is er nog niet veel bekend over de interactie tussen gedrag en woningen, terwijl inzicht hierin cruciaal is voor het realiseren van goed presterende woningen.

Probleem

Het is duidelijk dat normaal gedrag dat in woningen plaatsvindt afwijkt van het gedrag dat van bewoners wordt verwacht bij het ontwerp van de systemen en van het gedrag dat wordt verondersteld in de energieprestatie methodiek (NTA8800). Door dit verschil in gedrag kunnen prestaties tegenvallen. Onderzoek naar dit verschil in gedrag en naar de interactie tussen bewoners en woningen is nog relatief nieuw en de schaarse resultaten worden niet teruggekoppeld naar de ontwerpers van gebouwen en systemen [11].

Onderzoeksvraag

Om inzicht te krijgen in het gedrag van bewoners, hebben we een onderzoek uitgevoerd waarin we in woningen hebben onderzocht welke interactie bewoners van gerenoveerde woningen hebben met de ventilatie- en verwarmingssystemen in hun woning. Het onderzoek omvatte twee bezoeken aan de woningen, binnenklimaat metingen gedurende drie weken en verzamelen van informatie via logboeken en interviews. Daarbij hebben we niet alleen gekeken naar de interactie zelf, maar vooral ook naar de redenen die bewoners hebben voor hun gedrag. We hebben dit gedrag afgezet tegen het gedrag dat van bewoners wordt verwacht bij het ontwerp van de

systemen en geanalyseerd wat de gevolgen zouden kunnen zijn van dat gedrag. De onderzoeksvragen van dit onderzoek luiden:

- Welk gedrag zien we in woningen, waardoor het energiegebruik van de woning voor verwarming en ventilatie wordt beïnvloed?
- In hoeverre wijkt dit gedrag af van de ontwerpaannames?
- Waarom wijkt dit gedrag af?
- Welke gevolgen heeft dat mogelijk voor de energie- en binnenluchtkwaliteitsprestaties van de woningen?
- Hoe kom je tot goed gebruikte systemen?

Belangrijkste bevindingen

Het onderzoek, dat heeft plaatsgevonden in 16 woningen, heeft geleid tot de volgende bevindingen:

Ventilatiegedrag: theorie versus praktijk

In de studie zaten 6 woningen met gebalanceerde ventilatie zonder CO₂-regeling. De ontwerper verwacht bij dit systeem dat het ventilatiesysteem in de middenstand wordt gezet als bewoners thuis zijn (los van koken/douchen). Bij 5 van de 6 woningen stond het ventilatiesysteem echter altijd in de laagstand.

Als reden hiervoor werd 2 keer geluidsoverlast van het ventilatiesysteem aangegeven. Tevens werd 2 keer aangegeven dat de bewoners de luchtkwaliteit goed vonden en daarom geen reden zagen om een hogere stand te gebruiken. En 1 keer gaf een bewoner aan dat het systeem niet aan stond (defect was), dus dat een hogere stand geen zin had. Echter, in de woningen van de bewoners die aangaven dat de binnenluchtkwaliteit goed was, bleek uit metingen dat het CO₂-niveau regelmatig boven de 1200 ppm uit kwam en dat de binnenluchtkwaliteit dus niet goed was. In de woning van de bewoner die dacht dat het ventilatiesysteem stuk was, bleek dat niet het geval te zijn. Hoger zetten van de ventilatie had daar wel degelijk zin gehad.

Een belangrijke conclusie uit deze studie is dat veel bewoners het ventilatiesysteem in een te lage stand hadden staan, maar dat ze daar goede redenen voor hadden. Hun gedrag is heel normaal gedrag in hun situatie. Vertellen dat ze de ventilatie beter in een hogere stand kunnen zetten zal niet zomaar helpen. Het voorkomen van geluidsoverlast en het geven van goede feedback over de werking van het systeem (staat het systeem aan, wat is de binnenluchtkwaliteit, wat kan je doen als de binnenluchtkwaliteit niet goed is) zal mogelijk wel helpen.

In de studie zaten 12 woningen met gebalanceerde ventilatie in de slaapkamers (met of zonder CO₂-regeling). Van die 12 woningen bleven in 6 woningen de slaapkamerramen dicht en in de andere 6 woningen werd er regelmatig of zelfs altijd (24/7) aanvullend geventileerd met ramen. Dat terwijl het vanuit energetisch oogpunt beter is om de ramen bij mechanische ventilatie in het stookseizoen gesloten te houden.

We hebben zowel gevraagd waarom bewoners de ramen openen, als waarom anderen juist de ramen gesloten hielden. Bewoners openen de ramen om slaapkamers af te koelen, omdat bewoners graag in koelere slaapkamers slapen (NB. Het gaat hier om het winterseizoen). Ook willen bewoners graag extra verse lucht toevoeren in de slaapkamer. Verder wordt het ventilatiesysteem niet altijd vertrouwd door de

bewoners: is het systeem wel in staat voldoende verse lucht aan te voeren? Staat het systeem wel aan? In een paar gevallen had de installateur zelfs verteld dat het verstandig was om aanvullend te ventileren met ramen.

Bewoners die de ramen juist gesloten hielden waren er ook. Zij vertrouwen juist wel op het systeem. Eén bewoner had zich erg goed ingelezen en kon het systeem zelf heel nauwkeurig op zijn wensen inregelen. Er was ook een bewoner die was verteld wat ze moest doen en zich daar heel nauw aan hield, omdat dat qua energiegebruik het zuinigste zou zijn.

Ook hier kan geconcludeerd worden dat het openen van ramen in slaapkamers normaal gedrag is gezien de situatie. Uitleggen dat het ventilatiesysteem in het stookseizoen zuiniger werkt zal mogelijk bij een deel van de bewoners helpen maar ook hier zal dat niet alles oplossen.

Verwarmingsgedrag: theorie versus praktijk

Ook wat betreft de verwarming gedroegen veel bewoners zich anders dan als uitgangspunt bij het ontwerp is aangehouden. En ook hier hadden bewoners een goede reden voor hun andere gedrag. Wat we vooral zagen is dat relatief veel bewoners overdag slaapkamers of werkkamers verwarmen (11 van de 16). Dit komt deels door de toename van het thuiswerken door Corona. De kans dat er in de toekomst meer ruimten in woningen verwarmd zullen worden is groot en het is belangrijk dat we daar bij het ontwerpen van verwarmingssystemen en het bepalen van de energieprestatie rekening mee gaan houden.

Bij vier woningen was het door de uitvoering van het verwarmingssysteem niet mogelijk om de verwarming in de slaapkamers uit te zetten: er zat geen knop op de convectoren in de slaapkamer waarmee die konden worden uitgezet. Dit werd als onplezierig ervaren: Velen gaven aan dat ze de slaapkamer in de winter liever koeler hadden en dat de enige manier om de slaapkamer koeler te krijgen was om het raam open te doen, terwijl hier de convector dan dus aan stond¹.

Onklaar gemaakte systemen

Vier bewoners hadden het ventilatiesysteem deels onklaar gemaakt. De belangrijkste redenen hiervoor waren geluidsoverlast van het systeem, tochtklachten en te koude inblaaslucht. Het onklaar maken varieerde van het s' nachts uitzetten van het systeem, het uitzetten van het systeem (stekker er uit) bij vorst, het uitzetten van de mechanische toevoer in de (gehele) winter en het verwijderen van decentrale toevoerventilatoren in binnendeuren.

Gebruiksaanwijzing

In zes woningen hadden de bewoners in eerste instantie de verkeerde instructie gekregen: een deel had te horen gekregen dat het beter was om ook met ramen extra te ventileren en een andere groep was in eerste instantie verteld dat het mechanische ventilatiesysteem op de laagste stand moest worden gezet, ook als ze thuis waren. Dat

¹ We hebben gezien dat bewoners bij goed geïsoleerde woningen de slaapkamer vaker te warm vinden om in te slapen, ook als de verwarming niet aan staat. Hier hebben we echter te maken met een andere situatie: namelijk één waarbij de slaapkamers te warm zijn doordat de verwarming aan staat en niet apart van de woonkamerthermostaat uit te zetten is.

laatste was op een later moment hersteld. Het is echter niet gek dat bewoners dan niet meer goed weten wat ze zouden moeten doen.

Ook bleken instructies niet altijd te kloppen bij de systeemcombinaties in de woningen: handleidingen bevatten soms beschrijvingen van functionaliteiten die in de woning niet aanwezig waren.

Het is belangrijk dat gebruikersinstructies duidelijk, correct en consequent zijn. Het is echter belangrijk om te realiseren dat gebruikersinstructies niet alles kunnen oplossen. De resultaten van dit onderzoek laten duidelijk zien dat gedrag van bewoners normaal gedrag is gezien de situatie en dat er goede redenen zijn voor het vertoonde gedrag. Die redenen zijn niet opeens verdwenen door duidelijke instructies.

Begrip van het systeem

We zagen dat de meerderheid van de bewoners redelijk goed kon uitleggen hoe het ventilatie- en verwarmingssysteem in hun woning werkt. Mogelijk is dit niet helemaal representatief voor Nederland, want een deel van de bewoners hadden relatief veel uitleg gehad. Des te belangrijker is de constatering dat bewoners die goed konden uitleggen hoe het systeem werkte, lang niet altijd het gedrag vertoonden dat aan hen was verteld als 'beste' gedrag. Ze weken bewust af van dit gedrag, omdat ze discomfort ervaarden. Dit terwijl ze wisten dat het systeem energetisch gezien daardoor minder goed zou functioneren.

Feedback

We hebben gezien dat het vertoonde gedrag deels het gevolg is van gebrek aan duidelijke feedback van het systeem aan de bewoners: geen feedback over de stand van het ventilatiesysteem wekte wantrouwen bij de bewoners. Deed het systeem het wel? Ook gebrek aan feedback over het binnenklimaat leidde tot specifiek gedrag: aan de ene kant namen bewoners geen actie terwijl dat eigenlijk wel nodig was, en aan de andere kant ondernamen bewoners onnodig actie omdat ze het systeem niet vertrouwden terwijl dat het prima deed.

Consequenties voor binnenluchtkwaliteit en energiegebruik

We zagen dat in 8 van de 16 woningen in de studie het CO₂-niveau regelmatig boven de 1200 ppm uit kwam. In woningen waarin aanvullend werd geventileerd met ramen, bleef in die vertrekken het CO₂-niveau laag genoeg. Te hoge CO₂-niveaus zagen we in situaties waarin de ramen dicht bleven en daarnaast de mechanische ventilatie in de laagstand stond, er veel personen in huis waren of de mechanische ventilatie (deels) onklaar was gemaakt. Daarnaast weten we dat aanvullend ventileren tijdens het stookseizoen met ramen in goed geïsoleerde woningen met gebalanceerde ventilatie tot extra energiegebruik zal leiden.

We hebben eerder laten zien dat dit gedrag van bewoners normaal gedrag is gezien de situatie. Dit verschil in gedrag kan er echter toe leiden dat de vanuit het ontwerp verwachte binnenluchtkwaliteit en energiebesparing in de praktijk niet gerealiseerd worden.

Conclusies

De resultaten leiden tot de volgende conclusies van het onderzoek:

Normaal gedrag

Uit de bevindingen blijkt dat het gedrag dat we zagen in de woningen normaal gedrag is, namelijk een normale reactie op de situatie in de woning. Ook als het gedrag niet overeenkomt met wat theoretisch het beste gedrag zou zijn is de reactie normaal. Helaas leidt dit normale gedrag met de systemen in de woningen niet altijd tot de meest energiezuinige situatie of tot een situatie met goede binnenluchtkwaliteit. De bevindingen hebben laten zien dat het niet zozeer het gedrag van de bewoners is wat dit veroorzaakt, maar dat het ontwerp van het systeem een belangrijke rol speelt in de totstandkoming van dit gedrag. Zo is het bijvoorbeeld logisch dat mensen het ventilatiesysteem op de laagstand zetten als het anders te veel lawaai maakt. Ook is het logisch dat mensen een raam open zetten, als ze merken dat hun luchtkwaliteit niet goed is, doordat ze bijvoorbeeld hoofdpijn krijgen.

Feedback

Ook goede feedback vanuit het systeem zal helpen: mensen weten nu niet waar ze aan toe zijn, of het systeem het wel goed doet en of het hoger zetten van het systeem helpt. De feedback zal wel duidelijk moeten zijn: mensen moeten begrijpen wat het betekent en geholpen worden in de acties die ze kunnen ondernemen, inclusief de consequenties die daarbij horen. Ook voor het ontwerpen van feedback systemen geldt: test het goed uit op je doelgroep en blijf dat doen. Alleen een grondig getest feedback systeem is een feedback systeem dat in de praktijk goed zal functioneren.

Gebruiksaanwijzing

Uitleggen aan bewoners hoe het systeem functioneert en welk gedrag goed functioneren bevordert, kan zeker geen kwaad. Maar het is normaal gedrag als mensen reageren op discomfort, bijvoorbeeld geluidsoverlast, en de uitleg daardoor niet volgen. Beter uitleggen helpt in dat geval niet, een beter ontwerp zonder discomfort wel. Als je bepaald gedrag van mensen verwacht is de eerste stap een goed ontwerp van het systeem. En bij een goed ontwerp hoort een grondige test in de praktijk hoe mensen ermee om gaan. Regelmatig horen we vergelijkingen met Apple als het gaat om intuïtief ontwerp. Wat men zich daarbij moet realiseren is dat Apple producten vaak intuïtief zo goed werken omdat zij hun ontwerpen uitvoerig testen en ook na introductie intensief blijven volgen en blijven snappen wat mensen goed vinden, niet goed vinden en wat hun wensen zijn.

Handleiding

Een goede en eenvoudige handleiding kan mogelijk ook helpen. Echter, idealiter zou een handleiding niet nodig moeten zijn. Handleidingen worden niet gelezen, raken zoek en ontbreken zeker bij de volgende bewoner vaak. Het schrijven van een goede handleiding kan echter wel een ontwerptool zijn: als de handleiding te ingewikkeld wordt, is het systeem mogelijk ook te ingewikkeld voor een bewoner om goed mee om te kunnen gaan. Bij nieuwe energiezuinige systeemontwerpen worden soms componenten gecombineerd op nieuwe manieren, waarbij de functionaliteit van de nieuwe combinatie

niet altijd in de afzonderlijke handleidingen beschreven is. Het feit dat handleidingen wettelijk niet aangepast mogen worden, kan leiden tot onbruikbare handleidingen of tegenstrijdigheid in de handleidingen. Handleidingen moeten op de geïnstalleerde situatie van toepassing zijn.

Hoe kom je tot goed gebruikte systemen?

Uit de resultaten en conclusies volgt een volgorde in de strategie om tot goed gebruikte installaties te komen:

- Stap 1 is een goed ontwerp. Waarbij een goed ontwerp, een ontwerp is dat is getest in de praktijk bij een diversiteit aan bewoners. Hiermee voorkom je zoveel mogelijk onverwacht (maar wél normaal) gedrag door discomfort en kan je daarop anticiperen door het ontwerp hierop aan te passen.
- Stap 2 is ondersteuning door feedback. Ook hier geldt dat goed ontworpen feedback altijd is getest op een diverse groep bewoners. Daarbij geeft feedback niet alleen de status aan, maar geeft ook handelingsperspectief: op basis van de feedback weet een bewoner wat zijn opties zijn en wat hij kan doen om de situatie naar zijn wensen aan te passen.
- Stap 3 is een goede gebruiksinstructie en handleiding die past bij de geïnstalleerde systeemoplossing en die ook goed is getest in de praktijk. Een goede instructie en handleiding kan helpen maar is echt pas stap 3 en niet stap 1 of de enige stap.

Vooruit kijken

Het doel van dit onderzoek is om te laten zien hoe de interactie tussen renovatieconcepten en gebruikers kan worden verbeterd. Met het onderzoek laten we zien dat voor het goed functioneren van renovatieconcepten we niet alleen naar de technische oplossingen moeten kijken, maar naar de technische oplossingen in hun toepassing. De systeemgrens voor het ontwerpen van goed functionerende innovaties ligt om de innovatie & de gebruiker heen: bij het ontwerpen van innovaties is de gebruiker deel van het systeem. Onderzoek naar hoe de gebruiker reageert op de innovatie is daarom deel van het ontwerpproces.

De aanpassingen die in woningen nodig zijn, zijn groot en gaan veel vragen van mensen. Zowel financieel als in hun manier van leven. Om draagvlak te behouden zal er naar een balans gezocht moeten worden: vraag niet dat mensen zich zondermeer aanpassen aan de techniek, maar ga slim ontwerpen zodat techniek en mensen samen de oplossing bereiken.

Met de resultaten van dit onderzoek is het mogelijk om verbeterde renovatieconcepten te ontwikkelen, die rekening houden met de interactie tussen systeem en gebruiker en waarmee systeem en gebruiker samen beter zullen presteren.

INHOUD

1.	Inleiding.....	8
2.	Onderzoeksmethode	11
2.1	Onderzoeksprocedure	11
2.2	Beschrijving van de testmethoden.....	12
2.3	Beschrijving van de huizen en huishoudens in het onderzoek	14
3.	Resultaten	15
3.1	De theoretische interactie tussen bewoner en hun woning	15
3.2	Bevindingen met betrekking tot ventilatiegedrag	16
3.3	Bevindingen met betrekking tot verwarmingsgedrag	22
4.	Conclusies	25
	Referenties	31
	Acknowledgement	32
	Bijlage A Bevindingen per bewoner	33

1. INLEIDING

Achtergrond

Woningen en installaties worden steeds complexer. Om hoge prestaties van gebouwen te bereiken, speelt de interactie tussen bewoners, gebouw, installaties en omgeving een steeds crucialere rol. Het gaat daarbij niet alleen om de energieprestatie van gebouwen, maar ook om kosten en of de bewoner een goed comfort en een goede kwaliteit van het binnenmilieu wordt geboden en of de bewoner tevreden is. Slechte prestaties zijn een show-stopper voor de energietransitie. Het is niet voor niets dat de markt steeds meer vraagt om een gegarandeerde energieprestatie. Voor veel nieuwe verdienmodellen is deze garantie zelfs een bestaansvoorwaarde.

Het begrijpen en in kaart brengen van bewonersgedrag speelt hierbij een essentiële rol. Renovatieconcepten zijn vaak niet toegesneden op bewoners, maar op het gebouw of op de voorkeuren van renovatieconsortia. De voorkeuren van de bewoners zijn onbekend en er is nog weinig kennis over de interactie tussen bewoners en renovatieconcepten. Ondanks dat energiezuinige concepten zoals mechanische vraaggestuurde ventilatie, balansventilatie, warmtepompen en lage temperatuur verwarming veelvuldig worden toegepast, zijn nog maar weinig renovatieconcepten in detail gemonitord. Wel zijn er aanwijzingen dat de binnenmilieukwaliteit en het comfort lang niet altijd goed zijn [1] en dat bewoners soms installatiecomponenten (zoals ventilatie) uitschakelen om bijvoorbeeld geluidsoverlast te beperken [2]. Ook zien we bij nieuwbouw en renovatieprojecten dat beoogde energieprestaties lang niet altijd worden gehaald (bijv. [3, 4, 5]). Dit wordt ook wel de prestatiekloof genoemd: Energiezuinige woningen verbruiken gemiddeld meer energie dan verwacht en energie-inefficiënte woningen verbruiken minder energie dan verwacht. Dit resulteert automatisch in een kloof tussen de voorspelde en de werkelijke energiebesparing na renovatie. Van den Brom [6] noemt dit "de energiebesparingskloof" en verwijst naar vele studies die aangeven dat de werkelijke energiebesparing na renovatie gemiddeld lager is dan verwacht. Dit leidt ertoe dat de nationale energiedoelstellingen niet worden gehaald, dat de energierekeningen hoger uitvallen dan verwacht en dat de terugverdientijd van energiebesparende maatregelen langer wordt.

Hoewel de invloed van bewonersgedrag op de gebouwprestaties onomstreden is, is er nog niet veel bekend over de interactie tussen gedrag en woningen, terwijl inzicht hierin cruciaal is voor het realiseren van goed presterende woningen. Hong [7] laat zien dat zeer energiezuinige gebouwen, NOM-woningen (nul-op-de-meter) en passiefhuizen in potentie een zeer lage CO₂-uitstoot hebben en een positieve invloed hebben op comfort, tevredenheid en productiviteit, maar "alleen als de gebouwen worden gebruikt zoals ze zijn ontworpen." Een voorbeeld uit de praktijk waar hiernaar gestreefd wordt is in Nul-op-de-Meter contracten. In deze contracten worden de prestaties van de woning duidelijk eenzijdig benaderd door met de bewoners een maximale insteltemperatuur en douchetijd af te spreken [8] of soms zelfs te beperken door de insteltemperatuur te maximaliseren en/of de hoeveelheid beschikbaar warm water te beperken [8].

Wolff [10] geeft echter een ander voorbeeld dat laat zien dat normaal gedrag in de praktijk kan afwijken van het theoretisch ontworpen gedrag: zij vindt een verhoogd ventilatievoud in gerenoveerde gebouwen en nieuwe gebouwen voor temperatuurregulering: "Het openen van de ramen is soms de enige optie om de kamertemperatuur snel te verlagen, vanwege de hogere binnenoppervlakte-temperatuur in gerenoveerde gebouwen".

Probleem

Het is duidelijk dat normaal gedrag dat in woningen plaatsvindt afwijkt van het gedrag dat van bewoners wordt verwacht bij het ontwerp van de systemen en van het gedrag dat wordt verondersteld in de energieprestatie methodiek (NTA8800). Door dit verschil in gedrag kunnen prestaties tegenvallen. Onderzoek naar dit verschil in gedrag en naar de interactie tussen bewoners en woningen is nog relatief nieuw en de schaarse resultaten worden niet teruggekoppeld naar de ontwerpers van gebouwen en systemen [11].

Onderzoeksvraag

Om inzicht te krijgen in het gedrag van bewoners, hebben we een onderzoek uitgevoerd waarin we in woningen hebben onderzocht welke interactie bewoners van gerenoveerde woningen hebben met de ventilatie- en verwarmingssystemen in hun woning. Daarbij hebben we niet alleen gekeken naar de interactie zelf, maar vooral ook naar de redenen die bewoners hebben voor hun gedrag. We hebben dit gedrag afgezet tegen het gedrag dat van bewoners wordt verwacht bij het ontwerp van de systemen en geanalyseerd wat de gevolgen zouden kunnen zijn van dat gedrag. De onderzoeksvragen van dit onderzoek luiden:

- Welk gedrag zien we in woningen, waardoor het energiegebruik van de woning voor verwarming en ventilatie wordt beïnvloed?
- In hoeverre wijkt dit gedrag af van de ontwerpaanname?
- Waarom wijkt dit gedrag af?
- Welke gevolgen heeft dat mogelijk voor de energie- en binnenluchtkwaliteitsprestaties van de woningen?
- Hoe kom je tot goed gebruikte systemen?

Met de resultaten van dit onderzoek is het mogelijk om verbeterde renovatieconcepten te ontwikkelen, die rekening houden met de interactie tussen systeem en gebruiker en waarmee systeem en gebruiker samen beter zullen presteren.

Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 beschrijven we de onderzoeksmethode. We laten zien wat we hebben gemeten en geven een overzicht van de woningen en huishoudens waar we hebben gemeten. In Hoofdstuk 3 beschrijven we de resultaten. Daarin zetten we het theoretische gedrag bij ontwerp van de systemen af tegen het gedrag dat we in de praktijk hebben gezien en beschrijven we onze bevindingen waarom de bewoners dit gedrag vertoonden. Ook kijken we in dit hoofdstuk naar de consequenties die dit gedrag heeft voor de energieprestatie en de binnenluchtkwaliteitsprestaties van de woning. In

hoofdstuk 4 beschrijven we tot slot de conclusies van het onderzoek, waarmee we een antwoord geven op de onderzoeksvragen.

2. ONDERZOEKSMETHODE

Om de interactie tussen gebruiker, gebouw en installaties te bestuderen, bezochten we 16 recent gerenoveerde lage-energie woningen. We gebruikten een combinatie van monitoring via sensoren en het verzamelen van informatie via vragenlijsten en interviews. In de volgende drie paragrafen beschrijven we de procedure die we hebben gevolgd om alle gegevens te verzamelen (2.1), de verschillende methoden die we hebben gebruikt om alle gegevens te verzamelen (2.2) en tot slot geven we een korte beschrijving van de woningen en huishoudens in het onderzoek (2.3).

2.1 Onderzoeksprocedure

De studieprocedure omvatte drie fasen: de inventarisatie, de monitoringperiode en het eindbezoek. Vooraf zijn 16 woningen geselecteerd. Deze woningen zijn aangedragen door de partners in het project. De selectiecriteria waren dat de woningen recent waren verduurzaamd, er meerdere woningen met hetzelfde renovatiepakket beschikbaar waren, en de bewoners bereid waren om mee te doen aan het onderzoek. Verder wilden we woningen met verschillende renovatiepakketten onderzoeken. De woningen zijn allemaal ruim voor het onderzoek gerenoveerd en de renovatiepartijen wisten tijdens de renovatie niet dat dit onderzoek plaats zou vinden. In 12 van de 16 woningen vonden door partners in het project wel andere onderzoeken plaats tijdens of na de renovatie. 15 van de 16 woningen zijn sociale huur woningen.

2.1.1 De inventarisatie

Tijdens de inventarisatie werden de technische gegevens van alle woningen verzameld op basis van informatie van de gebouweigenaar, de installatieleveranciers van de renovatiesystemen (bijvoorbeeld het mechanisch ventilatiesysteem), plattegronden en foto's genomen tijdens het eerste bezoek van het onderzoeksteam (zie 2.2.1). Ook werd een intakevragenlijst ingevuld door één van de bewoners van de woning, om achtergrondinformatie over de woning en het huishouden te verzamelen (zie 2.2.2).

2.1.2 De monitoringsperiode

De monitoringsperiode in een woning begon aan het eind van het eerste bezoek aan de woning. Tijdens dat bezoek werden verschillende sensoren in de woning geïnstalleerd (zie 2.2.3) en deze begonnen vanaf dat moment gegevens te verzamelen totdat zij tijdens het laatste bezoek, ongeveer drie weken later, werden verwijderd. De meeste bezoeken werden afgelegd in de eerste (winter)maanden van 2021.

De deelnemers aan het onderzoek werd gevraagd om op minimaal 4 dagen tijdens de monitoringsperiode, op 2 momenten van deze dagen, reflectieboekjes (zie 2.2.4) in te vullen. In deze reflectieboekjes werd de deelnemers gevraagd te reflecteren op hoe zij zich op dat moment in hun woning voelden. Daarnaast werd de deelnemers gevraagd om op die dagen flyers (zie 2.2.5) in te vullen die zijn geplaatst bij alle ramen, alle radiatoren, bij de afzuigkap, de schakelaar van het mechanische ventilatiesysteem en de thermostaat in de woonkamer. De deelnemers werd gevraagd deze in te vullen telkens

wanneer zij een instelling wijzigden (bv. een raam open of dicht doen, of de thermostaat hoger of lager zetten).

2.1.3 Het laatste bezoek

Aan het einde van de monitoringsperiode werden een of twee bewoners van de woning thuis geïnterviewd, volgens de "Walk through the house" methode (zie 2.2.6). Tijdens dit interview liepen de onderzoekers en de bewoners door het huis en bespraken zij het gebruikelijke verloop van hun dag en hoe zij hun huis gedurende de dag ervaren. Aan het einde van het bezoek verwijderden de onderzoekers alle sensoren.

2.2 Beschrijving van de testmethoden

Tijdens het onderzoek zijn in elke woning 6 testmethoden gebruikt: technische inventarisatie, intakevragenlijst, monitoring met sensoren, reflectieboekje, flyers en 'Walk through the house' interview.

2.2.1 Technische inventarisatie

Tijdens de technische inventarisatie werd alle technische informatie over de woningen verzameld, zoals plattegronden, soorten systemen, bouwjaar, etc. Er werden foto's genomen van de indeling en klimaatinstallaties in elke kamer.

2.2.2 Intakevragenlijst

De intakevragenlijst werd telefonisch afgenomen, om de contacttijd tussen de onderzoekers en de bewoners tijdens de Corona-pandemie te beperken. Samen met de technische informatie waren deze gegevens vooral achtergrondinformatie over het huishouden en het huis om context te geven aan de sensorgegevens die gedurende de 3 weken van monitoring werden verzameld. Bijvoorbeeld: een hoog CO₂-niveau in de keuken zou het gevolg kunnen zijn van koken op gas, door middel van de vragenlijst konden we het aanwezige type kooktoestel controleren.

2.2.3 Monitoring met sensoren

Alle woningen werden uitgerust met de volgende sensoren in alle kamers: een ruimtetemperatuursensor, een CO₂-sensor en een relatieve vochtigheidssensor. Bovendien werd op alle radiatoren een temperatuursensor geplaatst, om te meten of de radiator aan of uit stond. Er werd een vermogenssensor geplaatst op de mechanische ventilatie, om een indicatie te geven van het luchtdebiet van het systeem (laag, midden, hoog). De insteltemperatuur van het verwarmingssysteem werd gemeten, indien mogelijk. En de gegevens van alle slimme energiemeters werden verzameld. Alle sensoren hadden een meettijdstep van 10 minuten of korter en konden op afstand worden uitgelezen. Deze gegevens werden gebruikt om een objectief beeld te krijgen van de situatie in de woningen: welke kamers werden verwarmd, hoe warm werd het, koelde de kamer snel af of niet, wat was de binnenluchtkwaliteit (in termen van CO₂-niveau), enz.

2.2.4 Reflectieboekje

De bewoners is gevraagd de reflectieboekjes in te vullen op tenminste 4 dagen in de observatieperiode en tenminste 2 keer op die dagen. De boekjes leiden de bewoners langs vragen over de perceptie van hun comfort op dat moment, hun kledingniveau en hun wensen, gerelateerd aan de activiteiten vlak voor dat moment. De boekjes werden enkele dagen voor het uiteindelijke bezoek naar de onderzoekers gestuurd, zodat de informatie diende als voorbereiding op het interview.

2.2.5 Flyers

De bewoners werd gevraagd de flyers minstens 4 dagen tijdens de monitoringsperiode in te vullen. De flyers werden geplaatst bij alle ramen, alle radiatoren, bij de afzuigkap, de schakelaar van het mechanische ventilatiesysteem en de thermostaat in de woonkamer. De deelnemers werd gevraagd deze in te vullen op elk moment dat zij een instelling wijzigden. Zij vermeldden met name het tijdstip van de handeling, het soort handeling en de redenen achter de handeling. Bijvoorbeeld, op de flyer van het raam in een slaapkamer kon worden genoteerd: 22:43u - open - om de slaapkamer af te koelen ter voorbereiding op de slaap. Of op een flyer van de schakelaar van de mechanische ventilatie: 7:23u - draai naar niveau 3 (hoogste niveau) - om vocht te verwijderen tijdens het douchen. Op elke flyer stond een lijst van ongeveer 10 genummerde redenen voor acties die aan het specifieke apparaat waren gewijd, zodat mensen snel het nummer van de reden (of redenen) achter de actie konden noteren. Ze konden natuurlijk extra redenen aan de lijst toevoegen. Net als de reflectieboekjes werden de flyers naar de onderzoekers gestuurd vóór hun laatste bezoek, zodat de informatie diende als voorbereiding op het interview. De flyers dienden typisch ook om de bewoners bewuster te maken van hun handelingen, zodat ze daar tijdens het interview gemakkelijker op konden reflecteren ('walk through the house'). De meeste bewoners vulden de flyers veel vaker in dan alleen de minimale 4 dagen.

2.2.6 Interview: 'Walk through the house'.

De laatste testmethode die werd gebruikt was de 'Walk through the house', die werd gedaan tijdens het laatste bezoek. Tijdens dit gesprek werden verschillende vragen gesteld over tevredenheid, gezondheid, duurzaamheid en het mentale model (begrip) van de klimaatinstallaties in het huis. Verder liepen de onderzoeker en de bewoners samen door het huis, en volgden het verloop van de dag van de bewoners (bijv. beginnend in de slaapkamer, via de badkamer naar de keuken, etc.) en bespraken wat de bewoners gedurende de dag deden en hoe ze omgingen met hun huis en hoe ze hun omgeving ervaarden. Ze spraken ook samen over de ingevulde flyers en bespraken de acties die de bewoners al dan niet ondernamen, wat ze daarmee wilden bereiken en of ze tevreden waren met het resultaat. Typische bevindingen uit de monitoringgegevens werden besproken, bijvoorbeeld: "Op die dag zagen we hoge CO₂-niveaus, maar jullie ventileerden weinig. Deed u dat bewust? Kun je iets meer vertellen over dat moment?"

2.3 Beschrijving van de huizen en huishoudens in het onderzoek

Aan het onderzoek hebben 16 huishoudens deelgenomen die in 6 verschillende steden in Nederland woonden. Kenmerken van de huishoudens, woningen en de energiebesparende maatregelen in de woningen na renovatie zijn weergegeven in tabel 1. Diverse kenmerken zijn geaggregeerd om de privacy van de deelnemers te waarborgen.

Tabel 1. Kenmerken van de huishoudens, de woningen en de energiebesparende maatregelen in de 16 woningen na renovatie.

Type woning	Appartement	x	x	x	x													
	Eengezinswoning							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bouwjaar	<1945																x	x
	1946-1980	x	x	x	x	x	x	x		x		x						
	>1980										x		x					
Huishouden	Aantal volwassenen	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2		
	Aantal kinderen	2				1				2	1	2	1	1		1		
Isolatie	Goed (nageïsoleerd)	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Erg goed (naar passief-huis niveau)	x	x	x	x													
	Thermisch gecompartmenteerd ^a						x	x	x	x								
Verwarming ^b	(Hybride) warmtepomp	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x				
	CV-ketel ^c												x	x		x	x	x
Mechanische ventilatie	Gebalanceerd met WTW	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	CO ₂ -sensor in centraal afzuig kanaal						x		x						x	x	x	x
	Centrale en decentrale CO ₂ -sensoren ^d										x	x	x	x				

^a Thermisch onderverdeeld: beneden zeer goede isolatie, boven basisisolatie.

^b Eén woning had vloerverwarming in de woonkamer en radiatoren in de slaapkamers. De rest van de woningen had radiatoren en/of convectoren, een enkele keer aangevuld met infrarood panelen in de badkamer of slaapkamer.

^c De verwarmingsketel is tijdens de renovatie niet vervangen.

^d De centrale CO₂-sensor bevindt zich in de hal, daarnaast heeft elke kamer een decentrale CO₂-sensor.

3. RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek beschreven. De bevindingen zijn hieronder geclusterd per thema. Eerst worden de bevindingen met betrekking tot ventilatie besproken (3.2) en vervolgens met betrekking tot verwarming (3.3). We vergelijken het gedrag dat we in de praktijk zien met het theoretische gedrag dat wordt verondersteld in de energieprestatie methodiek voor BENG-eisen en labels en wordt gebruikt bij het ontwerpen van innovatieve technieken. We beginnen het hoofdstuk daarom met een overzicht van de theoretische interactie tussen bewoners en het verwarmings- en ventilatiesysteem in hun woning (3.1).

3.1 De theoretische interactie tussen bewoner en hun woning

In onderstaande tabel wordt het theoretische gedrag beschreven dat van bewoners verwacht wordt bij het ontwerp van het ventilatiesysteem en het verwarmingssysteem. Dit gedrag is afhankelijk van het systeem dat in de woning wordt aangebracht. De bron is het gedrag zoals dat is aangehouden in de NTA8800:2022 [12].

Tabel 2. Theoretisch gedrag.

Theoretisch ventilatiegedrag	<ul style="list-style-type: none"> - Als er in een woning een gebalanceerd mechanisch ventilatiesysteem is (wat het geval is in alle 16 woningen in ons onderzoek), wordt aangenomen dat dit systeem op het laagste niveau is ingesteld wanneer de bewoners niet thuis zijn, op het middelste niveau wanneer de bewoners thuis zijn en op het hoogste niveau wanneer de bewoners de douche gebruiken en tijdens het koken (als er geen afzuigkap is). - Als er een CO₂-regeling is, wordt aangenomen dat het systeem op de automatische regeling is ingesteld. - Er wordt van uitgegaan dat er geen extra ventilatie via ramen of gevelroosters plaatsvindt, behalve voor korte perioden (spuien).
Theoretisch verwarmingsgedrag	<ul style="list-style-type: none"> - Woonkamers en keukens worden verwarmd tot 20°C. Slaapkamers, logeerkamers en studeerkamers worden meestal verwarmd tot een veel lagere temperatuur. - In het hele huis wordt elke nacht een nachtverlaging tot 16°C toegepast. Behalve bij warmtepompen, waar voor een goede werking geen nachtverlaging wordt verondersteld, vanwege de traagheid van het systeem.

3.2 Bevindingen met betrekking tot ventilatiegedrag

3.2.1 Normaal versus theoretisch gedrag (zoals bij het ontwerp verondersteld)

Van de 16 huishoudens was het ventilatiegedrag van slechts 3 huishoudens zoals hierboven in tabel 2 beschreven. De overige 13 hadden echter een goede reden om zich anders te gedragen: dat andere gedrag was in hun situatie normaal gedrag, mogelijk normaler dan het hierboven beschreven theoretische gedrag. In bijlage A worden de bevindingen per woning uitgebreid beschreven. Samenvattend zijn onze bevindingen als volgt:

- Bij de 6 woningen met een ventilatiesystemen zonder automatische CO₂ regeling stond het systeem 5 keer ook bij aanwezigheid meestal in de laagstand. Bij 2 bewoners was geluidoverlast de reden om het systeem in de laagstand te zetten. Twee andere bewoners gaven aan dat er volgens hen in stand 1 voldoende luchtkwaliteit was. Dit bleek echter niet uit de metingen waarbij de CO₂ niveaus in die 2 woningen regelmatig boven de 1200 ppm uitkwamen. Het systeem gaf daar echter geen feedback over, dus dat konden de bewoners niet weten. De 5^e bewoner gaf aan dat het ventilatiesysteem uit stond (defect was), want hij hoorde niets en kreeg ook op geen andere manier feedback van het systeem. Er was bij deze bewoner daarom ook geen prikkel om het systeem hoger te zetten.
- In veel woningen werd aanvullend, in veel gevallen uren of zelfs dagen, geventileerd met ramen en/of roosters, iets dat volgens de theoretische ontwerpaannames niet gebeurt. Vooral in de slaapkamers staan regelmatig ramen open: in 6 woningen regelmatig 's nachts of zelfs altijd. Feitelijk werd in 10 woningen in slaapkamers geventileerd met ramen, want die 6 zijn exclusief de 4 woningen met thermische compartimentering. In die 4 woningen met thermische compartimentering wordt als onderdeel van het concept ook met slaapkamerramen geventileerd, maar dat is uiteraard hier de bedoeling. In keukens gaan nog wel eens deuren en ramen open tijdens en na het koken. In een enkel huis staan roosters de hele dag open in de woonkamer. De redenen van extra ventileren in de slaapkamer zijn:
 - de slaapkamer afkoelen om koeler te slapen,
 - stof sneller afvoeren dan het mechanische systeem kan,
 - het toevoeren van extra verse lucht,
 - omdat de installateur het gezegd had,
 - omdat een bewoner niet goed kan slapen door warmte en met hoofdpijn wakker wordt,
 - omdat het ventilatiesysteem geen feedback geeft en er daarom niet op vertrouwd wordt dat het systeem voldoende frisse lucht geeft of de bewoner zelfs denkt dat het systeem stuk is.
- Bewoners die in het stookseizoen de slaapkamer ramen dicht laten doen dat ook om verschillende redenen:
 - sommigen vertrouwen op het ventilatiesysteem,
 - meerdere bewoners is verteld dat ze dit zo moeten doen omdat het systeem dan goed werkt en zij doen het graag zoals het moet,

- één bewoner heeft zich in het systeem verdiept en was in staat het systeem zelf na te regelen en heeft er daarom vertrouwen in dat het goed werkt en geen aanvullende ventilatie met ramen nodig is.
- In 5 woningen wordt regelmatig de keukendeur opengezet voor extra ventilatie voor het afvoeren van vocht tijdens en na het koken. In 3 van die woningen was geen afzuigkap aanwezig.
- Van de 3 huishoudens die het volledige theoretische gedrag lieten zien, hoorden we de volgende redenen: 1 van de bewoners hield zich secuur aan de instructies die ze had gehad omdat haar woning dan het zuinigste zou zijn. Zelfs bij discomfort greep ze niet in en bleef ze hetzelfde doen. Een andere bewoner had zich flink verdiept in de werking van het systeem en wist er zoveel van dat hij het in detail zelf kon inregelen. Daarmee kon hij discomfort die hij ervaarde deels verminderen, helemaal wegnemen kon hij het overigens niet. De derde bewoner gaf aan tevreden te zijn met het systeem en derhalve geen reden te zien iets anders te doen.

3.2.2 CO₂-regeling

Veel woningen hadden een CO₂-regeling in het ventilatiesysteem (centraal of decentraal). De bevindingen hierbij waren als volgt:

- Van de woningen met CO₂ regeling op het ventilatiesysteem had 1 bewoner de regeling uitgezet en stond deze standaard op stand 2. De reden was dat de bewoner zo had uitgevonden dat hij geen condensatie kreeg en hier goede ervaringen mee had.
- Ook zagen we dat verschillende bewoners de ventilatie handmatig op de hoogstand zetten als het CO₂ lampje op het display in de woonkamer oranje of rood gaat branden. Het is de bewoners niet duidelijk wat de kleuren op het feedbackpaneel precies betekenen en wat ze moeten doen als de kleur verandert.
- In 8 woningen zit er een CO₂-regeling in de slaapkamers. In 5 van die 8 woningen wordt er in de slaapkamers aanvullend geventileerd met ramen en soms tevens met roosters. In die woningen is de luchtkwaliteit goed (CO₂-niveau < 1200 ppm). In de 3 woningen waarin niet aanvullend wordt geventileerd met ramen en roosters, is de luchtkwaliteit in de slaapkamers regelmatig onvoldoende (>1200 ppm). Mogelijke oorzaken zijn de volgende: In één van die drie woningen is het mechanische ventilatiesysteem deels onklaar gemaakt (zie paragraaf 3.2.3). In een andere woning wordt een slaapkamer als werkkamer gebruikt en heeft de bewoner de decentrale ventilatie in verband met geluidsoverlast van de ventilator mogelijk iets te laag afgesteld. In de derde woning verblijven regelmatig veel bewoners en mogelijk is de capaciteit van de mechanische ventilatie daar te laag.

3.2.3 Onklaar gemaakte systemen

Er waren ook bewoners die het ventilatiesysteem deels uitgezet hadden of deels onklaar hadden gemaakt:

- Eén bewoner had zelf een schakelaar aangebracht in de gang waarmee ze het hele mechanische ventilatiesysteem kon uitzetten. Dat deed ze elke nacht en soms overdag. De reden hiervoor waren ernstige tochtklachten en geluidsoverlast van de mechanische ventilatie.
- Eén bewoner had de decentrale regeling in de vertrekken geheel uitgeschakeld, waardoor er geen mechanische toe- en afvoer meer in de slaapkamers plaats vond. Ook hier was de reden ernstige tochtklachten.
- In één woning was in de winter het mechanische toevoer systeem volledig uitgeschakeld en functioneerde uitsluitend het afzuigsysteem (er waren overigens geen gevelroosters aanwezig in de woning voor luchttoevoer). Wederom vanwege tochtklachten door te lage temperatuur van de inblaaslucht.
- En in één woning werd bij vorst de stekker uit het ventilatiesysteem getrokken. De bewoner wil dit eigenlijk altijd doen bij vorst maar schrok van de foutmelding die hij kreeg en durft het nu niet meer. De reden was de te lage temperatuur van de inblaaslucht in combinatie met de locatie van de luchtinlaat.

3.2.4 Bewonersinstructies

In meerdere woningen hebben bewoners verkeerde instructies gehad over de bediening van het ventilatiesysteem of het wel of niet openen van ramen. In sommige gevallen is later een nieuwe (correcte) instructie gegeven, maar in andere gevallen niet. Een verkeerde instructie beïnvloedt het gedrag uiteraard: bewoners zijn geneigd de installateur te geloven. Hoe kunnen we verwachten dat bewoners bepaald gedrag laten zien als installateurs het niet weten en het verkeerd uitleggen? En gaat dat vaker voorkomen als renovatieconcepten steeds complexer worden en als er in korte tijd veel installateurs bijkomen vanwege het grote aantal renovaties dat staat te gebeuren? Zijn de systemen dan te complex of is dit met betere opleiding van installateurs te ondervangen? In één geval paste de gebruiksinstructie niet bij het systeem omdat componenten van verschillende leveranciers gecombineerd waren op een manier die niet voorzien was in de respectievelijke gebruiksinstructies. De bijeengevoegde instructies eisten handelingen van bewoners die geen effect hadden in het systeem, en fysiek en cognitief onuitvoerbaar waren. Pogingen om een voor gebruikers uitvoerbare instructie te maken werden geweigerd door de leveranciers, omdat de instructie wettelijk niet veranderd mocht worden ten opzichte van de standaard instructie van elk onderdeel.

3.2.5 Ontbrekende feedback vanuit het systeem

Een van de opvallende bevindingen is dat gedrag deels het gevolg is van gebrek aan feedback vanuit het systeem:

- In meerdere woningen is er geen feedback vanuit het ventilatiesysteem over de stand waar het systeem op staat en of het systeem wel werkt. Daardoor ontstaat wantrouwen van de bewoners naar het systeem: bewoners weten niet of het systeem werkt, zeker als het systeem al meerdere keren stuk is geweest, wat geen uitzondering was.
- Gebrek aan begrijpelijke feedback leidde bij meerdere bewoners tot ander gedrag dan het hierboven beschreven 'verwachte' gedrag, zoals het aanvullend openen van ramen. Dit geeft aan dat feedback vanuit het systeem belangrijk is voor het goed functioneren ervan.

3.2.6 Begrip

Vaak wordt gezegd dat het beter uitleggen van de werking van het systeem en hoe het te bedienen helpt om gedrag te beïnvloeden. We hebben daarom gekeken of de bewoners de werking van het ventilatiesysteem begrepen:

- Een meerderheid van de bewoners kan redelijk goed uitleggen hoe het ventilatiesysteem werkt.
- Eén van de bewoners die niet kon uitleggen hoe het ventilatiesysteem werkt was juist een van de weinige bewoners die het systeem precies zo gebruikte zoals het hem was uitgelegd.
- Daarentegen hadden diverse bewoners die het goed konden uitleggen hun gedrag om eerder genoemde redenen juist aangepast. Sommigen wilden zich eigenlijk graag gedragen zoals het ze verteld was, maar weken daar heel bewust van af vanwege discomfort. Ze wisten dat dit zou leiden tot minder zuinig gebruik, hoewel sommigen juist veel waarde hechtten aan energiezuinigheid. Het oplossen van het discomfort was voor hen belangrijker. Hieruit blijkt dat goed uitleggen aan bewoners hoe het ventilatiesysteem functioneert en welk gedrag 'verwacht' wordt, niet voldoende is als je wilt dat bewoners bepaald gedrag vertonen. Een goede uitleg zal zeker bijdragen, maar veel effectiever is om te begrijpen waarom bewoners dit andere gedrag vertonen en daarop inspelen met het ontwerp van de systemen en bedieningselementen.

3.2.7 Tevredenheid

We hebben ook gekeken in hoeverre mensen tevreden zijn over het ventilatiesysteem. Het is goed om te starten met de bevinding dat veel mensen blij zijn met de renovatie: de aanpassingen gaven een grote verbetering in wooncomfort ten opzichte van de situatie ervoor. In vrijwel alle huizen was het na renovatie veel comfortabeler en was het energiegebruik veel lager dan ervoor. Er waren echter ook dingen waar mensen minder tevreden over waren:

- De geïnterviewde bewoners van de zeer goed geïsoleerde woningen geven vrijwel alle vier aan dat er veel stof in de woning is na renovatie en ook dat de lucht droog is. Twee bewoners vinden het systeem te veel geluid maken (en hebben hem daardoor in de laagstand staan). Drie van de vier bewoners vinden dat het systeem te weinig feedback geeft over of en hoe goed de ventilatie werkt, de vierde is zich nauwelijks bewust dat het systeem er is. Er zijn geen problemen met tocht. Een bewoner heeft last van hoofdpijn en associeert dat met te weinig verse lucht.
- De bewoners van de woningen met de thermische zonering zijn over het algemeen tevreden over de luchtkwaliteit in hun woning en hebben geen last van tocht. Eén bewoner vindt de lucht te droog en een andere zou graag op de slaapkamers meer willen ventileren maar in verband met inbraakrisico heeft die de ramen minder open dan gewenst.
- De bewoners van de woningen met het decentrale ventilatiesysteem zijn verdeeld enthousiast. Allen hebben ze last van het geluid van de lokale ventilatoren of het centrale systeem en ook allemaal ervaren ze tocht van de inblaas in het trapgat. Eén bewoner heeft het systeem in detail op zijn eigen wensen kunnen afstellen, al is daardoor niet al het discomfort opgelost. Twee bewoners hebben het systeem gedeeltelijk uitgezet om hun discomfort te verminderen. De vierde bewoner vindt het idee goed dat het systeem uit zichzelf de luchtkwaliteit regelt, alleen constateert deze bewoner dat het systeem dat niet goed doet.
- De bewoners van het mechanische ventilatiesysteem met CO₂ regeling op basis van een CO₂ sensor in het afvoerkanaal zijn overwegend tevreden met het ventilatiesysteem. Eén bewoner is wel ontevreden: voor hem is de inblaastemperatuur veel te laag en hij heeft het toevoersysteem daarom in de winter uitgeschakeld. Een andere bewoner had ook last van koude inblaas, maar uitsluitend als het buiten vroom. Zijn oplossing was om de stekker eruit te trekken, al durft hij dat niet meer omdat het systeem daardoor op error sprong. Verder is hij wel tevreden, al vond hij de grote kanalen in zijn woning niet leuk omdat dit ten koste gaat van kastruimte. De andere twee bewoners zijn overwegend tevreden.
- Bij de vraagstelling over tevredenheid viel op dat als je een algemene vraag stelt, mensen snel zeggen dat ze tevreden zijn, maar als je dan specifiekere vragen gaat stellen er soms zaken naar boven komen waar mensen niet tevreden over zijn. Mogelijk omdat ze daar zelf een oplossing voor hebben gevonden. Zo antwoordde een bewoner op de vraag of ze tevreden is over de woning met betrekking tot geluid dat ze heel tevreden was (7 uit 7), terwijl ze vertelde dat ze het ventilatiesysteem in de laagstand zet omdat het systeem op een hogere stand teveel geluid maakt. Dus een antwoord dat iemand tevreden is kan niet zondermeer geïnterpreteerd worden als dat het systeem op dat punt goed functioneert. In dit geval was het geluidsprobleem opgelost, maar ging dat wel ten koste van de binnenluchtkwaliteit.

3.2.8 Consequenties voor de binnenluchtkwaliteit

Welke consequenties heeft het voor de binnenluchtkwaliteit (CO₂ niveau) als de normale reactie van huishoudens op de situatie in de woning leidt tot ander gedrag dan de ontwerpers hadden beoogd? Hieronder is wat we hebben geconstateerd:

- In 8 van de 16 woningen was het gemeten CO₂ niveau in de slaapkamers en werkkamers regelmatig boven de 1200 ppm. In de andere 8 woningen was het gemeten CO₂ niveau in de slaapkamers en werkkamers doorgaans lager dan 1200 ppm.
- Voor alle woningen met lage CO₂ niveaus in de slaapkamer gold dat daar ramen open stonden.
- Daarentegen waren de ramen in kamers met regelmatig te hoge CO₂ niveaus op die momenten dicht. Het mechanische ventilatiesysteem was daar niet in staat een goede luchtkwaliteit te realiseren. Daarvoor waren verschillende redenen:
 - in sommige woningen stond het ventilatiesysteem op stand 1,
 - in één woning waren 's nachts vaak 5 mensen aanwezig en mogelijk was het mechanische ventilatiesysteem daar niet op afgestemd,
 - in 2 woningen was het ventilatiesysteem deels of geheel uitgeschakeld,
 - en in de laatste woning was de hoeveelheid decentrale ventilatie handmatig verlaagd om zo het geluidniveau van de lokale ventilator te verlagen.
- Als we kijken naar de 3 woningen waar de bewoners het gedrag vertoonden dat eerder als 'verwacht' was bestempeld, is slechts in 1 van die woningen het CO₂ niveau in alle slaapkamers en werkkamers doorgaans laag genoeg. En dat betrof één van de woningen met thermische zonering waar in de slaapkamers en werkkamers met open ramen wordt geventileerd.
- Als we kijken naar woonkamers en keukens (waar niet op gas wordt gekookt) zien we dat de CO₂ niveaus vaker laag zijn zonder dat er ramen open staan. Ook hier zien we enkele woningen met te hoge CO₂ niveaus. In die situaties zie je dat het mechanische ventilatiesysteem regelmatig in stand 1 staat of dat het mechanische systeem deels is uitgeschakeld.

3.2.9 Consequenties voor het energiegebruik

Ook heeft het mogelijk consequenties voor het energiegebruik van een woning als de normale reactie van huishoudens op de situatie in de woning leidt tot ander gedrag dan de ontwerpers hadden beoogd. Het effect van het gedrag op het energiegebruik is niet gemeten, maar te beredeneren is dat hier het omgekeerde beeld geldt als voor de binnenluchtkwaliteit:

- Het is te verwachten dat het werkelijke energiegebruik voor verwarming van woningen hoger is dan het theoretische energiegebruik conform NTA8800 als in het stookseizoen naast het mechanische ventilatiesysteem extra wordt geventileerd met ramen. De energiebesparing die bij de ventilatoren optreedt als het

mechanische ventilatiesysteem in werkelijkheid op een lagere stand staat dan bij de theoretische bepaling wordt aangehouden zal dit niet kunnen compenseren.

- Daarentegen zal het werkelijke energiegebruik lager zijn dan het theoretische energiegebruik als het mechanische ventilatiesysteem op een te lage stand staat en ramen dicht blijven. Dit is echter een energiebesparing die ten koste gaat van een goede luchtkwaliteit, zoals hierboven is getoond.

3.3 Bevindingen met betrekking tot verwarmingsgedrag

3.3.1 Normaal versus theoretisch gedrag (zoals bij het ontwerp verondersteld)

Van de 16 huishoudens was het verwarmingsgedrag van slechts 4 huishoudens zoals in tabel 2 beschreven. De overige 12 hadden echter een goede reden om zich anders te gedragen: dat andere gedrag was in hun situatie normaal gedrag, mogelijk normaler dan het hierboven beschreven theoretische norm gedrag zoals bij het ontwerp is verondersteld. Onze bevindingen waren als volgt:

- Wat betreft de nachtverlaging is het gedrag redelijk in lijn met het in tabel 2 beschreven theoretische gedrag: In 2 van de 10 woningen met een warmtepomp passen de bewoners nachtverlaging toe van zo'n 3 graden, bij de rest zien we geen of nauwelijks nachtverlaging. De bewoners van woningen met een CV ketel verlagen juist allemaal 's nachts de thermostaat, de ene wat meer dan de andere.
- We zagen echter dat er in veel woningen slaapkamers of werkkamers overdag en 's avonds worden verwarmd (11 van de 16). Dat komt deels omdat mensen door Corona steeds meer thuis werken of thuis studeren. In 5 van de 16 woningen worden geen slaapkamers of werkkamers verwarmd. Voor de 4 zeer goed geïsoleerde woningen gold echter dat de slaapkamers weliswaar allemaal verwarmd werden, maar daar was dat niet omdat de bewoners dat wensten: de verwarming in die slaapkamers kon niet apart geregeld worden van de woonkamer en slaapkamers waren soms uit zichzelf warmer dan de woonkamer, zelfs wanneer er niemand aanwezig was. Hier zien we dat er weliswaar een afwijking is met het theoretische gedrag, maar dat deze niet door gedrag van bewoners wordt veroorzaakt, maar door de technische eigenschappen van het systeem. Iets dat overigens in de energieprestatie methodiek niet wordt bestraft.
- Veel bewoners vonden het gebrek aan flexibiliteit van het verwarmen van de woning overigens ongewenst. Dit betrof overigens niet alleen bewoners van de zeer goed geïsoleerde woningen. In de zeer goed geïsoleerde woningen gaven veel bewoners aan dat ze de slaapkamer liever koeler hadden en dat de enige manier om de slaapkamer koeler te krijgen in de winter was om het raam open te doen. Maar ook bewoners van andere woningen gaven aan dat de slaapkamer na renovatie veel warmer was geworden en ze daarom hun raam graag openzetten. Bewoners van woningen met een warmtepomp deden dat echter toch niet altijd omdat dit systeem traag reageert: de ervaring was dat als de temperatuur teveel afnam, het lang kon

duren voor de ruimte weer was opgewarmd. Daarmee was ook die controle voor die bewoners beperkt.

- Ook bij de minder geïsoleerde verdieping van de woningen met thermische zonering werden bij 2 van de 4 woningen één of meer van de slaapkamers verwarmd. Zeker bij bewoners met schoolgaande of studerende kinderen is dit te verwachten en dit zal ook met het thuiswerken nog vaker voor gaan komen. Het idee van het concept is dat de kamers op de verdieping in principe niet verwarmd worden. De praktijk komt daar niet geheel mee overeen.

3.3.2 Tevredenheid

We hebben ook gekeken in hoeverre mensen tevreden zijn over het verwarmingssysteem. Ook hier willen we benadrukken dat mensen blij zijn met de renovatie: de aanpassingen gaven een grote verbetering in wooncomfort ten opzichte van de situatie ervoor. In vrijwel alle huizen was het na renovatie veel comfortabeler en was het energiegebruik veel lager dan ervoor.

- Van de bewoners met een warmtepomp waren 3 van de 10 bewoners overwegend tevreden. Aspecten waar bewoners minder tevreden over waren zijn de volgende:
 - De stralingswarmte, die er bij een hoge temperatuur radiator wel is, wordt gemist.
 - Eén bewoner wilde een hogere temperatuur in de woning dan de warmtepomp kon leveren. Meerdere bewoners (met radiatoren/convectoren) hadden last van een koude vloer.
 - Meerdere bewoners waren ontevreden over de controle van de verwarming: de temperatuur was niet goed te regelen en af te stemmen op hun wensen.
 - Ook zouden de bewoners meer differentiatie willen van de temperatuur: zowel over de dag ('s ochtends wat kouder, 's avonds wat warmer), als over de woning (woonkamer warmer, slaapkamer kouder). Het was echter niet goed mogelijk om dit te regelen.
 - Een bewoner heeft schoolgaande kinderen die overdag in een warme slaapkamer willen studeren en 's nachts in een koele slaapkamer willen slapen. Daarvoor staan de ramen 's nachts open. 's Ochtends heeft de warmtepomp geen capaciteit genoeg om de slaapkamers snel op te warmen en zitten de kinderen de eerste uren in de kou.
 - Bewoners hadden last van het gebrek aan feedback van het systeem: wanneer staat het systeem aan en hoe lang duurt het voor de ruimte is opgewarmd? Eén bewoner heeft zelfs 2 weken gewacht op het opwarmen van haar huis. Ze wist dat de opwarming traag zou zijn. De warmtepomp bleek echter stuk te zijn. De bewoner kreeg daar geen feedback over en heeft 2 weken voor niets in de kou gezeten.
 - 4 bewoners hebben één of meer elektrische bijverwarmers in huis. Voor zover bekend wordt deze door 1 bewoner regelmatig gebruikt. Een andere bewoner

- zou hem wel willen gebruiken, maar hij stinkt dus zet ze hem toch maar niet aan.
- Bij de woningen met thermische zonering en warmtepompen was 1 bewoner geheel tevreden. De overige bewoners noemden de volgende zaken:
 - Er is een te groot temperatuurverschil tussen beneden en boven
 - De begane grondvloer is koud
 - Het wordt beneden niet warm genoeg
 - Het duurt lang voor de woning op temperatuur is als je de temperatuur verhoogt
 - De warmtepomp maakt teveel lawaai
 - Van de bewoners met een CV-ketel waren de meeste bewoners tevreden met de verwarming. De klachten in die woningen hebben vooral met het ventilatiesysteem te maken (5 van de 6 bewoners hebben last van te koude inblaaslucht en/of tocht door het ventilatiesysteem).

3.3.3 Consequenties voor het energiegebruik

Ook heeft het mogelijk consequenties voor het energiegebruik van een woning als de normale reactie van huishoudens op de situatie in de woning leidt tot ander gedrag dan de ontwerpers hadden beoogd. Het effect van het gedrag op het energiegebruik is niet gemeten, maar de consequenties zijn logisch te beredeneren. Deze variëren wel per renovatieconcept:

- Bij de 4 zeer goed geïsoleerde woningen zal het mee verwarmen van de slaapkamers op basis van de woonkamer thermostaatstand tot een hoger werkelijk energiegebruik leiden. Dit wordt echter veroorzaakt door de uitvoering van het systeem zelf, terwijl in de berekening van het theoretische energiegebruik wordt aangenomen dat een bewoner de slaapkamers onverwarmd laat. De bewoner kan hier niets aan veranderen.
- Bij de woningen met thermische zonering zal het verwarmen van slaapkamers op de minder goed geïsoleerde verdieping tot een hoger werkelijk energiegebruik leiden. Dit extra energiegebruik zal groter zijn dan bij woningen met verwarmde slaapkamers waar de bovenverdieping wel goed geïsoleerd is.
- Het al dan niet toepassen van nachtverlaging bij warmtepompen zal ook tot een verschil tussen werkelijk en theoretisch energiegebruik leiden. Hier spelen echter veel factoren een rol die zowel tot meer als minder energiegebruik kunnen leiden (de COP wordt negatief beïnvloed bij nachtverlaging, maar het warmteverlies wordt positief beïnvloed).

4. CONCLUSIES

We begonnen het onderzoek met de volgende onderzoeksvragen:

- Welk gedrag zien we in woningen, waardoor het energiegebruik van de woning voor verwarming en ventilatie wordt beïnvloed?
- In hoeverre wijkt dit gedrag af van de ontwerpaannames?
- Waarom wijkt dit gedrag af?
- Welke gevolgen heeft dat mogelijk voor de energie- en binnenluchtkwaliteitsprestaties van de woningen?
- Hoe kom je tot goed gebruikte systemen?

De eerste vier vragen zijn beantwoord in de resultaten, zoals beschreven in hoofdstuk 3. In paragraaf 4.1 volgt een samenvatting van de belangrijkste bevindingen. In paragraaf 4.2 volgen de conclusies die we uit de bevindingen kunnen trekken, waarmee we tevens de laatste onderzoeksvraag beantwoorden.

4.1 Belangrijkste bevindingen

Ventilatiegedrag: theorie versus praktijk

In de studie zaten 6 woningen met gebalanceerde ventilatie zonder CO₂-regeling. De NTA 8800 norm verwacht bij dit systeem dat het ventilatiesysteem in de middenstand wordt gezet als bewoners thuis zijn (los van koken/douchen). Bij 5 van de 6 woningen stond het ventilatiesysteem echter altijd in de laagstand.

Als reden hiervoor werd 2 keer geluidoverlast van het ventilatiesysteem aangegeven. Tevens werd 2 keer aangegeven dat de bewoners de luchtkwaliteit goed vonden en daarom geen reden zagen om een hogere stand te gebruiken. En 1 keer gaf een bewoner aan dat het systeem niet aan stond (defect was), dus dat een hogere stand geen zin had. Echter, in de woningen van de bewoners die aangaven dat de binnenluchtkwaliteit goed was, bleek uit metingen dat het CO₂-niveau regelmatig boven de 1200 ppm uit kwam en dat de binnenluchtkwaliteit dus niet goed was. In de woning van de bewoner die dacht dat het ventilatiesysteem stuk was, bleek dat niet het geval te zijn. Hoger zetten van de ventilatie had daar weldegelijk zin gehad.

Een belangrijke conclusie uit deze bevindingen is dat veel bewoners het ventilatiesysteem in een te lage stand hadden staan, maar dat ze daar goede redenen voor hadden. Hun gedrag is heel normaal gedrag in hun situatie. Vertellen dat ze de ventilatie beter in een hogere stand kunnen zetten zal niet zomaar helpen. Het voorkomen van geluidoverlast en het geven van goede feedback over de werking van het systeem (staat het systeem aan, wat is de binnenluchtkwaliteit, wat kan je doen als de binnenluchtkwaliteit niet goed is) zal mogelijk wel helpen.

In de studie zaten 12 woningen met gebalanceerde ventilatie in de slaapkamers (met of zonder CO₂-regeling). Van die 12 woningen bleven in 6 woningen de slaapkamerramen dicht en in de andere 6 woningen werd er regelmatig of zelfs altijd (24/7) aanvullend geventileerd met ramen. Dat terwijl het vanuit energetisch oogpunt beter is om de ramen bij mechanische ventilatie in het stookseizoen gesloten te houden.

We hebben zowel gevraagd waarom bewoners de ramen openden, als waarom anderen juist de ramen gesloten hielden. Bewoners openden de ramen om slaapkamers af te koelen, omdat bewoners graag in koelere slaapkamers slapen (NB. Het gaat hier om het winterseizoen). Ook willen bewoners graag extra verse lucht toevoeren in de slaapkamer. Verder wordt het ventilatiesysteem niet altijd vertrouwd door de bewoners: is het systeem wel in staat voldoende verse lucht aan te voeren? Staat het systeem wel aan? In een paar gevallen had de installateur zelfs verteld dat het verstandig was om aanvullend te ventileren met ramen.

Bewoners die de ramen juist gesloten hielden waren er ook. Zij vertrouwen juist wel op het systeem. Eén bewoner had zich erg goed ingelezen en kon het systeem zelf heel nauwkeurig op zijn wensen inregelen. Er was ook een bewoner die was verteld wat ze moest doen en zich daar heel nauw aan hield, omdat dat qua energiegebruik het zuinigste zou zijn.

Ook hier kan geconcludeerd worden dat het openen van ramen in slaapkamers normaal gedrag is gezien de situatie. Uitleggen dat het ventilatiesysteem in het stookseizoen zuiniger werkt zal mogelijk bij een deel van de bewoners helpen maar ook hier zal dat niet alles oplossen.

Verwarmingsgedrag: theorie versus praktijk

Ook wat betreft de verwarming gedroegen veel bewoners zich anders dan als uitgangspunt bij het ontwerp is aangehouden. En ook hier hadden bewoners een goede reden voor hun andere gedrag. Wat we vooral zagen is dat relatief veel bewoners overdag slaapkamers of werkkamers verwarmen (11 van de 16). Dit komt deels door de toename van het thuiswerken door Corona. De kans dat er in de toekomst meer ruimten in woningen verwarmd zullen worden is groot en het is belangrijk dat we daar bij het ontwerpen van verwarmingssystemen en het bepalen van de energieprestatie rekening mee gaan houden.

Bij vier woningen was het door de uitvoering van het verwarmingssysteem niet mogelijk om de verwarming in de slaapkamers uit te zetten: er zat geen knop op de convectoren in de slaapkamer waarmee die konden worden uitgezet. Dit werd als onplezierig ervaren: Velen gaven aan dat ze de slaapkamer in de winter liever koeler hadden en dat de enige manier om de slaapkamer koeler te krijgen was om het raam open te doen, terwijl hier de convector dan dus aan stond².

Onklaar gemaakte systemen

Vier bewoners hadden het ventilatiesysteem deels onklaar gemaakt. De belangrijkste redenen hiervoor waren geluidsoverlast van het systeem, tochtklachten en te koude inblaasluft. Het onklaar maken varieerde van het s' nachts uitzetten van het systeem, het uitzetten van het systeem (stekker er uit) bij vorst, het uitzetten van de mechanische toevoer in de (gehele) winter en het verwijderen van de decentrale toevoerventilatoren in binnendeuren.

² We hebben gezien dat bewoners bij goed geïsoleerde woningen de slaapkamer vaker te warm vinden om in te slapen, ook als de verwarming niet aan staat. Hier hebben we echter te maken met een andere situatie: namelijk één waarbij de slaapkamers te warm zijn doordat de verwarming aan staat en niet apart van de woonkamerthermostaat uit te zetten is.

Gebruiksaanwijzing

In zes woningen hadden de bewoners in eerste instantie de verkeerde instructie gekregen: een deel had te horen gekregen dat het beter was om ook met ramen extra te ventileren en een andere groep was in eerste instantie verteld dat het mechanische ventilatiesysteem op de laagste stand moest worden gezet, ook als ze thuis waren. Dat laatste was op een later moment hersteld. Het is echter niet gek dat bewoners dan niet meer goed weten wat ze zouden moeten doen.

Ook bleken instructies niet altijd te kloppen bij de systeemcombinaties in de woningen: handleidingen bevatten soms beschrijvingen van functionaliteiten die in de woning niet aanwezig waren.

Het is belangrijk dat gebruikersinstructies duidelijk, correct en consequent zijn. Het is echter belangrijk om te realiseren dat gebruikersinstructies niet alles kunnen oplossen. De resultaten van dit onderzoek laten duidelijk zien dat gedrag van bewoners normaal gedrag is gezien de situatie en dat er goede redenen zijn voor het vertoonde gedrag. Die redenen zijn niet opeens verdwenen door duidelijke instructies.

Begrip van het systeem

We zagen dat de meerderheid van de bewoners redelijk goed kon uitleggen hoe het ventilatie- en verwarmingssysteem in hun woning werkt. Mogelijk is dit niet helemaal representatief voor Nederland, want een deel van de bewoners hadden relatief veel uitleg gehad. Des te belangrijker is de constatering dat bewoners die goed konden uitleggen hoe het systeem werkte, lang niet altijd het gedrag vertoonden dat aan hen was verteld als 'beste' gedrag. Ze weken bewust af van dit gedrag, omdat ze discomfort ervaarden. Dit terwijl ze wisten dat het systeem energetisch gezien daardoor minder goed zou functioneren.

Feedback

We hebben gezien dat het vertoonde gedrag deels het gevolg is van gebrek aan duidelijke feedback van het systeem aan de bewoners: geen feedback over de stand van het ventilatiesysteem wekte wantrouwen bij de bewoners. Deed het systeem het wel? Ook gebrek aan feedback over het binnenklimaat leidde tot specifiek gedrag: aan de ene kant namen bewoners geen actie terwijl dat eigenlijk wel nodig was, en aan de andere kant ondernamen bewoners onnodig actie omdat ze het systeem niet vertrouwden terwijl dat het prima deed.

Consequenties voor binnenluchtkwaliteit en energiegebruik

We zagen dat in 8 van de 16 woningen in de studie het CO₂-niveau regelmatig boven de 1200 ppm uit kwam. In woningen waarin aanvullend werd geventileerd met ramen, bleef in die vertrekken het CO₂-niveau laag genoeg. Te hoge CO₂-niveaus zagen we in situaties waarin de ramen dicht bleven en daarnaast de mechanische ventilatie in de laagstand stond, er veel personen in huis waren of de mechanische ventilatie (deels) onklaar was gemaakt. Daarnaast weten we dat aanvullend ventileren tijdens het stookseizoen met ramen in goed geïsoleerde woningen met gebalanceerde ventilatie tot extra energiegebruik zal leiden.

We hebben eerder laten zien dat dit gedrag van bewoners normaal gedrag is gezien de situatie. Dit verschil in gedrag kan er echter toe leiden dat de vanuit het ontwerp verwachte binnenluchtkwaliteit en energiebesparing in de praktijk niet gerealiseerd worden.

4.2 Conclusies

Normaal gedrag

Uit de bevindingen blijkt dat het gedrag dat we zagen in de woningen normaal gedrag is, namelijk een normale reactie op de situatie in de woning. Ook als het gedrag niet overeenkomt met wat theoretisch het beste gedrag zou zijn is de reactie normaal. Helaas leidt dit normale gedrag met de systemen in de woningen niet altijd tot de meest energiezuinige situatie of tot een situatie met goede binnenluchtkwaliteit. De bevindingen hebben laten zien dat het niet zozeer het gedrag van de bewoners is wat dit veroorzaakt, maar dat het ontwerp van het systeem een belangrijke rol speelt in de totstandkoming van dit gedrag. Zo is het bijvoorbeeld logisch dat mensen het ventilatiesysteem op de laagstand zetten als het anders te veel lawaai maakt. Ook is het logisch dat mensen een raam open zetten, als ze merken dat hun luchtkwaliteit niet goed is, doordat ze bijvoorbeeld hoofdpijn krijgen.

Feedback

Ook goede feedback vanuit het systeem zal helpen: mensen weten nu niet waar ze aan toe zijn, of het systeem het wel goed doet en of het hoger zetten van het systeem helpt. De feedback zal wel duidelijk moeten zijn: mensen moeten begrijpen wat het betekent en geholpen worden in de acties die ze kunnen ondernemen, inclusief de consequenties die daarbij horen. Ook voor het ontwerpen van feedback systemen geldt: test het goed uit op je doelgroep en blijf dat doen. Alleen een grondig getest feedback systeem is een feedback systeem dat in de praktijk goed zal functioneren.

Gebruiksaanwijzing

Uitleggen aan bewoners hoe het systeem functioneert en welk gedrag goed functioneren bevordert, kan zeker geen kwaad. Maar het is normaal gedrag als mensen reageren op discomfort, bijvoorbeeld geluidsoverlast, en de uitleg daardoor niet volgen. Beter uitleggen helpt in dat geval niet, een beter ontwerp zonder discomfort wel. Als je bepaald gedrag van mensen verwacht is de eerste stap een goed ontwerp van het systeem. En bij een goed ontwerp hoort een grondige test in de praktijk hoe mensen ermee om gaan. Regelmatig horen we vergelijkingen met Apple als het gaat om intuïtief ontwerp. Wat men zich daarbij moet realiseren is dat Apple producten vaak intuïtief zo goed werken omdat zij hun ontwerpen uitvoerig testen en ook na introductie intensief blijven volgen en blijven snappen wat mensen goed vinden, niet goed vinden en wat hun wensen zijn.

Handleiding

Een goede en eenvoudige handleiding kan mogelijk ook helpen. Echter, idealiter zou een handleiding niet nodig moeten zijn. Handleidingen worden niet gelezen, raken zoek en ontbreken zeker bij de volgende bewoner vaak. Het schrijven van een goede handleiding kan echter wel een ontwerptool zijn: als de handleiding te ingewikkeld wordt, is het systeem mogelijk ook te ingewikkeld voor een bewoner om goed mee om te kunnen gaan. Bij nieuwe energiezuinige systeemontwerpen worden soms componenten gecombineerd op nieuwe manieren, waarbij de functionaliteit van de nieuwe combinatie niet altijd in de afzonderlijke handleidingen beschreven is. Het feit dat handleidingen wettelijk niet aangepast mogen worden, kan leiden tot onbruikbare handleidingen of tegenstrijdigheid in de handleidingen. Handleidingen moeten op de geïnstalleerde situatie van toepassing zijn.

Hoe kom je tot goed gebruikte systemen?

Uit de resultaten en conclusies volgt een volgordelijkheid in de strategie om tot goed gebruikte installaties te komen:

- Stap 1 is een goed ontwerp. Waarbij een goed ontwerp, een ontwerp is dat is getest in de praktijk bij een diversiteit aan bewoners. Hiermee voorkom je zoveel mogelijk onverwacht (maar wél normaal) gedrag door discomfort en kan je daarop anticiperen door het ontwerp hierop aan te passen.
- Stap 2 is ondersteuning door feedback. Ook hier geldt dat goed ontworpen feedback altijd is getest op een diverse groep bewoners. Daarbij geeft feedback niet alleen de status aan, maar geeft ook handelingsperspectief: op basis van de feedback weet een bewoner wat zijn opties zijn en wat hij kan doen om de situatie naar zijn wensen aan te passen.
- Stap 3 is een goede gebruiksinstructie en handleiding die past bij de geïnstalleerde systeemoplossing en die ook goed is getest in de praktijk. Een goede instructie en handleiding kan helpen maar is echt pas stap 3 en niet stap 1 of de enige stap.

Vooruit kijken

Het doel van dit onderzoek is om te laten zien hoe de interactie tussen renovatieconcepten en gebruikers kan worden verbeterd. Met het onderzoek laten we zien dat voor het goed functioneren van renovatieconcepten we niet alleen naar de technische oplossingen moeten kijken, maar naar de technische oplossingen in hun toepassing. De systeemgrens voor het ontwerpen van goed functionerende innovaties ligt om de innovatie & de gebruiker heen: bij het ontwerpen van innovaties is de gebruiker onderdeel van het systeem. Onderzoek naar hoe de gebruiker reageert op de innovatie is daarom deel van het ontwerpproces.

Diverse problemen met de omgang met nieuwe technieken die we zagen hebben te maken met het anders functioneren van die technieken dan de bewoners gewend waren, zoals trage opwarmtijd, lage capaciteit, andere vorm van warmte afgifte, geen directe feedback over frisse lucht of de stand van het systeem. Je kan je afvragen: moeten mensen daar niet gewoon maar aan wennen? Ons antwoord is ja en nee:

- Nee, want we moeten niet zonder meer accepteren dat mensen zich geheel aan de systemen moeten aanpassen: de systemen kunnen slimmer ontworpen worden en zich deels aan mensen aanpassen. Met een goed ontwerp en goede feedback is een hoop mogelijk.
- Ja, want we kunnen niet blijven verwachten dat we steeds een stapje comfortabeler kunnen leven, zonder ons zorgen te maken over de kosten daarvan. In het verleden zijn woningen steeds comfortabeler geworden, bijvoorbeeld bij de overstap van kolenkachels naar gaskachels, en ook weer van gaskachels naar centrale verwarming. Deze stappen hebben het energiegebruik in de woningen wel steeds vergroot. Het is duidelijk dat we ons gedrag moeten wijzigen als we het klimaatprobleem willen aanpakken. Dus we zullen moeten accepteren dat we comfort moeten inleveren of heel anders voor comfort moeten ontwerpen. Met een goed ontwerp kunnen we wel kijken welke alternatieven er zijn.

De aanpassingen die in woningen nodig zijn, zijn groot en gaan veel vragen van mensen. Zowel financieel als in hun manier van leven. Om draagvlak te behouden zal er naar een balans gezocht moeten worden: vraag niet dat mensen zich zondermeer aanpassen aan de techniek, maar ga slim ontwerpen zodat techniek en mensen samen de oplossing bereiken.

REFERENTIES

- [1] Ortiz M A, Kurvers S R and Bluysen P M 2017 A review of comfort, health, and energy use: understanding daily energy use and wellbeing for the development of a new approach to study comfort *Energy and Buildings* **152** 323-35
- [2] Itard L, Ioannou A, Meijer A and Kornaat W 2016 Development of improved models for the accurate prediction of energy consumption in dwellings *Delft University of Technology/TNO report*
- [3] Guerra Santin O and Itard L 2010 Occupants' behaviour: determinants and effects on residential heating consumption *Building Research & Information* **38** 318-38
- [4] Majcen D, Itard L and Visscher H 2015 Statistical model of the heating prediction gap in Dutch dwellings: Relative importance of building, household and behavioural characteristics *Energy and Buildings* **105** 43-59
- [5] Majcen D, Itard L and Visscher H 2016 Actual heating energy savings in thermally renovated Dutch dwellings *Energy Policy* **97** 82-92
- [6] Brom P I van den, Meijer A and Visscher H 2016 Actual energy saving effects of thermal renovations in dwellings—longitudinal data analysis including building and occupant characteristics *Energy and Buildings* **182** 251-63
- [7] Hong T, Yan D, D'Oca S and Chen Ch. 2017 Ten questions concerning occupant behavior in buildings: the big picture *Building and Environment* **114** 518-30
- [8] <https://energielinq.stroomversnelling.nl/nul-op-de-meter/monitoring-van-prestatiecontract/>
- [9] <https://www.ad.nl/binnenland/de-pech-om-pioniers-van-het-gasloze-huis-te-moeten-zijn~af3b0951/>
- [10] Wolff A, Weber I, Gill B, Schubert J and Schneider M 2017 Tackling the interplay of occupants' heating practices and building physics: Insights from a German mixed methods study *Energy Research & Social Science* **32** 65-75
- [11] Wagner A, O'Brien W and Dong B 2018 *Exploring occupant behavior in buildings. Methods and Challenges* ed Wagner A et al. (Cham: Springer) chapter 12 pp 307-10
- [12] NTA8800 (2022) Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode, NEN dec 2021.

ACKNOWLEDGEMENT

Dit project is uitgevoerd met ondersteuning vanuit de MMIP 3 & 4 regeling van het Ministerie van Economische Zaken & Klimaat en het Ministerie van Binnenlandse Zaken & Koninkrijksrelaties.

Dit rapport beschrijft het onderzoek van Activiteit 2 (taak 2.1) dat is uitgevoerd in het kader van het project Integrale Energietransitie in Bestaande Bouw Thema 2 - Datagedreven Optimalisatie van Renovatieconcepten. Het project is een meerjarig, multi-stakeholder programma gericht op het ontwikkelen van betaalbare en gebruiksvriendelijke renovatieconcepten voor woningen. Het consortium werkt aan innovatieve oplossingen voor warmteconversie en -opslag, digitalisering, industrialisatie concepten, besluitvormingskaders, waardeketen integratie en samenwerkingsmodellen.

M.E. Spiekman (TNO)
S.U. Boess (TU Delft)
O. Guerra Santin (TU Eindhoven),
T.J.H. Rovers (Saxion)
N. Nelis (Making Space)

© 2022 TNO

BIJLAGE A BEVINDINGEN PER BEWONER

Hieronder volgt een samenvatting van de resultaten van het onderzoek per woning. Het betreft de volgende woningen:

Tabel A.1. Renovatieconcepten in de 16 woningen.

Woning:	Renovatieconcept:
3D8G	Zeer goed geïsoleerd, bodemwarmtepomp, convectoren, gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, koken op inductie
EGRD	Zeer goed geïsoleerd, bodemwarmtepomp, convectoren, gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, koken op inductie
UYD7	Zeer goed geïsoleerd, bodemwarmtepomp, convectoren, gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, koken op inductie
Z3FD	Zeer goed geïsoleerd, bodemwarmtepomp, convectoren, gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, koken op inductie
8JXS	Thermisch compartimenteren: beneden: goed geïsoleerd, decentrale WTW met CO ₂ -regeling, verwarming met LT lucht-water warmtepomp, koken niet op gas, boven: basis geïsoleerd (spouwmuurisolatie), natuurlijke ventilatie, badkamer: infrarood paneel, slaapkamers: bestaande radiatoren (HT) en infrarood paneel
9SKJ	Thermisch compartimenteren: beneden: goed geïsoleerd, decentrale WTW (zonder CO ₂ -regeling), verwarming met lucht-water warmtepomp, koken niet op gas, boven: basis geïsoleerd (spouwmuurisolatie), natuurlijke ventilatie, badkamer: infrarood paneel, slaapkamers: bestaande radiatoren (HT)
S2SW	Thermisch compartimenteren: beneden: goed geïsoleerd, decentrale WTW met CO ₂ -regeling, verwarming met LT lucht-water warmtepomp, koken niet op gas, boven: basis geïsoleerd (spouwmuurisolatie), natuurlijke ventilatie, badkamer: infrarood paneel, slaapkamers: bestaande radiatoren (HT) en infrarood paneel.
SJWH	Thermisch compartimenteren: beneden: goed geïsoleerd, decentrale WTW (zonder CO ₂ -regeling), verwarming met hoge temperatuur lucht-water warmtepomp (afgesteld op 40°C), koken niet op gas, boven: basis geïsoleerd (spouwmuurisolatie), natuurlijke ventilatie, badkamer: infrarood paneel, slaapkamers: bestaande radiatoren
31LT	Isolatieverbetering, PV, hybride WP, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO ₂ regeling via trapgat, koken op gas, geen afzuigkap
F5TG	Isolatieverbetering, CV-ketel, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO ₂ regeling via trapgat, koken op gas, afzuigkap
JMTT	Isolatieverbetering, CV-ketel, beneden vloerverwarming, boven radiatoren, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO ₂ regeling via trapgat, koken op gas, afzuigkap
K6TN	Isolatieverbetering, Warmtepomp, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO ₂ regeling via trapgat, koken op inductie, afzuigkap

OOT9	Isolatieverbetering, CV ketel, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO ₂ regeling, koken op gas, geen afzuigkap, roosters in de ramen
T1Y4	Isolatieverbetering, CV ketel, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO ₂ regeling, koken op inductie, recirculatieafzuigkap, PV panelen, roosters in de ramen
TG1L	Isolatieverbetering, CV ketel, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO ₂ regeling, koken op gas, geen afzuigkap, boven nog roosters in de ramen (Bij het vervangen van ramen beneden, zijn daar de roosters wel verdwenen.)
M7PT	Isolatieverbetering, CV ketel (HT), gebalanceerde ventilatie met WTW en CO ₂ regeling, koken op gas, roosters in de ramen.

3D8G – renovatieconcept: Zeer goed geïsoleerd, bodemwarmtepomp, convectoren, gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, koken op inductie

- Ventilatie: De bewoner snapt redelijk goed hoe het ventilatiesysteem werkt, al zijn er details die ze niet weet. Het ventilatiesysteem reageert niet zoals ze verwacht en geeft ook geen feedback (bv bij te hoge CO₂ of RV). Daarom vertrouwt ze het systeem ook niet volledig. In het begin heeft ze van de installateur de verkeerde informatie over de bediening gekregen (nl dat het systeem op stand 1 moet staan). Later heeft ze goede uitleg gehad hoe ze het systeem moet bedienen (op stand 2 als ze er is) en de uitleg heeft ze begrepen en onthouden. Er zit een CO₂ sensor in het systeem, maar op de bedieningsinterface zit geen automatische stand (wel: stand 1, 2, 3 en een timer die voor een bepaalde tijd stand 3 aanhoudt en dan teruggaat naar de daarvoor ingestelde stand). De bewoner probeert het systeem te bedienen zoals het hoort, daarom opent ze doorgaans geen ramen, behalve bij het schoonmaken in het weekend. Ze linkt verse lucht aan lucht die door een raam naar binnen komt. Bewoner kan alleen bepalen of de ventilatie werkt aan de hand van het geluid. Als ze niets hoort op de hoogstand, is het systeem stuk (er is regelmatig een storing geweest).

De ventilatie staat normaal op stand 1, omdat een hogere stand te veel lawaai maakt. De bewoner zet het ventilatiesysteem 10 minuten hoog (3) bij koken, douchen en roken. Ze klaagt over te hoge luchtvochtigheid na het douchen. Metingen laten zien dat de CO₂ niveaus in huis hoog zijn, vooral 's nachts in de slaapkamer (gemiddeld boven de 2000 ppm), maar ook in andere kamers (woonkamer, keuken, andere slaapkamer) piekt die regelmatig (ver) boven de 1200 ppm (nb er wordt gekookt op inductie). In de slaapkamer wordt met 4 personen geslapen (waarvan 2 kinderen), met de ventilatie op stand 1).

De bewoner weet dat de filters schoongemaakt moeten worden, maar vindt het te eng er wat mee te doen. De ventielen in huis zijn al wel schoongemaakt, door haar man. De ventilatie box kan alleen vanaf buiten bereikt worden, daardoor heeft alleen de man toegang en niet de vrouw (die dat vanwege haar geloof niet privé genoeg vindt), en de man doet het niet omdat hij voltijd werkt en dan moe is. De ventilatiefilters zijn moeilijk en onaangenaam om schoon te maken, de

bewoner is niet op de hoogte dat de filters minimaal 1 maal per jaar vervangen moeten worden.

- Verwarmen: Ook hier geldt dat de bewoner het goed wil doen, maar dat het verwarmingssysteem geen feedback terug geeft. Daarom denken de bewoners dat de thermostaat niet goed werkt. De thermostaat wordt handmatig bediend en staat altijd op 24°C omdat ze het altijd koud heeft en bang is dat haar kind het koud heeft. Er wordt geen nachtverlaging toegepast. Het systeem is ontworpen op max 22,5°C (warmtepomp). De gevraagde temperatuur wordt niet gehaald (thermostaat kan wel op 24°C gezet worden), de bewoner denkt dat het systeem stuk is. De boosters op de convectoren worden niet gebruikt, de bewoner denkt dat de convectoren toch stuk zijn. Het is niet mogelijk om de verwarming in de slaapkamers apart te regelen of uit te zetten, omdat er geen aparte knop op de convectoren zit waarmee de bewoners dit kunnen regelen.

De bewoner gebruikt bijna elke dag een paar keer elektrische verwarming voor zo'n 15 minuten. Metingen laten zien dat de temperatuur inderdaad lager is dan 24°C op enkele pieken na, waarschijnlijk op de momenten dat de bijstook gebruikt wordt. De bewoner weet niet dat het systeem ook passief kan koelen.

- Redenen van gedrag
 - Gewenste comfort is anders dan verkregen comfort
 - te veel geluid van het ventilatiesysteem → laagstand (1, in plaats van automatisch geregeld met de CO₂ sensor)
 - bewoner heeft het altijd koud, te weinig warmte verwarmingssysteem → bijstook
 - te hoge RV (doet ze verder niets aan)
 - Veel stofproductie (doet ze verder niets aan)
 - Klachten over koude voeten, zorg om gezondheid kinderen vanwege koude vloer
- Tevredenheid: De bewoner is niet tevreden over haar appartement: de woning wordt niet warm genoeg, er is stof, zij en kinderen hebben huidproblemen. De lucht is vers genoeg volgens haar (niet volgens de metingen) en er is geen tocht. Zowel de verwarming als de ventilatie reageert niet zoals ze verwacht en geeft geen feedback of bijvoorbeeld de CO₂ of RV hoog is.

EGRD – renovatieconcept: Zeer goed geïsoleerd, bodemwarmtepomp, convectoren, gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, koken op inductie

- Ventilatie: Hij snapt hoe het ventilatiesysteem werkt, maar omdat hij geen feedback krijgt kan hij niet bepalen of het systeem het goed doet of mogelijk stuk is. Ventilatiesysteem staat doorgaans op stand 2, tijdens en na douchen soms half uur op stand 3 (conform instructies). Daarbij opent hij veel ramen:
 - Elke ochtend raam open in de woonkamer, voor frisse lucht en om de zon te voelen.

- Opent tijdens douchen ook een raam in de woonkamer, omdat dat sneller werkt dan het ventilatiesysteem.
- Tijdens koken opent hij de keukendeur naar buiten, voor 0,5-1 uur, omdat dat volgens hem beter het vet afvoert dan het ventilatiesysteem.
- Als hij s nachts wakker wordt opent hij een raam. Hij heeft allergieën en daardoor een droge keel s 'nachts. Het is een gewoonte geworden om daarom een raam open te zetten als hij wakker wordt.
- Hij vindt het ook heel stoffig! Wijst met vinger aan stof op aanrecht. Hij heeft een stof allergie en denkt dat de stof sneller verdwijnt met een open raam.
- Ook raam open tijdens schoonmaken en raam wagenwijd open tijdens work-out (elke dag). Hij weet dat het ventilatiesysteem verse lucht geeft, maar het openen van een raam geeft een sneller effect: geeft sneller verse lucht.

De CO₂ niveaus in huis zijn over het algemeen laag genoeg, dit is logisch aangezien er slechts 1 bewoner aanwezig is en dan veelal de infiltratie voldoende is voor voldoende ventilatie.

Als hij het ventilatiesysteem niet hoort denkt hij dat het stuk is. Wat ook een reden is om een raam te openen. Hij denkt dat de CO₂ soms hoog is doordat het ventilatiesysteem niet werkt, als hij het systeem niet hoort.

Hij maakt het filter elke 3 maanden schoon en ook de inblaasventielen. Daarbij heeft die er één geheel dichtgedraaid omdat hij toen dacht dat het zo hoorde, dus dat het los zat. Vervolgens belde hij wel een monteur omdat hij geen ventilatiegeluid meer hoorde, en die herstelde de juiste stand.

- Verwarming: Thermostaat staat altijd tussen 18°C en 19°C (handmatig). Hij gebruikt de speed-up functie niet. Hij wil graag zuinig zijn met energie en heeft daarom de thermostaat zo laag staan. Hij vindt deze temperatuur comfortabel. Hij heeft een elektrische verwarming, maar gebruikt die alleen als de warmtepomp het niet doet, wat in de drie jaar sinds renovatie soms het geval is geweest.

Hij associeert open ramen niet met energieverlies. Soms staat er een raam lang wijd open en daalt de temperatuur tot onder de 10°C.

Hij weet dat het systeem ook (passief) kan koelen en dat hij dat met de thermostaat setpoint moet regelen. Hij weet niet dat de laagste stand 18°C is.

- Redenen voor gedrag:
 - Gewenste comfort is anders dan verkregen comfort
 - Hij snapt dat het ventilatie systeem verse lucht toevoert, stof, luchtjes, vocht etc afvoert. Maar met een open raam gaat het sneller en beter. Ook zorgt een open raam voor snellere temperatuur regulatie. En het voelen van de zon is een reden.
 - Energie besparen
 - Verwarming staat redelijk laag om zuinig te zijn.
 - Bewoner snapt het systeem niet volledig

- De interface van de convector is onduidelijk
- Hij denkt dat het ventilatie systeem het niet altijd doet, nl als hij het niet hoort. Het systeem geeft geen feedback.
- Hij associeert open ramen niet met energieverlies. Ondanks dat hij energie wil besparen, laat hij ook soms in de winter de keukendeur langdurig open staan om vocht en vet af te voeren.
- Tevredenheid: De bewoner vindt het te droog in zijn huis en er is teveel stof. De temperatuur is meestal ok en er is geen vochtprobleem. Hij weet niet of het ventilatiesysteem het doet, want deze geeft geen feedback (anders dan het geluid)

UYD7 – renovatieconcept: Zeer goed geïsoleerd, bodemwarmtepomp, convectoren, gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, koken op inductie

NB de meting heeft plaats gevonden in mei/juni. Omdat het toen een warme periode was, is het de vraag in hoeverre het gedrag overeenkomt met gedrag in een koude periode, ook al is gevraagd naar gedrag in de winter.

- Ventilatie: De bewoner gebruikt overdag veelvuldig ramen en de balkondeur om te ventileren ipv de mechanische ventilatie. Het gevoel van verse buitenlucht is belangrijk voor de bewoner. Verder heeft de bewoner weinig weet van het ventilatiesysteem en waar het voor bedoeld is, ze is niet bekend met warmteterugwinning en weet ook niet dat er verse lucht binnenkomt via de mechanische ventilatie. Het ventilatiesysteem staat volgens de bewoner uit, want ze hoort hem niet. Welke stand dit is, is niet bekend. De bewoner zet de ventilatie alleen soms op de booster stand na het douchen om vocht te verwijderen. De CO₂ niveaus zijn 's nachts erg hoog (>2000 ppm), omdat dan ook de ramen gesloten zijn. De metingen hebben plaatsgevonden in mei/juni. De bewoner geeft aan dat ook in de winter ramen regelmatig open zijn.

Er is geen afzuigkap, daarom ventileert ze met de keukendeur. Ook gewoontes spelen een rol: vroeger douchte ze ook met de deur open.

De filters in de installatiekast worden niet schoongemaakt of jaarlijks vervangen, hoewel bewoonster wel van het bestaan weet.

- Verwarming: De thermostaat staat op enkele weken in de winter na, "uit" (de thermostaat heeft echter geen uitstand. Dus de thermostaat wordt of op 18 gedraaid of genegeerd). De thermostaat wordt handmatig bediend en gaat dan naar 20/21/22 graden. Bij kou wordt een dekentje gepakt. En verder wordt de temperatuur geregeld door ramen te openen of sluiten.

Het is niet duidelijk of de bewoner weet dat de convectoren in de zomer ook (passief) kunnen koelen. Ze geeft aan dat ze wel voelt dat de convector koude lucht blaast, maar zegt dat ze op de thermostaat alleen een vlammetje ziet. Bij koelen komt er een ijskristal op het display, maar daar heeft de bewoner geen weet van. Ze koelt met ramen en door het gebruik van gordijnen.

- Redenen voor gedrag:

- De bewoner weet niet dat het ventilatiesysteem verse lucht geeft. Ze denkt dat ze zelf voor goede luchtkwaliteit moet zorgen. Gewenste luchtkwaliteit is anders dan (perceptie) van verkregen luchtkwaliteit
 - Veel ventileren met ramen voor verse lucht, want verse lucht is belangrijk
 - Er is geen afzuigkap, dus deur open bij koken
 - Ze heeft een slaapprobleem, is veel wakker en staat dan op en slaapt daarom met de ramen dicht
- Gewoontes
 - Douchen met de deur open
- Bewoner snapt het systeem niet volledig
 - In de perceptie van de bewoner staat het ventilatiesysteem uit.
 - Weet niet dat er ook verse lucht uit het systeem komt. Gebruikt ramen om verse lucht binnen te laten
- Tevredenheid: De bewoner geeft aan tevreden te zijn met de woning en ervaart dat de temperatuur en ventilatie goed te beïnvloeden is. De bewoner is blij met het ventilatiesysteem en de overige renovatiemaatregelen. De bewoner gebruikt het systeem naar eigen inzicht en wens en ervaart (mede hierdoor) weinig issues. Wel geeft de bewoner enkele problemen aan:
 - De bewoner heeft de indruk dat het ventilatiesysteem niet goed werkt in de badkamer.
 - In de keuken vindt de bewoner ook dat het systeem niet voldoende lucht afvoert (door het ontbreken van een afzuigkap)

Z3FD – renovatieconcept: Zeer goed geïsoleerd, bodemwarmtepomp, convectoren, gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, koken op inductie

- Ventilatie: De ventilatie wordt door de bewoner op stand 1 gezet, tijdens het douchen 10 minuten op stand 3 en ook tijdens het koken gaat de stand naar 3. De stand van het ventilatiesysteem kan de bewoner alleen bepalen op basis van het geluid. Op een hogere stand maakt het systeem teveel geluid, daarom staat hij op 1, ook al weet ze dat hij op stand 2 moet. Er is verder geen feedback over de stand, behalve op de ventilatie box (in een kast buiten, waar de bewoner nooit is). Het systeem gaat regelmatig stuk, dat weet ze doordat ze hem dan op stand 3 niet meer hoort. De ramen houdt ze in de winter doorgaans dicht, soms 's ochtends even open. Ze wil graag het systeem gebruiken zoals het hoort. Het CO₂ niveau in de slaapkamer is 40% van de slaaptijd hoger dan 1200 ppm. In de overige ruimten is de CO₂ doorgaans laag.

De bewoner weet hoe de filters schoongemaakt moeten worden, maar heeft dit nog niet geïnternaliseerd en weet niet zo goed wanneer en daardoor nog niet vaak gedaan. De bewoner is niet op de hoogte dat de filters jaarlijks vervangen dienen te worden.

- **Verwarming:** De bewoner snapt dat de temperatuur van de verwarming (en koeling) met de thermostaat is aan te passen, maar ziet de verwarming als niet-controleerbaar op de korte termijn (wat klopt). Het setpoint staat altijd op 20-21°C. Ze gebruikt de booster functie op de convectoren niet. Ze wil graag energie besparen en de verwarming laag houden. In de slaapkamer is het te warm, maar de verwarming kan niet apart van de woonkamer lager worden gezet.
- **Redenen voor gedrag:**
 - Gewenste comfort is anders dan verkregen comfort
 - Mechanische ventilatie maakt teveel geluid → laagstand (ze weet wel dat hij eigenlijk in stand 2 moet, maar zet hem bewust in de laagstand). NB ook in dit appartement ging het ventilatiesysteem regelmatig stuk. Dus maakt ze zich wel zorgen of ze dan voldoende verse lucht krijgt.
 - Wil soms wel even een hogere temperatuur, maar dat lukt niet met dit trage systeem. Ze wil graag dat het verwarmingssysteem sneller reageert. → elektrische bijstook gebruikt, maar die stonk dus weer weg gedaan.
 - Ze wil een lagere temperatuur in de slaapkamer, maar het systeem kan geen lagere temperatuur in de slaapkamer leveren dan in de woonkamer. De temperatuur is soms zelfs ongewenst hoger. Omdat het systeem zo traag reageert wil ze dan ook geen raam openen om af te koelen. Een keer duurde het 2 weken voor het weer warm genoeg was. Toen was de warmtepomp stuk, maar daar was geen feedback over, dus wisten de bewoners dat niet en hebben langer dan nodig in de kou gezeten omdat ze geduldig heeft zitten wachten. Dit vanwege de informatie die ze kreeg dat het lang kan duren voordat de gewenste temperatuur behaald is.
 - Soms gebruikt ze wel ramen in de winter om de kamer te koelen, maar dat doet ze niet zo vaak. Ze weet dat het mechanische ventilatiesysteem verse lucht geeft, toch vindt ze het fijn het raam 's nachts te openen voor verse lucht en koeling. Dit omdat ze problemen heeft met slapen en vaak met hoofdpijn wakker wordt. Graag wil ze een hogere temperatuur in de woonkamer en een lagere temperatuur in de slaapkamer, maar het verwarmingssysteem kan dat niet verzorgen.
- **Tevredenheid:** De bewoner zegt tevreden te zijn met de temperatuur en de luchtkwaliteit in de woning (7 uit 7)(NB. voor de renovatie was de woning vochtig en was er sprake van tocht). Ze is echter ontevreden met de controle over de temperatuur en de luchtkwaliteit en ook met de temperatuur differentiatie (wil graag warmere woonkamer, koelere slaapkamer). Idem met tevredenheid met geluid: 7 uit 7, maar ze klaagt wel over het geluid van het ventilatiesysteem, die ze in de laagstand zet om die reden.

8JXS renovatieconcept: Thermisch compartimenteren: beneden: goed geïsoleerd, decentrale WTW met CO₂-regeling, verwarming met LT lucht-water warmtepomp, koken niet op gas, boven: basis geïsoleerd (spouwmuurisolatie), natuurlijke ventilatie, badkamer: infrarood paneel, slaapkamers: bestaande radiatoren (HT) en infrarood paneel

- Ventilatie: Ze weet dat het koude compartiment (slaapkamers en badkamer) natuurlijk geventileerd wordt, en opent daartoe ramen in de slaapkamers en soms in de badkamer. De bewoonster weet ook dat de decentrale CO₂-gestuurde mechanische ventilatie unit in het warme compartiment (woonkamer en keuken) wordt gebruikt om vervuilde lucht af te voeren en frisse lucht binnen te laten. Hoewel het systeem in staat is om op basis van de CO₂ concentratie zelf meer of minder te ventileren, geeft de bewoonster aan het ventilatiesysteem meestal op stand 2 te hebben staan. Ze is er niet van op de hoogte dat er een filter in het ventilatiesysteem zit dat periodiek moet worden schoongemaakt/vervangen; dat is ook nog niet gebeurd. In het stookseizoen worden bijna nooit ramen opengezet in het warme compartiment. Er is een ventilator in de badkamer die met het licht aan/uit gaat. Soms doen ze kort na het douchen ook een raam open. In de keuken is het vochtig, daarom zou ze een klepraam willen gebruiken, dat doet ze wel in de zomer, maar niet in de winter in verband met kou (en ze kan er moeilijk bij). De CO₂ metingen in de woning waren niet gelukt, dus er is geen informatie over de daadwerkelijke niveaus.
- Verwarming: De woning beschikt over een laagtemperatuur lucht-water warmtepomp. Voornamelijk de keuken en woonkamer worden verwarmd, tot zo'n 17-18 °C omdat ze dat genoeg vindt. Al vroeg in de avond wordt hij laag gezet, naar 15°C. De hal wordt als koud ervaren, en daarom is de deur tussen de hal en keuken (die het warme en koude compartiment van elkaar scheidt) in het stookseizoen normaliter gesloten. Dat stemt overeen met het uitgangspunt van het renovatieconcept. De slaapkamer van de zoon wordt ook verwarmd. In de badkamer wordt verwarmd met een infraroodpaneel.
- Redenen voor gedrag:
 - De slaapkamer van de zoon wordt verwarmd om huiswerk te maken en voor hobby's. Hij zet dan ook regelmatig het raam open om frisse lucht binnen te laten.
 - Haar eigen slaapkamer verwarmt ze niet omdat ze het prettiger vindt als het daar koel is.
 - Ventileren met ramen in de slaapkamers omdat het prettig is frisse lucht binnen te laten.
 - Het ventilatiesysteem zet ze op stand 2 (ipv op automatisch) omdat ze daar goede ervaringen mee heeft: ze heeft een hond en ze krijgt zo geen condens.
- Tevredenheid: Ze is tevreden met het binnenklimaat, maar vindt de BG vloer te koud en de keuken te vochtig (er ontstaat schimmel op het kozijn, ze maakt

overigens wel gebruik van de afzuigkap). Het temperatuurverschil tussen beneden en boven vindt ze groot, en de hal beneden koud. De WP op zolder maakt teveel lawaai. Ze is wel tevreden met haar energiegebruik en -rekening.

9SKJ renovatieconcept: Thermisch compartimenteren: beneden: goed geïsoleerd, decentrale WTW (zonder CO₂-regeling), verwarming met lucht-water warmtepomp, koken niet op gas, boven: basis geïsoleerd (spouwmuurisolatie), natuurlijke ventilatie, badkamer: infrarood paneel, slaapkamers: bestaande radiatoren (HT)

- Ventilatie: De bewoner snapt het systeem, en ventileert beneden met het ventilatie systeem en boven met ramen. Beneden gaat er bijna nooit een raam open. Het ventilatiesysteem staat op 1 of 2. Ze is er niet van op de hoogte dat er een filter in het ventilatiesysteem zit dat periodiek moet worden vervangen; dat is ook nog niet gebeurd. Tijdens de walkthrough heeft de onderzoeker gezien dat het lampje dat aangeeft dat de filters moeten worden vervangen brandde. In de woonkamer en de keuken komt het CO₂ niveau heel regelmatig boven de 1200 ppm. In de slaapkamer komt het CO₂ niveau bijna elke nacht boven de 2000 ppm.
- Verwarming: met name de beneden verdieping wordt verwarmd. De bewoonster bedient de thermostaat handmatig, en geeft aan deze meestal te verhogen tot 20-21 °C, en deze vlak voor het naar bed gaan of het verlaten van de woning te verlagen tot 17-18 °C.
- Redenen voor gedrag:
 - De ramen in de slaapkamer van de bewoonster worden geopend voor het binnenlaten van frisse lucht. Dit heeft echter niet tot gevolg dat de luchtkwaliteit hier in orde is.
 - Het ventilatiesysteem in het warme compartiment staat meestal op stand 1 of 2, omdat de luchtkwaliteit daarmee prettig voelt.
 - De bewoonster geeft aan dat het prettig is als haar slaapkamer niet te warm is, en verwarmd deze derhalve niet of nauwelijks. Ook wordt daarmee energie bespaard.
 - De woonkamer en keuken worden verwarmd tot 20-21 °C, maar ook dan voelt het soms nog koud. De thermostaat wordt verlaagd voor het naar bed gaan of het verlaten van de woning tot 17-18 °C om energie te besparen. De bewoner vindt het prettig als de slaapkamer niet te warm is en verwarmd de slaapkamer daarom ook niet.
- Tevredenheid: De bewoonster is zeer ontevreden over de verwarming, ze heeft het vaak koud en bij het verhogen van de thermostaat wordt het ook na lang (circa twee uur) wachten niet warmer. Uit metingen van de radiatortemperatuur lijkt de radiator aan de voorzijde van de woning in de woonkamer niet te functioneren, hetgeen ten minste een deel van de comfortklachten zou kunnen verklaren. De bewoonster is wel tevreden met de luchtkwaliteit in de woning. Ze heeft geen last van vocht of tocht.

S2SW renovatieconcept: Thermisch compartimenteren: beneden: goed geïsoleerd, decentrale WTW met CO₂-regeling, verwarming met LT-convectoren in combinatie met lucht-water warmtepomp, koken niet op gas, boven: basis geïsoleerd (spouwmuurisolatie), natuurlijke ventilatie, badkamer: infrarood paneel, slaapkamers: bestaande radiatoren (HT) en infrarood paneel.

- Ventilatie: Ze weet dat het koude compartiment (slaapkamers en badkamer) natuurlijk geventileerd wordt, en opent daartoe vaak ramen in de slaapkamers en badkamer. Het warme compartiment (woonkamer en keuken) wordt geventileerd met decentrale CO₂-gestuurde ventilatie met WTW. De bewoonster geeft aan niet te weten waarvoor dit dient, en manipuleert de ventilatie unit in de voorgevel van de woning derhalve niet. Ze zet hem dus ook nooit hoger. Anderzijds geeft ze aan geen ramen te openen in het warme compartiment gedurende het stookseizoen. De CO₂ niveaus zijn nergens in huis heel hoog. Ze pieken af en toe boven de 1200 ppm uit maar niet dagelijks. Ze is er niet van op de hoogte dat er een filter in het ventilatiesysteem zit dat periodiek moet worden vervangen; dat is ook nog niet gebeurd.
- Verwarming: Ze geeft aan voornamelijk de keuken en woonkamer te verwarmen, en de andere ruimten niet of nauwelijks. De bewoonster bedient de thermostaat handmatig, en geeft aan deze meestal te verhogen tot 19,5 °C bij thuiskomst of thuiswerken, en deze te verlagen tot 18 °C in de nacht of bij afwezigheid.
- Redenen van gedrag:
 - Ramen openen in de slaapkamer om frisse lucht binnen te laten.
 - In de woonkamer/keuken is ze tevreden met het binnenklimaat, en ziet derhalve geen reden om daar andere acties m.b.t. ventilatie te ondernemen.
 - De bewoonster geeft aan dat het prettig is als de slaapkamers wat koeler zijn, en verwarmd deze derhalve niet of nauwelijks. Dat doet ze daarnaast uit het oogpunt van energiebesparing. Dat laatste is ook de reden voor de bewoonster om de thermostaat te verlagen in de nacht of bij afwezigheid.
- Tevredenheid: De bewoonster geeft aan tevreden te zijn met het binnenklimaat in de woning, en geeft daarbij aan dat het behaaglijk warm is in de woning. Ze vindt dat de temperatuur goed beïnvloedbaar is, hoewel ze ook aangeeft dat ze vrij lang moet stoken om de woning op temperatuur te krijgen. Daarbij geeft ze echter wel aan er mee bekend te zijn dat verwarmen met dit systeem (NB: LT convectoren) iets langer duurt, en dat ze dat niet problematisch vindt. Ook met de binnenluchtkwaliteit is ze tevreden. Ze heeft geen last van schimmel, vocht of tocht, maar geeft wel aan soms droge lucht te ervaren. Ze geeft aan last te hebben van het geluid dat de warmtepomp op zolder maakt. Ze geeft ook aan haar elektriciteitsverbruik hoog te vinden, en wijdt dit aan de warmtepomp. De bewoonster leverde in het eerste jaar echter 812 kWh terug aan het net.

SJWH renovatieconcept: Thermisch compartimenteren: beneden: goed geïsoleerd, decentrale WTW (zonder CO₂-regeling), verwarming met hoge temperatuur radiatoren

in combinatie met lucht-water warmtepomp (afgesteld op 40°C), koken niet op gas, boven: basis geïsoleerd (spouwmuurisolatie), natuurlijke ventilatie, badkamer: infrarood paneel, slaapkamers: bestaande radiatoren

- Ventilatie: Hij weet dat in het koude compartiment (slaapkamers en badkamer) natuurlijk geventileerd wordt, en opent daartoe ramen. In de kamers bij het platte dak staan de ramen alleen overdag in het weekend open in verband met inbraakrisico. De bewoner weet ook dat de decentrale mechanische ventilatie units in het warme compartiment worden gebruikt om vervuilde lucht af te voeren en frisse lucht binnen te laten. Deze staat meestal op 1, maar als er meer mensen zijn wordt hij hoger gezet. In het stookseizoen worden bijna nooit ramen opengezet in het warme compartiment. Toch is het CO₂ niveau in de woonkamer en keuken regelmatig boven de 1200 ppm. In de slaapkamer is deze doorgaans laag genoeg. Hij is er niet van op de hoogte dat er een filter in het ventilatiesysteem zit dat periodiek moet worden vervangen; dat is ook nog niet gebeurd.
- Verwarming: De woonkamer en keuken (warme compartiment) worden volgens verwachting het meest verwarmd, maar ook in het koude compartiment wordt verwarmd; de radiatoren op de slaapkamers staan licht open, het is daar net zo warm als in de woonkamer (20°C à 21 °C). De bewoner vindt dat een prettige temperatuur. De bewoner bedient de thermostaat handmatig, en geeft aan deze meestal op 19 °C te hebben staan. De bewoner past geen nachtverlaging toe, omdat hij ooit heeft gehoord dat een warmtepomp het efficiëntste werkt als de temperatuur niet te veel wordt gevarieerd.
- Redenen van gedrag:
 - Ramen in de slaapkamers achter minder open dan gewenst in verband met inbraakrisico.
 - De slaapkamers worden verwarmd in verband met comfort.
- Tevredenheid: De bewoner geeft aan over het algemeen tevreden te zijn met de luchtkwaliteit in de woning, en stelt derhalve geen noodzaak vast om meer of minder te ventileren dan nu het geval is. Wel geeft hij aan dat hij de ramen in de slaapkamers misschien wat vaker zou willen openen, maar dat omwille van het risico op inbraak niet doet. Ook geeft de bewoner aan dat het lang duurt (circa twee uur) om de woonkamer en keuken op de gewenste temperatuur te krijgen, wanneer de thermostaat wordt verhoogd.

31LT Isolatieverbetering, PV, hybride WP, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO₂ regeling via trapgat, koken op gas, geen afzuigkap

- Ventilatie: De bewoner begrijpt hoe het ventilatiesysteem werkt, ook dat het systeem de woning van verse lucht voorziet en de CO₂ meet en daarop regelt. In verband met tochtklachten en geluidsoverlast van het systeem heeft de bewoner het systeem deels uitgeschakeld en deels vervangen door roosters. Het systeem zuigt nog wel lucht af en voert lucht centraal toe (alleen niet in de vertrekken, uitsluitend in de gang). In de slaapkamers wordt 's nachts geventileerd met wijd

open ramen, die 's ochtends weer dicht worden gedaan. Tijdens het douchen en tijdens en even na het koken gaat de mechanische ventilatie op 3. In de keuken gaat soms ter aanvulling de binnendeur, het rooster boven het raam en de buitendeur open om vocht af te voeren en voor koeling. De CO₂ sturing in de slaapkamers is uitgezet, de sturing van de centrale toe- en afvoer regelt nog wel op de sensor. Dat die niet (overal) meer werkt, blijkt uit het oplopen van de CO₂ waarden in voor al slaapkamers van de kinderen overdag (als ze met de ramen en binnendeur dicht in hun kamer zitten) en ook van de huiskamer in de avond. Hij weet dat de filters vervangen moeten worden. Weet niet hoe vaak. Ziet dat ze nog schoon genoeg zijn.

- Verwarming: De thermostaat staat altijd op één vaste temperatuur (21°C). De radiatorcransen in de kamers van de kinderen worden 's ochtends open gedraaid en 's avonds weer dicht. In de kamers van de kinderen is een elektrische verwarmers bijgeplaatst, omdat die kamers maar langzaam opwarmen overdag.
- Redenen van gedrag:
 - De bewoner heeft het systeem deels onklaar gemaakt vanwege tochtklachten en geluidsoverlast. Hij weet dat dit de werking van het systeem vermindert, maar de overlast was te groot.
 - Ramen in de slaapkamer wordt 's nachts wijd open gezet om te koelen en te ventileren. Ze vinden het prettig als de slaapkamer koeler is bij het slapen. En in de keuken en badkamer om vocht en luchtjes af te voeren.
 - In de kamers van de kinderen is een elektrische verwarmers bijgeplaatst, omdat die kamers maar langzaam opwarmen overdag. Het is niet duidelijk of deze ook gebruikt wordt.
- Tevredenheid: de bewoner was ontevreden over het ventilatiesysteem, met name vanwege geluid en tocht. De stralingswarmte van de radiatoren wordt gemist met de nieuwe LT verwarming. Het lukt de bewoner niet om de badkamer voldoende te verwarmen. De bewoner vindt de lucht die uit de WTW komt wel koud (mede doordat de eerste verdieping kouder is dan de begane grond). Het overdag verwarmen van de slaapkamers is lastig in de winter. Hij ervaart geen problemen met de luchtkwaliteit en is tevreden met de temperatuur in de meeste kamers.

F5TG Isolatieverbetering, CV-ketel, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO₂ regeling via trapgat, koken op gas, afzuigkap

- Ventilatie: Ze snapt grotendeels hoe het ventilatiesysteem werkt, maar weet niet dat het systeem ook voor verse lucht zorgt en denkt dat daarvoor het raam open moet. Ze ventileert met ramen, aangevuld met het mechanische ventilatie systeem en de afzuigkap: Het mechanische ventilatiesysteem staat doorgaans alleen overdag aan. 's Nachts wordt deze met een hoofdschakelaar uitgezet, overdag soms ook. Tijdens het douchen gaat de standenschakelaar op 3 (timer op 30 minuten). In de slaapkamers staan de ramen (/balkondeur) vaak open, in ieder geval bij het naar bed gaan ze open om de kamer af te koelen en frisse lucht

binnen te laten. Overdag zijn ze ook regelmatig open. In de hobbykamer, waar de bewoner veel is, wordt niet geventileerd met ramen. Het CO₂ niveau is daar toch niet te hoog, waarschijnlijk omdat de binnendeur naar de gang openstaat. Tijdens het koken gaat de afzuigkap aan. Tijdens het koken gaat er ook een raam (soms 2) open. Na het koken gaat de afzuigkap uit, maar het raam blijft open tot na het eten. Ook na het opstaan gaat er vaak een raam open in de woonkamer ivm kattenbakluchtjes. Ze weet hoe ze het filter moet schoonmaken. Onduidelijk is of het filter jaarlijks wordt vervangen.

- Verwarming: De bewoner regelt de verwarming handmatig via de thermostaat en gebruikt het slaapkamer raam om te koelen. 's Ochtends naar 19, in de avond naar 20,5 en 's nachts naar 17,5 °C. De slaapkamers zijn onverwarmd, de hobbykamer wordt wel verwarmd.
- Redenen voor gedrag:
 - Ramen open bij naar bed gaan om te koelen (in de winter) en om frisse lucht binnen te krijgen.
 - Ramen openen na douchen en koken om vocht en luchtjes af te voeren.
 - Uitzetten van het mechanische ventilatiesysteem vanwege geluidoverlast en tocht
- Tevredenheid: De bewoner is tevreden met haar huis, maar heeft grote problemen met het ventilatiesysteem: vooral tochtklachten en geluidoverlast

JMTT Isolatieverbetering, CV-ketel, beneden vloerverwarming, boven radiatoren, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO₂ regeling via trapgat, koken op gas, afzuigkap

- Ventilatie: De bewoner ventileert met het ventilatiesysteem en de afzuigkap, en gebruikt daar verder geen ramen bij. Er wordt volledig vertrouwd op het systeem en de bewoner kan goed uitleggen hoe deze functioneert. De CO₂ regeling is door de bewoner zelf in detail ingeregeld (balans gezocht tussen zo min mogelijk geluid en zo laag mogelijke CO₂). De standenschakelaar wordt niet gebruikt, ook niet na het douchen. De afzuigkap wordt gebruikt bij het koken. In één van de werkkamers is het CO₂ niveau aan de hoge kant (tot 1500 ppm), waarschijnlijk is de sensor iets te krap afgesteld vanwege geluidklachten.
- Verwarming: De bewoner gebruikt de programmeerfunctie van de thermostaat (gedurende de dag gaat deze van 19 naar 21 graden), en zet de verwarming daarnaast regelmatig handmatig een beetje hoger: De slaapkamers worden een beetje verwarmd overdag, de badkamer iets meer en de werkkamers op zolder worden vol verwarmd (wat overigens niet geheel lukt). De thermostaat gaat 's nachts op nachtverlaging (15 graden).
- Redenen voor gedrag:
 - Het mechanische systeem met CO₂ en RV sensoren wordt volledig vertrouwd, zowel voor het aanvoeren van frisse lucht als voor het afvoeren van vocht in de badkamer. Omdat dat laatste niet optimaal

- werkt, wordt om schimmel te voorkomen wel het condens van het raam gedroogd.
 - De afzuigkap wordt gebruikt om luchtjes en kookvocht af te voeren.
 - De radiatoren zijn 1x goed ingesteld en daarom wordt verder het programma van de thermostaat gevolgd.
 - De inblaas van de WTW in het trapgat veroorzaakt tocht in de werkkamer, daarom staat daar de radiator hoog (al is dat niet voldoende).
- Tevredenheid: De prestaties van de woning worden als goed ervaren. De temperatuur is in principe goed te regelen en ook de binnenluchtkwaliteit is goed. De inblaas van de WTW in het trapgat zorgt wel voor tochtklachten in één van de werkkamers en het lukt niet goed om met het huidige systeem (ventilatie en verwarming) dat op te lossen. De vrouw ervaart regelmatig hoofdpijn en weet niet of dat aan het binnenklimaat in de werkkamer ligt. De gemeten CO₂ waarden zijn daar inderdaad aan de hoge kant (tot 1500 ppm). Ook het geluid van het ventilatiesysteem wordt genoemd. Het is geen heel groot probleem, maar het is er wel en er is door de bewoner een poging gedaan die zo laag mogelijk te krijgen.

K6TN Isolatieverbetering, Warmtepomp, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO₂ regeling via trapgat, koken op inductie, afzuigkap

- Ventilatie: De bewoner kan goed uitleggen hoe het ventilatiesysteem werkt. De bewoner blijft in principe overal vanaf. Ramen zijn in de winter altijd dicht. In de badkamer gaan het ventilatiesysteem op de hoogstand tijdens het douchen. Tijdens het koken gebruikt ze de afzuigkap. De CO₂ is een deel van de tijd te hoog 's nachts. Dit komt niet direct door gedrag, maar doordat er dan veel mensen in huis zijn. Het schoonmaken van het ventilatiesysteem (filters) is geen probleem.
- Verwarmen: De thermostaat staat dag en nacht op dezelfde stand, 20 graden. Radiatoren zijn 1x ingesteld en daar wordt verder niet meer aangezet. In de woonkamer schommelt de temperatuur tussen de 19 en 20. In de slaapkamers staan de radiatoren op stand 2 en daar is het tussen de 18 en 20 graden. De temperatuur van de verwarming staat nu hoger dan toen ze gas had: toen stond die overdag altijd op 18 graden, nu op 20 graden.
- Redenen van gedrag
 - De bewoner heeft duidelijke instructies gehad, zowel met betrekking tot ventileren als de verwarming. Er is de bewoner verteld dat dit gedrag (nergens aankomen) het zuinigste is. Daarom houdt ze zich er heel secuur aan, ook als ze toch overlast ervaart. Haar systeembeeld is niet dusdanig dat ze bij overlast kan beredeneren wat ze kan doen om de overlast te beperken.
- Tevredenheid: De woning zorgt overal zelf voor, dat is makkelijk, maar helaas constateert ze wel dat de woning dat niet goed doet. In de woonkamer is het soms te warm en soms te koud (de temperatuur fluctueert). Ook zou ze het graag 's ochtends wat kouder hebben dan 's avonds, maar dat kan niet. Verder

ervaart ze tocht in het trappgat en 's nachts geluidoverlast van het ventilatiesysteem als er 5 mensen in huis zijn en het systeem vol draait. Ook kan het tijdens het koken erg warm worden in de keuken. Daar kan ze eenvoudig wat aan doen, door het raam open te zetten, maar dat doet ze niet.

OOT9 Isolatieverbetering, CV ketel, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO₂ regeling, koken op gas, geen afzuigkap, roosters in de ramen

- Ventilatie: De bewoner kan goed uitleggen hoe het ventilatiesysteem werkt. Hij heeft het idee dat hij nauwelijks ventilatie nodig heeft omdat hij alleen woont, niet rookt, nauwelijks thuis doucht en nauwelijks kookt. In verband met erge tochtklachten heeft de bewoner het toevoersysteem van de ventilatie uitgezet. Als het warmer wordt gaat hij hem weer aanzetten. Het systeem functioneert nu als afzuiging. Ramen en roosters houdt hij overwegend dicht (op de badkamer na). Hij compenseert de toevoer niet met open ramen/roosters. Zijn slaapkamerdeur naar de gang is 's nachts ook dicht. In de hoofdslaapkamer komt de CO₂ regelmatig boven de 1200 ppm. Dit komt deels overeen met de momenten dat er ook extra verwarming is (mogelijk de momenten dat zijn vriendin er ook is). Hij wast de filters in de wasmachine. Hij houdt goed in de gaten of ze schoongemaakt moeten worden.
- Verwarmen: De thermostaat heeft hij zo geprogrammeerd dat deze bij het naar bed gaan uit gaat. Hij zet hem handmatig aan. De radiatoren staan doorgaans overal uit, behalve in de woonkamer en de keuken. In de keuken zou hij ook graag uit doen, maar dan is het te koud. Handmatig doet hij de verwarming stapsgewijs omhoog. De eerste stap pas als hij thuiskomt van werk en dan langzaam om de paar uur enkele graden. In de woonkamer koelt het 's nachts erg af, vaak tot net iets boven de 15oC, soms naar 14oC. Het blijft 's ochtends koud tot de verwarming aan gaat en dan gaat de temperatuur in stapjes van 2 graden omhoog. Pas om ca. 20u is het dan 19oC. Ook in de hoofdslaapkamer staat de verwarming meestal uit. Net als in de badkamer is het dan erg koud, ook zo tussen de 10 en 12 graden op koude dagen.
- Redenen van gedrag
 - Hij is erg bezig met energiekosten/besparing. Hij heeft de temperatuur in zijn huis geoptimaliseerd (wel comfort, zo zuinig mogelijk), diverse ruimten laat hij onverwarmd. Hij heeft een zuinig thermostaatgedrag om energie te besparen, maar zo ingeregeld dat hij het zelf nog wel comfortabel heeft.
 - Hij heeft het ventilatiesysteem op afzuiging gezet vanwege tocht/koude klachten. Alternatief was mogelijk geweest om de temperatuur hoger te zetten, maar hij wil energie besparen.
 - Hij heeft veel moeite gedaan om zijn gedrag zo goed mogelijk in te regelen: wel comfort, geen onnodig gebruik van energie. Hij heeft veel moeite gedaan om tochtklachten op te lossen (ander inblaaspunt in de woonkamer, meubelopstelling aangepast, ventilatiesysteem op afzuigen gezet).

- De bewoner heeft het beeld dat extra ventileren niet nodig is omdat hij alleen woont, niet rookt en er geen schimmel klachten zijn. Je kan beargumenteren dat hij daar wel gelijk in heeft, gezien het CO₂ niveau in zijn huis, die over het algemeen ok is. De vraag is of het goed blijft gaan als zijn vriendin er is of als zijn kind/kinderen er zijn. Voor dat laatste hebben we geen data, met betrekking tot zijn vriendin lijkt dat inderdaad in de slaapkamer tot wat te hoge CO₂ niveaus te leiden.
- Tevredenheid: De bewoner heeft last van tocht en heeft dat zelf opgelost. Hij had liever geen tochtklachten gehad. Verder vindt hij zijn woning snel afkoelen, ook dat zag hij liever anders. Verder is hij tevreden met zijn huis en hij ervaart goede luchtkwaliteit.

T1Y4 Isolatieverbetering, CV ketel, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO₂ regeling, koken op inductie, recirculatieafzuigkap, PV panelen, roosters in de ramen

- Ventilatie: De bewoners denken de bediening van de ventilatie te begrijpen, maar beschrijven de functies heel anders dan ze zijn. Verder hebben de bewoners de ventilatie altijd op de automatische stand staan, maar wanneer zij de CO₂-sensor oranje of rood zien kleuren in de woonkamer of slaapkamer, denken zij dat het nodig is om handmatig de ventilatie te verhogen met de hoofdschakelaar in de woonkamer. De bewoners ventileren hoofdzakelijk met het ventilatiesysteem en de afzuigkap en gebruiken daar op sommige plekken ook ramen en gevelroosters bij:
 - Het rooster in de woonkamer wordt elke ochtend geopend en elke avond gesloten
 - De keukendeur staat vaak open, afhankelijk van het weer
 - Het raam in de hoofdslaapkamer staat altijd open
 - Het rooster in de logeerkamer staat altijd open
 - Met de timer/schakelaar in de badkamer (naast de keuken) wordt de ventilatie tijdelijk verhoogd tijdens het koken of douchen.

De bewoners hebben - toen het een week sterk vroom - de stekker uit de WTW-unit getrokken. De CO₂-waarden zijn in vrijwel alle kamers altijd laag, wat wijst op een goede binnenluchtkwaliteit.

- Verwarmen: De bewoners gebruiken de programmeerfunctie van de thermostaat en daar wordt vrijwel nooit van afgeweken.
 - De temperatuur staat overdag op 20 °C en 's nachts op 18 °C
 - Als de bewoners het in uitzonderlijke situaties koud hebben, gaat de verwarming een graad hoger.
 - De radiatorcransen op de begane grond staan allemaal open, de radiatorkraan in de computerkamer staat een klein beetje open en de radiatorcransen in de 2 slaapkamers zijn vrijwel altijd dicht.

- De binnendeuren staan altijd open tussen de onverwarmde slaapkamers met open raam of rooster en de verwarmde computerkamer met gesloten raam en rooster

Het vervangen van de filters in de WTW-unit is voor de bewoners begrijpelijk. De unit geeft FILTER aan wanneer deze vervangen moeten worden en dan doet de bewoner dit. Zij vervangt de filter dan met een schone filter en maakt de vuile filter schoon met water en ontvetter.

- Redenen van gedrag
 - Het ventilatiesysteem wordt grotendeels vertrouwd, en ze weten dat er verse lucht binnenkomt via het systeem, maar de bewoners hebben toch het gevoel dat ze extra verse lucht krijgen via ramen en roosters.
 - De lucht die via de WTW binnen komt is, volgens de bewoners, niet altijd voldoende verwarmd.
 - De radiatoren en het thermostaatprogramma zijn 1x goed ingesteld en daarom wordt verder het programma van de thermostaat gevolgd.
 - Bij hoge uitzondering wordt de thermostaat verhoogd of een radiatorkraan geopend
 - Het slaapkamerraam staat open om deze ruimte te koelen
- Tevredenheid: De bewoners geven aan heel blij te zijn met de prestaties van hun woning. Ze geven aan een hoog comfort te ervaren qua temperatuur en ventilatie en tevreden te zijn met het lage energieverbruik. Ze ervaren een sterke vermindering van koude lucht in huis. Wel zijn ze minder blij met de grote kanalen in hun woning. En is de inblaaslucht soms te koud als het buiten ook heel koud is.

TG1L Isolatieverbetering, CV ketel, gebalanceerde ventilatie met WTW en CO₂ regeling, koken op gas, geen afzuigkap, boven nog roosters in de ramen (Bij het vervangen van ramen beneden, zijn daar de roosters wel verdwenen.)

- Ventilatie: De bewoner kan redelijk uitleggen hoe het ventilatiesysteem werkt, maar enkele aspecten zijn onduidelijk: ze denkt dat ze zelf moet ingrijpen als de CO₂ sensor rood/oranje wordt, ze weet dat het systeem voor verse lucht zorgt, maar vindt het toch niet hetzelfde als een raam open zetten. Ook weet ze niet precies hoe de luchtstroming in huis verloopt.

De bewoner gebruikt haar ramen en roosters veel, omdat zij denkt dat dit nodig is om voldoende te ventileren. Zij vertrouwt het ventilatiesysteem wel, maar vindt het toch niet hetzelfde als een raam open zetten. "Daar kan eigenlijk niks tegenop."

- De bewoners ventileren met het ventilatiesysteem en gebruiken daar op meerdere plekken ook ramen en roosters bij:
 - In de woonkamer zijn de ramen en deuren altijd dicht, behalve de deur naar de keuken.
 - De buitendeur van de keuken wordt gebruikt om extra te ventileren, met name tijdens het koken, maar ook tijdens het douchen.

- Alle gevelroosters op de eerste verdieping (hoofdslaapkamer, kinderslaapkamer, 'walk-in closet' kamer, overloop) staan altijd open
- De ramen in de hoofdslaapkamer en overloop staan altijd op een kier.
- Het raam in de 'walk-in closet' kamer staat vaak open. Deze wordt gesloten als er niemand thuis is in verband met veiligheid.
- Met de timer in de badkamer wordt de ventilatie tijdelijk verhoogd tijdens het douchen, meestal voor 10 minuten.
- Met de schakelaar in de woonkamer wordt de ventilatie verhoogd tijdens het koken. De bewoner verlaagt deze naderhand niet, omdat dit volgens haar vanzelf gaat wanneer de CO₂-niveaus dalen.
- Wanneer de sensor oranje of rood brandt, verhoogt de bewoner de ventilatiestand handmatig (vanaf autostand). De bewoner verlaagt deze naderhand niet, omdat dit volgens haar vanzelf gaat wanneer de CO₂-niveaus dalen.

De CO₂-waarden zijn in alle gemeten kamers vrijwel altijd tussen de 800-1000 ppm wanneer deze in gebruik zijn. Bewoner maakt de filters schoon/vervangt deze als het systeem dat aangeeft.

- Verwarmen: De bewoners gebruiken de programmeerfunctie van de thermostaat
 - Overdag, als er iemand thuis is 20-21 °C, 's nachts of wanneer iedereen aan het werk is 16-17 °C.
 - Als het huis overdag leeg is en het programma niet al verlaagt, doet zij dit handmatig via de thermostaat of app.
 - Als de bewoners het in uitzonderlijke situaties koud hebben, gaat de verwarming een graad hoger of gebruiken zij een dekentje
 - De radiatorkranen staan allemaal open, dus ook in de slaapkamers, behalve in de 'walk-in closet' kamer
- Redenen van gedrag
 - Het ventilatiesysteem wordt grotendeels vertrouwd, maar de bewoners hebben toch het gevoel dat ze extra verse lucht krijgen via ramen en roosters.
 - De bewoner vindt de huidige instellingen en het gebruik comfortabel
 - De bewoner probeert in sommige ruimtes minder kou te laten doorstromen, bijvoorbeeld door de 'walk-in closet' deur gesloten te houden en de woonkamer-keuken deur 's avonds te sluiten.
 - Het ventileren van de keuken via de buitendeur komt door het ontbreken van een afzuigkap.
 - De bewoner noemt haar slaapapneu als reden voor het extra moeten ventileren van de slaapkamer
- Tevredenheid: De bewoner geeft aan tevreden te zijn met de woning en ervaart dat de temperatuur en ventilatie goed te beïnvloeden is. De bewoner is blij met het ventilatiesysteem en de overige renovatiemaatregelen. De bewoner gebruikt het systeem naar eigen inzicht en wens en ervaart (mede hierdoor) weinig issues. Wel geeft de bewoner enkele problemen aan:

- De bewoner heeft de indruk dat het ventilatiesysteem niet goed werkt in de badkamer.
- In de keuken vindt de bewoner ook dat het systeem niet voldoende lucht afvoert (door het ontbreken van een afzuigkap)

M7PT Isolatieverbetering, CV ketel (HT), gebalanceerde ventilatie met WTW en CO₂ regeling, koken op gas, roosters in de ramen.

- Ventilatie: Het systeembeeld van de bewoners klopt niet helemaal, zo hebben ze het beeld dat extra ventileren met ramen/roosters goed is en dat ze bij hogere CO₂ niveaus het ventilatiesysteem handmatig hoog moeten zetten. Het mechanische ventilatiesysteem staat op automatisch, behalve bij bezoek, dan zetten ze hem op de hoogstand. Idem tijdens douchen. Het slaapkamerraam staat altijd op de kiepstand, behalve bij vorst overdag (wel 's nachts). Op de bovenverdieping staan alle roosters altijd open, behalve van de kleedkamer. Ook in de keukendeur is het rooster altijd open.
- Verwarming: De bewoners hebben een zuinig gedrag, waarbij de thermostaat als ze thuis zijn handmatig naar 18,5 graden gaat en 's nachts naar 16. Boven wordt er niet verwarmd, alleen de badkamer (en de werkkamer als er wordt gewerkt.) Het filter is na een half jaar vervangen.
- Redenen voor gedrag:
 - Raam open in de slaapkamers omdat de installateur gezegd heeft dat dat goed is en vanwege gewoonten en omdat ze het fijn vinden extra verse lucht binnen te krijgen en tevens dat de slaapkamer wat kouder is. Ze weten dat het niet hoeft en dat het mechanische ventilatiesysteem voldoende verse lucht geeft. Ze vertrouwen verder op het ventilatiesysteem en de CO₂ regeling. Bij veel mensen zijn ze graag zeker van voldoende ventilatie.
 - Van hun ouders geleerd de thermostaat niet te laag te zetten: dat zou minder energie kosten. Ze zijn zuinig met energie
- Tevredenheid: Ze zijn tevreden over hun woning. Ze merken weinig van de ventilatie, dus dat vinden ze goed. Horen de ventilatie unit op zolder wel, maar hebben daar verder geen last van.



Illustrator: Tomas Schats