

MASTER

Renovatie van appartementen uit de jaren '60-'80 'meer ruimte, meer comfort, minder fossiele brandstoffen'

Schamhart, A.E.

Award date:
2006

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Renovatie van appartementen uit de jaren '60-'80:
“meer ruimte, meer comfort, minder fossiele brandstoffen”

Arend E. Schamhart

Afstudeeronderzoek & ontwerp

zomer 2006

Arend Emmanuel Schamhart (0434717)
Oosterengweg 221
1212 CJ Hilversum
035-7725511
06-21883276
a.e.schamhart@stud.tue.nl
schammiess@hotmail.com

Onderdelen:

1. Verslag
2. Bijlage
3. Tekeningen

Commissie:

Voorzitter: prof. dr. ir. Jos Lichtenberg
Hoofdbegeleider: ir. Michiel Ham
2e begeleider: dr. ir. Henk L. Schellen

University of Technology, Eindhoven
Faculty of Architecture, Building and Planning
Unit Architectural Design and Engineering
Section Building Concepts & Components
Vertigo Building
PO Box 513
5600 MB Eindhoven, The Netherlands

(TU/e)
(Bouwkunde)
(ADE)
(BT)

Voorwoord

In 1996 ben ik begonnen aan de studie Bouwkunde aan de TU Eindhoven. Door de jaren heen heb ik diverse interessante en uitdagende, maar vooral verschillende soorten projecten gedaan. Zo betrof T7 een stiltecentrum op het TU-terrein met Duurzaam Bouwen als inslag, en T8 een renovatieproject in de Eindhovense wijk 't Hool, waarbij een type rijtjeswoning in de oude visuele staat moest blijven en toch extra kwaliteit moest krijgen (Fig. a en b). Hierbij speelden aspecten als comfort, betreffende tocht vermindering door isolatie en goede ventilatie, indeelbaarheid en bruikbaarheid een grote rol en werden de plattegrond en doorsnede kritisch bekeken.



Fig. b. Te renoveren woning in 't Hool.



Fig. a. Het Stiltecentrum met de grote zaal, hangend over het water.

In T9 was het doel een zelf bedachte functie te realiseren in een natuurgebied. In een gefingeerde wal aan de rand van het gebied kreeg elke deelnemer een kavel, waar ik een educatie-centrum heb ontworpen met IFD-methode als voorwaarde (Fig. c). TX was een ontwerpwedstrijd voor een ontspanplek en een natuurobservatieplaats op de Hoge Veluwe. De ontspanplek werd later door mij uitgewerkt, waarbij het gedeeltelijk loshouden van overkapping en zitplek en de materiaal invulling met doek, staal, hout en beton centraal stonden (Fig. d).

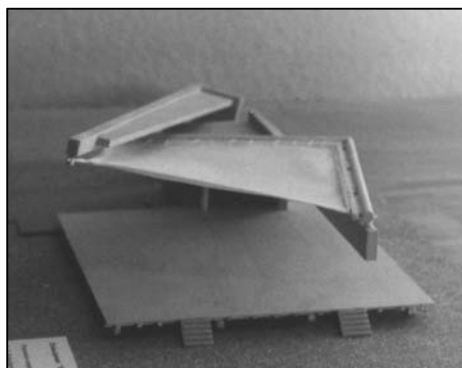


Fig. d. De overkapte ontspanplek op de Hoge Veluwe.

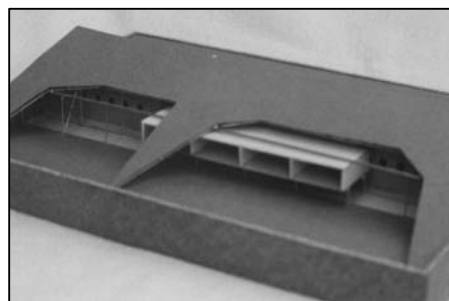


Fig. c. Het educatiecentrum op basis van de IFD-methode.

Al met al veel uiteenlopende projecten, waarbij interesse en betrokkenheid een grote drijfveer vormde. In het bijzonder voerde mijn interesse in de technische invulling altijd wel de boventoon, waarbij ik detailleren (met de ingrediënten maakbaarheid en uiterlijk), als zijnde mijn passie, binnen elk project zo optimaal mogelijk te verwezenlijken.

Een onlosmakelijk onderdeel van een "ontwerpde" studie, die (helaas) nog niet door iedereen even wetenschappelijk wordt benaderd, is het opdoen van praktijkervaring. Een stage is een uitgelezen mogelijkheid om deze praktijkervaring op te doen. Mijn stage vond plaats bij architectenbureau Wentink-Torsing Architecten te Baarn voor de duur van een collegejaar. Binnen deze "echte wereld" heb ik heel veel geleerd en mij natuurlijk ook verbaasd over bepaalde zaken. Het belangrijkste dat ik daar heb gedaan was het begeleiden van een particulier initiatief voor de bouw van een woonhuis op IJburg te Amsterdam (Fig. e). Mijn bijdrage lag binnen de bestek- en uitvoeringsfase. Overleg tussen de verschillende partijen, met name opdrachtgever, wij als architectenbureau en de aannemer was heel leerzaam.



Fig. e. De voorkant van de woning met de garage en de patio-voortuin en een art-impresion van de rij woningen.

De binnen de diverse projecten en de stage opgedane ervaringen en kennis over de mogelijkheden en onmogelijkheden van de nieuwe technologische ontwikkelingen binnen de bouw én de uitdaging die de huidige dan wel toekomstige klimatologische veranderingen, uitputting van fossiele brandstoffen en de wooncomfort-verwachtingen van de gebruikers hebben, op een natuurlijke wijze, geleid tot mijn afstudeeronderwerp, getiteld "Renovatie van appartementen uit de jaren '60-'80: meer ruimte, meer comfort, minder fossiele brandstoffen". Het verband tussen renovatie en de energieproblematiek wordt bekeken aan de hand van verschillende onderdelen, zoals daar zijn sloop en materiaal versus renovatie en materiaal en het energieverbruik tijdens de nieuwe gebruiksfase.

Dankwoord

Het voltooien van dit eindverslag is mij mogelijk gemaakt door de samenwerking met velen, die ik hiervoor gaarne wil bedanken. Zij zullen zichzelf wel herkennen in dit verslag.

In het bijzonder wil ik Michiel Ham, als hoofdbegeleider, bedanken. Hij begeleide mij gedurende de laatste jaren van mijn studie met veel inzet (en kritiek) en schonk mij een grote mate van vrijheid en vertrouwen. Van zijn kritische en wetenschappelijke, een nog niet algemeen ingeburgerd goed in de bouwkunde, kijk op mijn werk heb ik veel geleerd.

Mijn tweede begeleider, Henk Schellen, heeft mij de weg gewezen in de kwantitatieve toetsingsmethodes voor de bouwfysische aspecten van mijn ontwerp. Het product van deze begeleiding is duidelijk terug te vinden in het laatste deel van het verslag. Ook zijn kritische houding ten aanzien van het thema 'gebruiker & energiezuinig wonen' werd gewaardeerd.

De voorzitter van de afstudeercommissie Jos Lichtenberg ben ik zeer erkentelijk voor zijn inspirerende belangstelling en ideeën. Dit blijkt wel uit het deels inpassen van zijn SlimBouwen® visie binnen mijn renovatie-ontwerp. Ook zijn rol als 'rustpunt' tijdens het afstuderen zal ik niet vergeten.

Ik wil ook mijn bijzondere waardering uitspreken over al diegenen verbonden aan het architectenbureau Wentink-Torsing Architecten te Baarn voor de plezierige tijd gedurende mijn stage. Van jullie leerde ik voor een groot deel hoe de "echte" bouwwereld in elkaar zit. In het bijzonder dank ik Derk-Jan Wentink voor het genoten vertrouwen en het serieus nemen van mijn inbreng.

Een boeiende situatie ontstond toen Denis Schamhart betrokken raakte bij dit verslag. Zijnde een biochemicus, een toch wel heel andere discipline, werd ik gedwongen alles tegen over hem "wetenschappelijk onderbouwd" en toegankelijk voor de niet-deskundige, maar wel appartementbewoner, te verantwoorden. Mijn dank hiervoor is hem wel bekend.

Inhoudsopgave

• Samenvatting	7
• Summary	9
<u>Aanleiding</u>	
• Energie, Fossiele brandstoffen en Milieuproblematiek	11
<u>Probleemkader: <i>onderzoek & analyse</i></u>	
• Bouwwereld, Woningvoorraad & Faktor-10 visie en Renovatiestrategie	15
• Referentiewoning en Bewonerswensen	29
• Technische middelen en Referentieprojecten	41
<u>Doelstelling: <i>ontwerp-uitgangspunten</i></u>	
• Doelstelling	45
• Programma van Eisen en Wensen	47
<u>Ontwerp</u>	
• Concept in vogelvlucht	51
• Ontwerp-uitgangspunten:	
a) Extra gebruiksruimte	54
b) Een nieuwe gevel: SlimFac10-gevelelement	54
c) Portaal structuur: toegang en balkons	55
d) Flexibele plattegrondvarianten	55
e) Renovatie en huidige bewoners: bouwvolgorde	61
f) Additionele ideeën	63
g) Maquette	65
• Constructie	69
• Detaillering	77
• Daglichttoetreding	85
• Hybride ventilatie en Installatie	95
• Energieverbruik: simulaties	101
<u>Conclusies & Vervolg</u>	119
<u>Literatuurlijsten</u>	123

Bijlage:

- PLEA2006 paper
- Technische middelen
- **slimbouwen**[®]
- Geluid en Renovatie
- Energiebalans
- Referentieprojecten
- Gebruiker en Comfort
- Meergezinswoningen in Nederland
- Referentie-appartement: tekeningen
- Constructieberekeningen
- Productspecificaties
- Gebouwsimulaties
- Interviews
- Maquette foto's
- Literatuurlijsten

Tekeningen:

- | | |
|---|---------|
| • Plattegronden: indelingsvarianten 1:100 | A-serie |
| • Doorsnede en Gevels 1:100 | A-serie |
| • Plattegronden: techniek 1:50 | B-serie |
| • Details 1:20 | C-serie |
| • Details 1:5 | D-serie |
| • Daglichttoetredingstekeningen 1:50 | Z-serie |

Maquettes:

- | | |
|---|------|
| • Eerst opzet-maquette: toegangsgevel | 1:50 |
| • Grote maquette: indelingsvarianten, bestaand-nieuw | 1:50 |
| • Daglichtmaquette: slaapkamer noordkant | 1:20 |
| • Driehoekvormige ligger: onderdeel van de portaalconstructie | 1:5 |

SAMENVATTING

In bijna alle Europese landen is het overgrote gedeelte van de naoorlogse meergezinswoningen gedateerd voor wat betreft de beschikbare levensruimte, het comfortniveau en, in het bijzonder, het verbruik van fossiele brandstoffen voor de energiebehoefte. In Nederland worden ruim 600.000 flats, gebouwd in de periode 1960-1980, representerend 10% van de totale woningvoorraad, geconfronteerd met afbraak dan wel renovatie.

“Space and light and order. Those are things that men need. Just as much as they need bread or a place to sleep” - Le Corbusier. Gebaseerd op deze ontwerpfilosofie en het besef dat renovatie een aanzienlijk hoeveelheid bouwfal voorkomt en bouwprocesenergie reduceert is, binnen deze studie, het doel gesteld een methode te ontwikkelen om een serie goedgedefinieerde galerijflats (120.000 flats; 20% van de totale voorraad meergezinswoningen uit de periode 1960-1980) te renoveren tot flexibelere en ruimere wooneenheden met een hogere mate van comfort en een lager energieverbruik voor ruimteverwarming met behulp van o.a. de Faktor-10 visie. Het huidige energieverbruik ($\approx 220 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) voor ruimteverwarming zou moeten worden teruggebracht tot $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Naast het streven van een significante besparing op fossiele brandstoffen voor ruimteverwarming werden in het ontwerp ook besparingsmogelijkheden meegenomen voor het warm-tapwater en het elektriciteitsverbruik dat met wonen samenhangt. Er werd gezocht naar snelle, efficiënte en kosteneffectieve bouwmethoden en oplossingen om de overlast die renovatie voor de huidige bewoners met zich mee brengt tot een minimum te beperken. Het bouwproces en met name de gekozen detailoplossingen werden veelal vanuit een vernieuwende strategie, bekend als SlimBouwen[®], ontwikkeld. Naast de visie van licht en compact bouwen en het nastreven van een sequentieel bouwproces met minimale onderlinge onafhankelijkheid zal het aspect flexibiliteit in de detailoplossingen worden afgewogen.

In het voorgestelde concept worden de gevels verwijderd en tegen de bestaande galerijen en balkons multifunctionele gevelelementen, met daar weer voor een constructieve portaalstructuur geplaatst. Het multifunctionele gevelelement, hier benoemd als het SlimFac10 gevelelement, voegt de bestaande galerijen en balkonplaten aan de bestaande woning toe. Hierdoor worden o.a. de koudebruggen van de bestaande constructie volledig aan de “warme” kant van het gebouw gelegd. De ontstane extra vierkante meters vloeroppervlak maken de woning ruimer en voldoet zo aan de huidige wensen van bewoners. Het bestaande gebruiksoppervlak van gemiddeld $\approx 75 \text{ m}^2$ wordt vergroot tot $\approx 95 \text{ m}^2$, waardoor de meeste ruimtes kunnen worden vergroot bij het samenstellen van de nieuwe plattegrondindeling. Bij het ontwerpen van de SlimFac10 gevelelementen werden de volgende uitgangspunten meegenomen: thermische isolatie met een $R_c = 7,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (300 mm) voor de dichte delen en $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ voor de beglazing, de grootte van het glasoppervlak wordt aangepast aan de zoninstraling, ook wel passieve zonne-energie genoemd en de ventilatie- en verwarmingsinstallaties worden voorbereid. Door vóór en tegen deze gevelelementen een nieuw ontwikkelende portaalstructuur met gebruikmaking van de SlimBouwen[®] strategie te plaatsen wordt naast een slank uiterlijk, een laag gewicht, ook de nodige flexibiliteit bereikt.

De verworven flexibiliteit resulteert in de mogelijkheid tot het creëren van meerdere plattegronden, waarbij installaties een zo min mogelijke belemmering vormen. Dit werd mede bereikt door het plaatsen van een kleine rioleringschacht centraal in de constructieve beuk én een externe leidingschacht tegen de gevel waar ventilatiekanalen en nutsvoorzieningen in kunnen worden opgenomen. Deze externe schacht belemmert de flexibiliteit nauwelijks, daar de portaalstructuur met zijn driehoekvormige liggers de juiste uitsparing creëert, waardoor vloerdelen willekeurig kunnen worden geplaatst. Aan de toegangszijde, in het meest ideale geval de noordkant, maken serres, trappen en tochtsluizen het mogelijk de constructieve secties, de beuken, willekeurig te schakelen. Er ontstaan verschillende soorten plattegronden, variërend van een enkelbeukige plattegrond voor een eenpersoonshuishouden tot een dubbele maisonnette, die als aanleunwoning gebruikt kan worden. Aan de zuidkant, de balkonzijde biedt de portaalstructuur de mogelijkheid tot het creëren van diverse soorten balkons, aangepast aan de wensen en eisen van een willekeurige woning, onafhankelijk van de specifieke locatie binnen het complex. Deze keuzemogelijkheden kunnen op een eenvoudige manier aantrekkelijke gemêleerde gevels opleveren, bijdragend aan de eigen identiteit van een individuele woning. Als een nadeel kan worden aangevoerd dat de portaalstructuur en bijkomende vloerdelen de totale diepte van het gebouw en de individuele woning doen toenemen, waardoor de onvermijdelijke niet-verblijfsruimtes, al dan niet bewust in de ‘donkere zone’ worden geplaatst. Zelfs deze ‘zone’ werkt comfortverhogend door de toepassing een walk-in-closet of een home-cinema-ruimte. Toetsing van de daglichttoetreding wees uit dat bij de juiste plaatsing van de vloerdelen in de buitengelegen portaalstructuur de meeste *verblijfsruimtes* echter over voldoende daglichttoetreding beschikken.

Naast flexibiliteit levert ook het ingebrachte hybride ventilatiesysteem een bijdrage aan het comfort. Het systeem is voorzien van vraaggestuurde toevoerroosters in de gevel en een centrale afzuiging. Vervuiling wordt voorkomen en warmterugwinning vindt plaats met een warmtepompboiler, gekoppeld aan de warme afvoerlucht. Zonnecollectoren op het royale dakvlak verwarmen het warm-tapwater voor.

Het geheel van bouwtechnische en architectonische oplossingen creëert een levendig gevelbeeld, waardoor bewoners een zekere identiteit aan hun woning kunnen ontlenuen. Ook de leefbaarheid in de (semi-)publieke

ruimte kan worden versterkt door het introduceren van de mogelijkheid van kantoor of woonruimte op de begane grond. Bergingen worden elders geplaatst, uitgebreid en/of juist verkleind.

De Faktor-10 doelstelling is getoetst aan de hand van computersimulaties (HamBase). Basissimulatie van het renovatieconcept, d.w.z. zonder toepassing van hybride ventilatie, maar met warmteterugwinning door de warmtepompboiler toont aan dat een energieverbruik voor ruimteverwarming van 46,6 kWh/m²a haalbaar is. Opmerkelijk is dat simulaties met enkele kostenreducerende maatregelen, zoals het toepassen van HR++ beglazing, i.p.v. drievoudige beglazing, uitwijzen dat het energieverbruik hierdoor niet wezenlijk stijgt (49,1 kWh/m²a). Een voorlopige simulatie voor het hybride ventilatiesysteem toont dat het energieverbruik terugloopt (39,6 kWh/m²a), maar de toepassing van dit systeem heeft vooral voordelen voor het comfort door de grote inzichtelijkheid en regelbaarheid. Op basis van de simulaties kan worden geconcludeerd dat de Faktor-10 doelstelling (≈ 25 kWh/m²a) redelijkerwijs niet haalbaar is. Dit lijkt uitsluitend haalbaar met een gebalanceerd ventilatiesysteem met een warmteterugwinningsrendement van tenminste 80%. De moeilijke inpassing van ventilatietoevoerkanalen en de mogelijke gezondheidsrisico's door onjuist gebruik en installatie van een gebalanceerd ventilatiesysteem wordt de toepassing van dit systeem binnen dit renovatieconcept niet geadviseerd. Het hogere energieverbruik bij hybride ventilatie moet gezien worden als investering in een verhoogd comfort.

De voorgestelde renovatiestrategie beoogd, op verantwoorde gronden, het voorkomen van sloop van een significant deel van de Nederlandse woningvoorraad. Binnen deze strategie worden de appartementen ingericht voor de toekomst, waarbij veranderbaarheid en aanpasbaarheid worden gecombineerd met een laag energieverbruik en een verhoogd, doch realistisch comfortniveau.

Onderdelen uit het voorgestelde concept kunnen met de nodige aanpassingen ook worden ingezet voor nieuwbouwprojecten.

SUMMARY

In almost every European country the majority of post war multi-storey dwellings is outdated regarding space offered, level of comfort and especially energy performance. In the Netherlands approximately 600,000 multi-storey dwellings, built during the 60's and 70's and representing about 10% of the total housing stock, are now facing either renovation or demolition.

“Space and light and order. Those are things that men need. Just as much as they need bread or a place to sleep” - Le Corbusier. Based on this design philosophy and the understanding that renovation limits the amount of debris considerably, this study focuses on a novel approach for renovation of a series of well-defined gallery-apartments (120,000 apartments; 20% of the total '60s and '70s housing stock) towards flexible and spacious apartments, according to the contemporary building standards of comfort and especially (low) energy consumption, using among others the Faktor-10 vision. The current energy consumption of $\approx 220 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ for heating is at least 2-times higher compared to current standard apartment building and a preferred reduction to $\approx 25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ is required. In addition to the aim for a significant reduction of fossil fuels for heating, the renovation concept focuses on the possibilities to limit energy consumption for hot tap-water and electricity.

In the proposed strategy, the principal of the renovation design encompasses removal of existing façade, leaving the major structure ($\approx 75\%$ of the weight) intact and limiting the debris of the light-weighted façade to manageable proportions, and replacing it with an outside portal structure and prefabricated, multifunctional façade-elements. This new façade, developed according to a relative novel concept known as the SlimBouwen®, is placed directly in front of the existing (access) balconies enclosing additional living space, derived from the former balconies and galleries, from a former average of approximately 73 m^2 to 93 m^2 . The portal structure supports the new balconies, and prevents thermal bridges. The multifunctional façade-element, entitled here as the Slimac10 façade-elements, combines thermal isolation ($R_c = 7.0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (300 mm and $U = 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$), HVAC-installations and the use of passive solar energy. The portal structure is constructed by 3D-columns with supporting cantilever beams and the horizontal as well as the vertical load is absorbed by an independent element, resulting in space for a duct shaft, a column-free gallery and an arbitrarily positioning of other elements.

Moreover, situating the shafts externally permits to create normal, single as well as duplex apartments within a single apartment block. The external shafts, located at the north façade, contain ducts for gas, electricity, (warm/domestic) water and most importantly the new outlet ventilation ducts. In the presented concept the sewerage shaft remains necessarily internal, because the horizontal distance of a sewerage pipe is limited. A large, new internal shaft for all ductwork can not be realized due to structural and spatial reasons. So, shaft separation is required. The small internal shaft, that solely contains a single drainpipe ($\varnothing = 120 \text{ mm}$), is centralized between the structural walls, allowing floor-plan-mirroring. Placement of a raised floor in the “machinery”-room in order to connect the bathroom drainage with the internal shaft is inevitable. In the present concept gas, electricity, (warm) water and ventilation exhaust air ducts are situated in the external shafts of the access, north façade and, according to the SlimBouwen® vision, this separation of the duct work from the structural design offers the advantages of a slim appearance and low weight construction, and the benefits of flexibility and dismountability. The achieved flexibility allows for a number of floor plans, varying from a single section plan for an one person household to a duplex dwelling.

The Faktor-10 aim was analyzed, using the HamBase simulation software, with a virtually renovated '60-'70 gallery-apartment, as proposed here, without hybrid ventilation, but including a heat-pump boiler with solar collectors, that covers the total need for domestic hot water. Related to the integrated sun protection system, it seems appropriate to decrease the exceeding hours of $> 25 \text{ }^\circ\text{C}$ to 150 hours compared to the more regularly applied Dutch guideline of 300 hours. The initial modeling indicated a reduction of energy consumption for heating to $46.6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Surprisingly, some cost-effective measure, such the use of HR++ glazing, in stead of triple glazing, did not affect energy consumption ($49.1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$). The modelling summarizes as a reduction of energy consumption by approximately a factor of 5 compared to the current situation. The new design performs far better than the current standard defined by the Dutch Building Decree ($110 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), but the Faktor-10 target ($25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) has not been completely fulfilled. At present, the exact effect of inclusion of hybrid ventilation is not completely clear, but modeling suggested a further reduction to a total heat flow of $39.6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

In conclusion, contrary to the frequently raised suggestion of demolition, a novel approach for renovation of outdated apartment blocks, build during the 60's and 70's, is suggested. It is argued that the outlined renovation, according to the contemporary building standards, pays off with respect to limited debris, building materials, transport, comfort, inconvenience for the occupants and finally the low energy consumption during a renewed life period (at least 40 years) of the building. Stripping of the existing façades, adding portal structures and multifunctional façade-elements (SlimFac10 element) provide an opportunity to rearrange an apartment block with various types of enlarged dwellings. Even without inclusion of hybrid ventilation a significant reduction of the heat flow, reaching a total of $\approx 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, appears to be a feasible goal.

Although an extensive dynamic simulation is required to predict the precise heat flow, the amount of temperature exceeding hours and cost-effectiveness, it is tempting to speculate that renovation, contrary to demolition, of Dutch 60's-70's apartments is possible. Moreover, several aspects of the presented approach may be of value for other types of apartments, both within renovation and new development concepts.

AANLEIDING

Als inleiding op het voorgestelde renovatieconcept voor '60 en '70 jaren appartementen, wordt op deze plaats de achtergrond van deze studie belicht en wel in het bijzonder de noodzaak om, in het kader van het voorspelde tekort aan fossiele brandstoffen en milieuproblematiek (mogelijk geassocieerd met het hoge, huidige verbruik hiervan), energiezuinige woningen, nieuwe en oude, te verwezenlijken.

Energie, Fossiele brandstoffen en Milieuproblematiek

Olieprijzen

Energie, en dan met name fossiele energie heeft ons vanaf de Industriële Revolutie enorme economische voorspoed en welvaart gebracht. Aangezien ons economisch stelsel, het Kapitalisme, gebaseerd is op groei, waarbij 'stilstand achteruitgang' is, zal de vraag, in de vorm van producten en diensten, altijd moeten blijven stijgen. De historisch ingeslagen weg, waarbij een enorme, nog altijd stijgende hoeveelheid energie nodig is voor productie, transport en bijvoorbeeld verwarming zal onvermijdelijk leiden tot stijgende prijzen door schaarste en uiteindelijk ook leiden tot uitputting van de fossiele brandstoffen (Fig. 1) [26]^{a)}. Met een hoofdzakelijk in de laatste decennia gestegen vraag, de onzekerheid over de hoeveelheid nog beschikbare olie, terwijl de huidige olieproductiecapaciteit, vanwege economische en/of technische oorzaken ondermaats lijkt te zijn kon, zoals zeer recent duidelijk is geworden, een stabiele, relatief lage prijs natuurlijk niet voortduren.

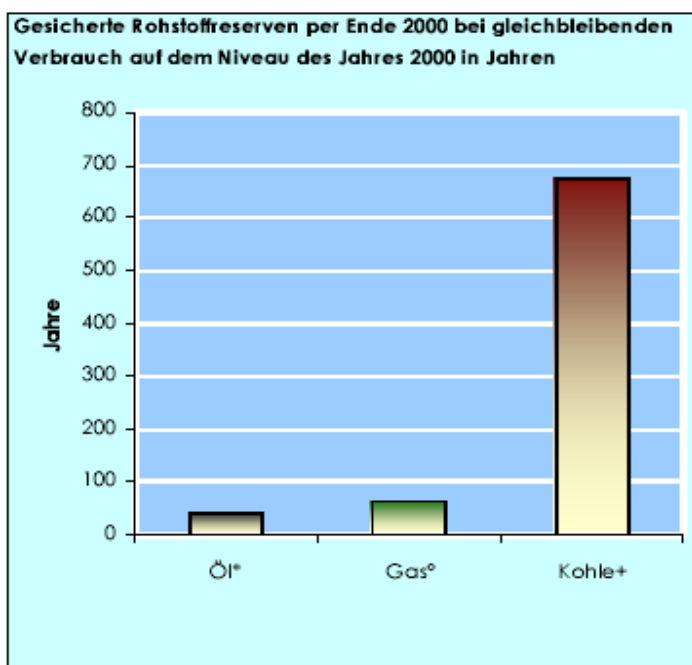


Fig. 1. Huidig bekende voorraad fossiele brandstoffen, olie, gas en steenkool, uitgedrukt in jaren, afgewogen tegen het verbruiksniveau van 2001 [26].

Politieke conflicten en/of dreiging van een slinkend olieaanbod en een instabiele olieprijs vallen buiten het bestek van dit verslag, maar (ook) voor de bouw in algemene zin is het besef van belang dat het investeringsklimaat in hoge mate samen blijkt te hangen met een stabiele olieprijs en niet noodzakelijkerwijs met een lage olieprijs. Zo, blijkt een (plotselinge) stijging van de absolute olieprijs, zoals gedurende de Oliecrisis van de jaren zeventig, een groter effect te hebben in de vorm van de relatieve olieprijs dan een stabiele, zelfs hoge(re) olieprijs (Fig. 2).

^{a)} Voor de gebruikte literatuurreferenties wordt verwezen naar de bijlage *Literatuurlijsten*. Er zijn drie literatuurlijsten bijgevoegd geordend naar medium. Te onderscheiden zijn literatuur in de vorm van een boek, een vaktijdschrift / publicatie / afstudeerverslag en het internet. Een boek krijgt in de nummering geen toevoeging (bv. [26]), een artikel bv. krijgt een 't' (bv. [26t]) en een bestand of website krijgt de toevoeging 'i' (bv. [26i]). Deze drie voorbeelden zijn dus drie verschillende literatuurbronnen van verschillende inhoud. Dit onderscheid is gemaakt om enige orde te scheppen in de literatuurverwijzingen, die zodoende ook niet in de tekst van het verslag en de bijlagen genoemd hoeven te worden.

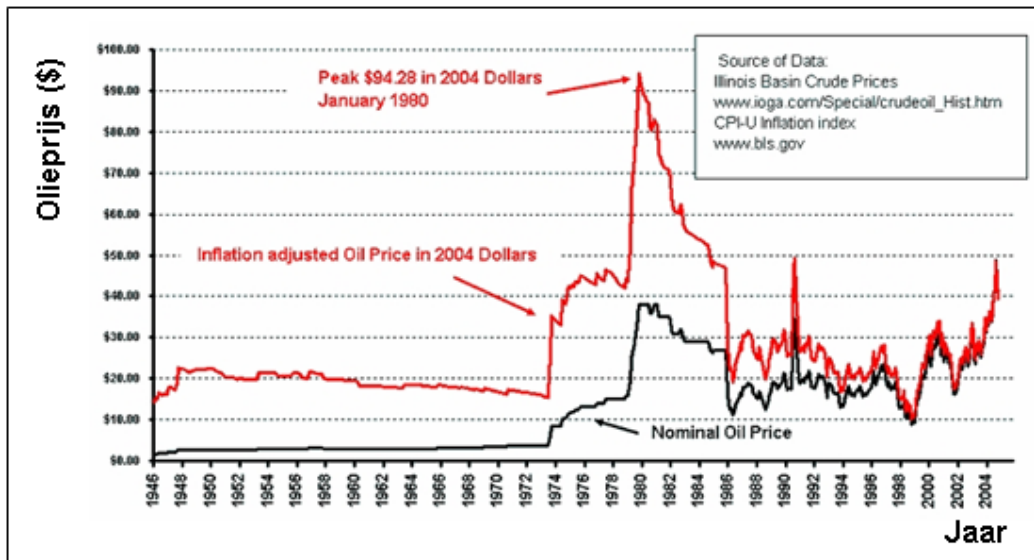


Fig. 2. Grafiek van de prijs voor een vat ruwe olie in dollars. Weergegeven zijn de absolute (zwart) en de aan de inflatie aangepaste prijs t.o.v. 2004 (rood). [Illinois Basis Crude Prices].

De Oliecrisis van de jaren zeventig deed ons voor het eerst duidelijk beseffen dat we afhankelijk zijn van fossiele brandstof, met name olie. Naast het aanscherpen van de Woningwet, de voorloper van het Bouwbesluit t.a.v. isolatie en luchtdichtheid deden nu de eerste projecten voor energiezuinige woningen hun intrede. O.a. de cv-loze woning te Schiedam, ontworpen door Kristinsson, is een sprekend voorbeeld hiervan [12]. In Nederland bleef een intensieve investeringen in renderende energiezuinige gebouwen enigszins achter als gevolg van een lage gasprijs door de ruime exploitatie van onze, voor die tijd ongekend grote gasvelden. De laatste jaren neemt, ook in Nederland, het besef echter weer toe dat fossiele brandstoffen niet “voor iedereen voor eeuwig zijn”. Groeiende economieën als die van China en India doen de vraag naar olie stijgen. De politieke instabiliteit in het Midden-Oosten, de grootste aanbieder van olie, doet de prijs eveneens stijgen.

Dit in ons achterhoofd hebbende lijken energiezuinige oplossingen voor o.a. de bouwwereld en zijn afnemers zoals bewoners van woningen weer een kans te krijgen. De grotere onafhankelijkheid van olie kan in de toekomst een concurrentievoordeel zijn.

Olie als maatschappelijk dilemma

Het bovengenoemde gaat uit van een geleidelijk proces voor wat betreft olieafhankelijkheid. Sommige wetenschappers, o.a. William Rees, gaan nog verder. Zij voorzien vanaf 2050 een terugval van de mensheid van producent/ontwikkelaar naar jager met alle gevolgen van dien. De steeds maar groeiende wereldbevolking baart hen ook zorgen. De beschikbaarheid van energie per persoon wordt een belemmerende factor.

In meer algemene zin omschrijft het begrip “Mondiale Voetafdruk”, ook wel “Ecologische Voetafdruk” genoemd, de hoeveelheid grond die wordt gebruikt om in de jaarlijkse consumptie van een enkeling te voorzien en het afval ervan in één jaar te verwerken. Alhoewel dit begrip veel meer inhoudt omvat het ook (indirect) het energieverbruik van de woning. Tabel 1 illustreert duidelijk de huidige verhoudingen in de wereld, of wel de grote verschillen tussen de diverse landen in “gebruikte grond” per inwoner.

Tabel. 1. Ecologische voetafdruk per inwoner per land in hectaren (2001) [15t].

Verenigde Staten	10,3 ha	Brazilië	3,1 ha
Australië	9,0 ha	Nigeria	1,5 ha
Canada	7,7 ha	India	0,8 ha
IJsland	7,4 ha	Bangladesj	0,5 ha
Nederland	5,3 ha		
Japan	4,3 ha	Wereld gemiddeld	2,8 ha

De vijf belangrijkste oorzaken van milieubelasting, terug te brengen tot direct en indirect grond- en watergebruik zijn [12]:

1. **voedselproductie:** fruit, groente, graan, dierlijke producten
2. **huisvesting:** constructie, onderhoud, gebruik
3. **gemotoriseerd vervoer:** privé / openbaar, goederen
4. **consumptie goederen:** verpakking, kleren, huisinrichting, drukwerk, genotsmiddelen, recreatie etc.
5. **dienstverlening:** overheid, onderwijs, gezondheidszorg, toerisme, amusement, andere diensten

Zo produceert Nederland zeer veel voedsel, maar de plantaardige grondstof voor deze bio-industrie wordt elders verbouwd. De Nederlandse landbouw heeft een oppervlakte van 5 à 7 maal het eigen agrarisch grondgebied in gebruik. Volgens de grondlegger van de “ecologische voetafdruk”, William Rees en beschreven in zijn “Our Ecological Footprint”, is een herbezinning en (locale) matiging snel nodig. Ter illustratie, de “Mondiale Voetafdruk” van de Nederlander bedraagt 5,3 ha. Dit levert, vermenigvuldigd met 16 miljoen inwoners een totaal oppervlakte van 850.000 km² op. Daar het eigen oppervlakte van Nederland (op het Europese vasteland) 40.000 km² is, kan worden geconcludeerd dat we ruim 20 maal meer land gebruiken om in onze totale behoefte te kunnen voorzien (incl. Landbouwexport t.b.v. import van andere goederen).

Deze zijspgong geeft aan dat niet uitsluitend olie, in relatie tot de nog steeds groeiende wereldbevolking, een maatschappelijk probleem dreigt te worden, maar dat ook milieubelasting in het algemeen veel aandacht verdient. Wordt voor het vervolg alleen nog het energieprobleem beschouwd dan kunnen de volgende algemene, niet los van elkaar denkende scenario’s worden voorspeld:

- a. We gaan onverminderd door met meer vraag en aanbod en onze welvaart blijft onverminderd afhankelijk van een hoge behoefte aan energie (Fig. 3). Alternatieven voor fossiele energie, een compacte hoogwaardige vorm van energie, lijken er evenwel vooralsnog niet te zijn. De gevolgen zijn voor de komende generatie. Welke dat zijn laten zich raden.



Fig. 3. Realiteit? De korte termijnvisie.

- b. We onderzoeken serieus vervangende bronnen van energie, waarbij de veronderstelde voor- en nadelen goed worden afgewogen:
 - kernenergie ('schoon' / afval, beperkte grondstof)
 - houtverbranding (CO₂-neutraal / bouwgrond)
 - biomassa (CO₂-neutraal / bouwgrond)
 - windenergie (gratis wind / investering)
 - pv-cellen (gratis zon / investering, oppervlak)
 - zonne-energie (gratis zon / investering)
 - getijdenenergie (gratis beweging / investering)
- c. We besluiten mondiaal het energieverbruik drastisch verminderen, bijvoorbeeld met een factor 10 of meer. In dit verband speelt de *totale* milieudruk (D) gedefinieerd als $D = B$ (bevolking) \times W (welvaart per hoofd van de bevolking) \times M (milieugebruik = milieudruk per eenheid welvaart) een belangrijke rol. Voorspeld is dat een halvering van de huidige totale milieudruk (D_{2000}) bij een stijgende bevolking met een factor 2 en een stijgende gemiddelde *wereld*welvaart met een factor 5 halverwege de 20st eeuw ($D_{2050} = 1/2 D_{2000}$) slechts kan worden bereikt door een reductie van het milieugebruik (waaronder het energieverbruik) met een factor 20: $M_{2050} = 1/20 M_{2000} = 2 \times 5 / 0,5D_{2000}$. In Nederland (vastgelegd in de begin jaren '90) vormt een dergelijke Factor 20 reductie een beleidsdoel voor halverwege de 20st eeuw.

Samenvattend kan worden gesteld dat een trendbreuk noodzakelijk is om een snelle, nieuwe en duurzame levensstijl met bijbehorende technologieën te ontwikkelen die passen binnen een afnemende oliewinning [10, 12, 26]. Voor de bouw kunnen hierbinnen als mogelijke sleutelwoorden worden genoemd: “Good-housekeeping”, nageschakelde technieken en procesgeïntegreerde technologieën [10].

Gevolgen CO₂-uitstoot

Naast de beschreven economische afhankelijkheid van fossiele brandstoffen lijken deze brandstoffen nog een groot nadeel te hebben, te weten CO₂ als verbrandingsproduct. Er lijkt een (bijna) algemene consensus te bestaan dat de in de laatste decennia sterk toegenomen atmosferische concentratie CO₂ verantwoordelijk is voor de huidige of toekomstige mondiale dan wel lokale opwarming van de aarde, het welbekende broeikaseffect (Fig. 4). Om dit te verduidelijken is het wenselijk het mechanisme van dit proces meer uitgebreid te behandelen. Voor de burger heeft de term "broeikaseffect" over het algemeen een negatieve bijklank, als een door de mens gecreëerde artificiële en ongewenste situatie. Toch is het broeikaseffect een natuurlijk en zelfs levensvoorwaarde scheppend proces binnen de energiebalans van de aarde. Voor de aarde kan een energiebalans worden opgesteld. De aarde vangt evenveel energie uit UV-straling van de zon op, als dat ze zelf als infrarode straling uitzendt. Worden geen andere aspecten dan deze straling in de beschouwing meegenomen, dan zou de temperatuur op aarde -18°C bedragen. De daadwerkelijke, gemiddelde temperatuur op aarde bedraagt ongeveer 15°C. Het grote verschil is toe te schrijven aan de selectief isolerende eigenschappen van de aardatmosfeer. De UV-straling van de zon naar de aarde wordt doorgelaten, terwijl de infrarode straling van de aarde zelf wordt vastgehouden door o.a. CO₂, het natuurlijke broeikaseffect. Door, naar alle waarschijnlijkheid, toegenomen menselijke activiteiten is de concentratie "broeikasgassen" in de atmosfeer de laatste twee eeuwen sterk toegenomen, voor het overgrote deel veroorzaakt door CO₂ als gevolg van verbranding van fossiele brandstoffen. Dit heeft geresulteerd in

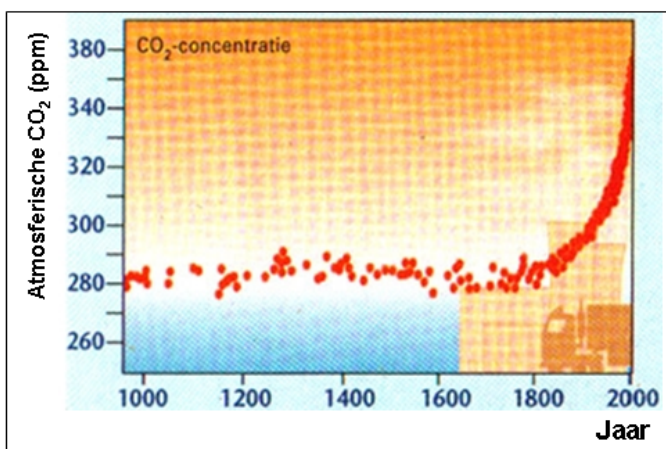


Fig. 4. Concentratie CO₂ (ppm) gedurende het laatste millenium. Bemerkt de sterke stijging (van ≈280 tot ≈373 ppm) in de laatste 150 jaar in vergelijking tot de eeuwen daarvoor [Bron: ODE].

een verstoring van de natuurlijke warmtebalans van de aarde en een temperatuursstijging: het artificiële broeikaseffect. Mondiaal gezien steeg de temperatuur over de afgelopen eeuw 0,5 tot 1,0°C. Alhoewel, zoals genoemd, er een consensus lijkt te bestaan over de oorzaak van de mondiale opwarming, mag een tegenhanger van deze theorie niet onvermeld blijven. De zonnevlekkentheorie gaat er van uit dat de mate van zonnestraling niet constant is en dat we de laatste decennia te maken hebben met een toegenomen hoeveelheid zonne-energie. Onafhankelijk van de correcte oorzaak zijn evenwel de gevolgen o.a. een stijging van de zeespiegel zijn met overstromingen in de (lage) kustgebieden en grote droogte in weer andere gebieden.

Door middel van het verdrag van Kyoto willen de meeste landen in de wereld de klimaatsverandering en de oorzakelijke broeikasgassen reduceren (Fig. 5). Ingrediënten hiervoor zijn energiebesparing, hernieuwbare energiebronnen en vermindering van broeikasgasemissies.

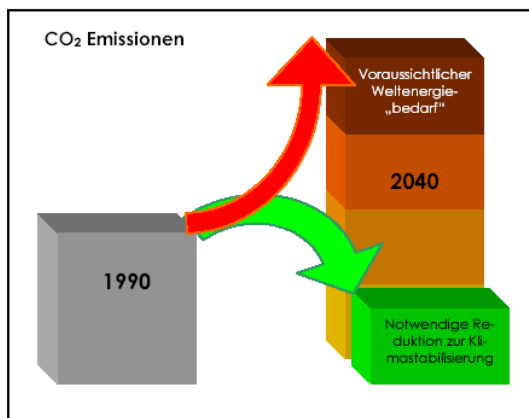


Fig. 5. Een toekomstvisie over de atmosferische CO₂ met (groen) en zonder (rood) [26].

PROBLEEMKADER: onderzoek & analyse

Na het bovenstaande, de aanleiding, dringt de vraag zich nu op: “wat kunnen en moeten wij als Bouwwereld hiermee?” Voor de beantwoording van deze veelomvattende vraag moet bekend zijn in hoeverre de bouw bijdraagt aan het probleem.

Bouwwereld, Woningvoorraad & Faktor-10 visie en Renovatiestrategie

Bouwwereld

Als we ons voorlopig beperken tot het energieverbruik tijdens de gebruiksfase of wel het gebruik van fossiele brandstoffen (en de hiermee direct gerelateerde CO₂-emissie), dan kunnen we voor een deel bijdragen aan de reductie ervan. Huishoudens nemen 23 % van het totale energieverbruik in Nederland voor hun rekening, terwyl de industrie, het transport, de diensten en land- en tuinbouw respectievelijk 34%, 25%, 12% en 6% verbruiken [11]. Het grootste deel (49%) van de energie tijdens de gebruiksfase in woningen gaat naar verwarming. De rest geldt voor het verbruik door elektrische toestellen (38%) en opwekking van warm-tapwater (13%). Deze getallen betreffen het primair energiegebruik, waarbij de verliezen aan energie voorafgaande aan het bereiken van het huis (in elektriciteitscentrales, raffinaderijen, etc.) meegerekend worden. Vanuit bouwkundig oogpunt bezien tonen deze getallen dat de interessantste besparing op energieverbruik op het terrein van de verwarming moet worden gezocht. Vanzelfsprekend sluit dit het gelijktijdig rekening houden met energiezuinige voorzieningen voor warm-tapwater en de inzet van elektrische apparaten niet uit. Het huidige Bouwbesluit houdt hier al wel rekening mee en nieuwbouwwoningen zijn al redelijk energiezuinig met betrekking tot verwarming. Dit laat onverlet dat de huidige, gereduceerde hoeveelheid energie benodigd voor verwarming niet duurzaam van aard is. Voor laagcalorische (= lager dan 100°C) ruimteverwarming verdient directe zonnewarmte de voorkeur. De (edele) fossiele brandstoffen met verbrandingstemperaturen van boven de 1000°C (procestemperatuur) moeten voor andere doeleinden worden gebruikt en bewaard worden voor latere generaties [12].

In het volgende zal uitvoerig worden ingegaan op de mogelijkheden om bij *bestaande* woningen een significante reductie van energieverbruik, in het bijzonder voor verwarming, te realiseren.

Woningvoorraad & Faktor-10: algemeen

Nieuwbouwwoningen zijn niet de enige woningen die aandacht verdienen aangaande het energieverbruik voor verwarming. Immers een groot deel van het woningbestand bestaat ook in Nederland uit oudere woningen. O.a. architect Burkhard Schulze-Darup uit Duitsland heeft zich dat gerealiseerd en is gekomen met zijn theorie van “Faktor 10” [8].

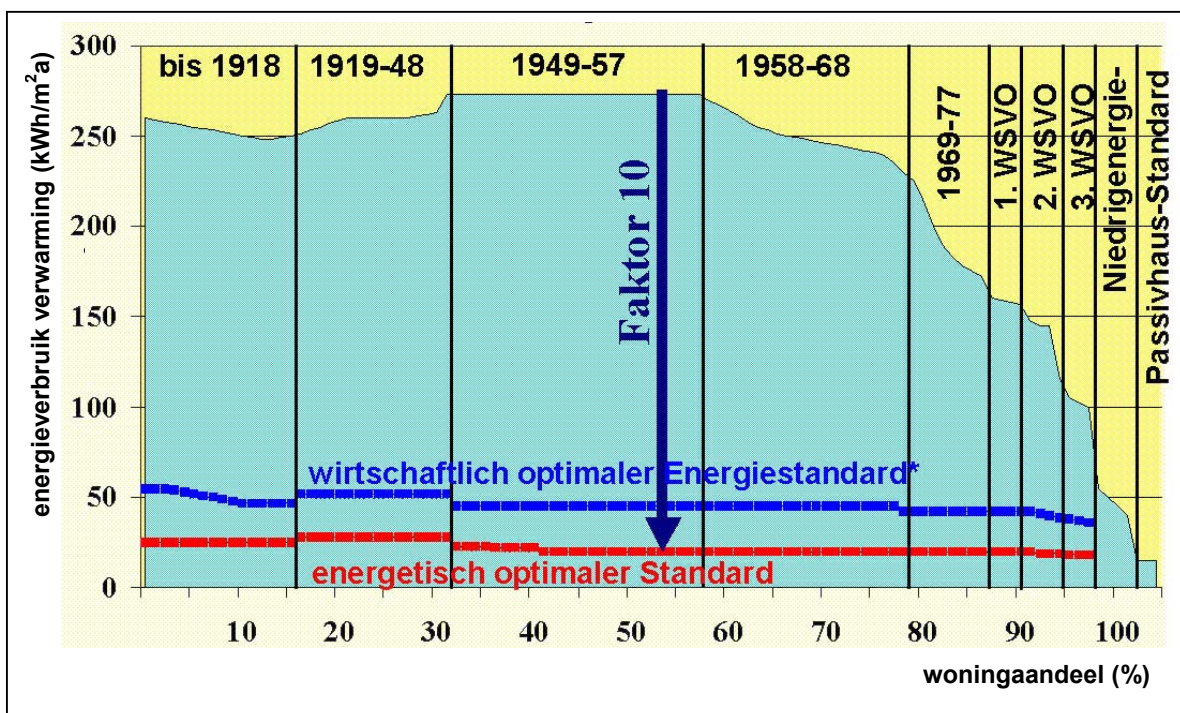


Fig. 6. Energieverbruik voor verwarming (kWh/m²a) van woningen (%), geordend naar opeenvolgende bouwperiodes, van het totale woningbestand van Duitsland [8]. Voor een gedetailleerde beschrijving zie tekst.

Fig. 6 illustreert het energieverbruik voor verwarming in kWh/m² vloeroppervlak per jaar van het relatieve aantal woningen (van het totale woningbestand) van Duitsland. Het totale oppervlak onder de curve representeert het energieverbruik voor verwarming van het totale woningbestand per jaar per vloeroppervlakte-eenheid (m²). Het percentage van het totale woningbestand is geordend naar perioden van bouwjaar. Voorts wordt in de figuur weergegeven de economisch optimale energiestandaard, uitdrukking het economisch haalbare, minimale energieverbruik (voor verwarming, ≈ 50 kWh/m²a), waarbij de investering afgewogen tegen de huidige kosten voor energie kan worden terugverdiend. De eveneens weergegeven energetisch optimale standaard staat voor een zo laag mogelijk energieverbruik waarbij (te bereiken door diverse technische oplossingen), terwijl toch de verhouding bouwkundige en installatietechnische oplossingen in verhouding blijven.

Analyse van de gepresenteerde gegevens laat een aantal conclusies toe. De belangrijkste is dat 80% van het bestaande woningbestand verantwoordelijk is voor 95% van het energieverbruik voor verwarming [7i]. Vooral in de periode na de oorlog tot aan de oliecrisis zijn er veel niet-energiezuinige woningen gebouwd, ruim 50% van het totale woningbestand. Het energieverbruik voor verwarming van woningen gebouwd vanaf 1949 tot 1957 is het hoogst (≈ 250 kWh/m²a). De oorzaak hiervan is te vinden in de grote vraag naar veel goedkope woningen binnen een krappe arbeidsmarkt. Na deze periode, maar nog voor de oliecrisis, daalt het energieverbruik van de toen gebouwde woningen enigszins onder invloed van de vraag naar gezondere woningen. Het werd onderkend dat aan energieverbruik gerelateerde problemen, zoals koudebruggen, samengaan met schimmelvorming en tochtverschijnselen. Vanaf de jaren tachtig loopt het energieverbruik per m² sneller terug onder invloed van het aangescherpte Duitse Bouwbesluit, de WSV0. In die periode is evenwel verhoudingsgewijs weinig gebouwd en het aantal te bouwen woningen is op het totaal ook gering. Dit leidt tot de volgende uitspraak:

“energiebesparing in de bestaande voorraad heeft de meeste potentie” [7i].

De Faktor-10 visie, zoals voorgesteld door Schulze-Darup, houdt een reductie in van het energieverbruik voor ruimteverwarming van de *huidige* woningen met een factor 10. Bij een gemiddeld verbruik van ruim 250 kWh/m²a voor een Duitse woning uit bijvoorbeeld 1970 betekent dit dat na renovatie er nog slechts 25 kWh/m²a verbruik mag worden (Fig. 6). Dit verbruik komt overeen met dat van een Passieve Zonne-Energie-woning of het Passiv-Haus [Feist, 23i]. In Nederland heeft o.a. het Energie Centrum Nederland het Passiv-Haus concept deels overgenomen onder de naam Passieve Zonne-Energie (PZE)-woning [12i,13i]. Belangrijkste kenmerk van een PZE woning is het zoveel mogelijk, op een passieve manier benutten van zonne-energie, waardoor een centrale verwarmingsinstallatie eventueel achterwege kan blijven en vervangen kan worden door een beperkte luchtverwarmingsinstallatie, geïntegreerd met een gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Zo ontstaat er een kostenreductie, die elders voor bijvoorbeeld extra isolatieglas kan worden ingezet. De waarde van 25 kWh/m²a geldt als bovengrens tot waar deze beperkte luchtverwarming doelmatig kan worden ingezet. Luchtstroming, luchtsnelheid en geluid vormen hier de beperkende factoren. De theorie van het Passiv-Haus en de PZE-woning wordt verder uitgediept in de bijlagen *Technische Middelen* en *Referentieprojecten*.

Renoveren met “Faktor 10” staat verder voor toekomstgericht renoveren, waarbij voorbij wordt gegaan aan het huidige economische rendement en wordt geïnvesteerd in meer comfort en met het oog op een hogere prijs voor energie in de toekomst. De bouwkundige mogelijkheden om energie te reduceren worden en moeten maximaal worden benut. De voordelen van de “Faktor 10”-theorie zijn volgens Schulze-Darup [8i]:

1. Bescherming tegen uitputting van hulpbronnen
2. Behaaglijkheid & welbevinden
3. Bescherming van gebouwen
4. Binnenluchtkwaliteit & gezondheid
5. Toekomstwaardige gebouwwaarde
6. Hoge verhuurbaarheid door duurzaamheid
7. Klimaatbescherming
8. Verzekering tegen stijgende energiekosten
9. Banengroei
10. Stedenbouwkundige opwaardering

Alvorens over te gaan tot de “vertaling” van de Faktor-10-visie naar de Nederlandse situatie kan een concreet voorbeeld van de toepassing van de Faktor-10-visie verhelderend zijn.

Voorbeeld van renoveren met Faktor 10: F. Lichtblau, een rijtjeshuis

Een op de cv-installatie na origineel rijtjeshuis uit 1956 in München werd gerenoveerd volgens de doelstellingen, gesteld in de ‘Faktor 10’-theorie (Fig. 7). Voor een goede beoordeling van het voorbeeld dient rekening te worden gehouden met het verschil in zoninstraling tussen Nederland en München van respectievelijke ≈ 1000 en 1250 kWh/m²a. De volgende vernieuwingen werden gerealiseerd:

- Comfort en architectuur:
 - verbouw, sanering en modernisering buiten en binnen
 - vernieuwing van sanitair en elektrische installatie
- Energieverbruik-sparende en energie-generende maatregelen:
 - voorzetwand op de buitenwanden met vacuüm-isolatie-panelen (VIP) en nieuwe ramen (naar buiten openend)
 - zuidgevel met volledige geïntegreerde zonnecollector en serre
 - isolatie van het kelderplafond met VIP
 - vernieuwing van de dakkapel met VIP

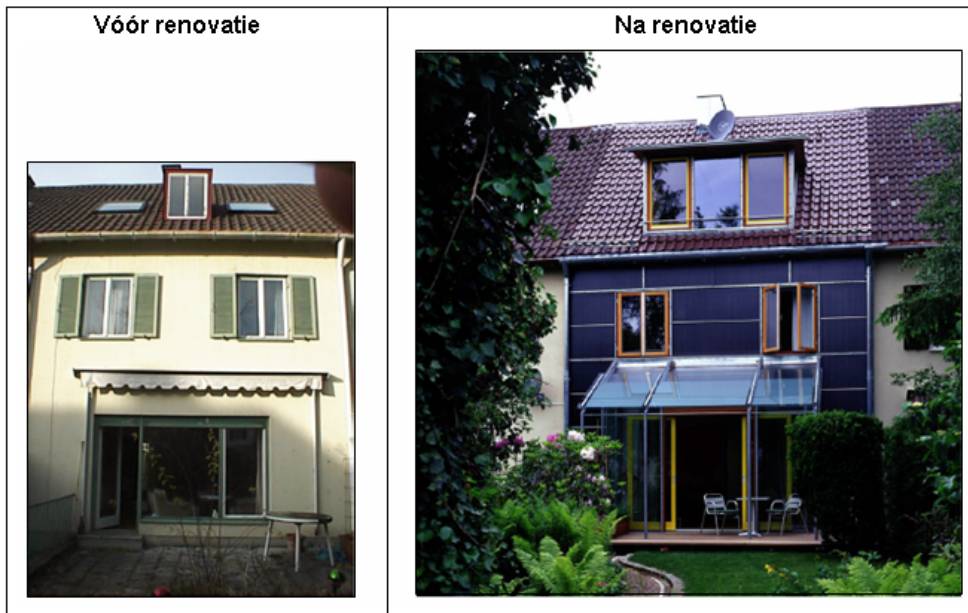


Fig. 7. Zuidgevel vóór en na de Faktor-10-renovatie van F. Lichtblau, een rijtjeshuis.

Door de inbreng van de energieverbruik besparende maatregelen en zonnecollectoren blijkt de energiebalans na de renovatie overeen te komen met het Faktor-10 uitgangspunt, hoofdzakelijk, zoals te verwachten, door de hoge reductie van het energieverbruik voor *ruimteverwarming* van 236 kWh/m²a vóór tot 19 kWh/m²a na de renovatie ofwel een reductie met een factor 12,4, een ruime “Faktor 10” (Fig. 8).

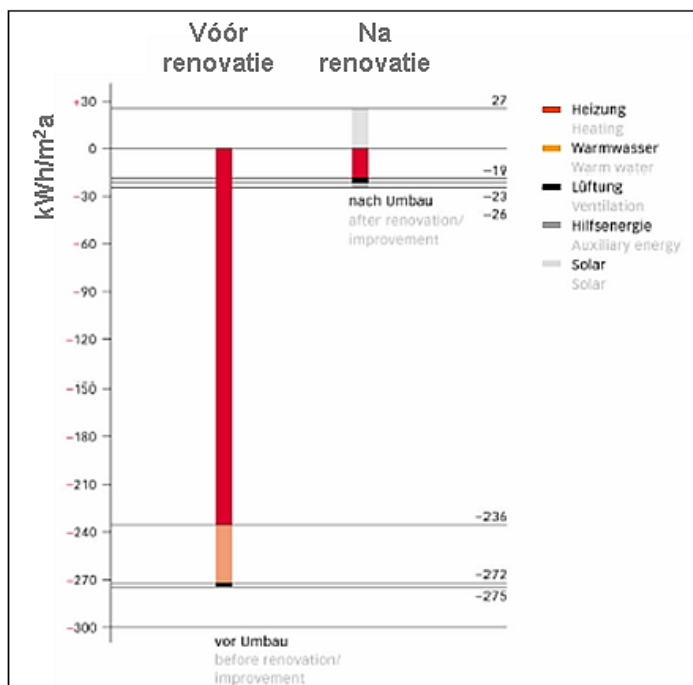


Fig. 8. De energiebalans voor en na de renovatie van F. Lichtblau, een rijtjeshuis.

Dit voorbeeld wordt uitgebreider behandeld in de bijlage *Referentieprojecten*.

Woningvoorraad en Faktor-10: Faktor 10 voor Nederland

Om het besparingspotentieel te kunnen bepalen is een inventarisatie van de opbouw van het Nederlandse woningbestand in relatie tot het energieverbruik voor ruimteverwarming een eerste vereiste. Statische gegevens hebben geleid tot een onderbouwde vertaling van de Duitse situatie naar de Nederlandse (Fig. 6 en 9) [1i, 11, 12, 18]. Fig. 9 is een vereenvoudigde voorstelling van het energieverbruik voor ruimteverwarming voor de Nederlandse situatie.

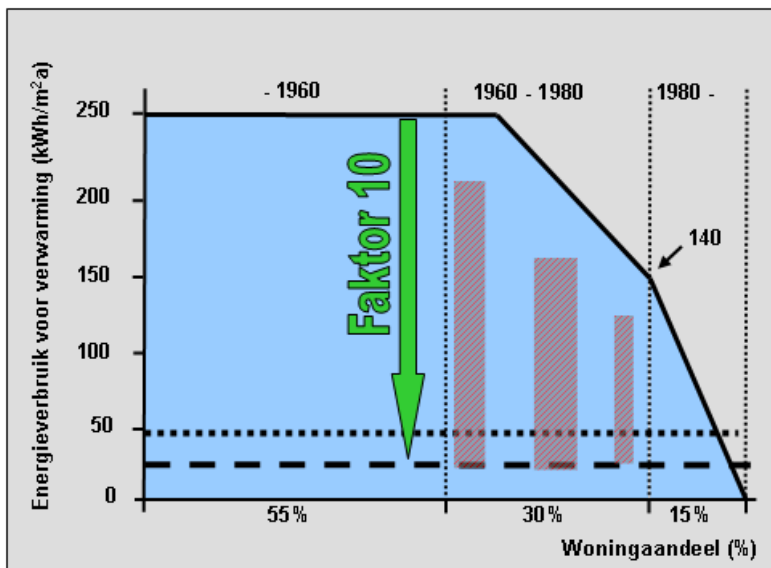


Fig. 9. Vereenvoudigde grafiek van het totale Nederlandse woningbestand en de Faktor 10 visie. Vergelijkbaar met Fig. 6 representeert het totale oppervlak onder de curve (lichtblauw), geordend naar bouwperiodes het energieverbruik voor verwarming van het totale woningbestand per jaar per vloeroppervlakte-eenheid. = economisch haalbare, minimale energieverbruik; - - - = energetisch optimale standaard. De rood gearceerde vlakken staan voor de meergezinswoningen uit de periode 1960-1980.

Het grootste aandeel in het woningbestand vormen, ook in Nederland, woningen van vóór 1960 (55%). De homogeniteit en de technische kwaliteit van deze woningen is veelal onvoldoende en belemmeren om te komen tot een universele, rendabele en hoogwaardige energie-renovatiestrategie [11i, 42]. Een uitzondering hierop betreffen de populaire, royale jaren '30 woningen.

In deze studie is als onderzoeksobject gekozen om voor de meergezinswoning uit de periode 1960-1980 een strategie van hoogwaardige renovatie te ontwikkelen. Op voorhand zijn voor deze keuze enkele redenen aan te voeren:

1. Ongeveer 10% van de totale Nederlandse woningvoorraad valt hieronder.
2. Dit levert een aanzienlijk energie-besparingspotentieel op.
3. De woningkwaliteit voor een groot aantal woning worden verbeterd.
4. Bij het kiezen van de juiste detailoplossingen wordt ook het comfort verbeterd.
5. Wijken en buurten met dergelijke woningen hebben vaak een slechte naam: reden voor verbetering.

Uitgebreidere gegevens over het Nederlandse bestand aan meergezinswoningen en met name de hoogbouw is te vinden in de bijlage *Meergezinswoningen in Nederland*.

In Fig. 9 is ook een deel van de Nederlandse woningvoorraad aangegeven als de besparing die mogelijk is op het energieverbruik voor ruimteverwarming bij de toepassing van de Faktor-10 visie voor meergezinswoningen uit de '60 en '70 jaren (rood gearceerde vlakken).

In een bredere context is het interessant ook de mogelijkheden en onmogelijkheden die deze meergezinswoningen bieden voor een maximale besparing op fossiele brandstoffen en de daaraan gerelateerde CO₂-uitstoot te schetsen aan de hand van het Kyoto-verdrag [10].

Woningvoorraad en Faktor-10: CO₂ reductie door Faktor 10

Als de voorspelde, langdurige klimaatverandering wordt betrokken binnen bij de doelstelling van de energiereductie in de bestaande bouw dan mag een bespiegeling in kader van de doelstellingen van het Kyoto-verdrag niet ontbreken. In kader van dit verdrag is de doelstelling voor Nederland om in 2012 40 miljard kg CO₂ minder uit te stoten dan in het referentiejaar 1990. Aangezien er inmiddels al enige tijd is

verlopen, is de volgende vergelijking niet geheel maatgevend. Toch geeft het wel een redelijke indruk over het besparingspotentieel van het renoveren het woningbestand tot zeer energiezuinige woningen.

Voorbeeld

Een deel van het totale woningbestand omvat 600.000 meergezinswoningen, een ander woord voor appartementen, uit de periode 1960-1980, 10% van de totale woningvoorraad. De doorsnee van de appartementen uit deze periode verbruikt ongeveer 250 kWh/m²a. Bij een gemiddelde grootte van 75 m² per appartement wordt er dan 18750 kWh·a verbruikt aan energie. De Faktor 10-benadering levert een reductie van 90%, oftewel 16875 kWh·a per meergezinswoning. In zijn totaliteit betekent dit: 600.000 x 16875 = 1,01·10¹⁰ kWh/jaar = 1,13·10⁹ aeq/jaar (9,3 kWh = 1m³ aardgas). Dit betekent 6,3·10⁸ kg CO₂ / jaar (1m³ aardgas = 1,78 kg CO₂). Als wordt aangenomen dat in 2008 al deze appartementen zijn gerenoveerd dan kan nog over een periode van 4 jaar (tot aan 2012) een winst worden geboekt van 4 x 6,3·10⁸ = 2,5·10⁹ kg CO₂. Natuurlijk is dit geen reële aanname omdat er in 3 jaar tijd geen 600.000 woningen kunnen worden gerenoveerd en omdat deze enorme bouwopgave ook de nodige extra energie vraagt in het bouwproces. Toch levert deze totaal-renovatie reeds 6,3% van de Kyoto-doelstelling op:

$$600.000 \text{ appartementen} / \text{Kyoto-doelstelling} \times 100\% = 2,5 \times 10^9 \text{ kg CO}_2 / 40 \times 10^9 \text{ kg CO}_2 \times 100\% = 6,3\%.$$

Renovatiestrategie: algemeen

Uit het voorbeeld blijkt het grote besparingspotentieel voor zowel CO₂-reductie als voor het gebruik van niet-hernieuwbare energiebronnen. Hieruit zou kunnen worden opgemaakt dat er een eenvoudige oplossingsrichting voor de gehele bestaande woningvoorraad zou kunnen gelden. Om meerdere redenen is dit geen realistisch standpunt. Ten eerste is het bestand van meergezinswoningen uit 1960-1980 te heterogeen voor een universele renovatiestrategie, geldig voor al deze 600.000 woningen. Ook binnen dit beperkte deel van de totale woningvoorraad is selectie noodzakelijk vanwege economische en technische beperkingen. Blijft overeind dat ook het renoveren van een vooralsnog klein deel van de woningvoorraad met een verantwoorde renovatiestrategie tot een verbetering kan leiden van zowel de energieprestatie van de woning als het comfort in de breedste zin van het woord. Het deel dat niet in aanmerking komt voor renovatie zal óf op een andere manier, als resultaat van een "vervolgstudie", kunnen worden gerenoveerd, of minder hoogwaardig worden gerenoveerd, óf al dan niet op een korte of middellange termijn moeten worden gesloopt.

Voor over te gaan op de definitieve behandeling van het gekozen type meergezinswoning is het goed enkele aspecten te memoreren die van invloed zijn op de keuze of een woongebouw in aanmerking komt voor een hoogwaardige renovatie met de Faktor 10 visie of dat het woongebouw op de eerder geschetste manieren zal worden beheerd. Drie aspecten zijn van belang:

- Stedenbouwkundige structuur
- Renovatiestrategieën of sloop
- Algemene beschouwing over meergezinswoningen "1960-1980"

Het definitief gekozen type meergezinswoning zal vervolgens uitgebreid worden beschreven in het hoofdstuk *Referentiewoning & Bewonerswensen*.

Renovatiestrategie: Stedenbouwkundige Structuur

Binnen de bestaande bouw ligt de oriëntatie van de gevels al vast. Als een wijk of buurt grondig wordt gerenoveerd kunnen blokken met een zeer ongunstige oriëntatie ten opzichte van de zon worden gesloopt. Anderzijds, kan worden geaccepteerd dat de bijdrage aan opwarming door zoninstraling bij deze blokken gering zal zijn. Later zal worden besproken dat de bijdrage van de zon in absolute zin toch beperkt is. In het algemeen geldt dat de benutting van de zon voor passieve zonne-energie optimaal is bij een hoofdstructuur met straten in oost-west richting met een afwijking van twintig tot dertig graden in beide richtingen (Fig. 10). Een zongerichte verkaveling met lange woonblokken in de oost-westrichting zorgt voor een optimale hoeveelheid geveleppervlak in de juiste richting, namelijk de zuidkant. In de noord-zuidgerichte straten kunnen dan bijvoorbeeld kleinere woontorens komen, rijtjeshuizen, of vrijstaande woningen of kantoren. Belangrijk is om rekening te houden met schaduwpatronen door andere hoogbouw en het groen, waarbij het duidelijk zal zijn dat een wijk bij voorkeur naar het noorden in hoogte zal moeten opklimmen, of dat er voldoende ruimte achter de hoogbouw, aan de noordkant moet liggen, zodat de zon vooral op winterse dagen ook de nog noordelijker gesitueerde woningen kan binnentreden (Fig. 11) [18, 21].

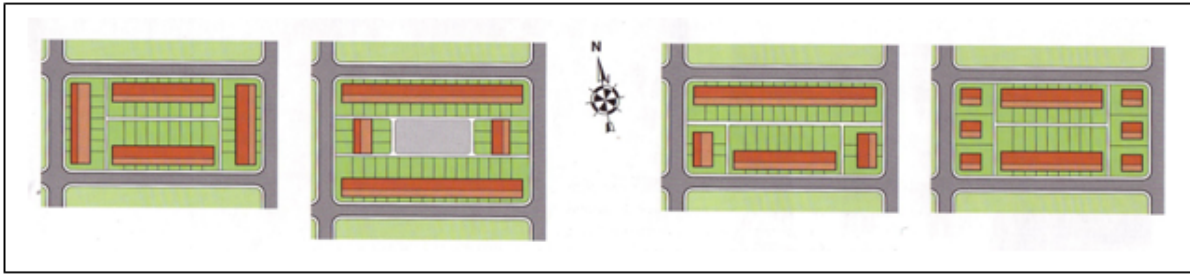


Fig. 10. Enkele voorbeelden van een zonbewuste verkaveling voor rijtjeswoningen voor Nederland. [8]

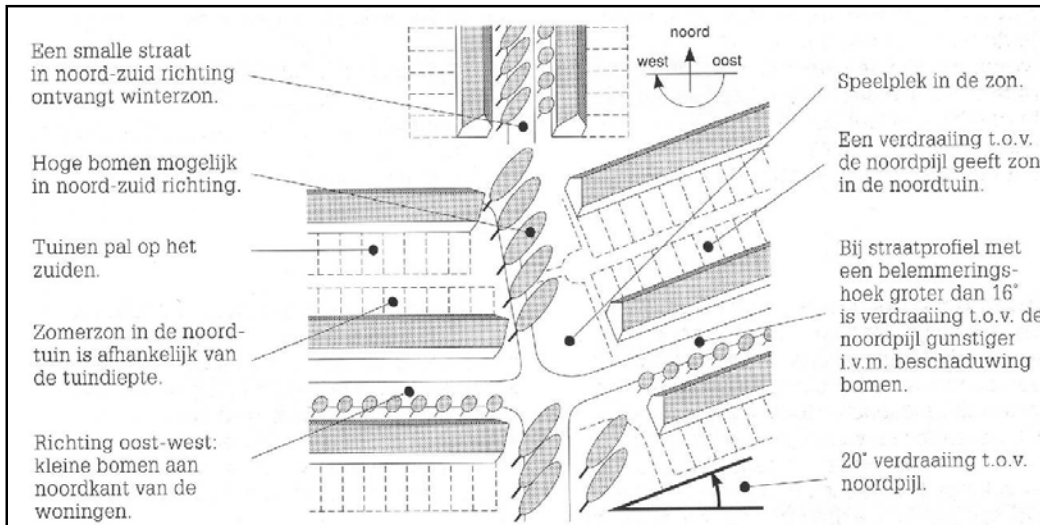


Fig. 11. De zonbewust ingerichte straat [18].

Wanneer een referentieappartement [Novem, 18] met een zuidoriëntatie voor de leefruimtes vergeleken wordt met eenzelfde appartement met een westoriëntatie dan verbruikt deze laatste ongeveer 1500 kWh/a meer, overeenkomend met ongeveer $\approx +160 \text{ m}^3$ aardgas en $\approx +20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (+16% op het totaal voor een 'Bouwbesluit'-woning).

Naast het belang van de oriëntatie van de woongebouwen t.o.v. de zon is de stedenbouwkundige inrichting van de naaste leefomgeving van de woongebouwen van belang. Hieronder volgen enkele aanbevelingen:

- Het valt te overwegen een gebouwtje met fietsenstalling/bergingen los van het woongebouw te plaatsen met eventueel ruimte voor een werkplaats, afvalverzamelingspunt, (buurt)conciërge etc. De woning zelf dient onverminderd van goede (opberg)voorzieningen te zijn voorzien met minimaal de functie van de gewoonlijk toegepaste half-verwarmde berging: het opslaan van spullen die enige bescherming tegen vocht en kou nodig hebben.
- Een ruimte in de vorm van een extra gebouwtje heeft als (bijkomend) voordeel dat de onderste verdieping van het woongebouw kan worden gebruikt voor extra woningen of voor ruimtes die een lage geluidsbelasting hebben, zoals kantoren.
- Naast deze herinrichtingsoplossingen met als een mogelijk bijkomend voordeel een verbetering van de sociale controle en leefbaarheid op de begane grond biedt optoppen de gelegenheid een ander publiek toe te voegen aan de woongebouwen, waardoor de demografische opbouw van de buurt of wijk meer divers kan worden.

Deze overwegingen leiden tot enkele algemene conclusies en aanbevelingen, in te passen in de Faktor 10 renovatiestrategie van appartementen:

- Bij meergezinswoningen lijkt de bijdrage van de zon op het totale energieverbruik gering (zie verder). Simulaties moeten aantonen in hoeverre het energieverbruik toeneemt bij een aanzienlijke afwijking van het gestelde optimum voor zonoriëntatie. Dit neemt niet weg dat de juiste oriëntatie voor onderdelen van de woning, zoals het balkon en, indien mogelijk, een serre een voordeel is. Een balkon op het noorden of oosten zal zelden worden gebruikt als buiten-zitplaats.
- De bovengenoemde aanbevelingen voor het creëren van leefbare woonomgeving zullen hier niet gedetailleerd worden uitgewerkt. Voor meer informatie hierover wordt verwezen naar [85t].

Over het onderwerp stedenbouw en zon is nog voldoende te melden en in de bijlage *Technische Middelen: passieve zonne-energie* zal hier uitgebreider op worden ingegaan, terwijl ook in de literatuur voldoende aanknopingspunten zijn te vinden [17, 18, 21, 23i].

Renovatiestrategie: Renovatie of Sloop

Renovatie is een te veel omvattend onderwerp om hier volledig te behandelen. Daarom zal (zeer) globaal de theorie worden aangestipt, gevolgd door enkele aandachtspunten en conclusies uit de studie "*Bouwen met de Tijd*" [42]. Tenslotte zal kort een inleidend voorbeeld van het renoveren van een appartementencomplex worden beschouwd.

Theorie

Het woord renovatie, *re-no-va-tie* (de ~ (v.), ~s), betekent:

- 1 *het weer bewoonbaar maken van een huis of stadswijk door een ingrijpende verbouwing => vernieuwbouw*
- 2 *laatste aanmaning tot betaling*

In het kader van het hier gepresenteerde betoog is renovatie de handeling die hoort bij het doel van levensduurverlenging van een woning. Er zijn vijf typen van levensduurverlenging met ieder een eigen kwaliteitsniveau (Fig. 12) [49]:

1. planmatig onderhoud
2. grootonderhoudsplan
3. beperkte renovatie
4. hoog-niveau-renovatie
5. instandhouding

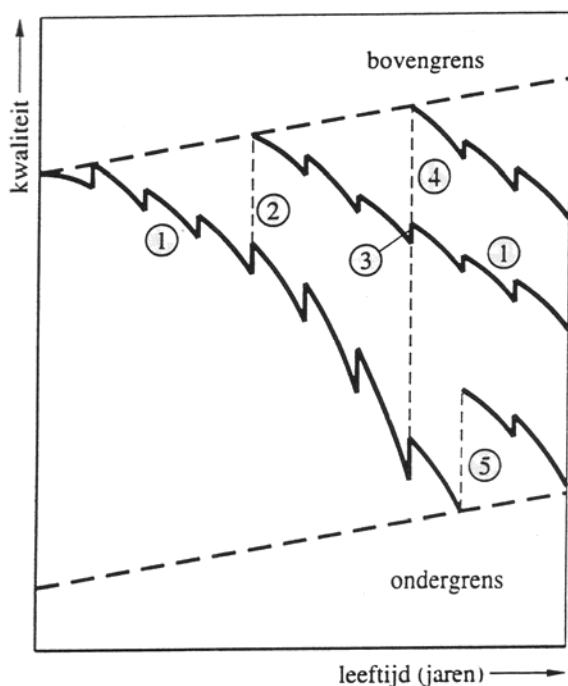


Fig. 12. De mate van kwaliteit van een woning in de tijd. Met als basis planmatig onderhoud (1) tonen de "sprongen" (---) het effect op kwaliteit (en levensduur) van de diverse niveaus of typen van levensduurverlenging, zoals daar zijn grootonderhoudsplan (2), beperkte renovatie (3), hoog-niveau-renovatie (4) en instandhouding (5).

Het moge gezien het voorafgaande duidelijk zijn dat de Faktor 10 visie met een nader te definiëren renovatiestrategie behoort tot het type levensduurverlenging "hoog-niveau-renovatie", waarbij de renovatie zich zal richten op een levensduurverlenging van tenminste dertig jaar [49].

"Bouwen met tijd"

De studie "*Bouwen met de Tijd*" inventariseert de bij de meeste woningen veel voorkomende gebreken voor de verschillende componenten [42]:

Buitenwanden:	onvoldoende warmte-isolatie en tochtwering, houtwerk vertoont gebreken.
Binnenwanden:	geluidsisolatie onvoldoende, afwerking onder de maat.
Vloeren en plafonds:	onvoldoende vlakheid, geluids- en warmte-isolatie.
Dak:	warmte- en vochtproblemen op het platte dak.
Sanitaire ruimtes:	te klein, verouderd en onvoldoende ventilatie.
Gemeenschappelijke ruimtes:	verouderd, sociaal niet altijd even aangenaam.
Algemeen:	te klein, geluid

Dit brede scala aan gebreken en tekortkomingen binnen het huidige, bestaande woningbestand zijn bepalend voor enkele conclusies en aanbevelingen uit deze studie:

- Grotere woningen zijn hoe dan ook goed te behouden, omdat de ruime mate van indelingsmogelijkheden resulteren in een vergrote flexibiliteit en daardoor grote verhuur- en verkoopbaarheid.
- Renovatie is om milieuredenen alleen te overwegen bij een significante verbetering van de energieprestatie van de woning, waarbij de eisen in sommige gevallen zelfs verder dan het Bouwbesluit voorschrijft moeten reiken.
- Als het aspect milieubelasting (materiaal gerelateerd) doorslaggevend is zijn er geen grote verschillen tussen sloop en renovatie. Dit geldt voor een “normale” hoogwaardige renovatiestrategie en niet als innovatieve visies als SlimBouwen[®] en Faktor-10 worden ingezet [33]. Zo vraagt bijvoorbeeld de inzet van lichtere materialen om minder bouwplaats-gerelateerde energie, terwijl zeer goed isolerende materialen minder snel achterhaald zullen zijn.
- De terugverdientijd van renovatie aan de ene kant en sloop en nieuwbouw aan de andere kant is doorslaggevend voor de keuze.

Veel van deze aspecten zullen in de bijlage *SlimBouwen*[®] uitvoeriger worden behandeld. Nu kan evenwel al worden geconstateerd dat vooral het kostenaspect de doorslag zal geven over de uiteindelijke bouwkundige bestemming van een willekeurige woongebouw.

Voorbeeld

Als voorbeeld is het interessant om het project Complex 50 in Amsterdam Osdorp te noemen. Hier is een deel van de wijk ingrijpend gerenoveerd, waarbij de woningen deels zijn gesloopt en deels gerenoveerd. Het doel was de realisatie van iets ruimere, kwalitatief betere woningen, terwijl de gerenoveerde woningen aan een EPC van 1,0 moesten voldoen (Fig. 13) [30f].

Belangrijke vragen die binnen dit project werden gesteld waren: Is optoppen een optie om tot verdichting te komen, rekening houdend met daglichttoetreding? Is de beukmaat voldoende groot om ook qua bruikbaarheid aan te kunnen sluiten bij de hedendaagse wensen van bewoners? Hoe kunnen de stedenbouwkundige kwaliteiten en de aanwezige sociale cohesie in de wijk worden behouden? Kunnen de huidige bewoners er blijven wonen, ook al gaat de huur omhoog? Tot hoever wordt er gesloopt en wat blijft erover?



Fig. 13. Complex 50, Amsterdam-Osdorp.

Uitgebreidere argumenten voor renovatie worden onderbouwd in de volgende paragraaf en het hoofdstuk *Referentiewoning & Bewonerswensen*.

Renovatiestrategie: Meergezinswoningen 1960-1980

De woonblokken met appartementen uit de jaren '60 en '70 staan symbool voor zowel sociaal-maatschappelijke als technische problemen van meergezinswoningen. Binnen dit woningbestand is de keuze "renovatie of slopen" overduidelijk aan de orde.

Argumenten en redenen, die *tegen* slopen pleiten omvatten de hoeveelheid bouwafval, aantasting van de (infra)structuur (met zijn kwaliteiten) van de bestaande wijk, en de hoeveelheid benodigde nieuwe bouwmaterialen en energie. Zo geldt, ter illustratie, dat het gewichtsaandeel van de constructie die kan blijven staan voor een doorsnee galerijflat 75% is. Dit is aanzienlijk en kan zelfs toenemen als de gevels die aan de galerijen liggen geheel zijn opgebouwd uit houten kozijnen met lichte beplating. Het is gebleken dat bij strippen van een woonblok er in termen van gewicht verhoudingsgewijs zeer veel over blijft. In het hoofdstuk *Referentiewoning & Bewonerswensen* zal blijken in hoeverre het bestaande appartement gestript moet worden. Het aspect milieubelasting door sloop-nieuwbouw of renovatie kan door middel van een LevensCyclusAnalyse (LCA) goed worden benaderd. In kader van het onderliggende verslag voert een bespreking (en bepaling) hiervan te ver. Ook wordt het kostenaspect hier niet verder geanalyseerd. De eerdergenoemde studie "*Bouwen met tijd*" heeft aangetoond dat bij voldoende technische basiskwaliteit een renovatie ook kostentechnisch gunstig kan uitvallen t.o.v. sloop en nieuwbouw.

De totale woningvoorraad bestaat voor ongeveer 10% uit meergezinswoningen uit de periode 1960-1980, overeenkomend met 600.000 woningen [11]. Hierbinnen valt een onderverdeling te maken naar type ontsluiting en onderscheiden we de portiekwoning, de galerijwoning met enkelvoudige beuk, de galerijwoning met twee beuken met verschillende beukmaten en de galerijwoning met twee beuken met gelijke beukmaten (Fig. 14). Zo wordt een portiekwoning ontsloten door een trappenhuis in een portiek, terwijl een galerijflat uit een galerij en één of meerdere centrale trappenhuisen bestaat. Andere indelingen, te weten de corridor-ontsluiting en de binnenhal-ontsluiting komen minder vaak voor.

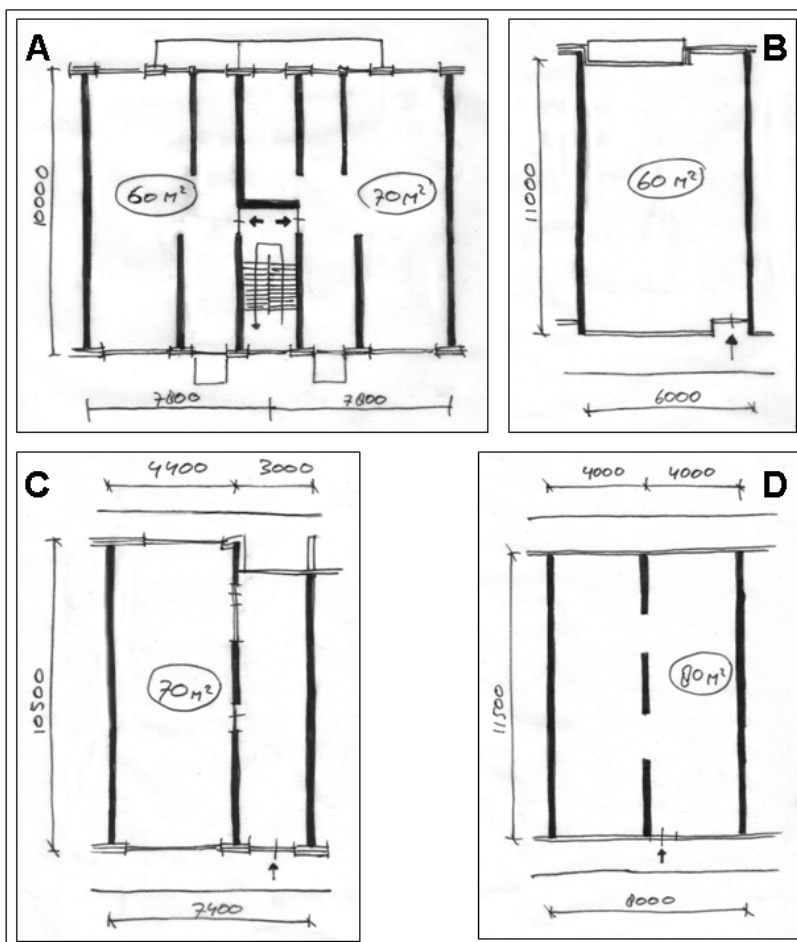


Fig. 14. De verschillende typen meergezinswoningen uit de periode 1960-1980. A) Portiekwoning; B) Galerijwoning met enkelvoudige beuk van 6,0 meter; C) Galerijwoning met twee verschillende beukmaten; D) Galerijwoning met twee gelijke gemiddelde beukmaten van 4,0 meter.

- *Portiekwoning* (Fig. 14A). Van de portiekwoning zijn er ruim 300.000 gebouwd in de periode 1960-1980. Door de vele dragende elementen en de beperkte beukmaten van 3,8 en 3,2 meter is de flexibiliteit niet hoog en minder aantrekkelijk voor de ontwikkeling van een universele, geprefabriceerde renovatiestrategie. De dominant in de plattegrond aanwezige trap staat het opnieuw indelen, vervangen van gevels en wanden letterlijk in de weg.

- *Galerijwoning met enkelvoudige beuk van 6,0 meter* (Fig. 14B). Dit type galerijwoning, waarvan er ongeveer 50.000 zijn gebouwd gedurende de onderhavige periode, heeft een enkelvoudige beuk van 6,0 meter en lijkt, gelet op indeelbaarheid en flexibiliteit, ideaal voor een universele renovatiestrategie. Daar staat tegenover dat de enkele beuk de woning niet groot maakt. Het samenvoegen van twee beuken levert echter in een keer een zeer royale woning op. Gezien het geringe aantal woningen de kleine aantallen blijft een renovatiestrategie voor dit type een specifieke oplossing i.p.v. een breed toegepaste renovatie.

- *Galerijwoning met twee verschillende beukmaten* (Fig. 14C). Ook dit type is niet in zeer grote aantallen gebouwd, nog geen 50.000 in de periode '60-'80. De verschillende beukmaten van ruim 4,4 meter en 3,0 meter leveren weliswaar een praktisch appartement op, maar de veranderbaarheid is beperkt.

- *Galerijwoning met twee gelijke gemiddelde beukmaten van 4,0 meter* (Fig. 14D). Het woningbestand van Nederland, gebouwd gedurende 1960-1980 bestaat uit ruim 200.000 galerijwoningen met een beukmaat van tweemaal 4,0 meter, die over vaak lange woongebouwen worden gerepeteerd. Dit type galerijwoning lijkt, op voorhand, uitstekend geschikt voor het ontwikkelen van o.a. nieuwe standaard gevelelementen

Samenvattend, uit de mogelijkheden die de verschillende casco's bezitten op het gebied van flexibiliteit, homogeniteit, aanpasbaarheid voor renovatie, en de grootte en de aantallen van de woningen kan worden geconcludeerd dat de "galerijwoning met twee gelijke gemiddelde beukmaten van 4,0 meter" de meeste uitdaging voor het ontwikkelen van een universele renovatiestrategie biedt. De (enigszins) beperkte, maar *gelijkmatig* verdeelde beukmaat maakt het mogelijk een indeling en een gevelsysteem te ontwerpen dat ook bij de grotere beukmaten ingezet kan worden. Met grotere beukmaten worden maten tussen de 4,0 en de 5,4 meter bedoeld. De 6,0 meter beukmaat behoeft een iets andere aanpak, gekeken naar indeling en toepasbaarheid van gevelelementen, maar eerder opgedane (met kleinere beukmaten) principes en ervaringen kunnen ook voor andere typen meergezinswoningen een goed uitgangspunt vormen.

Conclusie

De vaak hoge constructieve kwaliteit van het betonnen (prefab) casco van de galerijwoning biedt de meeste mogelijkheden om voor de galerijwoning, gekarakteriseerd door gelijke beukmaten, een universele renovatiestrategie te ontwikkelen (Fig. 15). Additionele voordelen en overwegingen van de keuze voor dit bepaalde type galerijwoning zijn:

- De homogene structuur door de repeterende beukmaat van 4,0 meter.
- De relatief grote aantallen waarin dit type galerijappartement voorkomt.
- De monotone architectuur verdient een opwaardering, waarbij diversiteit een belangrijke rol speelt.



Fig. 15. De hoogbouw galerijflat. A) Typisch, huidige hoogbouw galerij flat; B) Een bestaand voorbeeld van het geven van identiteit aan een woning; C) Een gemengde wijkopbouw: hoogbouw galerijflat, middelhoge portiek woningen en rijtjeshuizen.

Renovatie portiek-flats, Schiedam (1989)

Een meer specifiek voorbeeld van renovatie van appartementen, waarbij energiebesparing tijdens de gebruiksfase centraal staat zijn enkele woonblokken met portiekflats te Schiedam. Het renovatieplan is ontworpen door architect Kristinsson in 1989 [12].

Samenvatting

448 portiek-etageflats, daterend uit 1956, verdeeld over vijftien blokken zijn gerenoveerd met als insteek het bereiken van een significant lager energieverbruik, een betere bouwtechnische staat en een comfortabelere indeling (Fig. a t/m e). Een gebalanceerd ventilatiesysteem, woonbalkons en een isolatiepakket van 150 mm moeten hiervoor zorgen.

Hoofdkenmerken

- Vergroot balkon met (voorzet) schuiframen
- Vergrote en vernieuwde keuken
- Reduceren van glasoppervlak aan de schaduwzijde
- Buitenisolatie van 150 mm
- Dubbele beglazing en nieuwe kozijnen
- Combiduct-luchtverwarmingsinstallatie

Locatie & Klimaat

Wijk Nieuwland te Schiedam met een Nederlands-stedelijk klimaat.

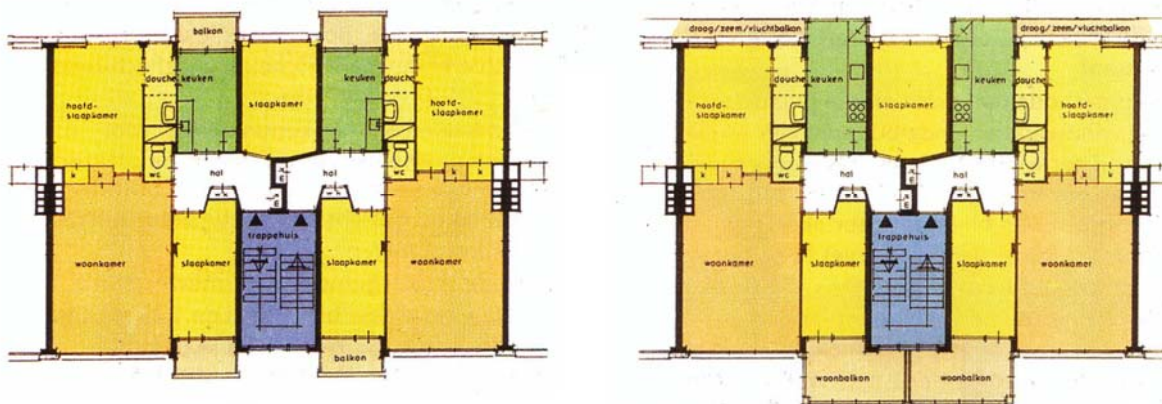


Fig. a. Plattegrond voor en na renovatie. Duidelijk te zien zijn de vergrote keuken, de loggia's. Interessant zijn ook de droog-/zeem-/vluchtbalkons.

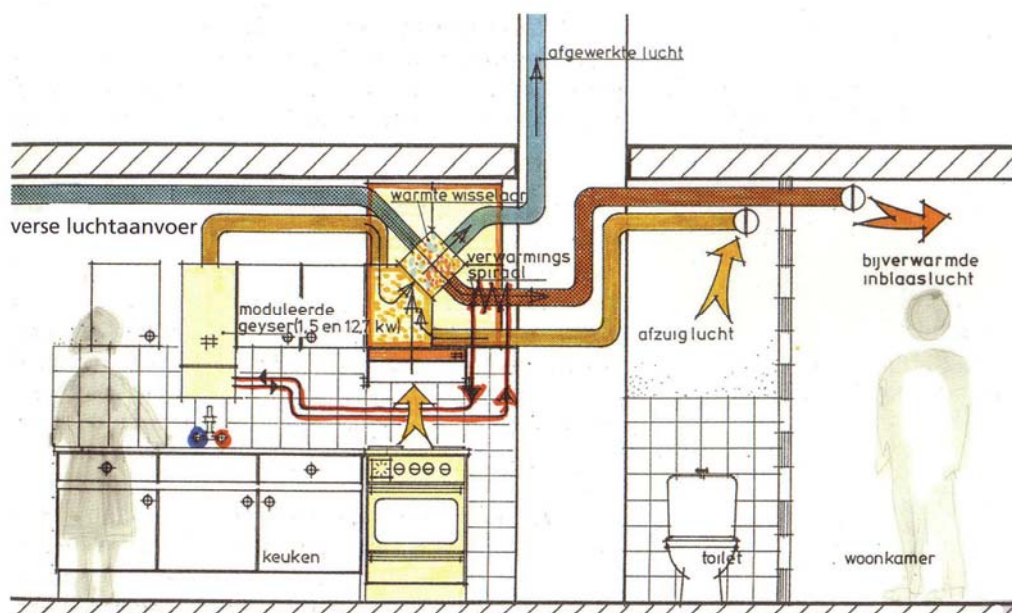


Fig. b. Het principe van de Combi-duct.

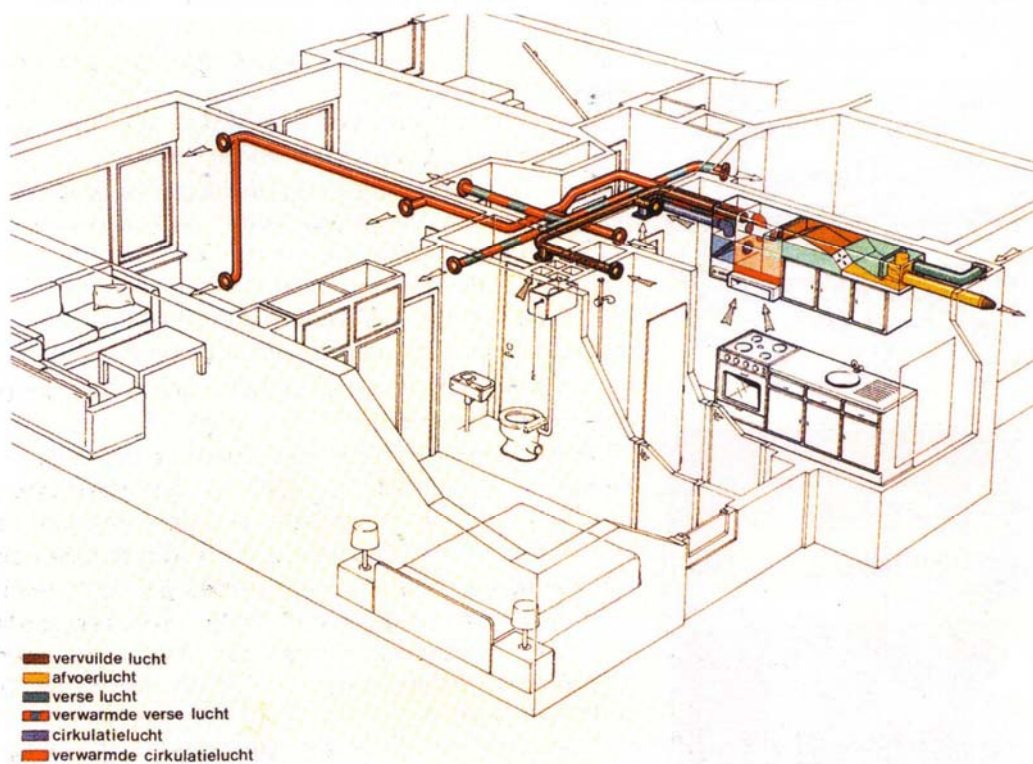


Fig. c. De portiekwoning met de Combi-duct.

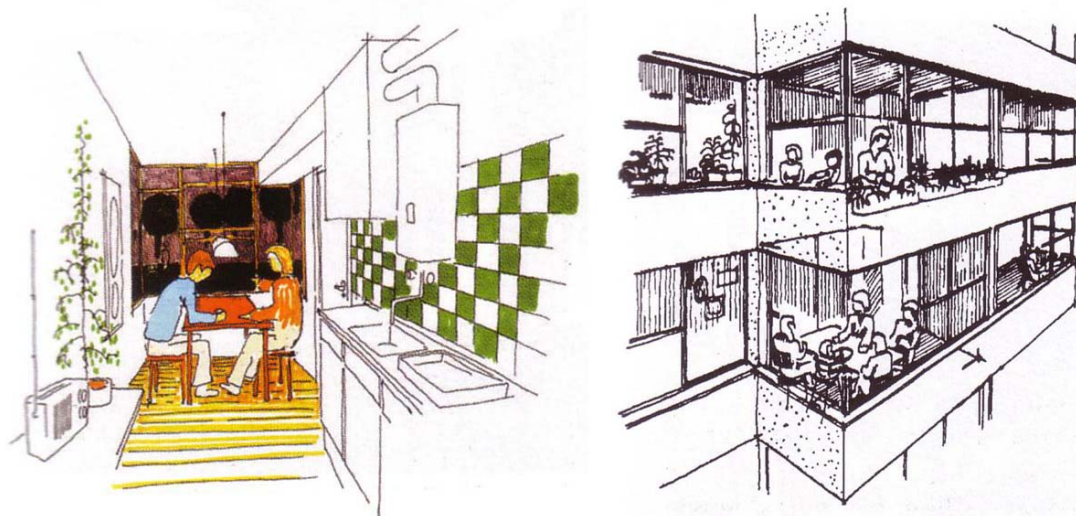


Fig. d. De loggia's en een nieuwe (woon)keuken.

Concept

Het voornaamste doel was de verbetering van het binnenklimaat. Doordat er een gevel rondom de balkons is geplaatst zijn de koudebruggen en bijbehorende vochtproblemen verdwenen. De Combiduct-luchtverwarmingsinstallatie zorgt voor een gebalanceerde ventilatie. Een ruime loggia, met open te schuiven ramen aan de zonkant, vergroot het bewoonbare oppervlak.

Technieken

De Combiduct-luchtverwarmingsinstallatie is speciaal ontworpen voor het gebruik in flats met weinig ruimte. De Combiduct wordt in de keuken geplaatst, boven het gasfornuis en heeft vier functies in één: gebalanceerde ventilatie, warm-tapwater, warmteterugwinning en luchtverwarming. De woning heeft twee zones, zodat de temperatuur in de slaapkamers onafhankelijk kan worden geregeld van de woonkamer. Het systeem heeft ook een zomerstand die ervoor zorgt draagt dat in de zomer alleen de uitblaasventilator zal functioneren. De toevoerlucht komt dan via te openen ramen. Detaillering van de gevel blijft hier buiten beschouwing.

Meting: energie, comfort

Berekeningen hebben aangetoond dat de energie die nodig is voor ruimteverwarming ongeveer 500 m³ a.e. per jaar is. Voor de ventilatoren is ongeveer 500 kWh per jaar nodig. Verder is het wooncomfort aanzienlijk verbeterd. Deze verbeteringen worden duidelijk wanneer de temperatuurverschillen in dezelfde ruimte op vloer- en plafondhoogte met elkaar vergeleken worden bij bijvoorbeeld een buitentemperatuur van -3°C. Voor de renovatie was het op vloerniveau 11-13°C, terwijl het bij het plafond 30°C was. De vloeren van de middelste woningen werden wel warmer door de warmte bij het plafond van de onderliggende woning. Na de renovatie bedroeg de temperatuurgradiënt in de woonkamer niet meer dan 2°C.

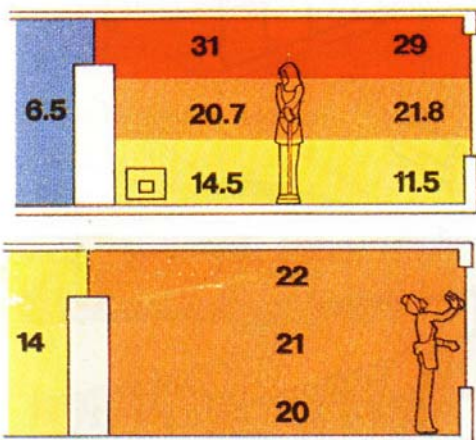


Fig. e. Temperatuurverdeling vóór en ná de renovatie.

Vervolgonderzoek

Om de ontworpen en uitgevoerde verbeteringen aan de appartementen in de praktijk goed te kunnen beoordelen is men aangewezen op vervolgonderzoek, waarbij vooral een bewonersenquête niet kan ontbreken. Ondergetekende is (nog) geen onderzoek bekend over deze woningen in de praktijk. Wel zijn er diverse onderzoeken bekend over de nieuwbouw Minimum Energie meer- en eengezinswoningen in hetzelfde Schiedam uit 1984. De eengezinswoning wordt ook beschreven in de bijlage *Referentieprojecten* en beschikt over nagenoeg dezelfde ingezette middelen en ontwerpprincipes. De uitkomsten uit bewonersenquêtes van deze eengezinswoningen kunnen gebruikt worden om enige inzicht te krijgen in de kwaliteit van de gerenoveerde portiekwoningen. Enkele mogelijke overeenkomsten, wanneer ook de portiekwoningen zouden worden onderzocht kunnen zijn:

- *Tijdens de gebruiksfase blijkt in de praktijk het aardgasverbruik slechts 10% hoger dan berekeningen voorzagen (referentiewoning 1950 m³ aeq, doelstelling ME-woning 400 m³ aeq). Zelfs de minst bewuste bewoners gebruikten veel minder aardgas dan een referentiewoning (821 m³ aeq): Dit kan ook gelden voor de portiekwoning, en misschien nog wel gunstiger uitvallen doordat bewoners vaker allemaal van huis zijn, er minder naden en kieren zijn, er minder buiten wordt geleefd, waardoor er minder energieverliezen optreden door het openen van deuren. De loggia zal hieraan meewerken. Er zal in het algemeen een iets gunstiger bewonersgedrag optreden en bv. een bovengemiddelde binnentemperatuur bij de ene bewoner zal ook bijdrage leveren aan een andere woning i.t.t. bij een ME-woning.*
- *De geiser, tevens verantwoordelijk voor de verwarming, vertoont veel storingen. Na de meetperiode is deze vervangen voor een nieuw type. Toch wordt de geiser gewaardeerd (68% positief). Het principe van een geiser als naverwarmer van lucht voor ruimteverwarming en warm-tapwater wordt vaker, ook nu, overwogen als verwarmingsbron, o.a. in de PZE-woning van het ECN [13]. Conclusie in hun onderzoek was dat de geiser een economisch redelijke investering is (CV-ketel is erg concurrerend), maar een relatief hoge bijdrage levert aan de CO₂-uitstoot: In 1989 is de gecombineerde geiser inmiddels verbeterd tot de Combiduct. Voor een kleine portiekwoning hoeft deze oplossing, mits storingsvrij geen probleem te zijn.*
- *Het meest genoemd als probleem werd het ventilatiesysteem, hoewel de meesten wel een positieve waardering gaven. Genoemd werden tocht bij de inlaatventielen, geluidsoverlast, beperkte regelbaarheid (verschillende standen worden niet ervaren) en het ontbreken van een aan-uit knop: Het is onbekend of de portiekwoningen een aan-uit knop op het gebalanceerde ventilatiesysteem hebben, wel heeft het systeem een by-pass voor in de zomer. De bekende problemen van een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning zullen ook in de portiekwoningen genoemd worden als klacht.*

- *Als oplossing hiervoor zijn de bewoners inventief; ze verwijderen 's nachts de zekering of het systeem wordt geheel uitgezet, met als gevolg dat er elektrisch wordt bijverwarmd:*
Dit zal ook gelden voor de portiekwoningen.
- *Bewoners spreken dan ook de wens uit decentraal te kunnen ventileren en vooral verwarmen. De ramen zijn nog gewoon te openen en dat wordt ook gedaan:*
Dit kan ook een wens zijn in de portiekwoningen, echter deze zal minder sterk zijn gezien het feit dat de totale woning kleiner en gelijkvloers is, waardoor ruimtes 'elkaar' gemakkelijker opwarmen.
- *Over het binnenklimaat in het algemeen zijn de bewoners tevreden (69,4%). Dit wordt verder onderschreven door Silvester in zijn proefschrift "Demonstratieprojecten in de energiezuinige woningbouw" [51], met o.a. de conclusie: 'de Minimum Energiewoning is tot op heden niet verbeterd (1996)':*
Of dit ook geldt voor deze portiekwoningen blijft de vraag, wel werd dit renovatieproject genomineerd als een van de vijf projecten van de Nationale Renovatie Prijs 1989. Dit zegt iets over het ontwerp, maar nog niets over de praktijkervaringen van de jaren erna.

Algemene conclusies & Aanbevelingen voor Faktor10 renovatie van appartementen:

- De meeste van de aangedragen oplossingen zijn bruikbaar.
- Het gebruik van de loggia moet zo zijn dat er geen grote energieverliezen optreden.
- Het installeren van kanalen in een bestaande (kleine) woning leidt meestal tot esthetisch lelijke oplossingen.

Referentiewoning en Bewonerswensen

Inleiding: analyse

Na het definiëren van het type woning, dat als onderzoeksobject zal worden gebruikt voor het ontwikkelen van een hoogwaardige renovatiestrategie, kan worden aangevangen met de specifieke analyse van de kwaliteiten en gebreken bij een referentiewoning, die zoveel mogelijk het gemiddelde galerijappartement uit de '60 en '70 jaren benaderd, zodat oplossingen en strategieën zo breed mogelijk, met zo min mogelijk uitzonderingen ingezet kunnen worden.

Als referentiewoning is gekozen voor een woonblok uit het jaar 1968, liggend aan de Erasmuslaan in de wijk Kerkelanden te Hilversum. De woning is gelegen in een ruim opgezette woonwijk aan de rand van de stad. De stedenbouwkundige kwaliteiten en gebreken van deze referentiewoning, komen niet verder meer aan bod. Slechts het woonblok bestaande uit vierkamer-appartementen met de woonkamer en balkon op het zuiden en de galerij op het noorden zal worden geanalyseerd. De tekeningen, afkomstig uit het gemeentearchief van de gemeente Hilversum, zullen als onderlegger dienen voor de renovatiestrategie. In de bijlage *Referentiewoning Erasmuslaan* zijn de originele tekeningen op schaal en enkele foto's te vinden.

Aanpak: gereedschappen & toetsing

De aanwezige kwaliteiten en gebreken van de referentiewoning worden per onderdeel ondermeer getoetst aan de hand van:

- Het huidige Bouwbesluit
- Gestelde (extra) comfort eisen en wensen

Deze analyse moet uiteindelijk leiden tot een *Programma van Eisen en Wensen*, dat als leidraad zal gelden voor de te renoveren appartementen. Hierbij dient aangetekend te worden dat dit niet zal resulteren in een standaardwoning, maar dat teneinde aan de wensen van verschillende doelgroepen tegemoet te kunnen komen het concept-ontwerp de nodige flexibiliteit zal bezitten. Meer hierover is te vinden in het hoofdstuk *Doelstelling; Programma van Eisen & Wensen*.

Voor het vaststellen van dit eisen-en-wensenpakket kunnen diverse "gereedschappen" worden ingezet. Naast het de wet- en regelgeving uit het Bouwbesluit zijn dat de vakliteratuur en (comfort)onderzoek in het algemeen, (eigen) bevindingen en (eigen) interviews. Enkele voorbeelden zijn:

- VAC Kwaliteitswijzer (1997) [40]:
Een integrale visie op de gebruikskwaliteit van woning en woonomgeving met concrete richtlijnen en richtwaarden als ontwerpgeredeenschap voor functionaliteit en comfort.
- NVB-kopers in profiel & NVB-huurders in profiel (o.a. 2003):
Verslag van consumenten-woonwens-enquetes met aandacht voor o.a. het gewenste bouwtype, de huurklasse, de indeling van de woning, de aanwezigheid van voorzieningen, de kwaliteit van de woonomgeving, enzovoorts. Hieruit volgen concrete en minder concrete richtlijnen en ontwerpideeën.
- Interface bewonersonderzoek (o.a. 1996) [9, 36]:
"Dynamiek, waardering en woonvoorkeur", statische onderzoek en enquête-uitkomsten geven een indicatie van de woonwensen in de onderzochte wijk of stadsdeel. Vooral over verschillende Eindhovense wijken zijn onderzoeken beschikbaar. Ze geven een indicatie naar de woonwensen, maar dragen zeker geen directe ontwerpoplossingen aan.
- Weldadige woningen (2004) [16]:
Veertig ontwerpprincipes voor gezond en comfortabel bouwen. Nuttige, bruikbare ontwerpoplossingen, voor sommige oplossingen is het aspect milieubelasting te doorslaggevend t.o.v. bv. brandveiligheid.
- Novem Comfort Toolkit (o.a. 2005) [15]:
Concrete richtwaarden, minder concrete ontwerpoplossingen van het onderzoekscentrum SenterNovem. Hierbij wordt het Bouwbesluit als ondergrens aangehouden voor comfort en waarbij verbeteringen gewaardeerd worden met een (+) of (++) . Zie ook de bijlage *Gebruiker & Comfort*.
- Woonsatisfactie en Duurzaam Bouwen (1999) [17].

In de volgende paragrafen zal vaak verwezen worden naar deze bronnen, maar ook naar specifieke hoofdstukken, waarin de theorie achter de diverse onderwerpen uitvoeriger worden behandeld. De onderbouwing van de keuze voor een bepaald gereedschap, bevinding of opvatting of de interpretatie daarvan zal in de onderstaande paragrafen worden beschreven, al dan niet met een verwijzing naar andere hoofdstukken. Vooral de bijlage *Gebruiker & Comfort* biedt aanvullende informatie over de gekozen eisen en wensen.

De gebruikskwaliteitsbehoefte kan worden opgedeeld in kwaliteitseisen en -wensen. De wet-en regelgeving stelt in het Bouwbesluit (ontwerptechnische) voorschriften voor veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid en energiezuinigheid van een woning. Echter, uit diverse onderzoeken blijkt dat woningen hiermee niet per

definitie (al) functioneel - in de meest brede zin van het woord - zijn in het dagelijks gebruik. Aan de orde zijn dan nieuwbouwwoningen die *nu* volgens het Bouwbesluit worden gebouwd. Als de oudere woningen onderwerp van discussie zijn kan in het algemeen worden gesteld dat het met de functionaliteit nog minder zal zijn. Toch hebben oudere woningen ook kwaliteiten, die niet in strijd zijn met het huidige Bouwbesluit en dientengevolge gehandhaafd kunnen blijven.

In de volgende paragrafen zal de bestaande galerijwoning worden geanalyseerd en deels worden getoetst op de gestelde eisen en wensen. Deze eisen en wensen bevatten ook niet haalbare onderdelen voor toepassing bij de renovatie van oudere woningen. Zo zal de in het Bouwbesluit opgenomen eis voor nieuwbouw dat verblijfsruimtes een vrije verdiepingshoogte van tenminste 2,60 meter moeten hebben nooit op een realistische manier kunnen worden gehaald voor oudere woningen. Dergelijke beperkingen zullen bij menig consument mogelijk als een teleurstelling worden ervaren, maar beperkingen zijn inherent aan renovatie, i.t.t. slopen van een groot deel van de bestaande woningvoorraad.

Onderdelen van de referentie galerijwoning

De volgende onderdelen en prestaties van de *galerijwoning met twee gemiddelde beukmaten* zullen hier worden geanalyseerd:

- *Gebruiksoppervlak en -ruimte*
- *Indelingsmogelijkheden*
- *Voorzieningen: keuken, badkamer, meterkast, was- en droogruimte, opbergruimte en buitenruimte*
- *Geluidsisolatie*
- *Gebouwschil: thermische isolatie, koudebruggen, luchtdoorlatendheid, ventilatie, daglichttoetreding en architectuur*
- *Verwarmingsinstallatie*
- *Energieverbruik*
- *Woonomgeving en Veiligheid*

Gebruiksoppervlak en -ruimte

Het netto-oppervlak van alle ruimtes van het appartement, zoals getoond in Fig. 16, worden in Tabel 2 vergeleken met de grootte die gewenst wordt. De gebruikerswensen zijn met name gebaseerd op aanbevelingen uit de VAC Kwaliteitswijzer [40]. Echte eisen kunnen er niet te worden gesteld aan het gebruiksoppervlak.

Tabel 2. Analyse van het bestaande gebruiksoppervlak (aanwezig) van het referentie 4-kamer appartement en het gewenste gebruiksoppervlak (VAC-kwaliteitswijzer [40]).

Vertrek	Oppervlakte (m ²)		
	Aanwezig	Toets	Verschil
Entree	3,0	3,0	0,0
Hal	5,7	n.v.t.	n.v.t.
Berging intern ^{a)}	3,0	4,5	-1,5
Toilet	1,1	1,1	0,0
Berging extern ^{b)}	(26,6)	(12,0)	n.v.t.
Balkon ^{b) c)}	(10,1)	(8,0)	n.v.t.
Subtotaal 1	12,8	14,3	(- 1,5)
Woonkamer ^{a) e)}	22,6	28,0 / 39,0	- 5,4 / -16,4
Keuken ^{a) e)}	6,7	9,0 / 12,0	- 2,3 / - 5,3
Badkamer ^{c)}	5,7	6,0	- 0,3
Slaapkamer 1 ^{e)}	14,5	15,0	- 0,5
Slaapkamer 2 ^{e)}	10,4	12,0	- 1,6
Slaapkamer 3 ^{e)}	4,5	9,0	- 4,5
Subtotaal 2 ^{d)}	64,4	79,0 / 93,0	- 14,6 / - 28,6
Totaal	77,2	93,3	- 16,1

^{a)} *aanname; voor de binnenbergruimte / berging.*

^{b)} *buitenberging en balkon vallen buiten de bepaling van de benodigde totale extra vierkante meters.*

^{c)} *de breedte dient minimaal 1,8 m te zijn.*

^{d)} *het tweede getal representeert de wens van een gezin met minimaal 5 personen.*

^{e)} *de breedte dient minimaal 2,4 m te zijn.*

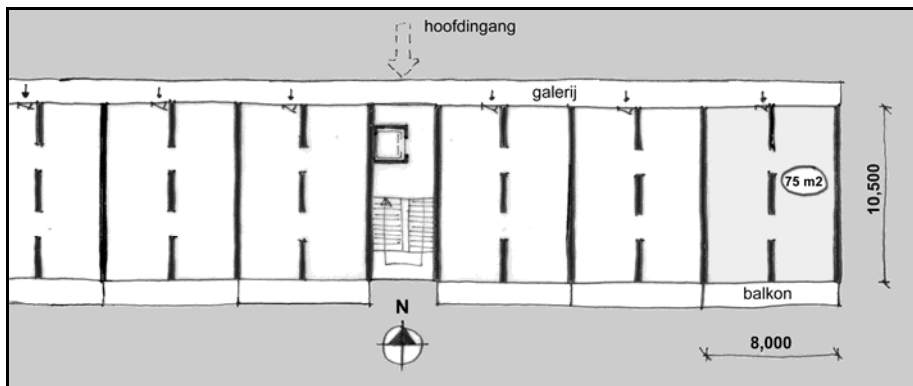


Fig. 16a. Het wooncomplex, met het centrale trappenhuis en de galerijwoning.

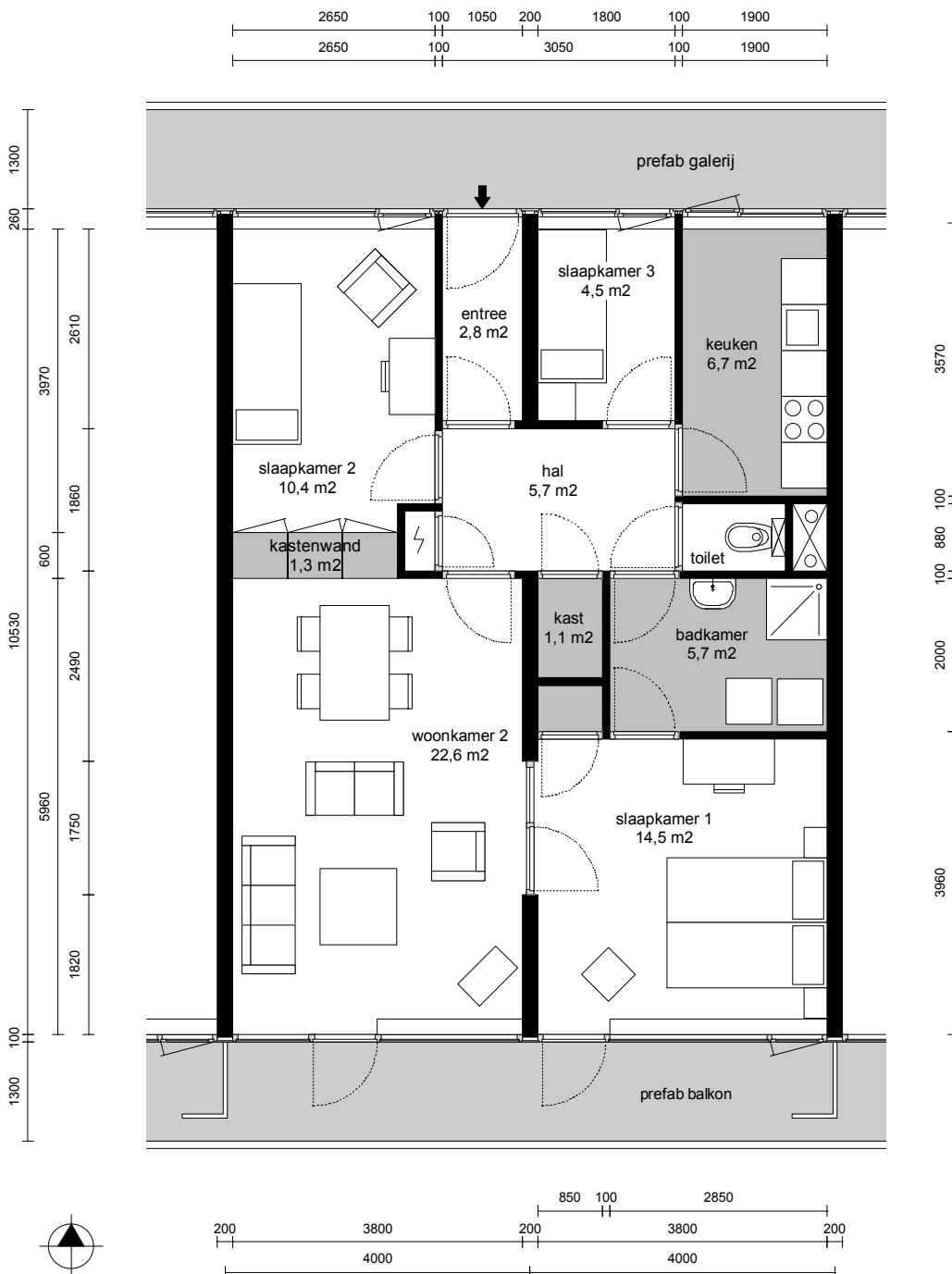


Fig. 16b. Plattegrond van het referentie galerijappartement "Erasmuslaan", bouwjaar 1968.

Uit het vergelijk blijkt dat de consument zowel een enigszins grotere ($\approx 130\%$) keuken als woonkamer zou prefereren. De woonkamer is, uitgaande van consumentenwens, $5,4 \text{ m}^2$ te klein. Een groot gezin van minimaal 5 personen wenst een $16,4 \text{ m}^2$ (of wel $\approx 170\%$) grotere woonkamer. Het is de vraag of het realistisch is een zó veel groter woonkamer te realiseren, zowel vanuit technisch-functioneel als economisch oogpunt. Het vergroten van de woonkamer met $16,4 \text{ m}^2$ t.b.v. de wens voor grotere gezinnen lijkt niet reëel, gezien de gering geachte kans dat grote gezinnen in een appartement wonen. Alhoewel ook de slaapkamers en de interne berging té klein worden bevonden, is het opvallend dat de gewenste toename in het oppervlak van de slaapkamers, met uitzondering van een eventueel aanwezige 3^e slaapkamer, zeer gering ($\approx 110\%$) is.

Binnen de studie van Dogge *et al.* naar woonsatisfactie valt vooral de grootte van de facilitaire ruimtes in negatieve zin op [9, 36]. De badkamer wordt in het onderzoek door 38% van de geënquêteerden als te klein ervaren. Nu is deze badkamer over het algemeen maar iets kleiner als de minimale gebruikerswens van 6 m^2 , maar zegt toch iets over de wenselijkheid van een grotere badkamer. 41% van de geënquêteerden beschouwt de badkamer ook als onvoldoende bruikbaar. Verder zegt 14% van de huidige bewoners in het onderzoek *niet* verhuizen als de woning op een eenvoudige wijze kan worden vergroot, kortom een vraag om flexibiliteit in gebruiksoppervlak.

De totale gewenste uitbreiding van de binnenruimte komt neer op minimaal 16 m^2 . Dit komt overeen - voor het gevoel - met een ruimte van $3,8 \times 4,3 \text{ m}$. Aangezien een appartement geen (bouw)grond heeft, uitgezonderd eventueel de begane grond woningen, is het uitbreiden van de woning per definitie een lastige opgave, maar wel een interessante uitdaging.

Indelingsmogelijkheden

Functioneel gebruik van een vertrek hangt niet uitsluitend af van voldoende gebruiksoppervlak. Ook de indeelbaarheid van de inrichtingselementen speelt een rol. De vraag naar flexibiliteit van de indeling, de zogenaamde indelingsvarianten, is belangrijk. Het referentie-appartement heeft naast het gebruiksoppervlak een beperkte flexibiliteit door de volgende oorzaken (Fig. 16):

- De woning is verdeeld over twee beuken van weliswaar een redelijke breedte (netto $3,82 \text{ m}$), maar deze wanden zijn dragend resulterend in een minder flexibel ruimtegebruik.
- De binnendeuren in de woonkamer bevinden zich aan één kant waardoor er mogelijk een verdeling in een loop- en verblijfszone in de woonkamer ontstaat. Dit heeft voor- en nadelen voor de indeelbaarheid.
- De slaap-/studeerkamer naast de woonkamer is alleen te bereiken via of de woonkamer of de badkamer. Dit is (mede) van invloed op het enigszins statische karakter van een flat voor een levendig gezinsleven.
- Het standaard-aanrechtblad is weliswaar te klein, maar de keuken op zich is lang genoeg om op eenvoudige wijze meer werkruimte en dus een langer aanrechtblad te kunnen installeren. Hetzelfde geldt voor de opbergruimte in de keuken. Een aantrekkelijke, kleine zit-/eetgelegenheid valt er echter niet te creëren.
- Het beperkte aantal aansluitmogelijkheden voor televisie, telefoon en internet, alsmede het geringe aantal wandcontactdozen zorgt voor een beperkte indeelbaarheid en dus flexibiliteit.
- Flexibiliteit t.a.v. het opbergen van spullen is in de meeste ruimtes beperkt, hoewel de vaste kastenwand tussen de woonkamer en de tweede slaapkamer qua principe prima voldoet.
- Het inrichten van een specifieke hobbyruimte is lastig. Voldoende geluidswering en schoonmaakmogelijkheden ontbreken. Als oplossing valt te denken aan een "kruising van een bijkeuken en een rommelschuurtje".

In meergezinswoningen wordt geen *maximale* flexibiliteit verwacht. Zo zullen de badkamer, de keuken, de 'service-ruimte' en het toilet een vaste plaats en uitrusting krijgen. De *kosten* verbonden aan flexibiliteit van installaties weegt niet op tegen de wens naar en de gebruiksfrequentie van eventueel aangebrachte flexibiliteitsvoorzieningen voor de installaties. Flexibiliteit zal gezocht moeten worden in de uitbreidbaarheid en aanpasbaarheid van de grootte van de woning, in het schakelen van bestaande woningen en het in acht nemen van de juiste doelgroepen. Verder is in kleinere woningen het opbergen een relatief groter probleem. Het ontwerp zal "slimme" mogelijkheden moeten bezitten om praktische ruimte te scheppen.

Voorzieningen: opbergruimtes, keuken, badkamer

Keuken

De plaats van de gedateerde keuken is op zich goed, maar zou ook elders kunnen worden gesitueerd (Fig. 16). De breedtemaat van een keuken moet minimaal $2,4 \text{ m}$ zijn en een minimaal gebruiksoppervlak hebben van $9,0 \text{ m}^2$. Deze voorwaarden openen de mogelijkheid om tenminste een kleine, ruimtelijk aantrekkelijke zit-/eetgelegenheid te kunnen maken. Verder lijkt voor dit referentie-appartement het principe van de werkdriehoek het meest aantrekkelijk en moet op voorhand worden gesteld dat er geen *grote* eethoek in de keuken zal worden geplaatst. Een grote eethoek hoort bij grote gezinnen. In het geval van slechts twee bewoners vormt een (weinig zinvolle) grote eethoek een belemmering voor andere gebruiksalternatieven. De

eethoek dient dan ook in de woonkamer te worden gesitueerd. De combinatie flexibiliteit, keuken en huurwoning is niet zonder problemen. Over het algemeen zullen huurders weinig nut zien in het van tijd tot tijd te veranderen of te vernieuwen van de keuken; zeker als de keuken (al) over goede apparatuur en voldoende werk- en opbergruimte zou beschikken. Apparatuur is in de sociale huursector niet standaard in de woning aanwezig. Een oplossing hiervoor zou kunnen zijn om een deel van de keuken “leeg” te laten. Dat gebeurt nu al met de locatie voor het kooktoestel en de koelkast. Een optie om huurders meer mogelijkheden te bieden is het vooraf plaatsen van (inbouw)kasten of wandjes met stevige planken waar de bewoner zijn of haar apparatuur in kan plaatsen (Fig. 17). Onderdeel van deze kasten en/of wandjes kan dan ook een apothekerskast zijn, die zeer veel handige bergruimte oplevert op een klein vloeroppervlak. Tevens kan een goede voorziening worden getroffen voor het aansluiten van een wasemkap.

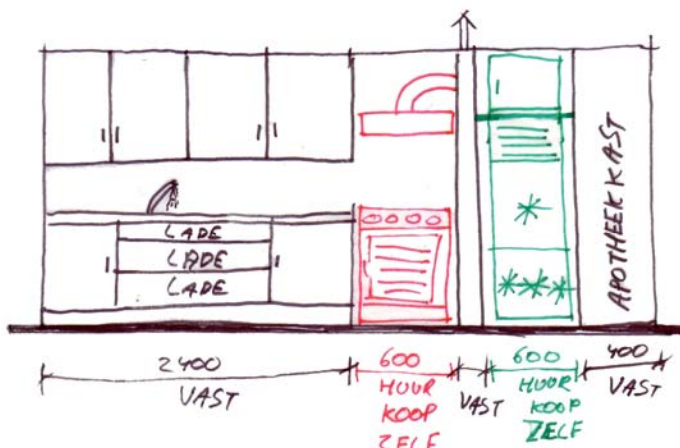


Fig. 17. Schetsvoorstel voor de opbouw van het keukenblok; er is gedacht aan een opsplitsing tussen delen die zelf aangeschaft moeten worden, delen die standaard zijn en delen die gehuurd kunnen worden.

Badkamer

Voor de badkamer is het wenselijk dat deze een minimaal gebruiksoppervlak van 6,0 m² heeft. De plaats van de badkamer is voorspelbaar, namelijk in de “donkere” zone van het appartement (Fig. 16). Flexibiliteit is in de donkere zone minder belangrijk. Hoogstens kan rekening worden gehouden met de levensduur van de elementen als toilet, wastafel en douchecabine en de mogelijke wens van de beheerder deze elementen snel/goedkoop te kunnen vervangen. De extra investeringen hiervoor zullen waarschijnlijk niet opwegen tegen de winst tijdens een latere renovatie van de badkamer. Op grond van het Bouwbesluit behoeft de badkamer geen daglichttoetreding; het is geen verblijfsruimte. Door sommigen kan dit als een gemis worden ervaren, omdat de combinatie zonlicht en water een “goed gevoel” geeft. De toepassing van melkglas kan de badkamer toch enige sfeer geven. De voorzieningen in de badkamer, ook van het referentie-appartement, zijn veelal gedateerd en een douchecabine of badkuip ontbreekt vaak.

Tabel 3. Aanbevelingsafmetingen voor badkamertoestellen.

Element	Maten (mm x mm)			Opmerking
	Plaatsingsruimte	Gebruiksruimte	Standaard / Optie	
Toilet	400 x 600	900 x 1200	Optie	
Ligbad	700 x 1700	1400 x 1700	Standaard	
Wastafel	500 x 900	900 x 1200	Standaard	incl. Bergruimte
Douche	800 x 800	800 x 1500	Standaard	
Geïntegreerde was-droogruimte	600 x 1200 + 500 x 1000	1200 x 1500	standaard (voorlopig)	incl. wasmachine, plek voor droger

Met de geadviseerde maten in tabel 3 kan de badkamer ontworpen worden. De gebruiksruimte die benodigd is voor de toestellen mag over elkaar vallen.

Meterkast

In het bestaande referentie-appartement zit een meterkast voor de elektriciteits- en gasmeter (Fig. 16). De watermeter bevindt zich onder in het woongebouw. De plaats van de meterkast is zeer ongunstig t.o.v. de ruimtes waar zich veel installaties bevinden. Als er nieuwe verwarming- en ventilatie-installaties worden toegepast zal er een soort “machine-kamer” of “service-ruimte” in de woning en zeker in het woongebouw komen. Doel moet zijn de meterkast in deze service-ruimte te integreren en zo een overzichtelijke technische ruimte te creëren. De plaats van deze ruimte ligt nog niet vast. Het schaarse geveeloppervlak moet effectief worden benut en plaatsing van een technische ruimte aan de gevel is vooralsnog geen optie. Als veiligheidsoverwegingen en geluidsbelasting geen onoverkomelijke belemmering vormen dan verdient

plaatsing in de donkere zone de voorkeur. Het Bouwbesluit eist echter dat de afstand tussen meterkast en voordeur maximaal 3,0 m mag bedragen. Twee opties die onderzocht kunnen worden zijn: (1) ontheffing van het Bouwbesluit afdwingen of (2) uitsluitend de (digitale) afleesvensters dichtbij de ingang van de woning te plaatsen.

Was- droogruimte

Het doen van de was met de achtereenvolgende handelingen: “vuile was tijdelijk opbergen, was uitzoeken, was in de wasmachine stoppen, was in de droger of te drogen hangen, strijken en opbergen” beslaat een redelijk groot aantal handelingen, die over het algemeen zeer verspreid over de woning plaatsvinden. Met name het drogen van de was (bij het ontbreken van een relatief veel energie verbruikende wasdroger) neemt veel ruimte en tijd in beslag, terwijl ook de vochtbelasting in huis stijgt. Een oplossing waarbij deze handelingen zoveel mogelijk kunnen worden geconcentreerd in een ruimte is aanbevelingswaardig. Heijnenman heeft hier het nodige onderzoek naar gedaan [29t].

Opbergruimte

De aanwezige opbergruimte van het onderhavige appartement is redelijk, zowel de totale grootte (4,5 m²) als de bruikbaarheid. Zeker de kasten tussen de woonkamer en de slaapkamer zijn praktisch en hebben voldoende opbergruimte. De kast in de gang is vrij diep (1,3 m), waardoor er minder praktisch met de aanwezige ruimte kan worden omgegaan. Bij opbergruimte kan worden gedacht aan (inloop)kasten voor kleding, gereedschap, schoonmaakattributen (stofzuiger), accessoires van apparaten, paraplu's, schoenen, jassen, winterkleding, tassen, etc.

Opbergen mag dan niet de belangrijkste woonwens van gebruikers zijn, toch wordt het gewaardeerd als er voldoende en goede voorzieningen worden aangeboden (Fig. 18) [9]. Integratie van opbergmogelijkheden in de woning werkt ruimte- en kostenbesparend. Bewoners hoeven immers minder meubels te kopen en te plaatsen. Meubels die vaak door niet te vermijden ongunstige plaatsing meer ruimte innemen dan alleen het vloeroppervlak van de meubels zelf. Opbergmogelijkheden grenzend aan verkeersruimtes, zoals bijvoorbeeld in de gang of in de buurt van een deur in een kamer, waar moet worden gelopen (en niets anders geplaatst kan worden) lijken de voorkeur te hebben. Spullen voor algemeen gebruik, zoals de stofzuiger, linnengoed en opslag, kunnen prima worden opgeslagen in kasten die geïntegreerd zijn in de binnenwanden van de gang. Bijkomend voordeel is dat een goed te organiseren woning ook compacter, dus kleiner en dus goedkoper kan zijn. Tijdens het ontwerp zal duidelijk worden in hoeverre deze wens kan worden ingewilligd. Meer hierover is te vinden in de bijlage *Gebruiker & Comfort*.



Fig. 18. Een walk-in-closet wordt door de meeste bewoners gewaardeerd.

Buitenruimte

In een appartement is het ontbreken van een tuin een gemis. Het balkon van het referentie-appartement is te smal om activiteiten te ontplooiën waar, in de regel, in een tuin (met terras) voor wordt gebruikt (Fig. 16). Dit zal moeten worden gecompenseerd door één of meerdere (bouwtechnisch geschikte) ruimtes, waar activiteiten zoals het repareren van een fiets of andere (grottere) spullen, het ontstoffen van voorwerpen of bijvoorbeeld fitness kunnen plaatsvinden. Er zal een afweging dienen te worden gemaakt *tijdens* het ontwerpen van de (buiten)berging, het balkon en/of een serre, waarbij de windbelasting “op hoogte” niet moet worden onderschat (Fig. 19).



Fig. 19. Een (ruim) balkon kan om verschillende redenen op prijs worden gesteld.

Geluidsisolatie

De geluidsisolatie tussen de meergezinswoningen uit de jaren '60 en '70 is gering, zeker de contactgeluidsisolatie van de vloeren (Fig. 20). In het begin van de levenscyclus van de woning was dit niet zo'n groot probleem, daar toentertijd de meeste bewoners vaste vloerbedekking hadden.

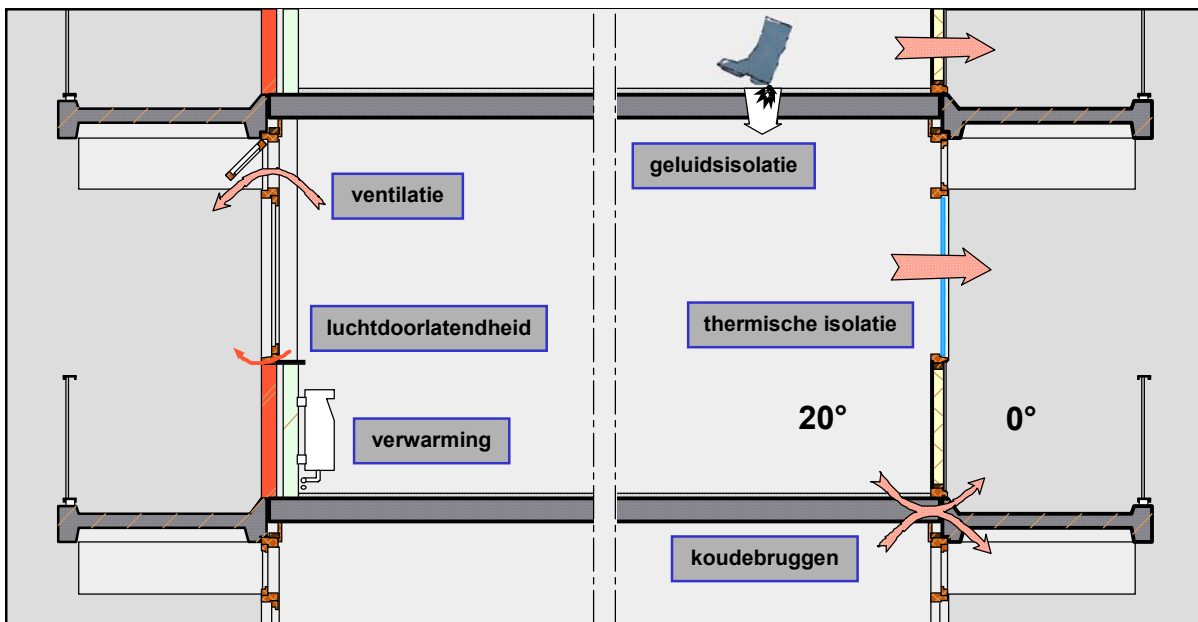


Fig. 20. Doorsnede van een appartementencomplex. Aangegeven zijn de diverse probleemgebieden: thermische isolatie, geluidsisolatie, installaties en ventilatie.

Tegenwoordig wordt glatte vloerbedekking steeds populairder, met als gevolg minder contactgeluidsisolatie. Ook zijn de eisen inmiddels aanzienlijk aangescherpt. In Tabel 4 worden de geluidsisolerende kwaliteiten van de bestaande referentiewoning vergeleken met de eisen die het huidige Bouwbesluit stelt aan nieuwbouw woningen.

Tabel 4. Geluidsisolatie tussen '60 en '70 jaren appartementwoningen, vergeleken met de huidige Standaard referentiecures ^{a)}.

	Appartement		Bouwbesluit 2003	
	$I_{lu:k}$	I_{co}	$I_{lu:k}$	I_{co}
Wand	-5 tot -3	+ 2 tot + 4	0	+ 5
Vloer	-14 tot -4	-13 tot -10	0	+ 5

^{a)} Zie [38].

De geluidsisolatie tussen de vloeren in het bestaande appartement is -13 dB, vergeleken met de +5 dB, die wordt geëist in het Bouwbesluit. Als het huidige Bouwbesluit in dit geval als leidraad wordt gekozen zal er ruim 15 dB extra moeten worden geïsoleerd. Enkele studies adviseren zelfs, voor wenselijk comfort, de geluidsisolatie-eis nog verder aan te scherpen [15i, 40]. In Tabel 5 worden deze aangescherpte eisen vertaald naar de vereiste geluidsisolerende kwaliteiten die eventuele productoplossingen moeten bezitten.

Tabel 5. Geluidsisolatie tussen woningen vergeleken met de Standaard referentiecurves ^{a)}.

	Comfort-wens ^{b)}		Vereiste product-oplossing	
	$I_{lu:k}$	I_{co}	$\Delta I_{lu:k}$	ΔI_{co}
Wand	+ 5	+ 10	+ 8 tot + 10	+ 6 tot + 8
Vloer	+ 5	+ 10	+ 9 tot + 19	+ 20 tot +23

^{a)} Zie [38].

^{b)} Zie [15i, 40]

Gebouwschil

In Fig. 20 worden naast geluidsproblemen ook de thermische problemen van de gebouwschil geschetst. Op voorhand vallen de koudebruggen en de dunne gebouwschil op.

Thermische isolatie

De referentiewoning uit 1968 heeft een zeer beperkt isolatiepakket. Ook het glas heeft een geringe isolatiewaarde, terwijl de spouwmuren zelfs in het geheel geen isolatiemateriaal hebben en alleen het kalkzandsteen binnenblad, de spouw en het bakstenen gevelmateriaal zorg dragen voor de thermische isolatie ($R_c = 1,3 \text{ m}^2\text{K/W}$). Bij de bouw werden de ramen voorzien van enkelglas ($U = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) en in de jaren '90 vervangen door gewoon dubbelglas ($U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$). Bij het ontwerp van een hoogwaardige renovatiestrategie zal dit probleem één van de grootste aandachtspunten moeten zijn. Bij een ingrijpende renovatie, waarbij de gehele gevel wordt gestript (zoals hier voorgesteld) vormt dit niet het moeilijkste onderdeel om op te lossen. De principes komen aan bod in de bijlagen *Isolatie*, *Isolerende ramen* en *Translucente isolatie*.

Koudebruggen

Veel van de naoorlogse woningbouw kenmerkt zich door koudebruggen. Beton en prefab deed zijn intrede en de gekozen detaillering zorgde voor aanzienlijke koudebruggen. Deze koudebruggen, die bij galerijappartementen vooral aanwezig zijn ter plaatse van de balkonplaten en de bijbehorende oplegconsoles, zijn verantwoordelijk voor ongeveer 11% van het totale transmissieverlies [2]. Dat lijkt weinig, maar als de bestaande gebouwschil op een eenvoudige manier zou worden nageïsoleerd en de koudebruggen niet, vanwege het verregaand karakter hiervan, dan neemt de bijdrage van de koudebruggen verhoudingsgewijs aanzienlijk toe. Het grootste nadeel van koudebruggen is echter niet het extra energieverlies, maar eerder de condensvorming aan de binnenkant ter plaatse van de koudebrug. Hierdoor kunnen gezondheidsklachten ontstaan tengevolge van schimmelvorming niet worden uitgesloten.

Luchtdoorlatendheid

Hier wordt alleen gemeld dat de luchtdichtheid van het onderhavige appartement beperkt is (Fig. 20). Vooral de naden bij de draaiende delen zorgen voor tochtverschijnselen, terwijl ook de aansluitingen tussen gevel en vloer in die mate lucht doorlaten dat ze een aanzienlijke invloed hebben op de ventilatie en luchtverversing in de woning. Dit heeft positieve en negatieve invloeden. Het streven is om na renovatie een nagenoeg luchtdichte gebouwschil te hebben. Meer hierover in de bijlage *Luchtdichtheid*.

Ventilatie

Het gehele appartement wordt d.m.v. natuurlijke ventilatie-openingen geventileerd. Voor wat de toevoer betreft dat de te openen ramen in de gevel en voor de afvoer zijn dat dezelfde of de tegenoverliggende ramen. Enkele roosters in de leidingschacht zorgen voor natuurlijke afvoer uit de keuken en de badkamer. Er zijn geen voorzieningen getroffen voor het aansluiten van een wasemkap. Bij deze manier van ventileren van de woning gaat zeer veel warmte verloren die weer moet worden aangevuld d.m.v. de verwarmingselementen in de vertrekken met een dientengevolge hoog gasverbruik. Verder heeft dit natuurlijk invloed op de behaaglijkheid en dus het comfort. De regelbaarheid van het "systeem" is beperkt en houdt geen rekening met een wisselende winddruk.

Binnen het renovatieconcept zal ventilatie van de bouwfysische aspecten de hoogste prioriteit krijgen. De relatie ventilatie, gezondheid en comfort blijft heel belangrijk, terwijl het ventilatieprobleem met technische middelen eenvoudig lijkt op te lossen. In de bijlage *Ventilatie* wordt de theorie achter het belang en de mogelijkheden van ventilatie uitvoerig besproken.

Daglichttoetreding

Het Bouwbesluit (artikel 3.123 – 3.126) gebruikt de voorgeschreven norm NEN 2057 om de minimale daglichttoetreding te toetsen. Kenmerkende belemmeringen voor daglichttoetreding zijn de galerij- en balkonplaten van de appartementen. Verder valt op dat de meeste van dit type appartementen beglazing

hebben over de gehele breedte van het appartement, zowel voor als achter. Een gegeven dat de indruk wekt dat deze woningen wel licht zullen zijn. Voor tekeningen en maten wordt verwezen naar de bijlage *Daglichtmodellen*. In 1968 gold de NEN 2057 norm nog niet. Toch is het interessant te bekijken, ook voor de vergelijking met de situatie na renovatie, in hoeverre de woning voldoet aan de huidige eisen. Voor woningen geldt dat de equivalente daglichtoppervlakte ($A_{vereist}$) niet kleiner mag zijn dan 10% van de vloeroppervlakte (A_{vloer}) van het verblijfsgebied.

Dit betekent voor de bestaande woonkamer (22,6 m² vloeroppervlak en 4,5 m² glasoppervlak; Fig. 16):

$A_{vereist} = 0,1 \times A_{vloer} = 0,1 \times 22,6 = \mathbf{2,26 \text{ m}^2}$

De equivalente daglichtoppervlakte wordt bepaald volgens (NEN 2057):

$A_e = A_d \times C_b \times C_u$, waarin A_e = equivalente daglichtoppervlakte; A_d = de oppervlakte van de doorlaat van de daglichtopening; C_b = de belemmeringsfactor en C_u = de uitwendige reductiefactor.

Voor het referentieappartement geldt bij benadering:
 $A_d = 4,5 \text{ m}^2$; $C_u = 1,0$ en $C_b = 0,53$ (NEN 2057 tabel met $\alpha = 25^\circ$, $\beta = 55^\circ$)

Dit resulteert in equivalente daglichtoppervlakte $A_e = 4,5 \times 0,53 \times 1,0 = \mathbf{2,39 \text{ m}^2}$

- Conclusie voor woonkamer: $2,39 \text{ m}^2 > 2,26 \text{ m}^2$ ($A_e = 1,06 \times A_{vereist}$). *Voldoet aan 't huidige Bouwbesluit.*

Een identieke benadering voor bestaande slaapkamer (14,4 m² vloeroppervlak en 2,8 m² glasoppervlak; Fig. 16) leert:

$A_{vereist} = 0,1 \times A_{vloer} = 0,1 \times 14,4 = \mathbf{1,44 \text{ m}^2}$, en

$A_e = A_d \times C_b \times C_u$

Voor het referentieappartement geldt bij benadering:
 $A_d = 2,8 \text{ m}^2$; $C_u = 1,0$ en $C_b = 0,53$ ($\alpha = 25^\circ$, $\beta = 55^\circ$)

Dit resulteert in equivalente daglichtoppervlakte $A_e = 2,8 \times 0,53 \times 1,0 = \mathbf{1,48 \text{ m}^2}$

- Conclusie voor slaapkamer: $1,48 \text{ m}^2 > 1,44 \text{ m}^2$ ($A_e = 1,03 \times A_{vereist}$). *Voldoet aan 't huidige Bouwbesluit.*

Geconcludeerd mag worden dat de daglichttoetreding voor zowel de woon- als slaapkamer bij benadering voldoen aan de tegenwoordige eisen uit het Bouwbesluit, mits uitsluitend het glasoppervlak wordt beschouwd. De galerij- en balkonplaten vormen, ondanks het toch relatief grote glasoppervlak, evenwel een aanzienlijke belemmering.

Naast de eisen die worden gesteld aan de (equivalente) daglichtoppervlakte speelt, in de praktijk, de daglichtfactor een factor van belang als maat voor de relatieve hoeveelheid daglicht op een bepaald punt in een bepaald vertrek. De *gemiddelde* daglichtfactor (Df_{gem}) is de verhouding tussen de gemiddelde verlichtingsterkte binnen en verlichtingsterkte in het vrije veld en vormt een indicatie voor de daglichtkwaliteit van een bepaalde ruimte. Over het algemeen wordt voor de gemiddelde daglichtfactor als minimale richtwaarde een lokale verhouding van 1% voor 90% van de gebruiksoppervlakte aangehouden.

De gemiddelde daglichtfactor, in formule is:

$$Df_{gem} = E_{gem} / E_{hor}, \text{ waarin}$$

E_{gem} en E_{hor} = verlichtingssterkte (lux), lokaal en vrije veld (horizontaal), respectievelijk

De lokale verlichtingssterkte (E_{gem}) is gedefinieerd als

$$E_{gem} = \frac{1}{2} \times (E_{hor}/A_{vloer}) \times (A_e / (2/k+2) \times (1-\rho_{gem})), \text{ waarin } k = \text{Opp}_{hor} / \text{Opp}_{ver} = (l \times b) / (h \times (l \times b)) \quad \text{en}$$

$$\rho_{gem} = \text{gemiddelde lokale reflectie.}$$

Dit betekent voor de bestaande woonkamer ($A_{vloer} = 22,6 \text{ m}^2$; $A_e = 2,39 \text{ m}^2$; $E_{hor} = 12.500 \text{ lux}$ (verondersteld); $k = 25$, $2 / 63,0 = 0,4$ en $\rho_{gem} = 0,60$ (aangenomen):

$$E_{\text{gem}} = 0,5 \times (12500 / 22,6) / (2,39 / ((2 / 0,40) + 2) \times (1 - 0,60) = 235,0 \text{ lux}$$
$$Df_{\text{gem}} = 235,0 / 12500 = 0,019 \text{ dus } 1,9 \%$$

- Conclusie voor woonkamer: dit voldoet ruim aan de gestelde 1,0 %.

In de praktijk blijkt een gemiddelde daglichtfactor van 2 tot 5% pas een voldoende daglicht indruk te geven, en is een dergelijke waarde omwille van het comfort dan ook wenselijk. Het referentie-appartement voldoet dus net niet aan deze aangescherpte "eis" van comfort.

Alvorens de bewonerswensen verder te inventariseren kan geconcludeerd worden dat de woning net voldoet aan het huidige Bouwbesluit voor daglichttoetreding. Wel lijkt op voorhand duidelijk waar de daglichttoetreding beperkt zal zijn: bij de smalle, diepe woonkamer. Zeker als de woning nog eens wordt verdiept, wordt de daglichttoetreding alleen maar minder. Het creëren van een donkere zone in het hart van de woning met niet-verblijfsruimtes kan het één en ander oplossen. Het principe van een doorzonwoning zal, voor zover dat niet al verlaten is, zeker niet in aanmerking komen. Ook zal de toepassing van vaste overstekten kritisch moeten worden bekeken. Naast de beperking van daglichttoetreding hebben vaste overstekten als nadeel in het voor- en naseizoen dat ze veel zoninstraling tegenhouden wanneer dat wel wenselijk is. Als groot voordeel zorgen vaste overstekten voor voldoende zonwering. Als compromis kan een kleine, ondiepe vaste overstek in combinatie met bv. horizontale lamellen in de zomer zorgen voor de nodige zonwering en in het voor- en naseizoen voor voldoende zon- en daglichttoetreding.

In de studie "*Duurzaam Bouwen en Woonsatisfactie*" komt naar voren dat de gebruiker passieve zonne-energie toepassingen positief waardeert [17i]. Vooral de hoge lichtopbrengst, het uitzicht en de daarbij behorende sociale veiligheid worden genoemd. Ongewenste opwarming, inkijk en een lage daglichttoetreding bij kleine noord-georiënteerde ramen worden als nadelen ervaren.

Architectuur en maakbaarheid

Fig. 20 maakt duidelijk dat de gevels een geringe gewichts- en volumebijdrage hebben op het totaal van het gebouw. Het gevelelement, opgebouwd uit een verdiepingshoog kozijn met een sandwichpaneel als borstwering is op relatief eenvoudige manier te verwijderen, waarbij er weinig bouwafval ontstaat. De architectonische waarde van deze gevelelementen wordt over het algemeen ook als laag gewaardeerd.

Verwarmingsinstallatie

De verwarmingsinstallatie bestond bij de oplevering in 1968 uit losse gaskachels (Fig. 21). In de jaren '80 is een centrale verwarmingsinstallatie geïnstalleerd. De verwarmingsketel heeft een rendement van ongeveer 80%. De verwarmingselementen, in dit geval radiatoren zijn zo gedimensioneerd dat de koudeval zoveel mogelijk wordt beperkt. Op deze installatie valt niet veel aan te merken, behalve dat de regelbaarheid kan worden verbeterd door het installeren van bijvoorbeeld thermostaatkranen. De verwarmingsketel zou nog niet als afgeschreven behoeven te worden beschouwd. Echter bij een hoogwaardige renovatie, waarbij de gevels worden verwijderd en voorzien van nieuwe zeer goed isolerende gevels zijn andere verwarmingselementen te verwachten, evenals een ander warmteopwekkingstoestel.



Fig. 21. Een losse gaskachel.

Energieverbruik

De bovengenoemde technische gebreken heeft twee belangrijke gevolgen:

- Discomfort
- Hoog energieverbruik voor ruimteverwarming

Fig. 22 toont de warmtestromen die optreden bij een galerijappartement uit de jaren '60. Voor ruimteverwarming is met een warmteopwekkingstoestel met een rendement van 80% ongeveer 1950 m³ aardgas per jaar nodig om het appartement op een aangename manier te verwarmen. Opvallend is de geringe bijdrage van de zon op de totale warmtebalans. Tezamen met de interne warmtebronnen compenseert, getalsmatig, de zonbijdrage het energieverlies door ventilatie. De gebruikte fossiele brandstof dekt dan het (zeer grote) transmissieverlies (75%).

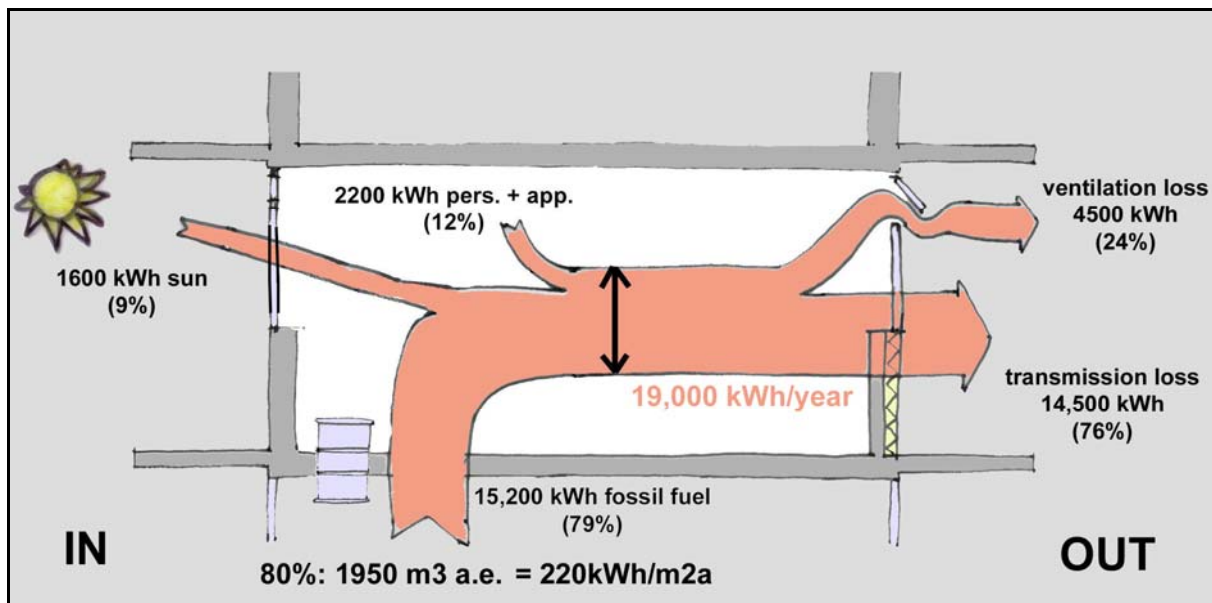


Fig. 22. De warmtestromen van een galerijappartement uit de jaren '60 met enkel glas [12].

De vraag blijft hoe deze warmtebalans in perspectief moet worden geplaatst met de huidige technische standaard van bouwen en isoleren en met wat er technisch gezien, redelijkerwijs, als hoogwaardige oplossing wordt beschouwd. Tabel 6 geeft inzicht in de verschillen van energieverbruik voor verwarming tussen de diverse principes van bouwen [18, 23].

Tabel 6. Enkele gegevens gerelateerd aan het energieverbruik voor ruimteverwarming bij een verschillende aanpak.

	1960-1980	Bouwbesluit 2003	Passiv-Haus principe
Appartement en verwarming (75 m²)			
Energieverbruik (kWh/m ² a)	220	110	25
Aardgas (m ³ /a)	1950	900	200
EPC ^{a)}	± 4,0	0,8	0,1 - 0,3
R _c -waarde (dicht, m ² K/W) ^{b)}	1,3	2,5 - 3,5	7,5

^{a)} Energieprestatiecoëfficiënt

^{b)} Warmteweerstand van de constructie

Geconcludeerd kan worden dat de huidige appartementen (1960-1980) tien maal meer energie verbruiken voor ruimteverwarming dan bij het Passiv-Haus principe (PZE-woning). Precies overkomend met de Faktor-10 visie.

Meer hierover in de diverse bijlagen *Technische Middelen* en *Referentieprojecten*.

Woonomgeving en Veiligheid

Ter verbetering van de woonomgeving en daarmee samenhangende sociale controle zijn enkele aandachtspunten [85]:

- De ingang van het woonblok kan uitnodigender, maar vooral lichter: bewoners waarderen een goede ontvangst en nodigt minder uit tot vandalisme.
- De lengte van de galerij moet niet te groot zijn.
- Voorkomen van gesloten gevels op de begane grond: sociale controle op de begane grond. Of zelf het creëren van woningen en/of bedrijvigheid op de begane grond.
- Optoppen levert diversiteit op: luxe penthouse.
- Mogelijkheid scheppen voor een woning met een eigen identiteit: ruimte voor planten bij de voordeur, voordeur in een eigen kleur kunnen schilderen.
- Flexibele uitbreiding van de woning: bewoners blijven wonen waar voldoende mogelijkheden zijn.
- Maak een rustige zijde: bewoner kan zich 'terugtrekken'.

- Denk na over het clusteren van woningen, zodat er in de semi-openbare ruimte (galerij) meer interactie ontstaat tussen de verschillende soorten bewoners.
- Zorg voor natuurlijke looproutes naar afvalcontainers en bergingen, betrek de parkeergelegenheid hier ook bij. Meer informatie zie VAC Kwaliteitswijzer [40].
- Leven in de buitenruimte: balkon, serre en een verbrede galerij zijn zeer belangrijk.
- (Inbraakwerende) voorzieningen van een gebruiksaanwijzing voorzien.

Technische middelen en Referentieprojecten

Naast de analyse van het referentie-appartement worden in de bijlage enkele 'energiezuinige' projecten en in te zetten technische middelen bekeken en geanalyseerd, waarbij de conclusies als uitgangspunten kunnen dienen voor het ontwerp. Dit hoofdstuk is bedoeld als een inleiding tot en verwijzing naar het grootste deel van de bijlagen, de *Technische middelen* en *Referentieprojecten*. Onder de technische middelen worden de *afzonderlijke* aspecten van een gebouw verstaan die kunnen bijdragen aan een energiezuinige woning. De referentieprojecten geven inzicht over de inmiddels gebouwde en onderzocht projecten in relatie tot energiezuinigheid. Goed en minder goede aspecten van deze referentieprojecten worden benoemd en gebruikt in het ontwerp voor een hoogwaardige renovatiestrategie.

Voorafgaande aan deze onderwerpen is het goed enig inzicht te verschaffen in de verschillende niveaus van energiezuinig bouwen.

Energie en type woningen

Binnen de bouwwereld is het nodige onderzoek gedaan naar de energiezuinige woning en hieruit zijn verschillende typen woningen met ieder hun eigen benadering en prestatie voortgekomen. Mede door de vraag naar inzichtelijkheid is er een bepaalde indeling ontstaan van verschillende typen energiezuinige woningen, oplopend in energiezuinigheid, met name voor ruimteverwarming:

1. nieuwbouwwoning vlg. Bouwbesluit
2. energie-zuinige woning
3. passieve-energie woning
4. energie-nul woning

Eventueel:

5. plus-energie woning
6. autarkische woning

De plus-energie woning is een woning die meer energie opwekt dan verbruikt. Net als bij de energie-nul woning is ook de energie verdisconteerd die nodig is voor het opwekken van het benodigde warm-tapwater en elektriciteit. Een autarkische woning is een geheel op zichzelf staande woning. In principe lopen er geen toe- en afvoerleidingen naar een dergelijke woning. Vanuit energetisch oogpunt is de autarkische woning te vergelijken met een energie-nul woning. Fig. 23 geeft inzicht in de effecten, als kwantitatieve karakterisering, van de diverse maatregelen, getroffen bij de typen woningen, op luchtdoorlatendheid, elektriciteitsverbruik, isolatie-waarde en energieverbruik per m² per jaar [2,12,13,17,18, 12i].

Het energieverbruik t.b.v. ruimteverwarming, bepaald per vierkante meter is een belangrijke graadmeter om projecten met elkaar te kunnen vergelijken (Fig.23D) . Meer hierover de bijlage *Referentieprojecten*. De parameters Rc-waarde, elektriciteitsverbruik en luchtdoorlatendheid indiceren verschillen in detail-oplossingen bij de verschillende typen van woningen. Zo, zijn de details van een woning met een isolatiewaarde van $R_c = 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ wezenlijk anders dan die met een R_c -waarde van $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$, zoals het Bouwbesluit voorschrijft. Een energie-nul woning kan absoluut niet zonder een hoge isolatiewaarde. Als voor een beperkte isolatiewaarde wordt gekozen zal er teveel energie moeten worden opgewekt om de energieverliezen door transmissie te compenseren. Ook is het van het grootste belang dat er bij de details en met name de uitvoering rekening wordt gehouden met het zorgvuldig luchtdicht maken van de constructie. Elektriciteitsbesparing heeft een minder hoge prioriteit, omdat de invloed van de bouwkundig ontwerper hierop gering is. Toch kan een juist ontwerp aangaande daglichttoetreding het nodige besparen op verlichting en het voorzien van de woning van warm-wateraansluiting voor de af- en wasmachine kan voor een aanzienlijke besparing leiden op het elektriciteitsverbruik.

In de bijlage *Technische Middelen* wordt dieper ingegaan op de technische middelen die kunnen worden ingezet voor het verwezenlijken van een zeer energiezuinige woning. Hierbij vormt de Passiv-Wohnung de leidraad. In de bijlage *Referentieprojecten* worden enkele woningen en woningcomplexen geanalyseerd, waarbij de goede en minder goede aspecten van deze projecten aan bod komen.

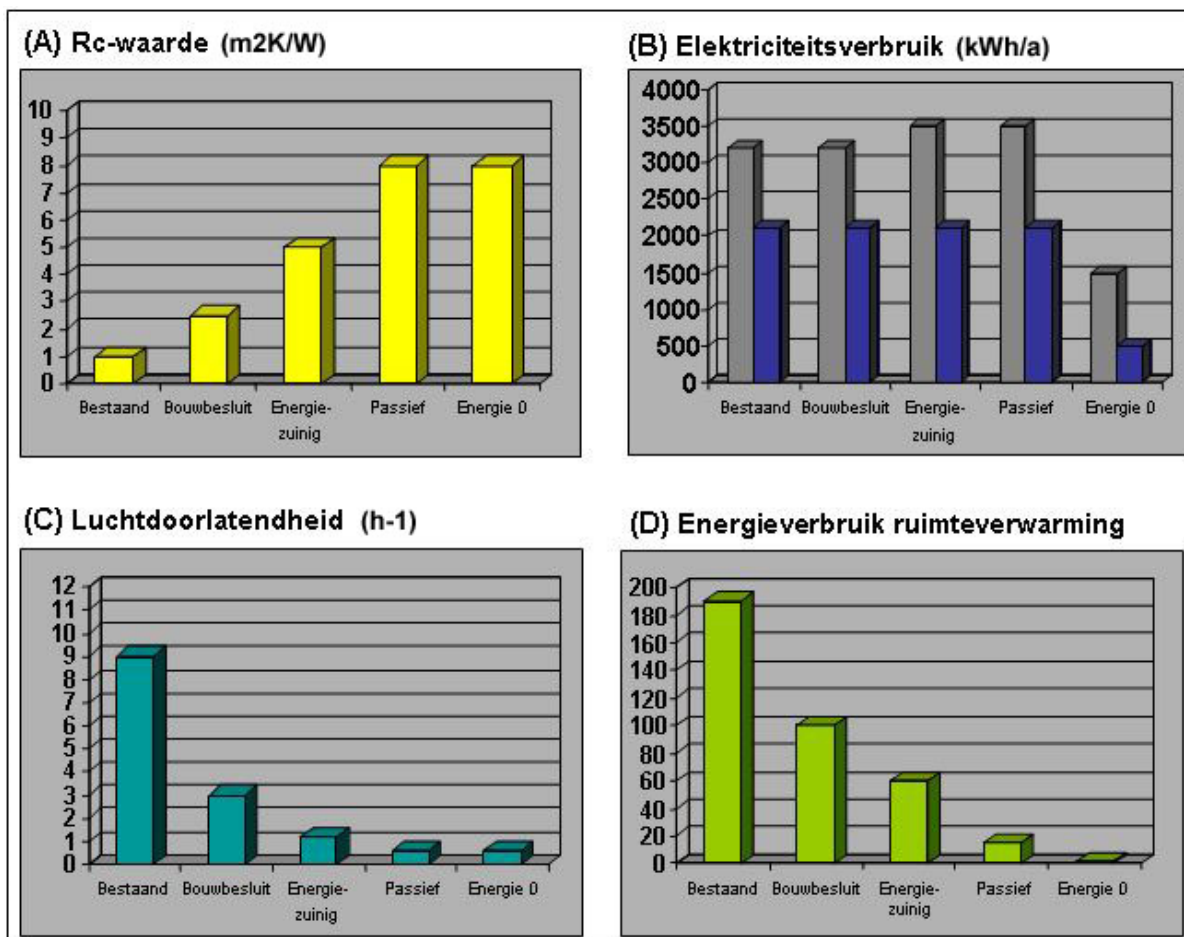


Fig. 23. Isolatiewaarde (A), elektriciteitsverbruik met energie zuinige (blauw) of standaard (grijs) apparatuur (B), luchtdoorlatendheid (C) en energieverbruik t.b.v. ruimteverwarming (kWh/m²a) voor verschillende typen “energiezuinige” woningen (D).

Bijlage

Technische middelen

De volgende technische middelen en aspecten m.b.t. energiezuinig bouwen zijn te vinden in een bijlage:

- Automatisering: domotica in de woningbouw
- Compact Bouwen en Zonering
- Elektriciteit en Consumentengedrag
- Isolatie (thermisch)
- Isolerende ramen
- Translucente isolatie (TIM)
- Koudebruggen
- Luchtdichtheid
- Ventilatie
- Verwarming
- Actieve zon-water systemen en Photovoltaïsche systemen
- Passieve zonne-energie
- Serre
- Warmtepomp en Bodemopslag

Tevens zijn de volgende aspecten opgenomen in bijlagen:

SlimBouwen[®]

Geluid en Renovatie

Energiebalans

Referentieprojecten

In deze laatste bijlage zijn een aantal voorbeeldprojecten, waaronder de eerder behandelde renovatie-voorbeeldprojecten ‘Portiekflats te Schiedam’ en ‘Rijtjeswoningen van Lichtblauw’ behandeld en beoordeeld aan de hand van de volgende onderdelen:

- Samenvatting
- Hoofdkenmerken
- Locatie & Klimaat
- Concept
- Technieken
- Meting: energie, comfort
- Algemene conclusies & Aanbevelingen voor Faktor10 renovatie van appartementen

De volgende voorbeeldprojecten zijn geanalyseerd:

Projectnaam	Type Woning (appartement, flat, rijtjeswoning, villa)	Plaats	Jaar	Analyse (uitgebreid of kort)	Architect / Onderzoeker	Soort van aanpak (renovatie, nieuwbouw)
Reitse Hoeve	Galerijwoningen	Tilburg	1989	Uitgebreid	KlimaatBouw Novem en TU/e	Renovatie
Zonnespouw-woningen	Hoekwoning	o.a. Groenekan	≈ 993	Kort	Kristinsson	Nieuwbouw
CV-loze woningen	o.a rijtjeswoningen	Schiedam	1984	Uitgebreid	Kristinsson	Nieuwbouw
Portiekflats	Portiek-woningen	Schiedam	1989	Uitgebreid	Kristinsson	Renovatie
Lichtblau	Rijtjeswoning	München, Duitsland	2001	Uitgebreid	Lichtblau	Renovatie
Appartementen-complex "Urban Villa"	Appartement	Amstelveen	1996	Uitgebreid, Interviews	Atelier Z	Nieuwbouw TASK13
Energie Centrum Nederland (ECN)	'Actieve' gevel	'Petten'	(2004)	Uitgebreid	F. Koene	Onderzoek
Energie Centrum Nederland (ECN)	Passieve Zonne-energie Woning (PZE)	'Petten'	(2002)	Uitgebreid	F. Koene	Onderzoek
Energiebalans-woning	2-onder-1-kap woning	Amersfoort	1999	Kort	Van Straalen BOOM	Nieuwbouw
Terrace House without a heating system	Rijtjeswoningen	Lindås, Zweden	2003	Uitgebreid	EFEM, H. Eek	Nieuwbouw TASK28
Appartementen-complex	Appartementen	Innsbruck, Oostenrijk	1999	Kort	Baumschlager & Eberle	Nieuwbouw
Brandaris	Galerijwoningen	Zaandam	1998	Kort	Van Heeswijk Architecten	Renovatie
Appartementen-complex	Galerijwoningen	Leidschendam	2000	Kort	Panagro	Renovatie

Eveneens zijn in de vorm van bijlagen ook de volgende onderwerpen uitgediept of toegevoegd:

Gebruiker en Comfort

Meergezinswoningen in Nederland

Referentie-appartement: tekeningen

Constructieberekeningen

Productspecificaties

Gebouwsimulaties

Interviews

Maquette foto's

Literatuurlijsten

Tenslotte, in de bijlagen is het voor de PLEA2006 (The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006) geaccepteerde artikel, getiteld "*Renovation of apartments adding portal structures and façade-elements for extra space and high energy performance*" opgenomen.

DOELSTELLING: ontwerp-uitgangspunten

Initiële doelstelling

“Het op hetzelfde woon- en bouwtechnische niveau brengen van een deel van de bestaande ('60-'70) voorraad meergezinswoningen als bij nieuwbouw (2006) met speciale aandacht voor het verminderen van het gebruik van fossiele brandstoffen in de gebruiksfase.”

Deze doelstelling kan (nog) op vele manieren worden uitgelegd. Echter, deze initiële doelstelling bevat de nodige ingrediënten die concreet kunnen worden gemaakt. Tezamen met de conclusies uit de analyse van de referentiewoning leidt dit tot de volgende, voorlopige subdoelstellingen:

1. Het gemiddelde galerij-appartement uit de '60 en '70 jaren behoeft extra gebruiksoppervlak.
2. De verschillende doelgroepen vragen om meer flexibiliteit.
3. Het comfortniveau behoeft opwaardering m.b.t. de was, geluid, berging, etc.
4. Het verspillende bouwproces vraagt om een aangepaste aanpak.
5. Het hoge, huidige energieverbruik vraagt om aanpassing, gelet op een onzekere toekomst.

Het opstellen van een *Programma van Eisen & Wensen*, waarin deze subdoelstellingen worden geconcretiseerd vereist een nadere omschrijving van de subdoelstellingen, waarbinnen de resultaten en aanbevelingen van diverse studies en visies zijn betrokken.

- Ad. 1 Uit de analyse van ondermeer de in deze studie gekozen referentiewoning bleek dat een gemiddeld appartement 15 m² extra gebruiksoppervlak voor binnen behoeft, afgemeten naar de huidige bewonerswensen. De VAC-kwaliteitswijzer geeft aan dat de huidige bewonerswens voor de grootte van een huiskamer minimaal 28 m² bedraagt [40]. Een belangrijkste reden om te voldoen aan de wens van 15 m² grotere appartementen is de verhuur- en verkoopbaarheid in de toekomst. Leegstand kan worden voorkomen, ondanks de krappe woningmarkt, waardoor sloop in de toekomst niet meer de enige optie behoeft te zijn. Buiten deze eis van 15 m² zullen er extra vierkante meters moeten worden gereserveerd voor facilitaire ruimtes, zoals een was- droogruimte en service-ruimte. De grootte van eventuele extra buitenruimte ligt nog niet vast, maar de breedte van een balkon dient minimaal 1,8 m te bedragen. Voor een eventuele serre is dit gesteld op 2,2 m met, in ieder geval, plaats voor een kleine vier-persoonseettafel (1,20 m).
- Ad. 2 Onder flexibiliteit wordt hier verstaan het kunnen aanpassen van de woning aan de wensen die op een bepaald moment kunnen worden gesteld. Voorbeelden kunnen zijn: het maken van een serre of groter balkon, ruimtes bij elkaar voegen, deuren een ander plek geven, en het eenvoudig vervangen van onderdelen van de woning. In het geval van appartementen, zeker bij renovatie, lijkt de investering in een volledig flexibel leidingstelsel in de woning niet rendabel, gezien de levensduurverlenging van “slechts” dertig jaar. Studies als die van de SlimBouwen[®] visie gaan hier verder op in [33]. Zie verder de bijlagen *Gebruiker en Comfort* en *SlimBouwen*[®].
- Ad. 3 Het verhogen van het wooncomfort lijkt een luxe, maar zal in de toekomst in hoge mate de kwaliteit van de woning gaan bepalen. Extra investeringen in comfort kunnen voor levensduurverlenging zorgen [33, 42]. Het onderwerp comfort is uitgebreid bestudeerd en omvat alle aspecten van een woning en woonomgeving. Naast de reeds eerdergenoemde aspecten van comfort wordt verwezen naar het bijlage *Gebruiker en Comfort*.
- Ad. 4 Het bouwproces is een traditioneel georganiseerd proces, waarbij inefficiënt transport, inefficiënt materiaalgebruik, en een inefficiënt arbeidsproces het bouwwerk onnodig inflexibel, kostbaar en milieubelastend maken. De SlimBouwen[®] visie kan als “eye-opener” worden ingezet om deze problemen inzichtelijk te maken en als verwijzing in de richting van een oplossing.
- Ad. 5 Eén van de hoofddoelen van de renovatiestrategie is het realiseren van “nieuwe” energiezuinige woningen. Als streven is gekozen voor de eerdergenoemde, ambitieuze Faktor-10-visie [7i, 8i]. De belangrijkste redenen om energiezuinig te renoveren is de mogelijke comfortverbetering, de lagere energieverbruikkosten en de daarmee samenhangende levensduurverlenging. Vanwege de grote waarde, die binnen de hier geponeerde renovatiestrategie wordt gehecht aan energiebesparing wordt hier nogmaals, hetzij kort en mogelijk ten overvloede, de Faktor-10 doelstelling uiteengezet en geconcretiseerd.

Faktor-10 doelstelling

De Faktor-10 visie is, zoals eerder beschreven, een energiereductie streven voor de bestaande voorraad. Gebaseerd op het huidige energieverbruik voor *ruimteverwarming* van de bestaande voorraad en de momenteel beschikbare energetisch realistische oplossingen, bestaat er (ook) in Nederland voor een groot deel van de voorraad een verschil van een factor 10 tussen het huidige energieverbruik (voor verwarming) en het, hier vooralsnog theoretisch, haalbare minimum voor een groot deel van de voorraad (Fig. 9). Hieronder vallen ook de meergezinswoningen, gebouwd in de jaren '60 en '70.

Dit betekent concreet voor de warmtebalans van het galerijappartement dat, na renovatie, het huidige verbruik aan fossiele brandstoffen van 250 kWh/m²a met 90% dient te worden gereduceerd. Dit resulteert in een streefwaarde van 25 kWh/m²a, overeenkomend met de Passiv-Haus richtlijn (Fig. 24).

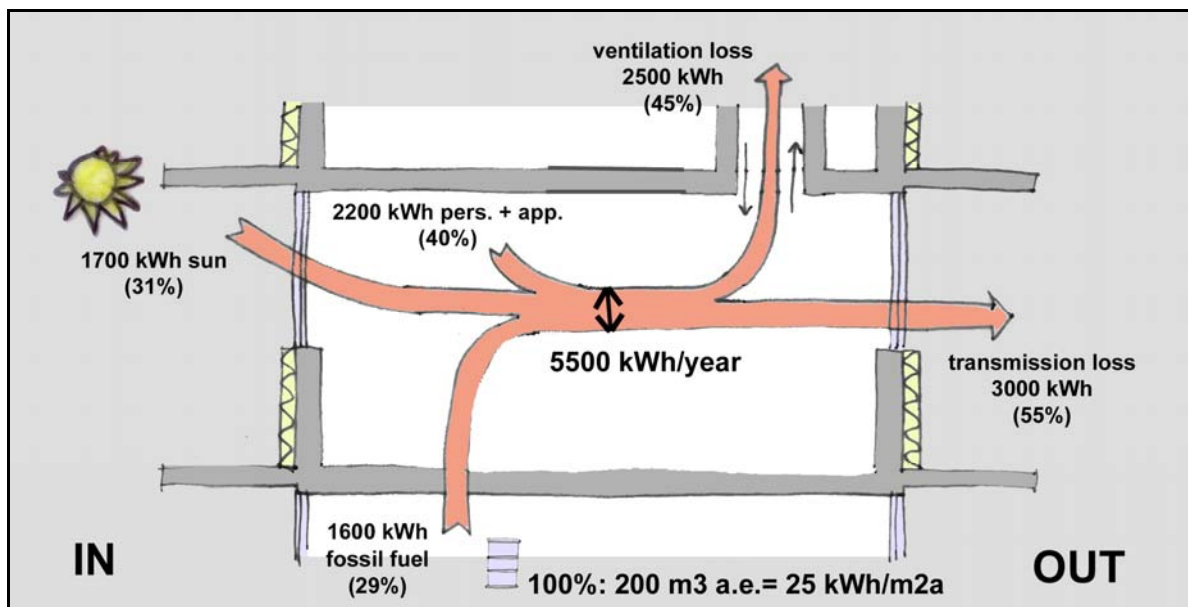


Fig. 24. Mogelijke invulling van de Faktor-10 doelstelling voor een galerijappartement uit de jaren '60 en '70.

Binnen een dergelijke warmtebalans is alleen het maximale verbruik van fossiele brandstoffen in kWh per vierkante meter per jaar een vast gegeven (25 kWh/m²a). Andere onderdelen van de "inputzijde" zijn in dit vereenvoudigde geval de bijdrage van de zon en de interne warmtebronnen. Deze lijken t.b.v. een positieve bijdrage aan de ruimteverwarming onveranderbaar. Aan de "outputzijde" liggen het transmissie- en ventilatieverlies in dezelfde orde van grootte, respectievelijk 55% en 45%. Dit moet als een illustratief voorbeeld worden beschouwd. Binnen het uiteindelijke renovatieconcept kunnen de verhoudingen tussen de diverse onderdelen anders worden, en kunnen er ook aan de "inputzijde" eventuele (duurzame) bronnen bijkomen.

Energiereductie (Faktor-10) en Comfort

Het streven naar een lager energieverbruik bij een gelijkblijvend of zelfs een verhoogd comfort lijkt op het eerste gezicht in conflict met elkaar. Zo leidt het openen van ramen tijdens het stookseizoen in de regel tot extra energieverbruik. De gebruiker hecht hier evenwel veel waarde aan. Ook wordt daglichttoetreding gewaardeerd, maar transparante delen bereiken minder eenvoudig de isolatiewaarde van die van de dichte delen. Hier tegenover staat dat energiebeperkende maatregelen, zoals extra thermische isolatie, op een eenvoudige wijze bijdragen aan comfortverbetering. Goed geïsoleerde geveldelen, vooral de beglazing, hebben een hogere oppervlakte temperatuur, waardoor er meer (aangename) stralingswarmte vanaf kan komen en de bekende koudeval is minder. Afwegingen tussen besparing op fossiele brandstoffen en comfortmaatregelen zullen tijdens het ontwerp aan de orde komen.

Definitieve doelstelling

De titel van het artikel, getiteld "*Renovation of apartments adding portal structures and facade-elements for extra space and high energy performance*" van M. Ham en ondergetekende, geeft de doelstelling al concreter aan (zie bijlage PLEA2006 paper).

Gezien de wens naar meer comfort geldt dat het "Faktor-10 reductie streven" geen *absoluut* streven is, maar meer gezien moet worden als ontwerprichtlijn. Mochten simulaties van het ontwerp, waarbij ook gestelde comforteisen en wensen worden meegenomen aantonen, aantonen dat het streven van 25 kWh/m²a niet wordt gehaald, dan wordt dat in de conclusies opgenomen en als onderwerp van een mogelijke vervolgstudie worden bestempeld.

De definitieve doelstelling laat zich nu formuleren als:

“Het op hetzelfde woon- en bouwtechnische niveau brengen van een specifiek deel van de bestaande ('60-'70) voorraad meergezinswoningen als bij nieuwbouw (2006) met speciale aandacht voor het verminderen van het gebruik van fossiele brandstoffen in de gebruiksfase, waarbij het comfort, in de meest brede zin van het woord geen ondergeschikte rol mag spelen.”

Programma van Eisen en Wensen

Na het formuleren van de doelstelling kan worden aangevangen met het praktisch uitwerken van de doelstelling in de vorm van een “*Programma van Eisen en Wensen*”. Hierbij is het van grootste belang dat de oplossingsrichting nog zoveel mogelijk in het midden wordt gelaten, teneinde het creatieve ontwerpproces zo min mogelijk aan banden te leggen en ogenschijnlijk onmogelijke oplossingen toch een kans te geven. Dit moet het op voorhand “blindstaren” op een bepaalde eis of wens voorkomen. Ontwerpmethodes en keuzeargumenten, voor zo ver ze niet al eerder zijn genoemd, zullen in deze paragraaf zoveel mogelijk achterwege blijven. Als er specifieke (gebouw)onderdelen worden genoemd dan is dat of onontkoombaar of geldt het als optie om een bepaalde algemenere eis of wens vorm te geven. Een serre is zo'n voorbeeld als wens voor het creëren van een functionele buitenruimte.

Er is een (niet-absolute) scheiding gemaakt tussen de meer “traditionele” en “nieuwe, duurzame” aspecten. Deze scheiding is ontstaan doordat er geheel nieuwe eisen en vooral wensen vanuit de doelstelling geformuleerd moeten worden. Er wordt hier niet beoogd een alomvattend programma van eisen en wensen neer te leggen. Dat voert hier te ver. Bewust en onbewust zullen tijdens het ontwerpproces de niet genoemde aspecten worden ingevuld. De belangrijkste functie van het *Programma van Eisen & Wensen* bestaat uit het leggen van een basis voor een kwantitatieve en kwalitatieve toetsing van het ontwerp.

Het *Programma van Eisen & Wensen* voor de te renoveren appartementen bestaat uit:

“Traditionele Aspecten”

- *Gebruiksoppervlak, -ruimte*
- *Voorzieningen: keuken, badkamer, service-ruimte, was- droogruimte, opbergruimte en buitenruimte*
- *Geluidsisolatie*
- *Gebouwschil: beglazing, koudebruggen, luchtdoorlatendheid, ventilatie, daglichttoetreding en architectuur*
- *Verwarmingsinstallatie*
- *Energieverbruik*
- *Woonomgeving en Veiligheid*

“Nieuwe, Duurzame Aspecten”

- *Bereiding warm-tapwater*
- *Buitenruimte*
- *Flexibele woonruimte*
- *Passieve zonne-energie*
- *Domotica*
- *Bouwproces en detaillering*

“TRADITIONELE ASPECTEN”

Gebruiksoppervlak, -ruimte

Tabel 7 (zie ook Tabel 2) presenteert het gewenste extra gebruiksoppervlak voor een galerijappartement per kamer en facilitaire ruimte vergeleken met een referentie galerijappartement [VAC kwaliteitswijzer, 40].

Tabel 7. Analyse van het gewenste, additionele gebruiksoppervlak voor galerijappartementen, gebouwd in de '60 en '70 jaren ^{a)}.

Vertrek	Δ gebruiksoppervlak (m2)
Entree	0,0
Hal	n.v.t.
Berging intern ^{b)}	+ 1,5
Toilet	0,0
Berging extern ^{c)}	-
Balkon ^{c) d)}	-

Tabel 7 (vervolg). Analyse van het gewenste, additionele gebruiksoppervlak voor galerijappartementen, gebouwd in de '60 en '70 jaren ^{a)}.

Vertrek	Δ gebruiksoppervlak (m ²)
Woonkamer ^{e)}	+ 5,4 / + 16,4
Keuken ^{e) f)}	+ 2,3 / + 5,3
Badkamer ^{d)}	+ 0,3
Slaapkamer 1 ^{f)}	+ 0,5
Slaapkamer 2 ^{f)}	+ 1,6
Slaapkamer 3 ^{f)}	+ 4,5
Subtotaal 2	+ 14,6 / + 28,6
Totaal	- 16,1

^{a)} De data representeren het verschil tussen een hier geanalyseerd referentieappartement (1968) en het gewenste oppervlak.

^{b)} aanname; voor de binnenbergruimte / berging.

^{c)} buitenberging en balkon vallen buiten de bepaling van de benodigde totale extra vierkante meters.

^{d)} de breedte dient minimaal 1,8 m te zijn.

^{e)} het tweede getal representeert de wens van een gezin met minimaal 5 personen.

^{f)} de breedte dient minimaal 2,4 m te zijn.

Voorzieningen

Keuken en badkamer

In het hoofdstuk *Referentiewoning en Bewonerswensen* werd hier al het nodige over gezegd. In het proces van ontwerpen zal vast moeten komen te staan hoe de keuken en badkamer eruit moet gaan zien. Zoals af te lezen uit Tabel 7 is een toename van het oppervlak gewenst, maar deze ruimtes zullen toch redelijk klein (≈ 9 en 6 m^2 , respectievelijk; Tabel 2) blijven. Hier geldt dat een juiste indeling met voldoende goede voorzieningen en goede bergruimte in de beide ruimtes, en elders om deze ruimtes te ontlasten van spullen, een wens is. In het afstudeeronderzoek van Heijneman is hierover het nodige te lezen [29t]. In het ontwerp zullen hieruit ideeën worden overgenomen, aangepast en verbeterd, zoals:

- Hot-fill aansluiting voor de eventuele afwasmachine.
- Dubbel filter op de wasemkap, zodat afvoerlucht gebruikt kan worden voor de warmtepompboiler.

Service-ruimte

- Niet grenzend aan een verblijfsruimte.
- Kan eventueel worden gecombineerd met de was-droogruimte.

Was- droogruimte [29t]

- Plek voor wasmachine en een wasdroger. Deze laatste wordt vooralsnog vanuit 't oogpunt van besparing op fossiele brandstoffen afgeraden.
- Wasdroogrek, -lijn: ongeveer $600 \times 1500 \text{ mm}$.
- De was wordt gedroogd door afvoerlucht uit de relatief schone vertrekken. De was- droogruimte wordt gesitueerd in het verloop van de afzuigventilator.
- Opbergmogelijkheden voor vuile en schone was, strijkplank etc.
- Droogmogelijkheid voor grote kledingstukken.
- Hot-fill aansluiting voor wasmachine.

Opbergruimte

De opbergruimte werd reeds uitvoerig behandeld het hoofdstuk *Referentiewoning & Bewonerswensen* en komt ook aan de orde in de bijlage *Gebruiker & Comfort*. Enkele belangrijke punten zijn:

- Minimaal $4,5 \text{ m}^2$ aan effectieve opbergruimte in de woning, waarbij de (gemiddelde) opbergruimte voor een keuken niet wordt meegerekend.
- Buiten de woning minimaal $6,0 \text{ m}^2$.

Buitenruimte

Overdekte buitenruimte met een minimale breedte van 1,8 m.

Geluidsisolatie

Aan het aspect geluid dienen de volgende eisen te worden gesteld:

- Geluidsisolatie tussen woningen volgens de wensen, samengevat in Tabel 2 [15i, 40].

Tabel 8. Gewenste geluidsisolatie en de vereiste productoplossing.

	Comfortwens		Vereiste productoplossing	
	$I_{lu;k}$	I_{co}	$\Delta I_{lu;k}$	ΔI_{co}
Wand	+ 5	+ 10	+ 8 tot + 10	+ 6 tot + 8
Vloer	+ 5	+ 10	+ 9 tot + 19	+ 20 tot +23

- Geluidswering tussen verblijfsruimtes (conform het Bouwbesluit): $I_{l,u;k} = + 20$ dB en $I_{co} = + 20$ dB.
- Als (extra) wens dient een “stille ruimte” in de (donkere) kern van de woning met als specificaties $I_{l,u;k} = + 10$ dB en $I_{co} = + 5$ dB te worden overwogen [15i].

Gebouwschil

De gebouwschil kent vele detail aspecten.

Beglazing

- Maximale hoogte van 2,5 meter en minimaal HR++ in verband met o.a. koudeval.
- Minimale ZTA-waarde van 0,50
- Minimale LTA-waarde van 0,60

Koudebruggen

- Koudebruggen (Bouwbesluit: f-factor $\geq 0,65$) dienen voor de woningen in het gehele gebouw te worden opgelost en voorkomen.

Luchtdoorlatendheid

- q_{v10} -waarde van $\leq 0,625$
- Dubbele kaderdichting: zowel vaste als draaiende delen.

Ventilatie

- Ventilatoren niet in verblijfsruimtes, niet in een ruimte grenzend aan een verblijfsruimte en niet bevestigd aan een lichte scheidingswand, tenzij extra maatregelen worden toegepast.
- Bij natuurlijke toevoer, pas zelfregulerende of vraaggestuurde roosters toe.
- Pas warmteterugwinning toe
- Voorverwarming van ventilatielucht
- Ventilatie-debiet: $0,8 \text{ h}^{-1}$.

Het te kiezen ventilatiesysteem staat in principe vrij. Meerdere randvoorwaarden en wensen zijn geformuleerd in de bijlage *Ventilatie*.

Daglichttoetreding

- Volgens Novem Toolkit. Niet voor alle ruimtes zal de waarde $0,15 \times A_{vloer}$ gehaald worden.

Architectuur

- Bijzonder en niet alledaags, indien mogelijk dient er gebruik te worden gemaakt van nieuwe, innovatieve technieken en materialen.

Verwarming

- Weersafhankelijke regeling
- Thermostaatkranen
- Verwarmingselementen met de stralingscapaciteit van een gemiddelde radiator
- Snel reagerende systemen verdienen de voorkeur, gezien de mogelijk frequente afwezigheid van bewoners.

Energieverbruik

- Voor ruimteverwarming is de streefwaarde dat er niet meer dan $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wordt gebruikt aan fossiele brandstoffen.
- De eis van $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ is niet absoluut. Een minder resultaat moet worden afgewogen tegen bijvoorbeeld comfort.

Woonomgeving en veiligheid

Een belangrijke eis is het leefbaar maken van de begane grond. De middelen die daarvoor kunnen worden ingezet zijn al besproken en zullen tijdens het ontwerp nader aan de orde komen.

“NIEUWE, DUURZAME ASPECTEN”

Bereiding warm-tapwater

- Streven is om 50% van het benodigde warm-tapwater op te wekken d.m.v. zonne-energie of met een anderszins duurzame, hernieuwbare energiebron.
- De architectonische inpassing van de voor dit doel meest toegepaste techniek, de zonnecollector lijkt niet al te moeilijk. Het grote dak van een appartementengebouw is hier uitermate voor geschikt.

Buitenruimte

Het toevoegen van een semi-permanente verblijfsruimte wordt gewaardeerd, waarbij een serre het meest voor de hand ligt. Hiervoor geldt:

- Voor een af te sluiten buitenruimte geldt een minimale breedte van 2,2 m.
- Door de bewoners zelf redelijk eenvoudig te reinigen beglazing. Zie verder o.a. bijlage *Serre*.

Daarnaast zal een semi-openbare ruimte, dichtbij de woning een meerwaarde kunnen hebben:

- Ook aan de entreezijde van de woning is een geleidelijke overgang tussen binnen en buiten gewenst; een plek waar korte en middellange sociale contacten kunnen plaatsvinden.

Flexibele woonruimte

- Het woonblok moet zo ingericht kunnen worden dat er meerdere type plattegronden kunnen ontstaan.
- Enkele voorbeelden: maisonnette, één-persoonswoning, dubbele woning, gewoon appartement met een kleine aanleunwoning (met functieveranderingsmogelijkheid), penthouse bij optoppen, etc.
- Installatie hoeft niet maximaal flexibel te zijn: het aanwijzen van zones voor schachten heeft prioriteit.
- Voorbeelden van ruimtes die mogelijk hun invulling vinden in het ontwerp kunnen zijn: een inloopkast (walk-in-closet), entertainment-rooms als een game-room of een home-cinema ruimte, kleine studeerruimtes of een kantoortje-aan-huis.

Passieve zonne-energie

Als basis regel kan gelden:

“Een PZE-woning is een woning waarin door een afgewogen combinatie van energievraagbeperkende en PZE-maatregelen een comfortabel binnenklimaat wordt verkregen met een zo groot mogelijke passieve benutting van zonne-energie.” [12i].

In meer kwalitatieve zin luiden de eisen:

- Temperatuur-overschrijdingsuren. Als richtlijn, genoemd in NPR 5129, wordt voor het aantal temperatuur-overschrijdingsuren ($T_i \geq 25^\circ\text{C}$) van 250 - 350 uren/jaar geadviseerd [31i]. Dit advies is echter niet bindend. Diverse onderzoeksinstituten, waaronder Novem met hun Toolkit [15i], adviseren uit extra comfort overwegingen het aantal temperatuur-overschrijdingsuren te reduceren tot een aantal van ongeveer 150 uur/jaar. Zoals bekend is het aantal overschrijdingsuren bij zeer goed geïsoleerde woningen vaak kritisch, daar deze woningen 's nachts minder goed hun warmte kwijt kunnen. Zomernachtventilatie en zonwering zijn naast de al aanwezige thermische massa belangrijk. Als uitdaging is de toets 150 uur/jaar.
- Vanuit de strenge eis voor het energieverbruik voor ruimteverwarming kan worden geconcludeerd dat koelen onmogelijk lijkt. Bij de toepassing van een warmtepomp, eventueel in combinatie met bodempslag zou er kunnen worden gekoeld. Het benodigde extra energiegebruik moet dan, hoogstwaarschijnlijk, buiten de kwantitatieve eis voor ruimteverwarming vallen.
- Compact bouwen: de thermische schil moet een vlak zijn, zonder echte insnoeringen of uitbouwjes.
- Zonering t.a.v donkere en lichte ruimtes.
- Bij een streefwaarde van $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ voor ruimteverwarming bestaat de eis van niet meer dan 50% elektrische hulpenergie. Dit betekent een maximum van $12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ aan hulpenergie bovenop de $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ aan fossiele brandstof voor ruimteverwarming.

Domotica

- Computergestuurde systemen moeten inzichtelijk blijven voor de bewoner.
- Zowel een energiebesparende als comfort-technische bijdrage leveren.
- Het nieuwe gevelement dient als basis.

Bouwproces en detaillering

- Realiseer een sequentieel bouwproces met minimale onderlinge afhankelijkheid, vooral de leidingen verdienen daarbinnen extra aandacht.
- Bouwtechnologie met afgewogen flexibiliteit: positionering, bereikbaarheid en veranderbaarheid spelen een rol.
- Streven om slank te bouwen: lichter, compacter.

Tijdens het ontwerpproces zal blijken welke uitgangspunten en doelstellingen verwezenlijkt kunnen worden, welke onhaalbaar blijken en welke moeten wijken, omdat andere programma-eisen de voorkeur verdienen. Het uiteindelijke ontwerpresultaat zal op enkele punten getoetst worden, waarvan de Faktor-10 doelstelling de duidelijkste is.

ONTWERP

Concept in vogelvlucht

Aan de hand van de titel van dit onderzoek "Meer ruimte, meer comfort, minder fossiele brandstoffen" wordt voor de galerijappartementen een concept, een plan van aanpak ontwikkeld. Fig. 25b toont een globaal overzicht hiervan. Fig. 25a illustreert de uitgangspunten om van deze bestaande galerijappartementen appartementen te maken die voldoen aan de eerder gestelde doelstellingen.

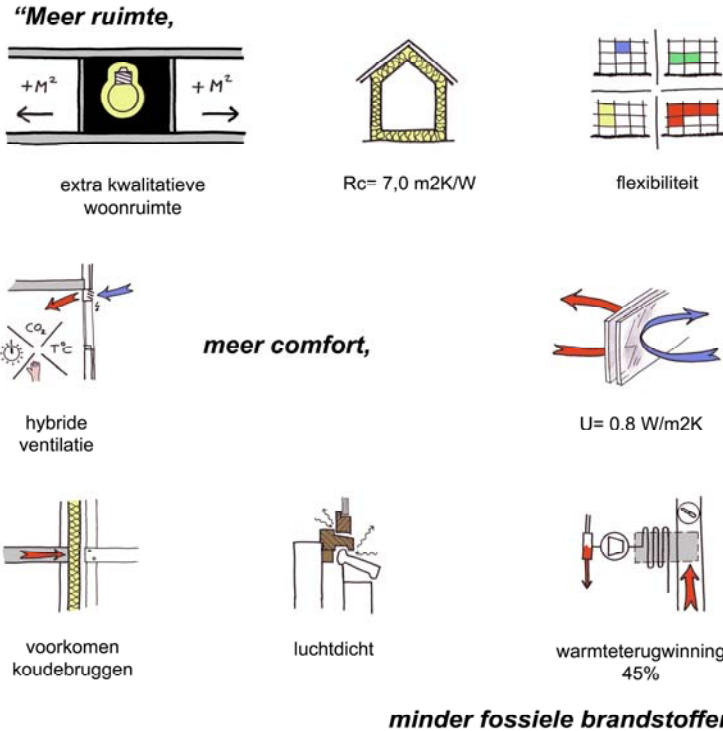
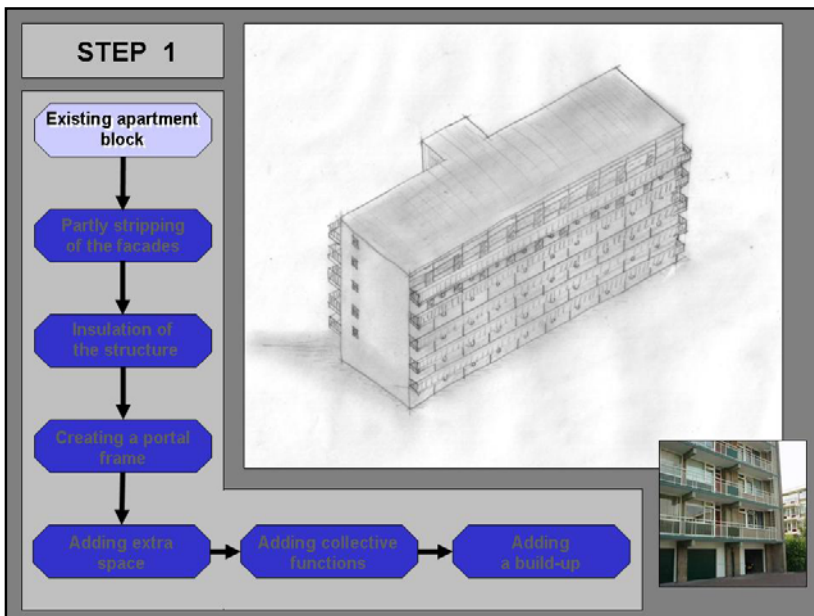
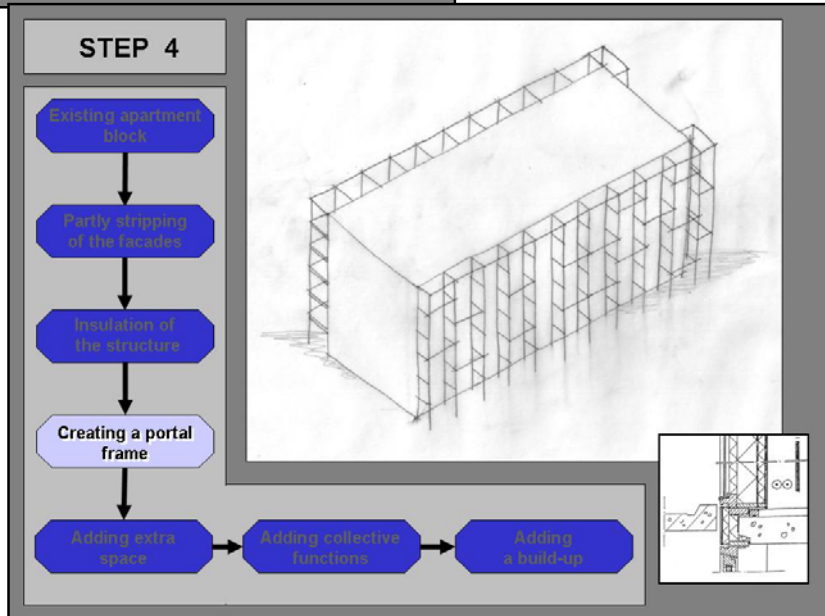
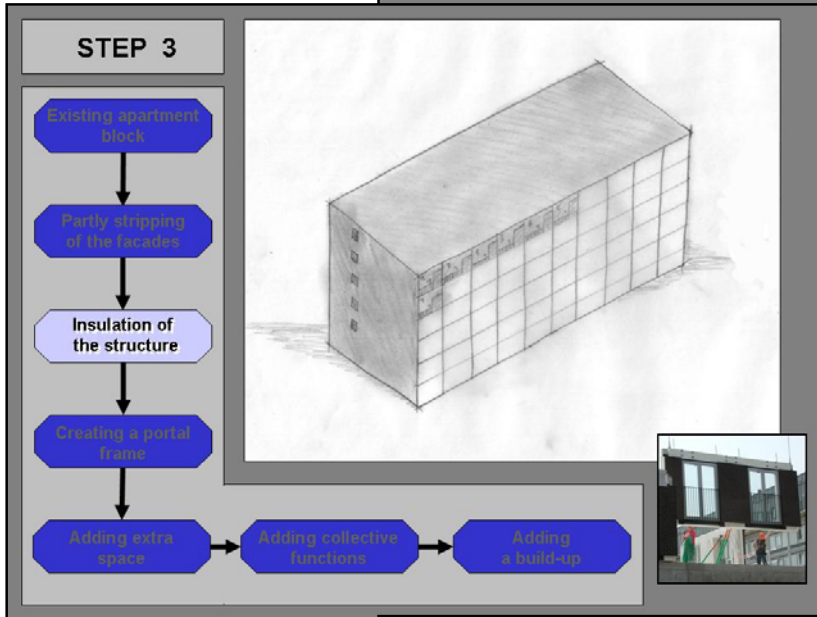
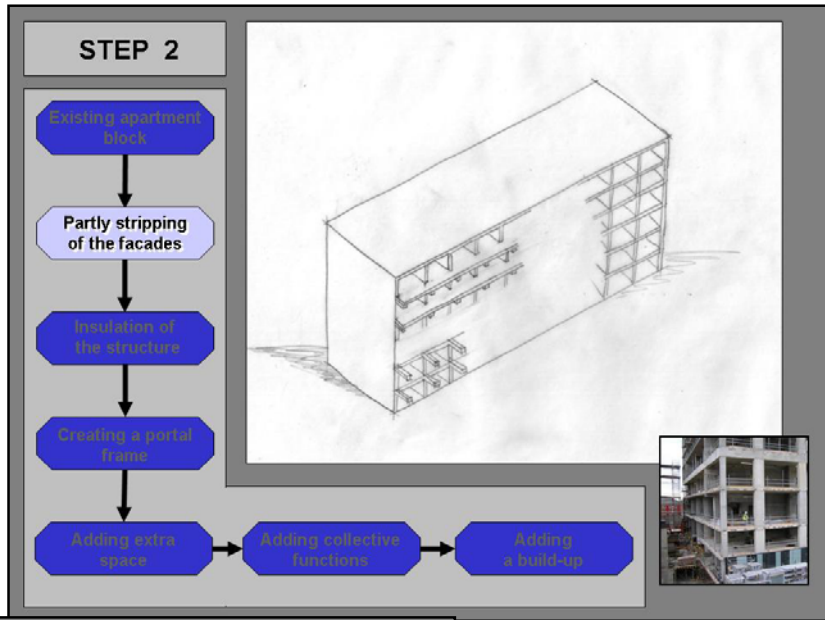


Fig. 25a. De uitgangspunten.

In het voorgestelde concept worden de gevels van het '60 en '70 jaren galerijappartement met twee gelijke gemiddelde beukmaten van het gehele wooncomplex verwijderd (Fig. 25b, step 1 en 2). Na isolatie (step 3) door multifunctionele gevelelementen (SlimFac10 gevelelement) tegen de bestaande galerijen en balkons te plaatsen, waarna de constructieve portaalstructuur geplaatst wordt die de mogelijkheid biedt de nieuwe balkons en galerijen willekeurig te plaatsen (step 4 en 5). Het multifunctionele gevelelement voegt de bestaande galerij- en balkonplaten of wel ruimte toe aan de bestaande woning. Tenslotte wordt het gebouw van de collectieve voorzieningen en eventuele optopping voorzien (step 6 en 7).





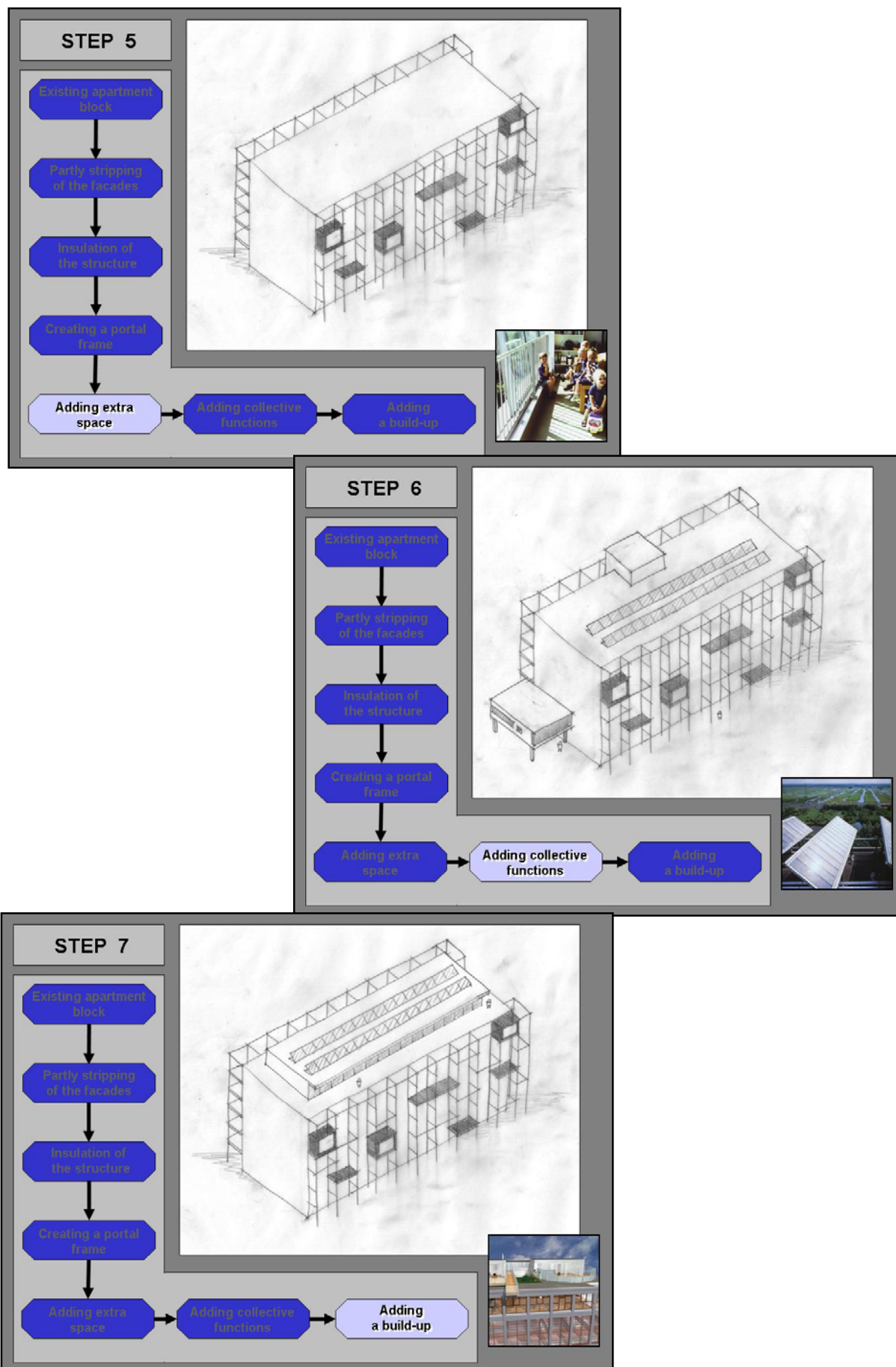


Fig. 25b. Overzicht in vogelvlucht van de renovatiestrategie van een '60, '70 jaren galerijappartement van woningen met twee gelijke gemiddelde beukmaten.

Ontwerp-uitgangspunten

Vanuit de geformuleerde doelstelling(en) komen in het kader van het ontwerp als eerste de volgende doelen aan de orde:

- Extra gebruiksruimte: 16 m² voor de bestaande ruimtes en voorlopig 8 m² voor de installatie- en was-droogruimte.
- Koudebruggen en een bouwtechnisch, bouwfysisch maar ook architectonisch verouderde gevel.
- Portaal structuur: nieuwe toegang en balkons
- Dezelfde type woningen: vraag naar flexibelere en meervoudige plattegrondvarianten.
- Renovatie-bouwproces en huidige bewoners: bouwvolgorde
- Aanvullende en andere opties: ander type ontsluiting, bergingen, begane grond etc.

Zoals gesteld wordt als uitgangspunt de handhaving van de bestaande constructieve structuur (zonder de gevels) genomen en dient deze zodanig te worden gebruikt dat de bestaande problemen kunnen worden opgelost. Doorbraken in de dragende muren van de constructieve secties met de bekende beukmaat van 4,0 meter zullen zoveel mogelijk worden vermeden. Dit neemt niet weg dat doorbraken in deze wanden, zeker in de kern van het gebouw kunnen worden gedaan. Ze vormen echter geen uitgangspunt bij het zoeken naar ontwerp oplossingen.

a) Extra gebruiksruimte

Zoals uit de analyse is gebleken, is additionele ruimte van ongeveer 16 m² voor de bestaande ruimtes en voorlopig 8 m² voor de installatie- en was-droogruimte noodzakelijk. Voor deze extra benodigde ruimte worden de bestaande galerijplaten gebruikt. Het toevoegen van de bestaande galerijplaten als gebruiksruimte levert per constructieve sectie aan de voor- en achterkant, resp. de toegangsgalerijen en de balkonplaten, een extra bruto gebruiksoppervlak van 1,5 x 4,0 x 2 = 12,0 m² op (Fig. 26). Voor een gemiddeld appartement, bestaande uit twee beuken wordt dit dan 24,0 m². Ter plaatse van de ingang met een bredere toegangsgalerij bestaat de mogelijkheid een trap te creëren ten behoeve van een maisonnette.

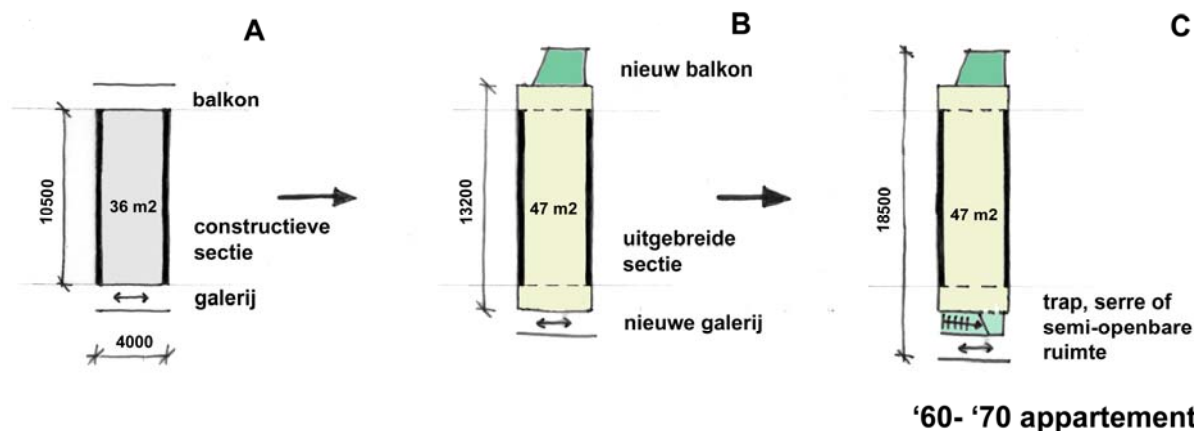


Fig. 26. Het creëren van extra vloeroppervlak per constructieve sectie door gebruik te maken van de bestaande galerijen en toevoeging van nieuwe elementen. (A) Bestaande appartement. (B) Nieuwe vloeroppervlak (geel) na toevoeging van de bestaande galerijplaten en nieuwe galerij en balkon (groen). (C) Appartement met (eventueel) trap voor maisonnette woning.

Zo is duidelijk dat de bestaande galerijplaten worden hergebruikt door er een andere functie aan te geven. In het verdere ontwerp- / bouwproces zullen alleen nog materialen worden verwijderd (oude gevel) en materialen worden toegevoegd (nieuwe gevel, nieuwe toegangen en balkons).

b) Een nieuwe gevel: SlimFac10-gevelement

Nu, door gebruik van de galerijplaten, extra vloeroppervlak is verwezenlijkt kunnen in één keer twee problemen worden opgelost, te weten (1) de koudebruggen die deze platen en bijbehorende consoles met zich mee brengen en (2) kan de oude gevel, die om verschillende redenen niet meer voldoet, worden vervangen. De oplossing is gevonden in het toevoegen van een nieuw gevelement op een nieuwe plaats, namelijk niet meer aan de "binnenkant" van de galerijplaten, maar aan de buitenkant. Hierdoor ontstaat er binnen, zoals gezegd, extra gebruiksoppervlak, maar komen de constructieve delen die voorheen aan de koude kant lagen nu aan de warme kant te liggen, doordat de (nieuwe) thermische schil is opgeschoven.

De toevoeging van het nieuwe gevelement, vanaf nu als SlimFac10-gevelement benoemd, heeft enkele constructieve consequenties. Het element, met gevelbeplating, glas, isolatie, constructie en binnenafwerking heeft, ondanks de (voorlopige) toepassing van hout, een aanzienlijk eigen gewicht. In het hoofdstuk *Constructie* wordt hier uitgebreider op ingegaan.

Fig. 27 toont het proces van plaatsing van het SlimFac10-gevelement. De bestaande gevel blijft voorlopig, tijdens het totale bouwproces, staan. Het prefab gevelement is gedacht als complete gevel. Alleen zowel de binnen- als buitenafwerking ontbreekt nog. In de fabriek worden de elementen voorzien van voorbereidingen voor de installaties en in het bijzonder het leidingwerk. Voor details wordt verwezen naar de hoofdstukken *Hybride ventilatie & Installaties* en *Detailering*.

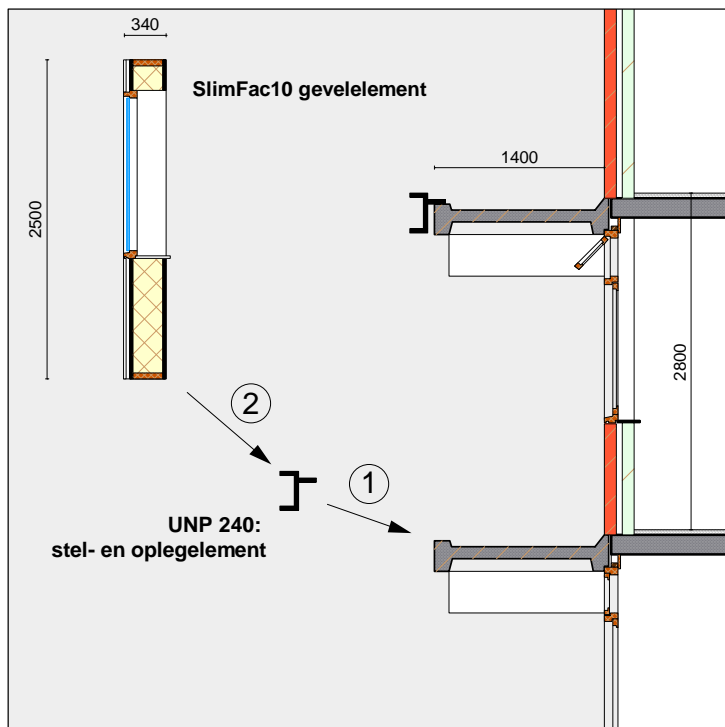


Fig. 27. Het toevoegen van het nieuwe gevelement.

c) Portaal structuur: toegang en balkon

Het gebruik van de bestaande galerij- en balkonplaten t.b.v. het gebruiksoppervlak houdt vanzelfsprekend in, dat de toegang tot de appartementen en de balkons van de appartementen opnieuw moeten worden ontworpen. Vanuit het simpele, voor de hand liggende idee om een stellage of eenvoudige portaalstructuur voor de nieuwe gevels te zetten is verder ontworpen. In de volgende paragrafen en hoofdstukken zal blijken waar er synergie en integratie heeft plaatsgevonden t.a.v. de nieuwe ontwerp-eisen. Hier wordt het ontwerpgegeven beperkt tot het dragend karakter van een portaalstructuur voor de nieuwe galerij en balkonplaten (Fig. 26). De keuze voor een (open) galerij heeft enkele redenen:

- De galerij kan open, omdat er ondanks klachten over wind, tocht en kou maar kort wordt verbleven. Bij een gesloten galerij kan er bij het openen van ramen of ventilatieroosters een negatief effect ontstaan op de privacy, ventilatiekwaliteit en de geluidsbelasting.
- Een gesloten galerij houdt onvermijdelijk zowel hogere investerings- als onderhoudskosten in. Hier staan tegenover de mogelijke lagere transmissieverliezen aan deze noordkant.
- Een galerij i.t.t. een portiek maakt het mogelijk appartementen van verschillende breedte, met een verschillend aantal beuken te schakelen. Het lijkt een flexibelere en goedkopere oplossing, zeker bij wooncomplexen met meer dan vier woonlagen.

Tot zover het opwaarderen van bestaande twee-beukige appartementen tot ruimere en bouwtechnisch en -fysisch aan de huidige wensen en eisen aangepaste appartementen. Als basis diende het bestaande twee-beukige appartement. Er is echter, zo bleek al uit de eerder beschreven analyse, vraag naar flexibelere woningen, zodat het creëren van verschillende plattegronden binnen één en hetzelfde wooncomplex ook, als uitdaging, is opgenomen. Dit heeft constructieve, bouwtechnische, maar vooral ook installatie-technische consequenties voor het ontwerp. Op voorhand behoeft dit niet als onoverkomelijk te worden beschouwd; ook binnen het nieuwe standaard twee-beukige appartement moeten binnenwanden redelijk eenvoudig verplaatst kunnen worden. In de volgende paragrafen en hoofdstukken wordt dit uitgebreid behandeld.

d) Flexibele plattegrondvarianten

De relatie woonaanbod-woonvraag, ook voor appartementen is gespannen. Enkele problemen zijn:

- Veel bewoners wonen "scheef", d.w.z. hoog inkomen bij lage huur.

- Het verloop is hoog, ondanks een slechte doorstroming in woningmarkt. Veel mensen willen een tuin of grotere woning.
- Aanbod is eentonig en gemiddeld: net geen pas-klare oplossingen.
- Laag aanbod van één-persoonswoningen.

Inspelend op de problemen op de woningmarkt is één van de doelen van het hier voorgestelde concept om binnen een bestaand wooncomplex, met een vaste bestaande constructieve opzet, *verschillende* soorten appartementen te realiseren, die ook op een relatief eenvoudige wijze *tijdens* de levenscyclus kunnen worden aangepast, geschakeld of gesplitst. Een extra voordeel is dat bij er de juiste invulling ook een zekere identiteit kan worden gegeven aan een enkele woning binnen het grote wooncomplex.

Varianten

Enkele varianten, naast het standaard appartement met twee beuken, zijn (Fig. 28):

- Eén-persoonsappartement: enkele beuk
- Groot, gelijkvloers appartement: drie beuken
- Maisonette: twee gestapelde beuken
- Maisonette: twee gestapelde beuken met een beuk extra

De tekeningen in de bijlage *Tekeningen* geven inzicht in de mogelijkheden. Daarnaast verschaffen de foto's van de maquettes in de paragraaf *Maquette* de nodige informatie.

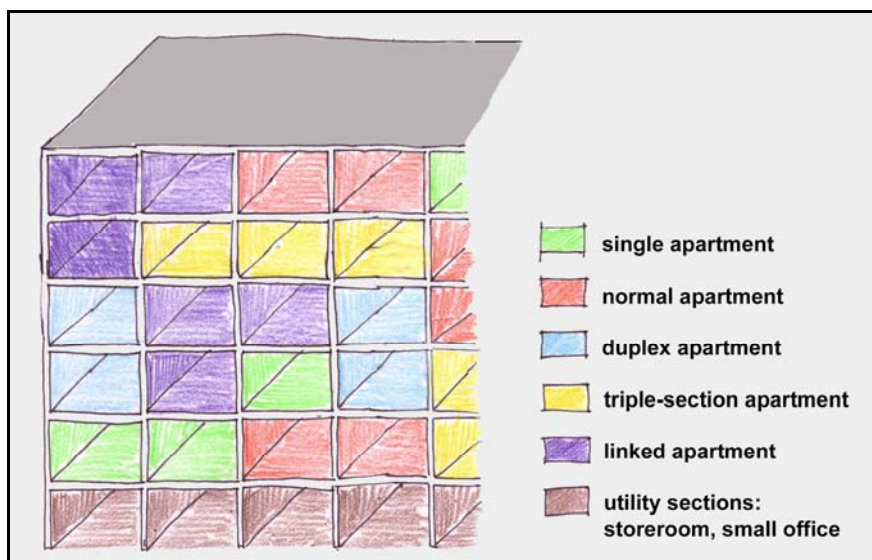


Fig. 28. Het woonblok met de verschillende plattegrondvarianten.

Naast de geboden variatie door de schakeling van de constructieve secties kan ook variatie worden bereikt door op verschillende manieren om te gaan met de (verschillende) bestaande constructieve opbouw van de woongebouwen. Het bestaande balkon komt bijvoorbeeld ook voor als kleiner intern balkon, zonder consoles (Fig. 29). Het oppervlak van dit interne balkon kan dan na kleine sloopwerkzaamheden bij de woning worden getrokken met de plaatsing van het SlimFac10 gevelement. Vervolgens kan de portaalstructuur worden toegevoegd.

Ook deze portaalstructuur kan in verschillende dieptes worden uitgevoerd, waarbij met de diepere versie bijvoorbeeld een serre, al dan niet met trap, aan de toegangszijde kan worden gecreëerd, zodat ook een maisonnette tot de mogelijkheden behoort (Fig. 29, A). Verder kan het bestaande vloerdeel van de galerij eventueel tijdens de renovatie worden vervangen door een lichtere, verwijderbare vloerdeel, zodat tijdens de gebruiksfase binnen de thermische schil d.m.v. een trap woningen en/of constructieve secties kunnen worden samengevoegd (Fig. 29, B).

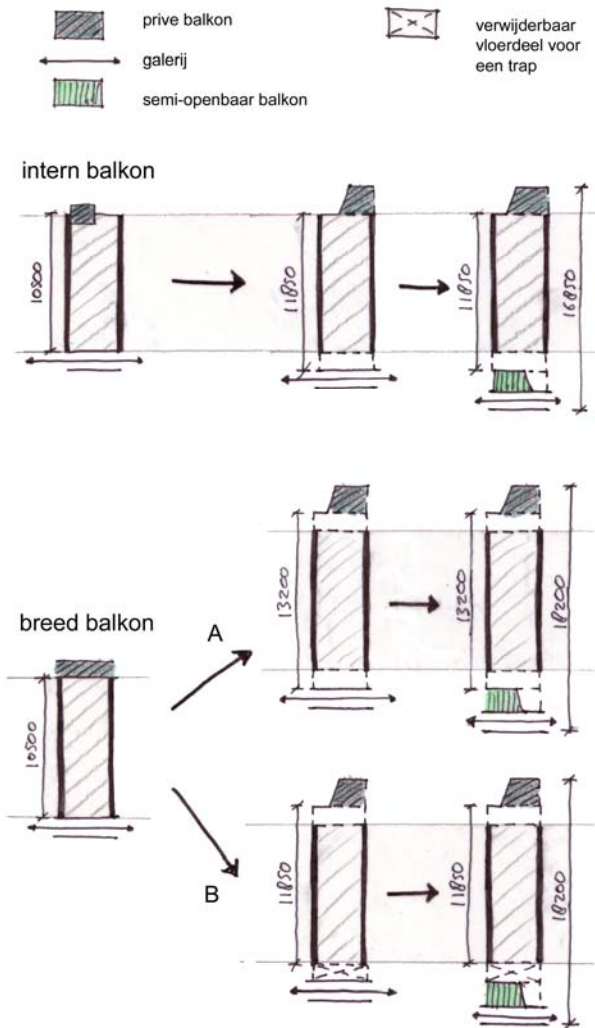


Fig. 29. Zowel voor de bestaande als de nieuwe balkons is er een verschillende aanpak mogelijk.

Overigens heeft een maisonnette de nodige nadelen ten opzichte van een gelijkvloers appartement. De extra trap leidt tot vermindering van gebruiks vloeroppervlak en zorgt voor een mindere daglichttoetreding, wanneer deze aan de gevel geplaatst is. Het zal ook niet de bedoeling zijn de helft van de appartementen in een complex uit te voeren als maisonnettes. Dat de mogelijkheid bestaat maakt het mogelijk, zoals eerder beschreven, boven elkaar gelegen constructieve secties te kunnen schakelen, zodat er variaties ontstaan, waardoor bij leegstand bv. een praktijkruimte bij een woning kan worden gecreëerd. Daarnaast levert een trap aan de buitenkant in een serre een gevarieerd gevelbeeld op.

Identiteit

Eén van de meest genoemde nadelen van een appartementencomplex, en in het bijzonder die van galerijcomplexen is het gevoel van massaliteit en het ontbreken, aan de buitenkant van de individuele woning, van identiteit of de mogelijkheid deze te kunnen creëren. Bij het appartementencomplex in Fig. 30a is een poging, en niet geheel onaardig, een zekere identiteit te geven aan elke individuele woning. Het toepassen van verschillende, in dit geval primaire kleuren in combinatie met zwart en wit levert een onderscheidend effect op. Feit blijft dat de woningen over het algemeen dezelfde plattegronden hebben.



Fig. 30a. Identiteit. Ook voordeuren van verschillende kleur geven een bepaalde identiteit aan een enkele woning binnen het massale woongebouw.

Fig. 30b geeft een impressie van een aanzicht met de nodige afwisseling door het huidige ontwerp en de flexibele invulling van de verschillende soorten gevelelementen in combinatie met de vrij in te vullen portaalstructuur. Deze afwisseling wordt vaak in verband gebracht, en niet ten onrechte, met het creëren van eigen beeld voor de woning. In combinatie met verschillende dieptes, functies en kleuren kan de gevel uitgroeien tot een levendig geheel. Vanuit energiezuinig bouwen verdient het aanbeveling de thermische schil zo klein mogelijk te houden, in tegenstelling tot het voorbeeld in Fig. 30c. Een serre of tochtportaal vallen hier niet onder.



Fig. 30b. Gevelimpressie, realiseerbaar met het gepresenteerde concept, met serres, trappen, kleine en grote woningen, deuren links en rechts. In combinatie met verschillende kleuren en dieptes kan een gebouw uitgroeien tot een gemêleerd geheel.



Fig. 30c. Het appartementencomplex met verschillende gevelkleuren, -dieptes en -functies diende als voorbeeld (Stuttgart, 2001).

Niet alleen de uitstraling naar buiten toe van de gevel en de verschillende functies die mogelijk zijn rondom de gevel kunnen het gebouw de nodige identiteit geven. Ook de woning kan zelf van een bepaalde identiteit worden voorzien. Naast de verschillende indelingsmogelijkheden door constructieve secties te schakelen kan een sectie worden voorzien van elke soort ruimte, van badkamer, slaapkamer tot een ruimte met een specifieke, eigen functie. Fig. 31 geeft enkele voorbeelden van hoe de ruimte in de donkere zone gebruikt kan worden voor de specifieke wensen van een individuele bewoner.

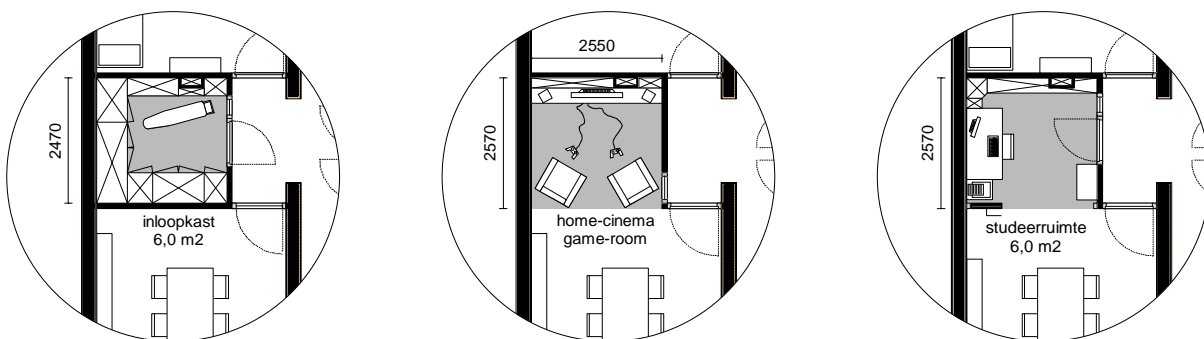


Fig. 31. Specifieke bewonerswensen kunnen ook in de donkere zone van het appartement worden gerealiseerd. Voorbeelden zijn een inloopkast, een game-room / home-cinema en een studeerruimte.

Installaties

Om deze variatie te kunnen bereiken is herinrichten van het leidingwerk in de woning essentieel. Binnen het ontwerp vormen twee soorten van leidingen de beperkende factor, te weten de riolering en de ventilatie-afvoerkanalen. Binnen het concept is gekozen voor ventilatie-luchtoevoer in de gevel in de vorm van hybride ventilatie met vraaggestuurde toevoerroosters. Plaatsing van de ventilatie-luchtoevoer beperkt de hoeveelheid leidingwerk. In Fig. 32 worden de relevante installatieonderdelen en hun (hernieuwde) plaatsing binnen het concept getoond:

1. De centraal in elke beuk geplaatste kleine rioleringschacht die het spiegelen van de plattegrond mogelijk maakt.
2. Het luchtafvoerkanaal tussen de installatieruimte en externe schacht die de warme lucht afvoert richting de water-lucht-warmtewisselaar op het dak.
3. Geïsoleerde externe installatieschacht, waar naast luchtkanalen ook ruimte is voor (warm)water, elektra en dataleidingen.
4. Binnen het systeem van hybride ventilatie zorgt het openen van de ramen niet voor een verstoring van het systeem. De gebruiker kan d.m.v. een lampje of display eenvoudig aflezen of het openen van het raam extra energie kost.
5. Mechanische afzuigventilator die samen met de vraaggestuurde toevoerroosters de (eenvoudige) basis vormen van het hybride ventilatiesysteem.
6. De aan- en afvoerkanalen voor de kleine cv-ketel.

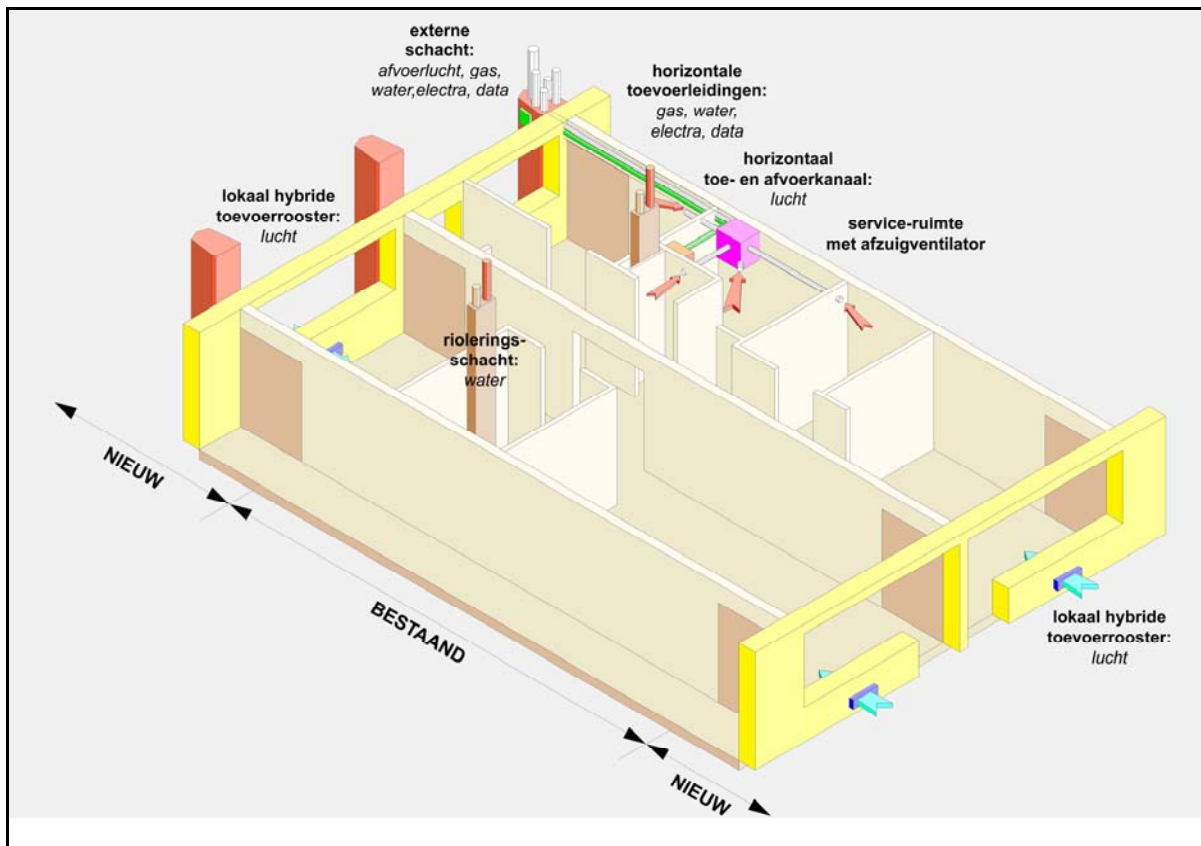


Fig. 32. De voornaamste installaties.

Door deze installatie-technische maatregelen (Fig. 32) wordt bereikt dat:

- plattegronden kunnen worden gespiegeld binnen een enkele constructieve beuk door de centraal uitgelijnde plaats van de rioleringsschacht.
- een grote interne schacht wordt voorkomen door de plaatsing van externe schachten tegen de gevel.
- het ventilatiesysteem geen echte belemmering vormt voor het willekeurig inrichten van de plattegrond. Er is slechts een horizontaal kanaal nodig tussen de mechanische afzuigventilator in de service-ruimte en de toegangsgevel met de externe schachten.

Reeds vooruitlopend op de diverse mogelijkheden vormt de hierboven uitgewerkte plaatsing van de noodzakelijk geachte leidingschachten een keuze (Optie 3, zie verder) na afweging van verschillende opties. Voor de volledigheid worden de diverse opties met ieder hun eigen voor- (+) en nadelen (-) hieronder samengevat:

Optie 1. Nieuw aan te leggen schachten *centraal* in het gebouw:

- (+) "donkere" functie in de "donkere" zone; gevel blijft vrij voor daglicht
- (+) ideale luchtroute t.b.v. ventilatie
- (-) grote schacht maakt de doorbreking van de vloer complex
- (-) schacht aan de dragende muur maakt spiegelen van de plattegrond onmogelijk

Optie 2. Nieuwe schacht(en) aan de (noord)gevel:

- (+) geen constructieve aanpassingen
- (+) maximale scheiding: onderhoud en aanpassing eenvoudig en zonder overlast voor bewoners
- (+) kan extra architectonische kwaliteit opleveren
- (+) diepe in de gevel maakt het creëren van extra "buitenoppervlak" mogelijk
- (-) bij een conventioneel riool plaatsing van sanitair kort op schacht noodzakelijk
- (-) minder geveloppervlak kan daglichttoetreding beperken
- (-) koppeling aan de installatie-ruimte: of minder daglichttoetreding bij een installatieruimte aan de gevel of een koofconstructie tussen installatie-ruimte in de "donkere-zone" en de gevel
- (-) schacht moet thermisch geïsoleerd worden

Optie 3. Gescheiden schachten t.b.v. riool en ventilatie:

- (+) rioolschacht(en) liggen binnen de woning; ze zijn klein in doorsnede en behoeven geen constructieve aanpassingen

- (+) externe schacht zorgt voor de toevoer van: gas, elektra, water, voorverwarmd water
- (+) externe schacht ook en vooral voor de afvoerkanalen van de ventilatielucht
- (+) installatie wordt onderdeel van de 'boodschap' van het gebouw

Optie 4. Inzet van een rioolsysteem met een drukleiding:

- (+) ook de interne schachten t.b.v. de riolering kunnen vervallen: maximale flexibiliteit
- (+) besparing arbeid en materiaal (constructie, afbouw en geluidisolatie) door het vervallen van de interne schachten
- (-) duurder, onbekend, experimenteel en onderhoudsbehoevend systeem

De uiteindelijke keuze binnen dit renovatieconcept voor '60 en '70 jaren galerijwoningen bestaat uit Optie 3, waarbinnen nog meerdere mogelijkheden voor de interne rioleringsschacht(en) bestaan (met wederom voor- (+) en nadelen (-):

A. Centrale plaatsing van één schacht:

- (+) plattegrond kan onderling gespiegeld worden, zodat gangen geen schachten hebben.
- (+) badkamer kan kleiner, hierdoor is een 2-kamerappartement in een beuk mogelijk met de plaatsing van de keuken bij de woonkamer
- (+) de utiliteitsruimten worden volgens een vast patroon rondom de was-, droog-, installatie- en meterruimte gesitueerd
- (+) schacht heeft geringe afmeting: alleen voor riool
- (-) plaatsing van een verlaagd plafond of verhoogde vloer in de "installatie-ruimte" om de douche-afvoer bij de schacht te krijgen

B. Centrale plaatsing van twee schachten:

- (+) geen verlaagd plafond of verhoogde vloer in de "installatie-ruimte" nodig om douchewater af te voeren
- (-) plaatsing twee schachten maakt de 'andere' beuk of een maisonnette zeer inflexibel
- (-) geringere flexibiliteit: "installatie-ruimte" kan niet worden verkleind
- (-) twee schachten nemen meer ruimte in en zijn duurder

C. Koppeling van de twee rioolschachten d.w.v. verlaagd plafond:

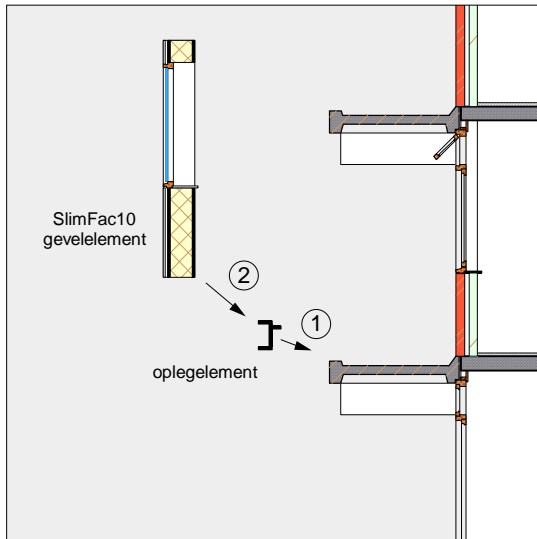
- (+) wel flexibiliteit tussen woningen, geen volledig verlaagd plafond of verhoogd plafond nodig in de "installatie-ruimte"
- (-) keuken in de maisonnette heeft verlaagd plafond of schacht nodig
- (-) "muziek-kamer" heeft ook een verlaagd plafond of schacht nodig
- (-) verdient nog uitwerking binnen het ontwerp

Hier is uiteindelijk gekozen voor optie A, zoals in figuur 32 duidelijk wordt. De bijlage *Tekeningen* geeft meer informatie.

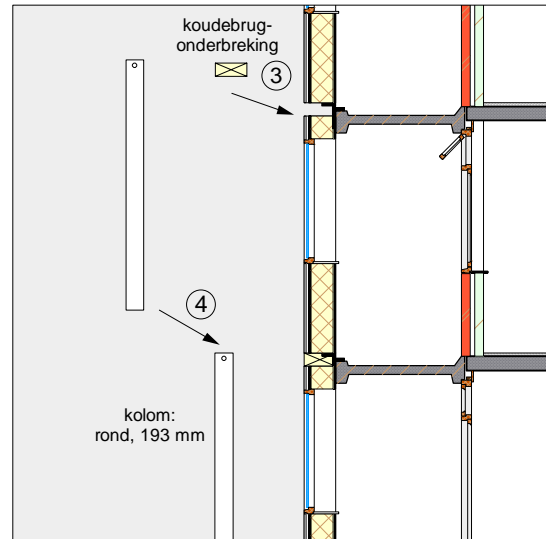
e) Renovatie en huidige bewoners: bouwvolgorde

Renoveren heeft los van de technische nadelen en beperkingen misschien wel als grootste probleem de aanwezige bewoners. De bewoners dienen definitief te verhuizen of in een tijdelijke woonruimte te worden ondergebracht, maar beide mogelijkheden stuiten vaak op onbegrip en/of weerstand. De hier gepresenteerde ontwerpvoorstellen vormen in combinatie met de specifieke bouwvolgorde de mogelijkheid dat de bewoners tijdens het renovatieproces in hun woning blijven.

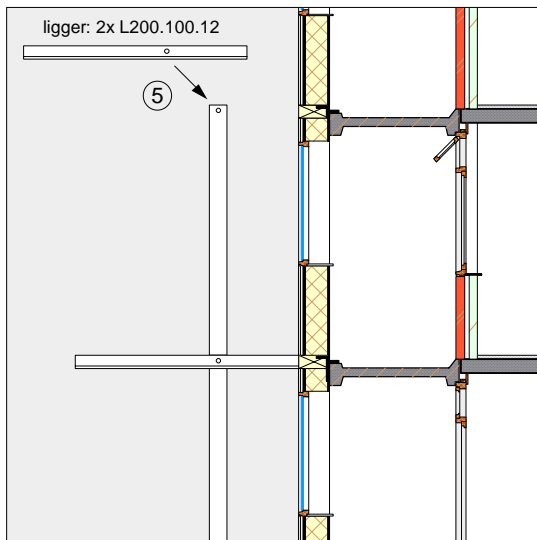
Voor de bouwkundige verwezenlijking van het ontwerp is de voorkeur specifiek uitgegaan naar de in Fig. 33 getoonde bouwvolgorde. Het voornaamste uitgangspunt voor deze bouwvolgorde is dat de huidige bewoners, weliswaar met de nodige aanpassing en overlast tijdens het renovatieproces, in hun woning kunnen blijven wonen. Door de bestaande gevel zolang mogelijk te (kunnen) laten staan (tot stap 5, Fig. 33) worden de bouwactiviteiten aan de buitenkant zoveel mogelijk gescheiden van de bestaande woning. Vooral de stofbelasting is op deze manier minimaal. Wanneer zowel de gevelelementen als de portaalstructuur zijn geplaatst kunnen de bestaande galerijen worden veranderd in woonruimte. De galerijen zijn nu niet meer nodig als toegang voor de woningen, omdat de portaalstructuur deze nu kan overnemen. De bestaande gevel wordt gesloopt, waarbij de noord- en zuidgevel onafhankelijk van elkaar kunnen worden gesloopt, en de bestaande galerijen worden opgehoogd tot het vloerniveau van de bestaande woning. De gevelelementen met de installatieschil aan de binnenkant kunnen nu worden voorzien van eventueel nog niet aangebrachte installatieonderdelen, waarna de wanden afgewerkt kunnen worden. De meest logische optie lijkt hier dat de gipsplaat als laatste wordt geplaatst. In het hoofdstuk *Detailering* wordt nader ingegaan op de dimensies en materiaalkeuze.



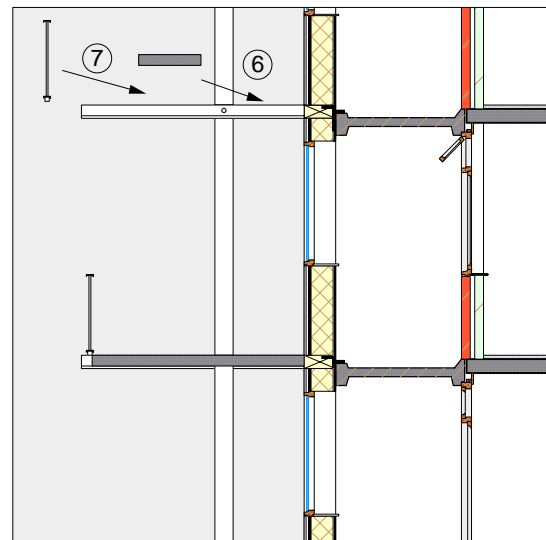
1) Het SlimFac10 gevelement wordt toegevoegd.



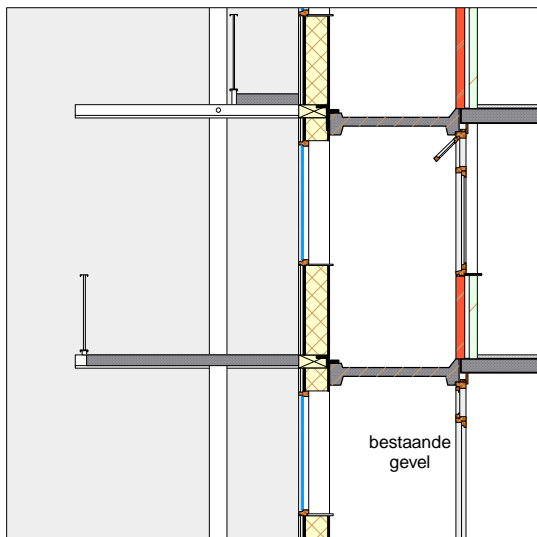
2) De kolommen van de portaalstructuur worden samen met de koudebrugonderbrekingen toegevoegd.



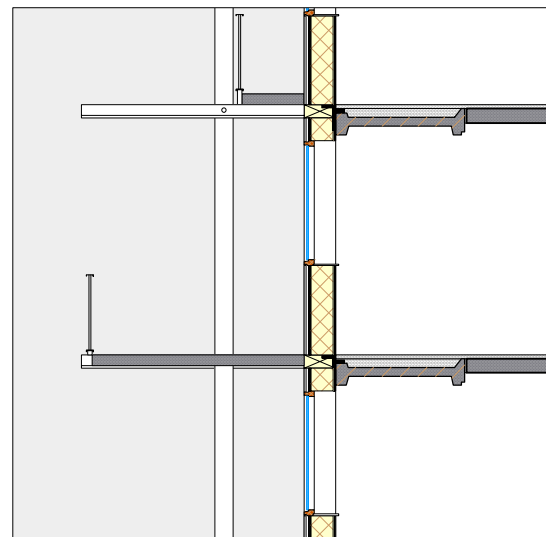
3) De driehoekige dubbele liggers worden toegevoegd.



4) De balkonelementen worden toegevoegd.



5) De bestaande gevel kan worden afgebroken.



6) De extra woonruimte wordt bij de woning getrokken.

Fig. 33. Bouwvolgorde met o.a. als doel dat de bewoners in de woning kunnen blijven wonen.

f) Additionele ideeën

Als aanvulling op de gekozen basis-ontwerpoplossing kunnen er nog enkele andere opties worden genoemd. Door enkele van deze opties aan te stippen wordt ook extra inzicht in de ontwerpkeuzes bereikt. Deze additionele opties kunnen ook worden beschouwd als uitgangspunt voor een vervolgonderzoek of ontwerp.

portiekwoningen

De vaak lange, smalle galerijen hebben nadelen; ze zijn winderig en in sociaal opzicht niet altijd even prettig om in te verblijven. Als het wooncomplex uit niet meer dan vier tot vijf verdiepingen bestaat, kan er gedacht worden in trappenhuizen in de vorm van een portiek. De portaalstructuur kan worden gebruikt voor de eventuele toegangsvloeren voor de appartementen in de vorm van toegangsbalkons of -serres. Hierdoor blijft de mogelijkheid aanwezig verschillende plattegronden te maken binnen het wooncomplex (Fig. 34); een 2-beukig appartement met trappenhuis (melkglas tussen portiek en woning) en/of een 3-beukig appartement met trappenhuis (melkglas tussen portiek en woning).

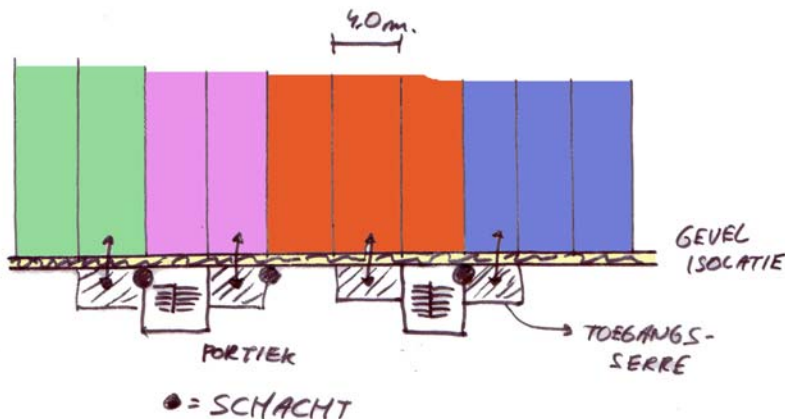


Fig. 34a. Portieken i.p.v. galerijen met toegangserres.

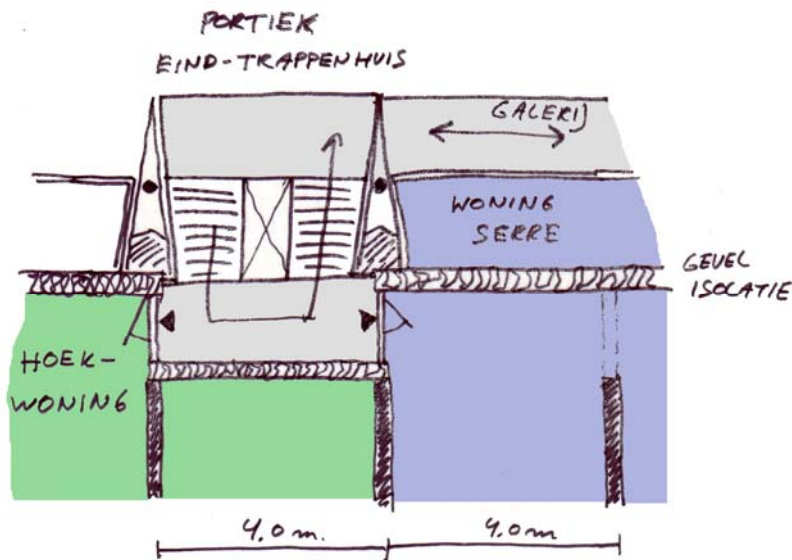


Fig. 34b. Portieken in combinatie met galerijen ter plaatse van de een of meerdere hoekwoningen.

kantoren

De invulling van de begane grond is belangrijk vanuit het oogpunt van sociale controle. Het creëren van activiteit op dit niveau kan bijdragen aan een betere sociale controle, waardoor het gevoel van leefbaarheid kan toenemen. Enkele opties zijn:

- Winkel / kantoor op de begane grond (Fig. 35a), waarbij de bergingen worden verkleind en/of worden ondergebracht in een apart gebouwtje dat het karakter van een fietsenstalling kan hebben.

- Kantoor op de verdiepingen (Fig. 35b). Deze kantoren zouden redelijk gemakkelijk weer veranderd moeten kunnen worden in woningen. Gezien de beperkte beukmaat dient vooral gedacht te worden aan bv. een klein kantoor aan huis of een praktijk. Fig. 35b geeft een indruk van een kantoor. De verdere invulling van de beuken is ook geheel willekeurig, zie verder *Maquette*.

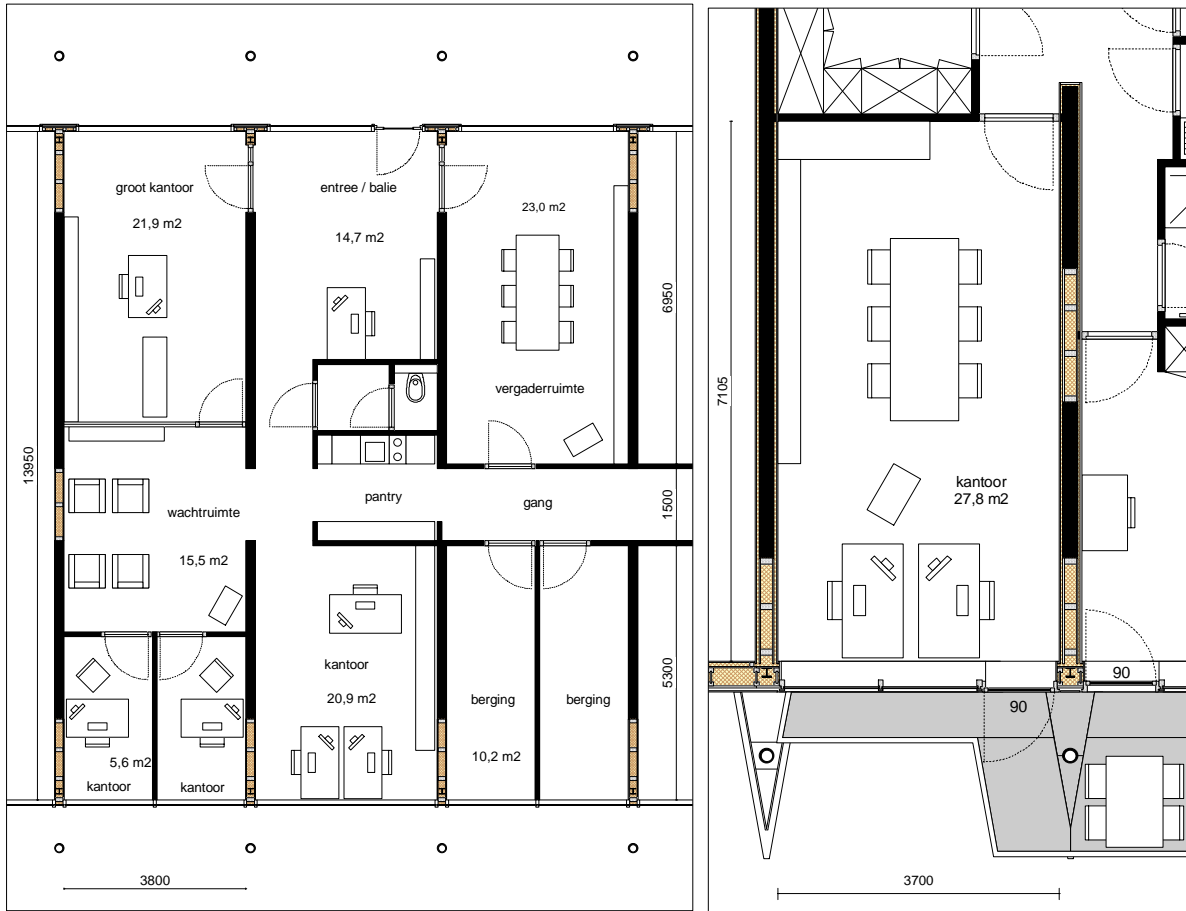


Fig. 35a en 35b. Kantoorruimtes op de begane grond, Een kantoorruimte i.p.v. een woonkamer op de verdieping.

- Winkel / kantoor, waarbij de bergingen in een uitbouw worden ondergebracht. Op deze uitbouw kunnen balkons of een collectief dakterras worden gemaakt (Fig. 35c).

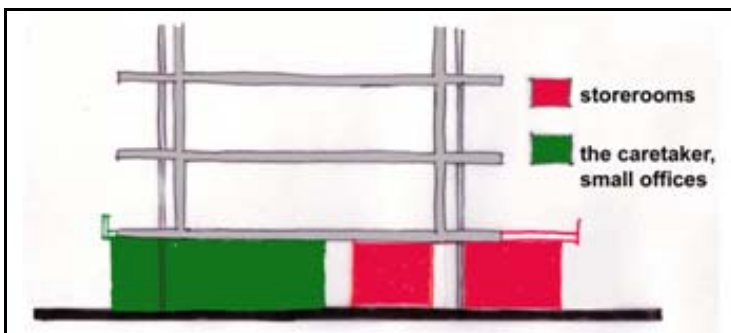


Fig. 35c. Kantoorruimte, bergingen en nieuwe balkons.

Niet een verhoogde leidingvloer moet voor de nodige flexibiliteit zorgen, daar is de bestaande vrije hoogte eenvoudigweg te gering voor, maar moet vooral gezocht worden in de te verplaatsen binnenwanden, de geïntegreerde leidingschil in de SlimFac10-buitengevelelementen en in de mogelijkheid constructieve secties ter grootte van de beukmaat aan elkaar te koppelen (Fig. 35d). Ook de externe leidingschacht draagt bij aan de toepassing van kantoorruimte op de verdiepingen.

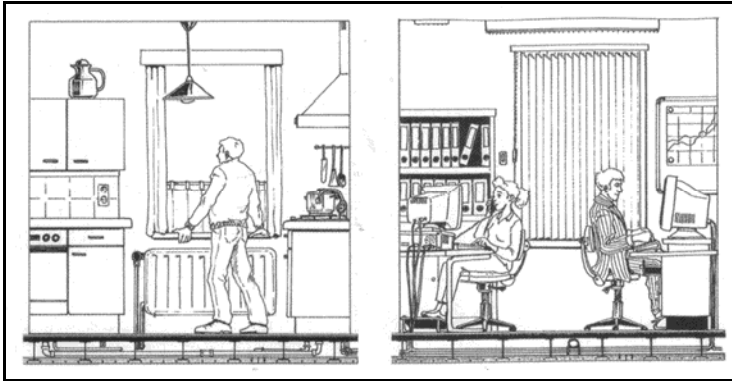


Fig. 35d. Naast woningen kunnen op de verdiepingen ook eventueel kantoren worden gerealiseerd. De verhoogde vloer, als een van de beproefde concepten van de SlimBouwen[®]-visie, wordt niet toegepast [33].

eindwoning

De eind- of hoekwoning wordt vaak gezien als uitzondering van het woonblok. In de bijlage *Tekeningen* geeft tekening A-05 aan hoe dit ingevuld kan worden. Deze invulling is niet afwijkend of speciaal, vooral omdat de thermische schil, in de vorm van het SlimFac10 gevelelement en de portaalstructuur vastliggen. Het enige dat afwijkt is de laatste portaal. Deze is vervangen door een kolom, zodat voor de laatste sectie nog wel een was-galerij kan worden geplaatst. Verdere, niet onderzochte opties zijn: het verplaatsen van de thermische schil, mogelijk in combinatie met het creëren van extra woonruimte 'om de hoek'.

g) Maquette

De onderstaande foto's van een maquette van de toegangszijde geven een indruk van de opbouw van het ontwerp (Fig. 36-39).



Fig. 36. De nieuwe zuidgevel met diverse balkonuitvoeringen: klein, groot en als serre. De diverse kleuren duiden op de verschillende type woningen binnen het woonblok. Op de begane grond kan desgewenst een woning, een kantoor of berging worden verwezenlijkt.



Fig. 37. De nieuwe toegangs- of noordgevel.

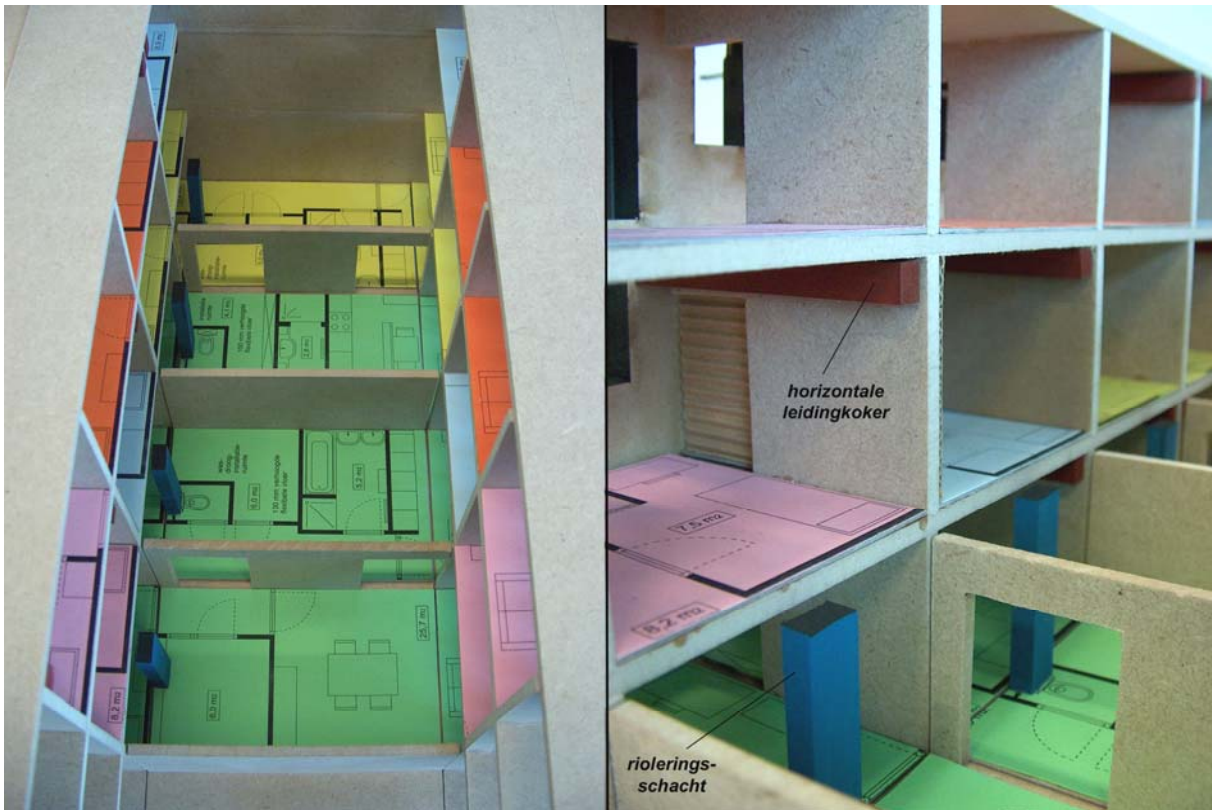


Fig. 38. Het wooncomplex met de verschillende type woningen met rechts een detailfoto.



Fig. 39. De toegangsgevel met op de begane grond kantoren en een één-persoonswoning. Verder zijn te onderscheiden de tochtsluizen, de vloerroosters, de vloerdelen met glazenbouwstenen en de externe leidingschachten die aanvangen ter hoogte van het plafond op de begane grond.

Constructie

Standaard opbouw: ideale situatie

Het SlimFac10-gevelement en de portaalstructuur zijn samen de onderdelen van de verruiming van de galerijwoningen. In het ideale scenario wordt het SlimFac10-gevelement opgevangen door de consoles van de bestaande galerijflat. Deze consoles dienen primair als ondersteuning van de bestaande galerijplaten en zullen binnen het renovatieconcept worden gebruikt ter ondersteuning van de uitbreiding van de woning. De portaalstructuur zal de eventuele uitbreidingen aan de buitenkant opvangen, zoals de tochtportalen, balkons en eventuele serres, zowel aan de noord- als de zuidkant.

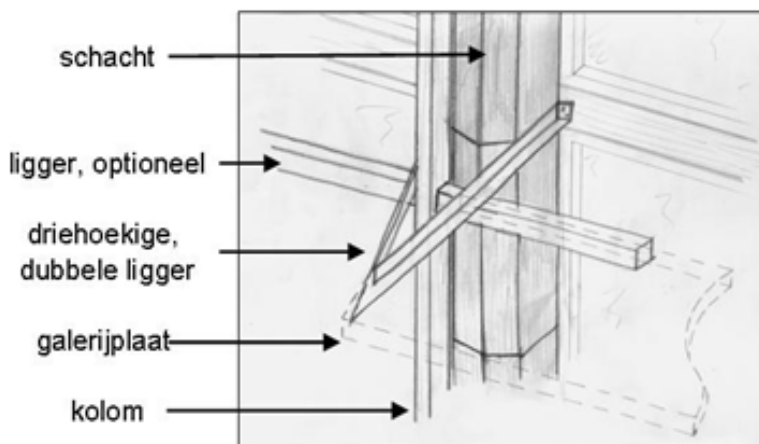


Fig. 40a. Een schets van het gehele principe voor de toegangszijde.

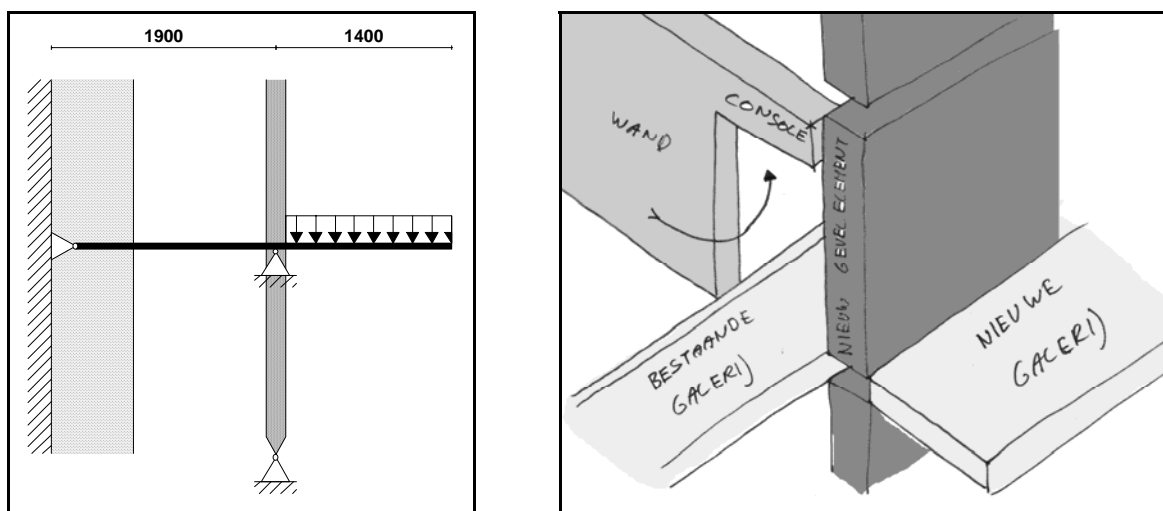


Fig. 40b en c. Het constructieve principe van de portaalstructuur met de kolom, de nieuwe galerijplaat en de bestaande constructie (l). De pijl indiceert de mogelijkheid na het plaatsen van de nieuwe gevelementen secties te kunnen koppelen (r).

Dit ideale scenario wordt als eerste beschouwd. Realisatie is afhankelijk van de constructieve overdimensionering van de bestaande consoles. Hoewel de buitenmaten van deze consoles over het algemeen redelijk identiek zijn bij de meeste flatgebouwen uit de jaren '60 en '70 kunnen bijvoorbeeld in betonkwaliteit en hoeveelheid wapening toch aanzienlijke verschillen bestaan. Controle aan de hand van de constructieve uitvoeringstekeningen of nametingen zal bij elk flatgebouw moeten uitwijzen of deze consoles extra belasting kunnen opnemen. Inspelend op het feit dat het voorgestelde constructieve concept, mogelijk veroorzaakt door de beperkte constructieve kwaliteit (sterkte en stijfheid) van de consoles, niet haalbaar mocht zijn dan worden er verderop in dit hoofdstuk enkele andere opties besproken. Het behouden van flexibiliteit blijft van groot belang. Flexibiliteit is in dit geval vooral het willekeurig kunnen plaatsen van vloerdelen en het creëren van doorgang ter plaatse van de bestaande galerijplaten tussen de bestaande constructieve secties. Zo kunnen deze secties intern worden geschakeld, zonder in de dragende wanden openingen te hoeven maken. (Fig. 40c). Hierdoor kunnen woningen worden geschakeld, waardoor bijvoorbeeld ouderen of jongeren op een bepaalde manier met elkaar kunnen wonen. Ook kunnen de secties zodanig worden geschakeld dat er kantoren kunnen worden gerealiseerd. Deze flexibiliteit is aan de noordkant, de toegangszijde het belangrijkste.

Constructief is deze noordzijde dan ook het interessantst, en voor de dimensionering van de onderdelen waarschijnlijk ook bepalend. De constructieve lasten aan deze zijde zullen het hoogst zijn, veroorzaakt door de enigszins grotere overspanningen. Van het SlimFac10-gevelelement tot de kolom is het aan de noordkant 1,4-1,8 m, i.p.v. 1,0 m.

Van hieraf wordt dan ook de constructie van de noordzijde met een gemiddelde maatvoering beschouwd. Om de constructieve onderdelen te kunnen dimensioneren en toetsen zullen eerst de belastingen in kaart moeten worden gebracht.

Fig. 41 toont vier verschillende belastingen, twee lijnlasten en twee puntlasten. De lasten q_1 (permanente en veranderlijke vloerbelasting) en F_1 (SlimFac10-gevelelement) worden doorgegeven door de bestaande betonnen console en de lasten q_2 (permanente en veranderlijke vloerbelasting) en F_2 (eventuele serregevel) komen voor rekening van de dubbele liggers en de kolommen van de portaalstructuur. Er ontstaat een bijna gehele, constructieve scheiding tussen de "koude" portaalstructuur en de "warme" bestaande constructie.

Het zal duidelijk zijn dat voor de dimensionering van de kolommen, zonder verjonging, de onderste maatgevend zal zijn. Tenslotte zal de fundering worden behandeld. Voor de fundering zullen slechts aannames worden gedaan, komend van verschillende voorbeelden uit de literatuur. Op voorhand kan worden gesteld, dat voor een portaalstructuur met zes verdiepingen met een h.o.h. afstand van vier meter een enkele boorpaal van $\varnothing 400$ mm direct onder de zes gestapelde kolommen toereikend is.

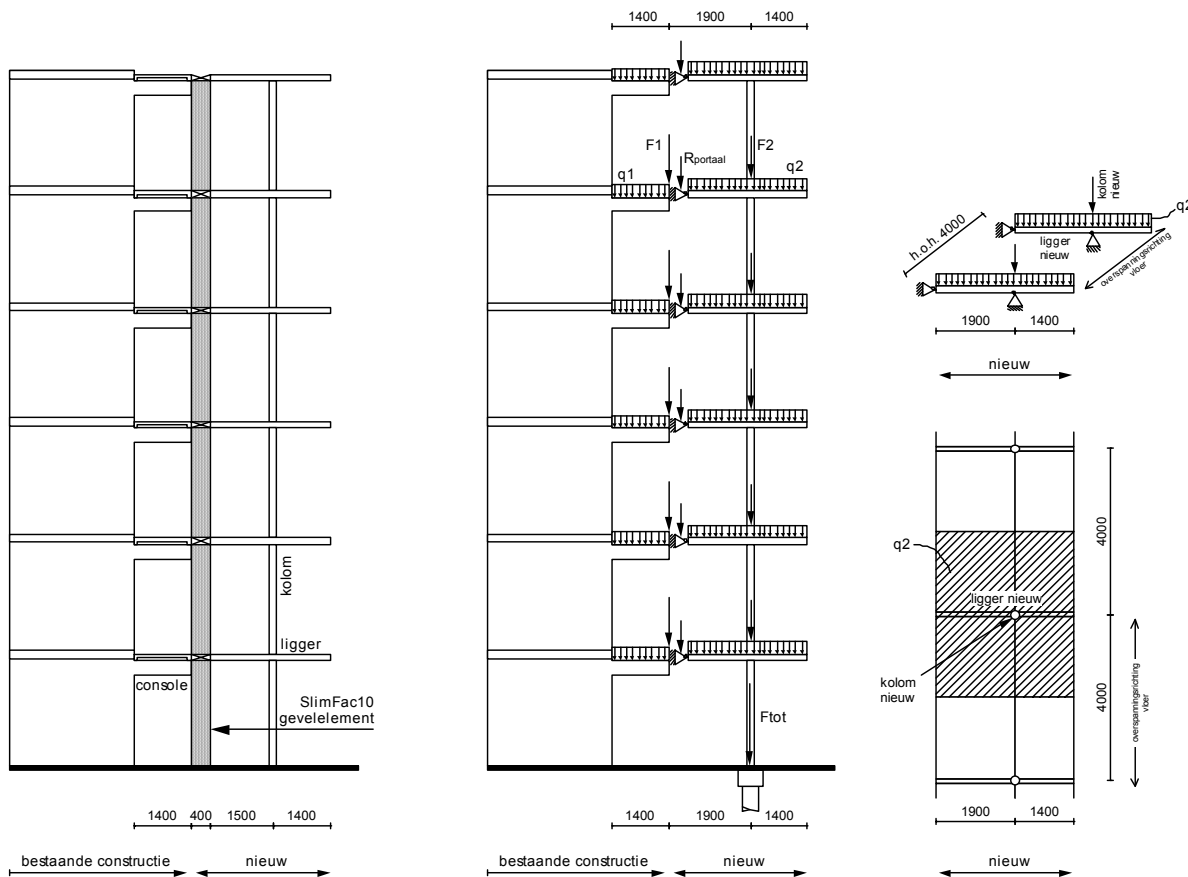


Fig. 41. De schematische opbouw van de noordkant (l) en de constructieve opbouw (r). F_1 en F_2 zijn resp. de permanente belasting van het SlimFac10 gevelelement en van een eventuele serregevel. q_1 en q_2 staan voor de vloerbelasting van resp. de bestaande en nieuwe vloeren.

Belastingen

De belastingen gelden, tenzij anders aangegeven, voor een sectie van een breedte van 4 meter met een portaalstructuur. De belasting op de dubbele ligger in de portaalstructuur is dus de helft van deze vier meter, omdat er immers zowel links als rechts van de kolom een L-profiel als ligger aanwezig is.

- Krachten op de bestaande constructie (Fig. 41)

F_1 : het SlimFac10-gevelelement, opgebouwd uit:

materiaal	gewicht/eenheid	lengte/oppervlak
Stalen profiel UNP 240	0,35 kN/m ¹	4 m ¹
Stalen hoekprofielen	0,1 kN/m ¹	8 m ¹
Isolatie	0,2 kN/m ²	4 m ²
Glas + kozijn	1,3 kN/m ²	8 m ²
HSB: stijl, regel, beplating, inst. schil	1,5 kN/m ²	4 m ²
Rest: zonwering, verwarming etc.	2,0 kN/totaal	

$$F_1 = 21,4 \text{ kN}$$

q_1 : vloerbelasting:

belasting	kN/m ¹
$q_{\text{eg,rep}}$ vloer (beton 150 mm)	15,0
$q_{\text{egx,rep}}$ extra gewicht ophoging vloer	8,4
$q_{\text{egc,rep}}$ eigen gewicht console	3,5
q_{rep} veranderlijke vloerbelasting	8,0

$$q_1 = 26,9 + 8,0 \text{ kN/m}^1$$

- Krachten op de portaalstructuur (Fig. 41)

F_2 : eventuele serregevel:

belasting	gewicht/eenheid	lengte/oppervlak
Glasgevel	1,3 kN/m ²	11,2 m ²
Kolom (staal+beton, Ø 200 mm)	1,26 kN/m ¹	2,8 m ¹
'Optionele' ligger	0,35 kN/m ¹	4 m ¹

$$F_2 = 14,6 + 3,5 + 1,4 = 19,5 \text{ kN}$$

q_2 : vloerbelasting:

belasting	kN/m ¹
$q_{\text{eg,rep}}$ vloer (beton 150 mm)	15,0
$q_{\text{egl,rep}}$ L-profiel	0,32
q_{rep} veranderlijke vloerbelasting	8,0

$$q_2 = 15,32 + 8,0 \text{ kN/m}^1$$

F_1 (21,4 kN) vormt samen met $q_{\text{egx,rep}}$ (8,4 kN/m¹) dus een extra belasting, veroorzaakt door de nieuwe SlimFac10 gevel.

Belastingcombinaties

De permanente en veranderlijke belastingen gewogen gesommeerd met de toevoeging van veiligheidsfactoren. Er wordt hier geen rekening gehouden met de dakbelasting, dus sneeuwbelasting en een kleine windbelasting. Ter vereenvoudiging worden vooralsnog ook de nieuwe galerijplaten qua belasting gezien als een binnenconstructie, hoewel dat niet het geval is. Het resultaat voor het ideale scenario wordt:

$$F_1: 1,2 \times 21,4 = 27,7 \text{ kN}$$

$$q_1: 1,2 \times 26,9 + 1,5 \times 8,0 = 44,3 \text{ kN/m}^1$$

$$F_2: 1,2 \times 19,5 = 23,4 \text{ kN}$$

$$q_2: 1,2 \times 15,32 + 1,5 \times 8,0 = 30,4 \text{ kN/m}^1, \text{ per L-ligger: } 15,2 \text{ kN/m}^1$$

Krachtswerking

Met het programma PC Frame is alleen de krachtwerking van de portaalstructuur doorgerekend. Een uitkomst is o.a. dat de bestaande console wordt belast met een extra 5,4 kN (R_{portaal}) ten gevolge van de

oplegreactie ter plaatse van de aansluiting bestaande console en de portaalstructuur. Met o.a. deze uitkomst worden stijfheid en sterkte getoetst [45], voor uitgebreidere gegevens zie bijlage *Constructieberekeningen*.

Console

$$M_{\text{bestaand,max}} = 23,7 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{bestaand,max}} = 33,9 \text{ kN}$$

$$M_{\text{max}} = F_1 + \frac{1}{2} \cdot q_1 \cdot l_1^2 + 2 \cdot R_{\text{portaal}} \cdot l_1 = (27,7 \cdot 1,4 + \frac{1}{2} \cdot 44,3 \cdot (1,4)^2 + 2 \cdot 5,4 \cdot 1,4) = 97,4 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{max}} = F_1 + q_1 \cdot l_1 + 2 \cdot R_{\text{portaal}} = (27,7 + 44,3 \cdot 1,4 + 2 \cdot 5,4) = 100,5 \text{ kN}$$

$$M_{\text{max}} = \mathbf{97,4 \text{ kNm}} \quad V_{\text{max}} = \mathbf{100,5 \text{ kN}}$$

Een globale stijfheidbepaling kan gedaan worden door de maximale doorbuiging te bepalen, $u_{\text{max}} = 1/250 \times 1400 \times 2 = 11,2 \text{ mm}$. Dit komt overeen met een HE B 160. Voor de (elastische) sterkte t.g.v. het moment is een HE B 180 de kleinste mogelijke doorsnede. Voor afschuiving een HE A 100.

Conclusie: de bestaande betonnen console zal vergelijkbare eigenschappen moeten hebben als een HE B 180. Gelet op de vuistregels uit bv. [43] is het mogelijk, maar blijft een nadere, nauwkeurigere bepaling noodzakelijk. Literatuur betreffende het berekenen en tekenen van betonconstructies en wapening laten zien dat de console kan voldoen, mits er een redelijk wapening aanwezig is [44, blz 178]. Een berekening naar de sterkte van de betonnen console (sterkte/scheurvorming is vaak bepalend bij gewapend beton) laat zien dat onder als drukwapening 2 Ø 12 en boven als trekwapening 3 Ø 16 voldoet om de extra gevel te dragen. De praktijk van de bestaande constructie zal moeten uitwijzen of deze voldoende wapening bezit. Dit lijkt gezien het grote verschil tussen de nieuwe situatie (M_{max}) en de bestaande situatie ($M_{\text{bestaand,max}}$: 25%) niet aannemelijk.

Ligger

Het betreft hier een van de twee identieke liggers in de driehoekvormige ligger van de portaalstructuur.

$$M_{\text{max}} = \mathbf{17,1 \text{ kNm}}$$

$$V_{\text{max}} = \mathbf{23,4 \text{ kN}}$$

Voor de stijfheidsbepaling geldt: $u_{\text{max}} = 14,4 \text{ mm}$. Met een L 200.100.10 komt de maximale verplaatsing op 7,0 mm. De volgende, kleinere verkrijgbare doorsnede is de L 150.100.10 en levert een verplaatsing op van 17,2 mm. Gelet op de u_{max} voldoet deze maat echter niet. De sterktebepaling t.a.v. het moment levert met een L 200.100.10 een voldoende doorsnede op ($21,9 > 17,1 \text{ kNm}$). Een L 200.100.12 is natuurlijk ook voldoende sterk ($26,1 \text{ kNm}$). Aangaande de afschuiving voldoet een L 200.100.10 maar net.

Conclusie: een L 200.100.12 voldoet en is ook praktisch goed inpasbaar.

Kolom

De onderste kolom is maatgevend (Fig. 41). Hier geldt een F_{totaal} van $(2 \times 48,6 \times 6) + (23,4 \times 5) = 700,2 \text{ kN}$. Als de maximale druksterkte wordt bepaald van een holle stalen kolom van Ø 168,3 mm en een dikte van 7,2 mm is de uitkomst een onvoldoende druksterkte van $N_{u;d;d} = 545 \text{ kN}$. Aangevuld met beton zal de onderste kolom evenwel voldoen en de bovengelegen kolommen ook.

Met een kniklengte van 2800 mm wordt de verhouding $N_{c;s;d} / \omega_{\text{buc}} = 0,43 < 1$, of wel voldoende, ook zonder beton. Dit is goed te begrijpen omdat een koker, in dit geval een ronde, uitstekende eigenschappen heeft t.a.v. knik-weerstand. Kokers beschikken over een hoge mate van torsiestijfheid, verdisconteerd in ω_{buc} .

Conclusie: Bepalend bij een relatief "lege" doorsnede is niet de kniklast, maar de druksterkte. Gekozen kan worden voor een grotere doorsnede en dus ook "vollere" doorsnede, maar eventueel ook voor een "vollere" doorsnede met gelijkblijvende diameter. Daarnaast dient de mogelijkheid zich voor enkele kolommen vol te storten. Vanuit brandwerendheid lijkt dit de goedkoopste oplossing. Bij de uitwerking van de details is echter gekozen voor een kolom Ø 193,0 met een dikte van 8 mm. Ook deze doorsnede zorgt voor een slanke, sterke constructie, die voldoende mogelijkheden biedt voor het maken van eenvoudige kolom-ligger verbindingen.

Console: andere opties

Uit de gestelde conclusie over de sterkte en stijfheid van de bestaande console blijkt dat waarschijnlijk de meeste bestaande appartementencomplex de nieuwe gevel niet kunnen dragen. In een dergelijk geval zijn er de volgende opties:

- a. Toevoeging van kolommen in het vlak van de SlimFac10 gevelelementen: Zowel tussen de bestaande consoles als op de onderste verdieping voldoet als kolom een HE-A 120 om het gewicht van de SlimFac10 gevelelementen en de relatief kleine oplegreactie van de driehoekige ligger af te dragen aan de fundering (Fig. 42). De opening onder de bestaande console blijft zo bestaan,

waardoor de flexibiliteit en uitvoerbaarheid gegarandeerd blijven. Een bijkomend voordeel is dat deze kolom tussen de gevelelementen dienst kan doen als stijve stijl, om zo het gevelelement aan te kunnen bevestigen. De nieuwe fundering zal vergroot moeten worden richting de bestaande structuur om deze nieuwe “gevelkolom” te kunnen opvangen (Fig. 42).

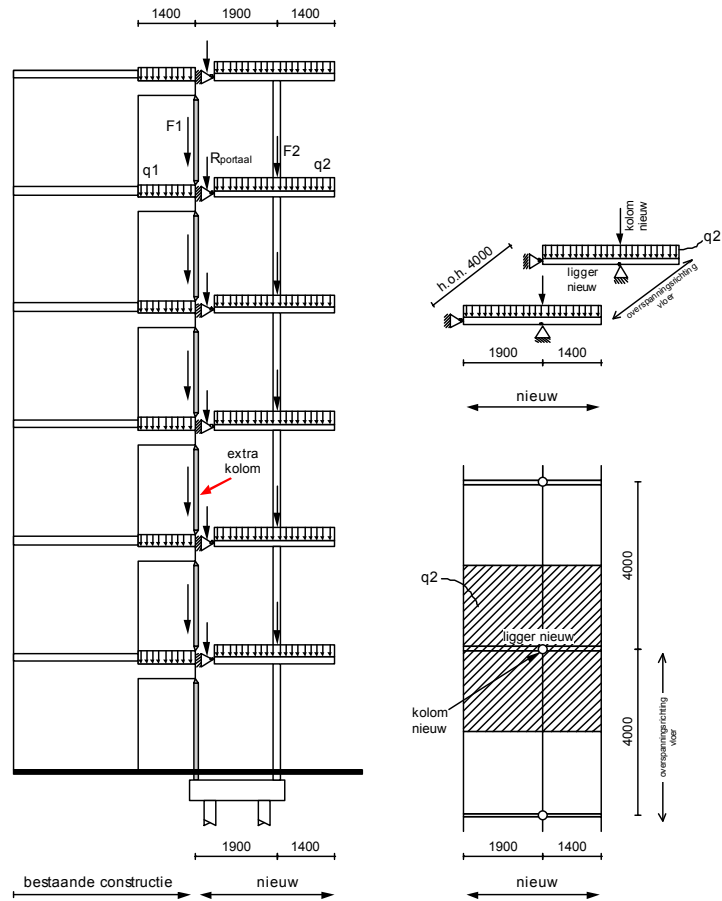


Fig. 42. De constructieve opbouw met toevoeging van kolommen in het vlak van de SlimFac10 gevelelementen. F_1 en F_2 zijn resp. de permanente belasting van het SlimFac10 gevelelement en van een eventuele serregevel. q_1 en q_2 staan voor de vloerbelasting van resp. de bestaande en nieuwe vloeren. Pijl indiceert de extra kolommen.

- b. Het SlimFac10 gevelelement wordt opgevangen door de driehoekige ligger van de portaalstructuur: Binnen een constructie waarbij het SlimFac10 element wordt opgevangen door de ligger zullen de ligger en/of aansluiting ligger-kolom aanzienlijk moeten verstijfd en toenemen in dimensie (Fig. 43). Het gevolg is een toename van materiaalgebruik t.o.v. optie a. met een minder slanke uitstraling van het geheel en een grotere constructiehoogte, die aan de noord- en zuidkant het nodige licht en de nodige zon zal tegenhouden.

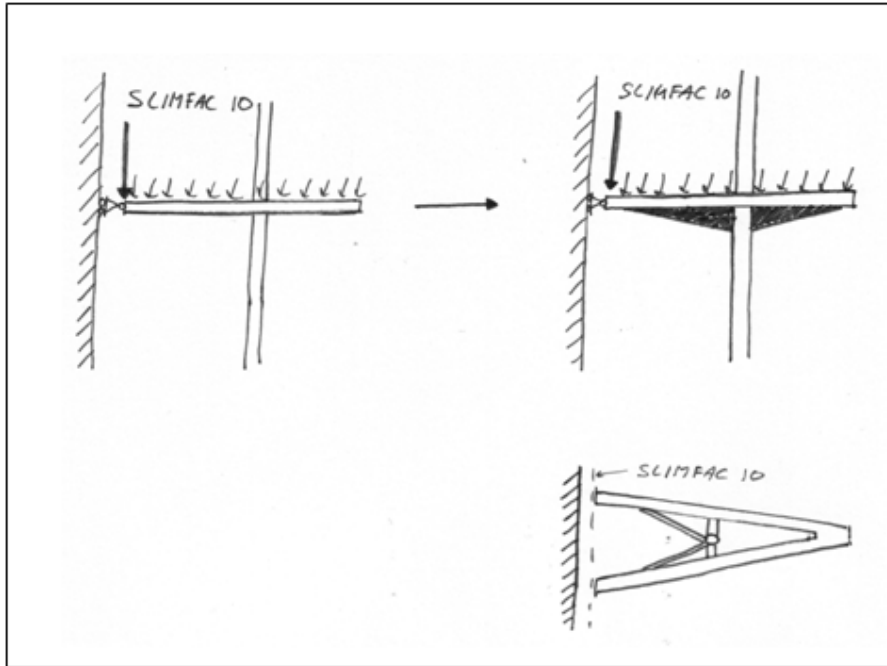


Fig. 43. De portaalstructuur met een versterkte driehoekige ligger.

- c. Andere portaalstructuur: De keuze kan vallen op een "klassieke" portaalstructuur met kolommen aan de randen van de portaal. Het gevolg is een niet-kolomvrije galerij en een kolom dicht tegen de gevel aan die een goede plaatsing van de externe leidingschacht belemmerd.
- d. Kolommen en slanke portaalstructuur volledig aan de "koude" kant: Als de ligger van de portaalstructuur wordt opgelegd op een kolom *in* de gevel, maar wel aan de "koude" kant dan zijn de koudebruggen tussen ligger en de bestaande galerijconstructie voor een groot deel verdwenen (Fig. 44). Ter plaatse van de bestaande consoles zijn minimale verbindingen, die slechts de horizontale krachten hoeven af te dragen. Het SlimFac10 gevelelement kan dan óf op de bestaande consoles óf op de eerdergenoemde kolommen worden opgelegd. Bij deze optie blijft de koudebrug zeer beperkt als het houtskeletbouw-gevelelement aan de buitenkant haar verbinding krijgt. Grootste nadeel is de thermische werking van de buitengelegen draagconstructie en de constante temperatuur van de gevelelementen.

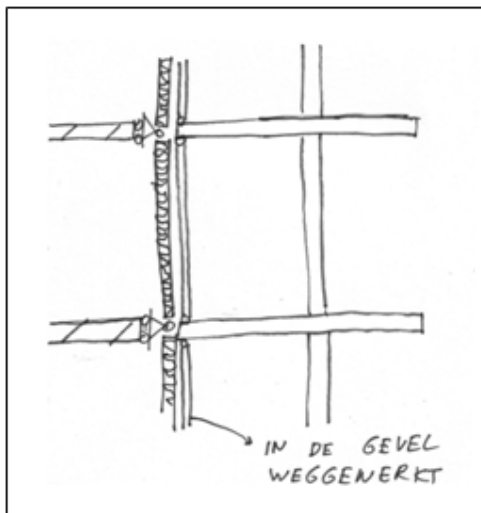


Fig. 44. De portaalstructuur bevindt zich volledig aan de koude kant.

- e. Verder opties zijn: Het verstevigen van de bestaande consoles met hoogstwaarschijnlijk een stalen constructie, zonder de bestaande opening in te vullen, de bestaande consoles te ondermetelen, waardoor de opening wegvalt en een deel van de flexibiliteit van het concept verdwijnt. Ook het lichter maken van het SlimFac10 gevelelement is een optie, hoewel deze praktisch gezien weinig lichter kunnen. De bestaande galerijvloer, die als nieuw binnenvloeroppervlak gaat worden gebruikt kan worden vervangen door een lichtere vloer van bijvoorbeeld houten balkjes met plaatmateriaal.

Verder zou misschien in het geval van een laag appartementencomplex (≈ 4 woonlagen) de SlimFac10 gevelelementen dragend kunnen worden gemaakt. Het gevelelement draagt dan alleen de bovengelegen gevelelementen. Dit laatste kan evenwel ten koste gaan van een deel van de flexibiliteit.

Conclusie: Mochten de bestaande consoles het SlimFac10 gevelelement niet kunnen dragen dan verdient "toevoeging van kolommen in het vlak van de SlimFac10 gevelelementen" (optie a.) de voorkeur. Indien het gevelelement ook ondersteuning behoeft aan de zijkanten als gevolg van windbelasting dan dient zeker voor deze optie te worden gekozen. In de detaillering van het hier gepresenteerde renovatieconcept wordt ook rekening gehouden met deze optie. Andere opties vallen voorlopig af omwille van de flexibiliteit en "slankheid". De interessante optie van "kolommen en slanke portaalstructuur volledig aan de "koude" kant (optie d) vergt nader onderzoek, met name ten aanzien van krimp en uitzetting bij de aansluitdetails, en zal hier buiten beschouwing worden gelaten.

Overspanningsrichtingen

Het nieuwe deel van het ontwerp is opgebouwd uit losse portalen, die niet over de breedte van het appartementencomplex gekoppeld behoeven te worden om de stabiliteit te verzorgen. Dit biedt de nodige vrijheid bij de invulling van de vloerdelen. Aan de noordkant, de toegangszijde, vormen de betonnen galerijplaten de vaste invulling (Fig. 45). De overspanningsrichting is ongeveer vier meter tussen de portalen en gelijk aan de beukmaat. Het vloerveld, waarop o.a. het tochtportaal kan worden geplaatst is anders opgebouwd. Voor het verwezenlijken van een dun vloerpakket, met thermisch isolerende kwaliteiten en een zekere veranderbaarheid, is hier gekozen voor houten sandwich-vloerdelen. De constructiehoogte wordt zo beperkt mogelijk gehouden door deze platen op één zijde van de galerijplaat en op een ligger, dicht tegen de gevel aan en gelegen tussen de portalen, af te steunen. Deze vier vloerveldjes kunnen door hun geringe formaat en gewicht eenvoudig worden geplaatst en eventueel worden verwijderd.

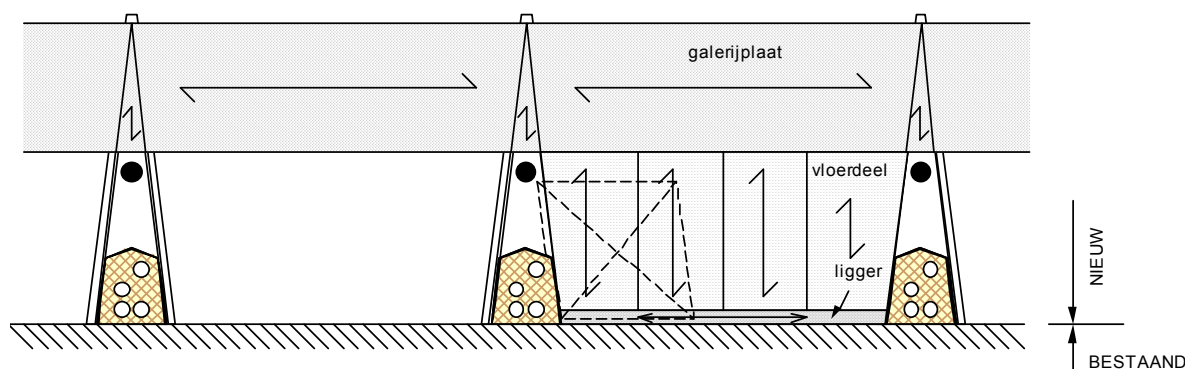


Fig. 45. De overspanningsrichtingen van de vloervelden (en ligger) aan de toegangszijde (noord).

Aan de zuidkant, oftewel de balkonzijde, is de invulling van de vloerdelen ingewikkelder (Fig. 46). Dit wordt veroorzaakt doordat er verschillende dieptes worden gevraagd en de balkons niet uit volledige vloerdelen bestaan. Dit alles om het nodige licht, maar ook voldoende zon het appartement binnen te kunnen laten treden. Een vaststaand element van de gehele zuidgevel is de "vaste" overstek, die mede dienst doet als ramen-lap-galerij. Deze in de breedte van het appartementencomplex overspannende voorgespannen betonnen platen zijn zo gedimensioneerd en ontworpen dat de andere betonnen balkonplaten hieraan bevestigd kunnen worden. De verbinding kan zowel druk als trek opnemen. Het zal duidelijk zijn dat vloerelement trek zal veroorzaken in de verbinding linksbovenin van het vloerelement. Deze invulling zorgt voor een redelijk eenvoudig veranderbare opzet en de nodige slankheid van de architectuur. De open ruimtes in de "driehoeken" van de portalen worden ingevuld door dunne betonnen vloerelementen.

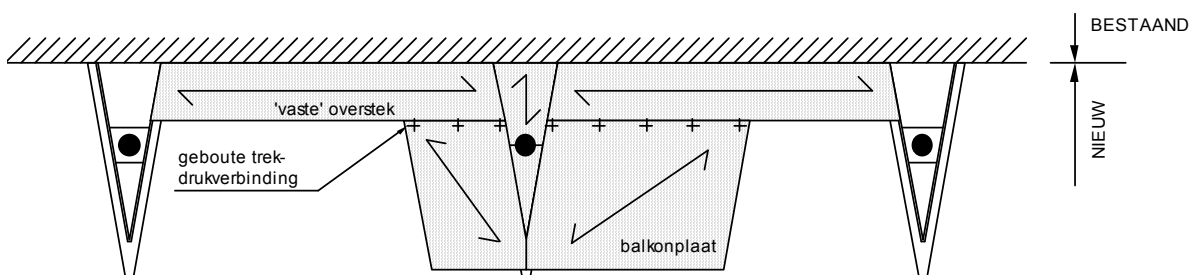


Fig. 46. De overspanningsrichtingen van de vloerdelen aan de balkonzijde (zuid).

Detailuitwerking

Bij de detailuitwerking zijn vooral de knopen van belang. De twee belangrijkste knopen zijn de constructieve rol tussen de bestaande constructie, in dit geval ter plaatse van de console - portaalstructuur en ter plaatse van de overgang driehoekvormige dubbele ligger en kolom. De meeste detailtekeningen zijn rond deze constructieve knopen uitgewerkt.

Conclusie

Het constructieve ontwerp heeft vorm gekregen. De invulling is echter, uiterekend bij renovatie, situatie gebonden. De uiteindelijke diepte van bijvoorbeeld de portalen hangt af van de stedenbouwkundige randvoorwaarden. Hierdoor veranderen de lengtes van de overspanning en zouden constructiehoogtes kunnen of moeten worden aangepast.

Ook kunnen andere materialen worden ingezet, waardoor belastingen toe- of afnemen. Aansluitend hierop kan worden afgevraagd of het gebruik van beton voor de galerijen en balkons past in de theorie van het SlimBouwen[®]. Het zoeken naar lichtere materialen is een meer voor de handliggende keuze. Toch is hier, in ieder geval tot op heden, gekozen voor voorgespannen betonnen vloerelementen. Het belangrijkste nadeel hiervan is het gewicht. Een ander nadeel, samenhangend met het gewicht, is de beperkte veranderbaarheid. Toch is binnen het huidige concept gebruik gemaakt van het materiaal beton met een beperkt aantal losse aansluitingen. De belangrijkste redenen voor de keuze voor beton zijn: de bouwsnelheid, de maakbaarheid van de grote, eenvoudige elementen, de prijs, maar vooral de goede eigenschappen als buitentoepassing. Het ontwikkelen van lichte, concurrerende elementen met de goede eigenschappen van beton is een interessant onderwerp voor een vervolgonderzoek.

Detailering

De twee belangrijkste en meest in het oog springende onderdelen van het renovatie-concept zijn de SlimFac10 gevelelementen en de portaalstructuur. Tijdens de uitwerking van de details hebben deze onderdelen dan ook de meeste aandacht gekregen. De onderdelen zijn ontwikkelend aan de hand van twee visies: De Faktor-10 visie, betreffende besparing op fossiele brandstoffen tijdens de gebruiksfase en de SlimBouwen® visie daar waar het bouwproces, flexibiliteit en samenhangende materialisatie, aan de orde is. In dit hoofdstuk zullen per aspect of onderdeel van het gebouw één of meerdere detail(s) worden uit- en toegelicht. Dit verschaft inzicht te verschaffen in de diverse ontwerpkeuzes en -afwegingen. In de bijlage *Tekeningen* is een indeling opgenomen. Globaal bestaan de tekeningen uit:

- Plattegronden met de diverse indelingsvarianten (1:100)
- Doorsneden en gevels (1:100)
- Uitgewerkt deelplattegronden (1:50)
- Gedetailerdere doorsneden (1:20)
- Details (1:5)

De nummering van details verwijzing naar de oriëntatie van de gevel; de toegangsgevel is de noordgevel (bv. DETAIL 5.n) en de balkongevel is de zuidgevel (bv. DETAIL 2.z). Naast de icoontjes in zowel de 1:20 als de 1:5 tekening geven de 1:20-tekeningen aan waar de verticale details zich bevinden. In de bijlage is verder een hoofdstuk met productspecificaties opgenomen.

Gevelopbouw: voorbeeld DETAIL 9.n

De dichte gevelelementen worden van buiten naar binnen opgebouwd met:

Volkern gevelbeplating (Eternit, gelijmd of geschroefd); rachelwerk; waterkerende laag; brandvertragende vochtbestendige beplating; HSB samengestelde stijlen ('slimme' verlijmde naaldhouten balkjes met multiplex stroken); minerale wol; multiplex; dampremmende laag; installatie-/leidingschil; binnen-afbouw-beplating (gipsplaat).

De basis van het SlimFac10 gevelelement is de "slimme" samengestelde stijl. Door de samengestelde stijl neemt het percentage hout in het element af (zeker bij een isolatie dikte in dit deel van het element van ruim 250 mm) wordt het lichter, kan meer isolatie worden toegepast en worden koudebruggen binnen het element zo gereduceerd dat de bijdrage van de stijlen vergelijkbaar wordt aan het bestaande isolatiepakket [13].

Te openen ramen: voorbeeld DETAIL 8.z

Een belangrijk aspect van comfort is het kunnen openen van de ramen. In het ontwerp van het gevelelement is daar rekening meegehouden, ondanks de inzet van het geavanceerde, doch eenvoudig vraaggestuurde hybride-ventilatiesysteem. De grote, te openen ramen worden voorzien van dubbele kaderdichting. Ook zijn er bovenraampjes, geheel glazen klepraampjes, zonder kader. Op deze manier wordt een koudebrug voorkomen en blijft het glasoppervlak van het raampje voldoende groot.

Mogelijkheid deur: voorbeeld DETAIL 5.z

Gezien de grootte van het SlimFac10-gevelelement (3,9 x 2,6 m), de aanzienlijke dikte en het geringe gemiddelde eigen soortelijke gewicht lijkt het element voldoende stijf om er openingen in te maken voor deuren zonder dat de stijfheid tijdens de gebruiksfase, maar ook tijdens de bouwfase een belemmering vormt.

Zonnewarmte: voorbeeld DETAIL 7.z

Het toepassen van een gevelcollector t.b.v. de voorverwarming van ventilatielucht is een optie, maar is binnen het huidige concept afgevallen omdat de portaalstructuur met de diverse balkonelementen op het zuiden teveel schaduw zouden opleveren, waardoor het rendement laag uit zal vallen. Tevens laat de lage plaatsing van de luchttoevoerroosters van het hybride ventilatiesysteem de toepassing van gevelcollectoren niet toe. Een optie die wél open blijft is het toepassen van een serre. De opwarming is niet significant, maar de voordelen van een serre moeten vooral worden gezocht in de extra ruimte en de bijdrage ter beperking van het transmissieverlies. Het laatste zal evenwel laag zijn door de al zeer goed geïsoleerde gevelelementen. Het vervangen van de drievoudige beglazing door HR++ beglazing in het gevelelement verdient bij de toepassing van een serre aanbeveling, doordat het totale transmissieverlies gelijk blijft t.o.v. een gevel zonder serre, maar met drievoudige beglazing. Een serre biedt eveneens, vooral bij hoogbouw en dan ook wel loggia genoemd, een voordeel door drukvereffening bij harde wind.

Ventilatie: voorbeeld DETAIL 3.n

De toepassing van hybride ventilatie met een lage situering van het toevoerrooster introduceert tocht als mogelijk probleem. Door de beperkte vermenging van de dalende koude lucht ontstaat dit oncomfortabele verschijnsel. Door de ventilatielucht voor te verwarmen wordt dit voorkomen. Zie verder hoofdstuk *Hybride ventilatie en installatie*.

Verwarming: voorbeeld DETAIL 3.n

Hoewel de warmtevraag zo laag kan zijn dat eventueel met luchtverwarming zou kunnen worden volstaan [12i, 13i], is er voor het verwarmen van het appartement gekozen voor aangepaste kleine radiatoren. De aanpassing bestaat uit een combinatie van radiator en luchttoevoer t.b.v. de voorverwarming van de ventilatielucht. De radiator heeft een convector achter het stralingsgedeelte en is een afleiding van het decentrale ventilatiesysteem ClimaRad [55, 27i]. De firma JAGA komt op de markt met eigen klapbare radiator-convectoren. De gecombineerde radiator is wegklapbaar waardoor de ventilatieopeningen gereinigd kunnen worden. Zie verder hoofdstuk *Hybride ventilatie en installatie* en de bijlage *Verwarming*.

Zonwering: voorbeeld DETAIL 2.z

Zonwering wordt in de ideale situatie met een noord-zuid opzet uitsluitend toegepast aan de zuidkant van het appartement. Het zonweringssysteem bestaat in eerste instantie uit de vaste overstekken. Deze bevinden zich aan de gehele zuidkant in de vorm van óf een balkon óf een ramen-lapgalerij. In tegenstelling tot de ramen-lapgalerij is bij de balkons geen aanvullend zonweringssysteem noodzakelijk evenals bij een serre. Bij een serre kunnen eventuele maatregelen later worden aangebracht.

Het zonweringssysteem bestaat uit diverse onderdelen (Fig. 47):

- Onderdeel A: Integratie van zeemgalerij en buitenzonwering, windproof, automatisch bediening, van beperkte hoogte (1,0 m), lamellen.
- Onderdeel B: Een eenvoudig rolgordijn met handmatige bediening voor verduistering op elk willekeurig moment. De donkere buitenkant van het doek zorgt voor opwarming ($\rho = \text{laag}$) tijdens het voor- en naseizoen en de perforaties / grofmazigheid voor enige lichttoetreding.
- Onderdeel C: Domotica zorgt voor de aansturing van onderdeel A; de buitenzonwering gaat in winter, herfst en lente automatisch omlaag als:
 - T_i voor het rolgordijn hoger wordt dan de instelling van de thermostaat (ongewenste opwarming dus, met een verschil tussen $T_{i;\text{thermostaat}}$ en $T_{i;a}$ van enkele graden; bv. $T_{i;\text{thermostaat}} = 20^\circ\text{C}$ en $T_{i;a} = 23^\circ\text{C}$).
 - geen wind, wel zon.
 - verwarming dus uit.
 - in- en uitschakelbare automatisch sturing.

Concept: Zomer: onderdeel A ingeschakeld; onderdeel B gesloten.
Herfst, lente, winter: onderdeel A ingeschakeld, maar zal minder vaak worden aangestuurd hoeven worden door onderdeel C. Onderdeel B kan door de bewoners worden gebruikt.

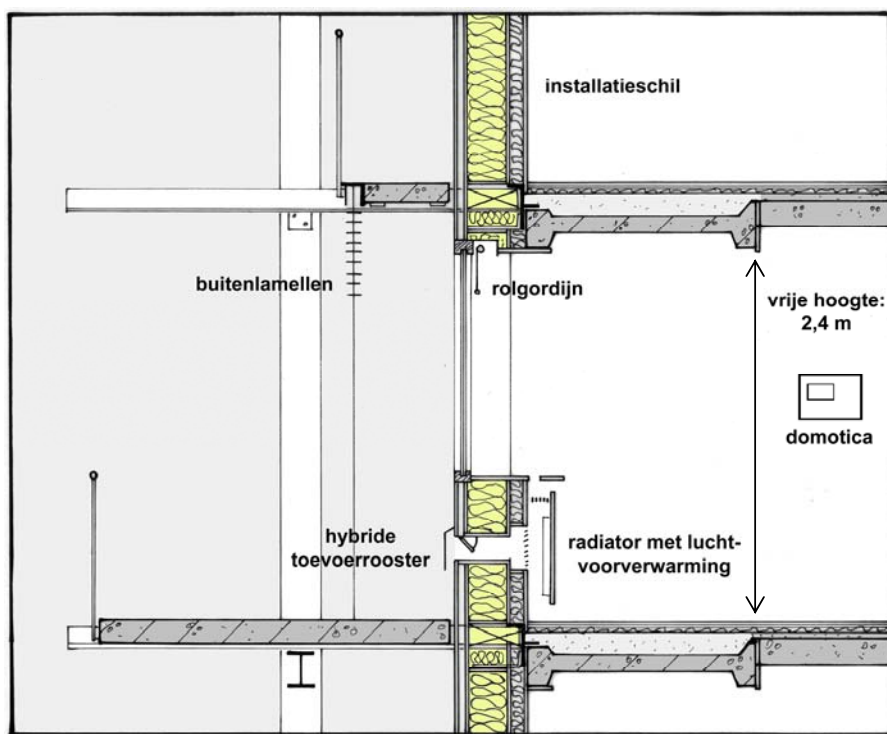


Fig. 47. Het zonweringssysteem.

Geluidsisolatie: voorbeeld DETAIL 11.z en DETAIL 2.z

Geluidsisolatie als belangrijk aspect van comfort wordt op deze plaats slechts aangestipt. De bijlage *Geluid* geeft meer informatie. Vermeld wordt slechts dat er tijdens het ontwerpen van de plattegronden rekening is

gehouden met de inpassing van buigslappe voorzetwanden van 50 mm voor elke dragende wand (Fig. 48). Ook is gedacht aan een droge zwevende vloer.

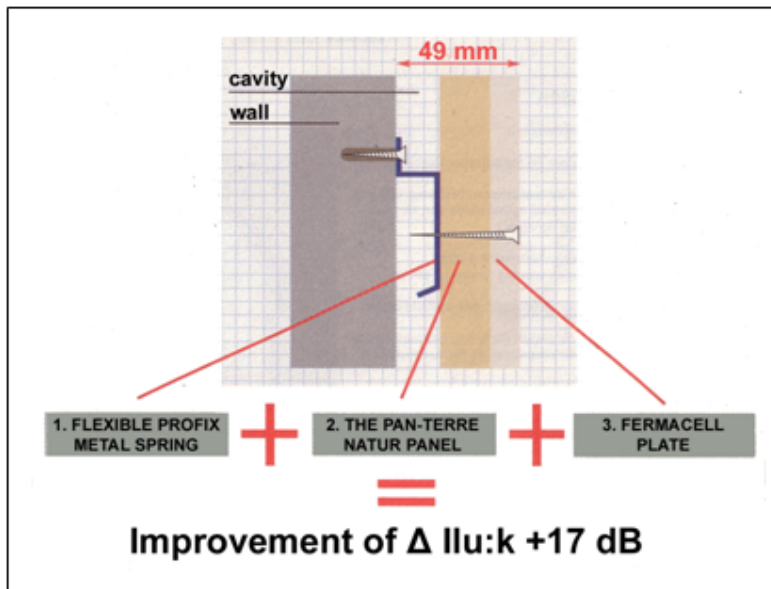


Fig. 48. Een productvoorbeeld van een buigslappe voorzetwand [Bron: Acoustix]

Domotica: voorbeeld DETAIL 4.n

Computergestuurde systemen worden niet alleen als comfortabel beschouwd, als ze functioneren, maar ook als de bewoner ze begrijpt, ze inzichtelijk zijn en als de gebruiker er invloed op heeft. Binnen het voorgestelde concept kunnen computergestuurde componenten onderdeel uitmaken van de kranen van de radiatoren, de (vraaggestuurde) ventilatieopening, de zonwering (Fig. 47, onderdeel A en C) en de inbraakbeveiliging. Daarnaast kan een computersysteem natuurlijk ook zijn aandeel leveren in de entertainment die steeds meer de woning binnendringt.

Binnen het SlimFac10-gevelement bestaat het streven om deze computergestuurde componenten in het element te integreren en te koppelen. Dit levert een algemeen voordeel op voor het bouwproces, waarin kosten, kwaliteit en bouwtijd de voornaamste zijn, maar kan ook een bijdrage leveren aan de inzichtelijkheid voor de gebruiker. Verwacht mag worden dat de (doorsnee) gebruiker vrij snel zal inzien, dat alles in principe in de gevel gebeurt. Alleen bijvoorbeeld de ventilatieafzuiging en natuurlijk de centrale installaties, zoals een mogelijke cv-combi-ketel, bevinden zich in de service-ruimte. Verdere studie zal duidelijk moeten maken in hoeverre deze onderdelen inzichtelijk gemaakt moeten worden d.m.v. een huiscomputer of alleen door eenvoudige uitlees- en toetschermpjes in de ruimte zelf. Doel is in ieder geval dat het ontwerp van de gevelementen de gebruiker laat zien dat de gevel een eenvoudige integrale oplossing is voor de overgang tussen buiten en binnen en dat deze overgang naar wens actief kan worden beïnvloed. De gevel kan analoog aan de huid van de mens ook een orgaan zijn met diverse dynamische functies.

Het belangrijkste voorbeeld is de gecombineerde verwarmings- en ventilatieunit: het voorverwarmde, vraaggestuurde ventilatiesysteem. Aansturing door de gebruiker vindt plaats door een uitlees- en toetschermpje in de ruimte of op de unit dat het ventilatievoerrooster en de radiatorkraan aanstuurt. Meer hierover in het hoofdstuk *Hybride ventilatie en Installaties*.

slimbouwen[®]

Het bouwproces als een complex, dynamisch proces verdient zeker ook bij renovatie aandacht. Eén van de visies om het bouwproces op velerlei onderdelen te verbeteren is de SlimBouwen[®] visie (zie ook bijlage *SlimBouwen[®]*). De principiële uitgangspunten zijn:

- Realiseer een sequentieel bouwproces met minimale onderlinge afhankelijkheid. Vooral de leidingen verdienen binnen een sequentieel proces extra aandacht.
- Bouwtechnologie met afgewogen flexibiliteit, waarbij positionering, bereikbaarheid en veranderbaarheid een belangrijke rol spelen. Op ieder moment van het bouwproces dient te worden afgewogen in hoeverre en op welke manier hier rekening mee is gehouden.
- Streven om slank te bouwen, d.w.z. lichter en compacter.

Deze visie is tijdens het gehele ontwerpproces onbewust en bewust gebruikt. Sommige oplossingen liggen voor de hand. Daarnaast is het niet de bedoeling op elke oplossing het predikaat SlimBouwen[®] te plakken, dom bouwen streeft immers niemand na.

Bij de volgende onderdelen / aspecten wordt nog eens extra aangegeven hoe deze visie haar invloed heeft op het ontwerp:

- Bouwvolgorde
- Vloerelement toegangszijde
- Soorten gevelelementen
- Gewicht
- Leidingen

Bouwvolgorde: voorbeeld DETAIL 6.n

In DETAIL 6.n zijn er, betreffende de bouwvolgorde, twee vaste gegevens, te weten de nieuwe voorgespannen betonnen galerijplaat tussen de driehoekige liggers van de portaalstructuur en de SlimFac10-gevelelementen. Deze laatste wordt standaard gemonteerd nog zonder de gevelbeplating, omdat tijdens de uitvoering de gevelbeplating als te kwetsbaar moet worden beschouwd. De aanwezige portaalstructuur zorgt ervoor dat de gevelbeplating, zonder een bouwstelling in een later stadium van de uitvoering gemonteerd kan worden.

Tussen de gevel en de galerijplaat bevindt zich een vrij in te vullen ruimte. In het detail wordt een serre op het noorden gepland. Zowel het vloerelement als de glazen serre-gevel worden bevestigd aan een bevestigingselement dat op elk willekeurig moment kan worden gemonteerd en gedemonteerd. Het vloer element is licht (hout en houten beplating) en handzaam (zie hoofdstuk *Constructie*), met afmetingen van ongeveer 1,8 x 1,0 m ontworpen. Aan de gevelzijde ligt het vloerelement op een L-profiel dat op zijn beurt de krachten overdraagt aan de portaalliggers. Als laatste volgt een willekeurige afwerking van het plafond en/of vloer.

Vloerelement Toegangszijde: voorbeeld DETAIL 6.n

Het vloerelement, zoals hierboven beschreven heeft nog enkele type uitvoeringen en eisen:

- Licht: redelijk eenvoudig, professioneel te verwijderen
- Lichtdoorlatend; rooster (DETAIL 3.n)
- Brandvertragend
- Glad en waterkerend (DETAIL 6.n)
- Privacy: rooster, 'lichtplank' (resp. DETAIL 3.n en DETAIL 5.n)
- Veranderbaarheid: het dak moet gemakkelijk een vloer kunnen worden voor bv. een serre of gemakkelijk kunnen worden vervangen.

Acht basis gevelelementen

Het SlimFac10-gevelelement is de basiselement van de energetische renovatiestrategie. Deze elementen, met afmetingen van ongeveer 4000 x 2500 x 400 mm, worden fabrieksmatig gefabriceerd en als geheel naar de bouwplaats getransporteerd. Door de prefabricage, samenstelling in de fabriek is het mogelijk oneindig veel verschillende types te maken. Echter op de bouw daarentegen verdient een beperking van het aantal types de voorkeur, vanwege de geringere kans op fouten, voornamelijk bij het toevoegen van andere kleinere elementen aan of rond het gevelelement. Fig. 49 toont de acht meest voorkomende SlimFac10-gevelelementen.

De verschillen tussen de gevelelementen zijn:

- Noord- en zuidgevel, met een lagere borstwering op het zuiden t.b.v. de benutting van passieve zonne-energie en een hogere borstwering op het noorden t.b.v. de privacy en transmissieverliezen.
- Deur, dagmaat 900 mm, links of rechts in het element
- Deur, dagmaat 900 mm, op het zuiden, binnen- en buitendraaiend
- Smallere raampartij op het noorden t.b.v. de externe leidingschacht
- Ramen op het noorden, links of rechtsdraaiend

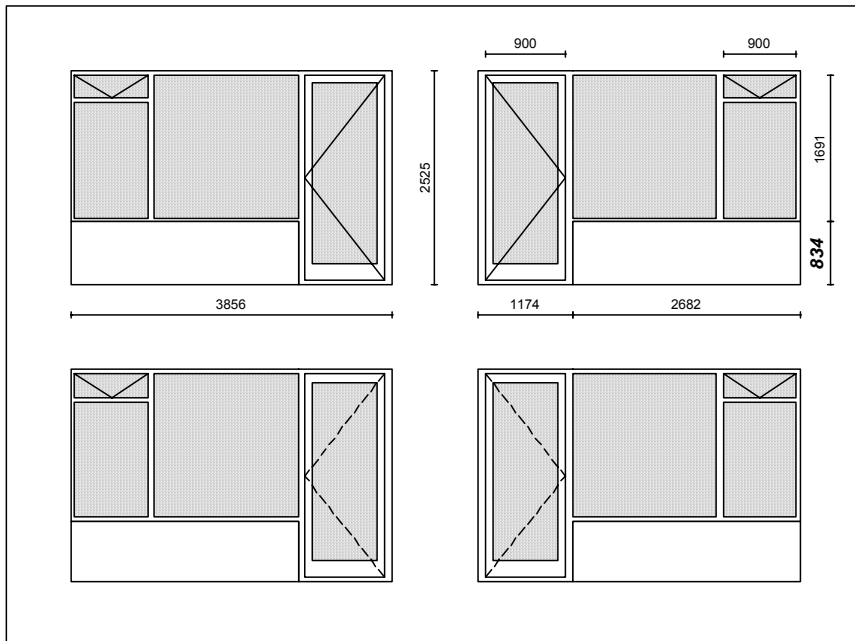


Fig. 49a. SlimFac10 gevelelementen voor de zuidgevel.

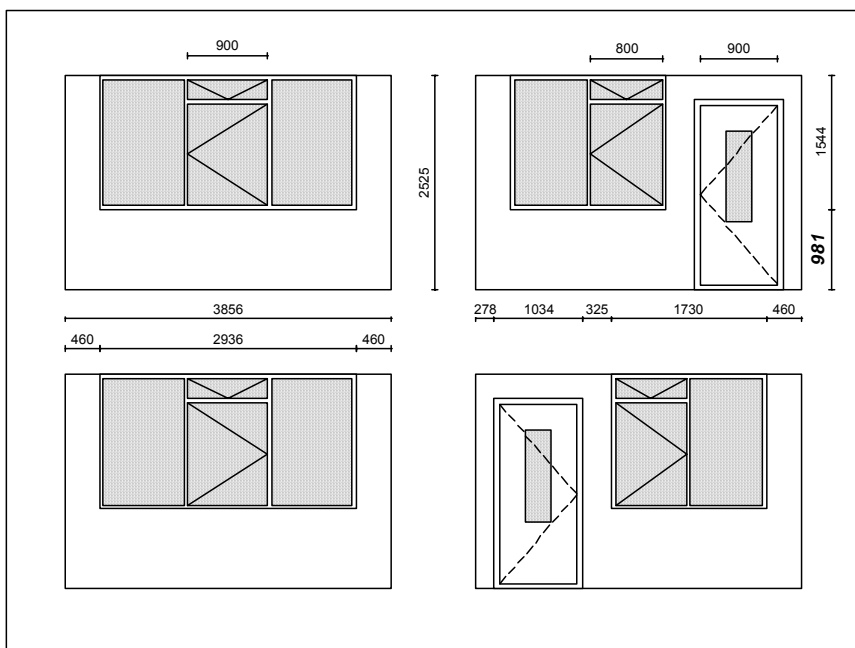


Fig. 49b. SlimFac10 gevelelementen voor de noordgevel.

Gewicht: voorbeeld DETAIL 5.z

Eén van de uitgangspunten van de SlimBouwen[®] visie is licht bouwen. Beton lijkt dan niet het meest voor de hand liggende materiaal en de vraag rijst of gebruik van beton voor de galerijen en balkons past in de theorie van het SlimBouwen[®]. Het zoeken naar lichtere materialen zou een logische keuze zijn. Toch is hier, in ieder geval tot nu toe, en zeker voor de galerijplaten, gekozen voor voorgespannen betonnen vloerelementen. Het belangrijkste nadeel hiervan is het gewicht. Een ander nadeel, samenhangend met het gewicht, is de beperkte veranderbaarheid. Binnen het concept is evenwel het materiaal beton gebruikt met een gering aantal boutverbindingen. De belangrijkste redenen om toch te kiezen voor beton zijn de bouwsnelheid, de maakbaarheid van de grote, eenvoudige elementen, de prijs, en vooral de goede eigenschappen van beton als buitentoepassing. Zoals reeds gesteld is het ontwikkelen van lichte, concurrerende elementen met de goede eigenschappen van beton een interessant onderwerp voor een vervolgonderzoek.

De meeste andere elementen zijn van relatief lichte materialen of ontworpen in slanke dimensies. Zo is de portaalstructuur uitgevoerd in staal met geringe diktes en constructiehoogtes. Naast de volume- en gewichtsvoordelen tijdens en naar de bouw komt de slankheid van het gebouw ook de architectuur ten goede.

Leidingen: voorbeeld DETAIL 11.z en DETAIL 12.n

Een van de belangrijkste aspecten van flexibel en aanpasbaar bouwen is de bereikbaarheid en aanpasbaarheid van de diverse leidingen. Er is reeds stilgestaan bij de ventilatiekanalen en de externe leidingschacht. Naast de externe schacht en de lichte scheidingswanden zorgt de leidingschil in het SlimFac10-gevelement voor de aanpasbaarheid van het kleine leidingwerk. De installatie- / leidingschil heeft de volgende voordelen:

- De dampremmende laag wordt niet doorbroken.
- De installatie kan hierdoor redelijk eenvoudig, zonder kwaliteitsverlies worden aangepast.
- De loze ruimtes in deze schil worden opgevuld met minerale wol, waardoor ook dit deel van het gevelement een bijdrage levert aan de totale isolatiewaarde van de gevel.
- De binnen-afbouw-beplating kan als laatste worden aangebracht, zodat tijdens het bouwproces het gevelement gemakkelijk kan worden beschermd.

Ter plaatse van de aansluiting met de wand die in het verlengde ligt van de bestaande constructieve woningscheidende wanden is een bredere, bereikbare holle ruimte opgenomen om tijdens de gebruiksfase kleine leidingen te kunnen aanbrengen of verleggen. Aan de zuidgevel is het een holle ruimte in de 'woningsscheidende' wand, in de noordgevel kan een stuk van de binnenwandbeplating ter plaatse van de leidingschil, zonder breekwerk, worden weggenomen. De toepassing van houtskeletbouw maakt dit op een eenvoudige manier mogelijk. De horizontale details verschaffen de nodige duidelijkheid.

Bouwknoop: voorbeeld DETAIL 8.z, 9.z en 10.z en maquette 1:5

De genoemde details van de portaalconstructie aan de eenvoudigere zuidkant geven naast de onderstaande foto's (Fig. 50) de nodige duidelijkheid over de constructieve en bouwtechnische bouwknoop.

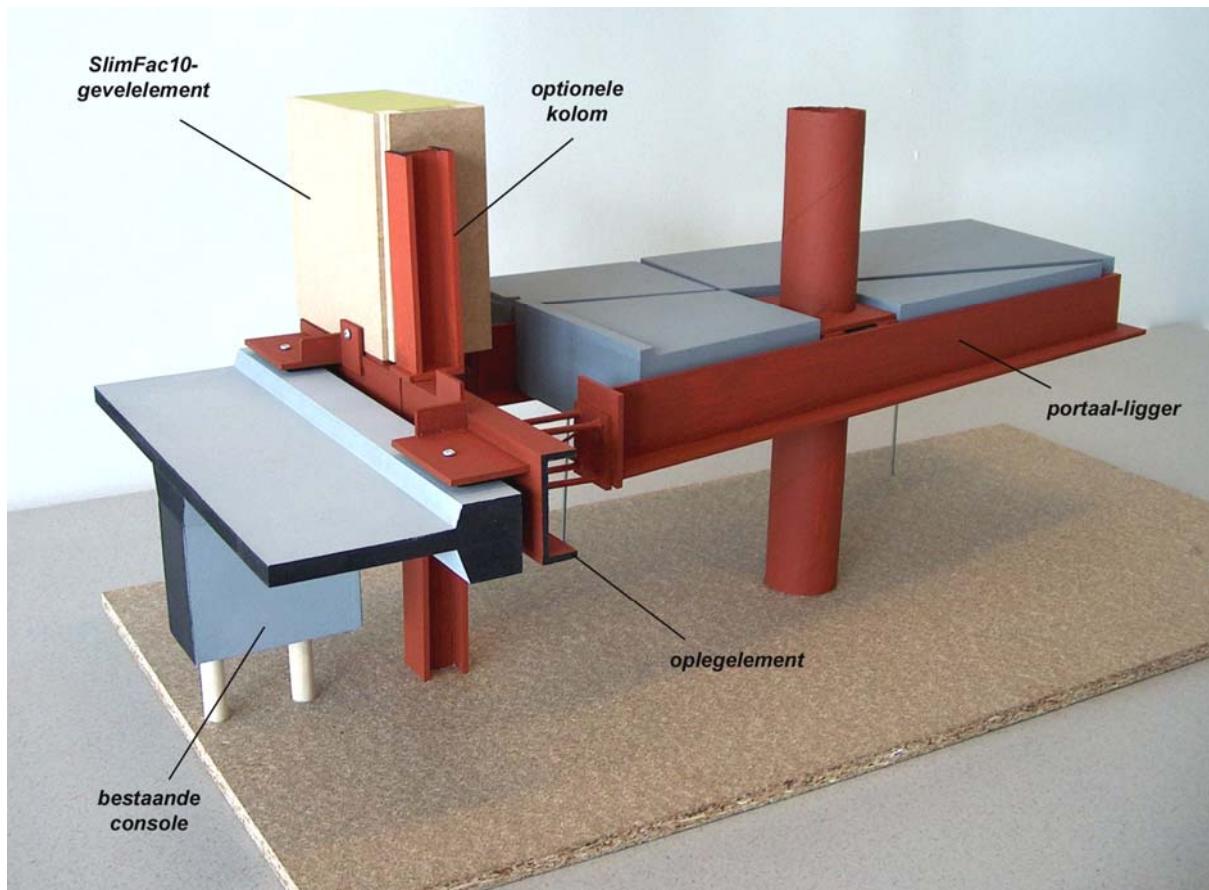


Fig 50a. De totale bouwknoop met herkenbaar een deel van de bestaande console en balkonplaat, het opleg element, het SlimFac10 gevelement, de koudebrug-onderbreking, de driehoekvormige portaal-ligger met kolom en de nieuwe balkonvloerplaten. Optioneel is de linker kolom in de vorm van een HE-profiel.

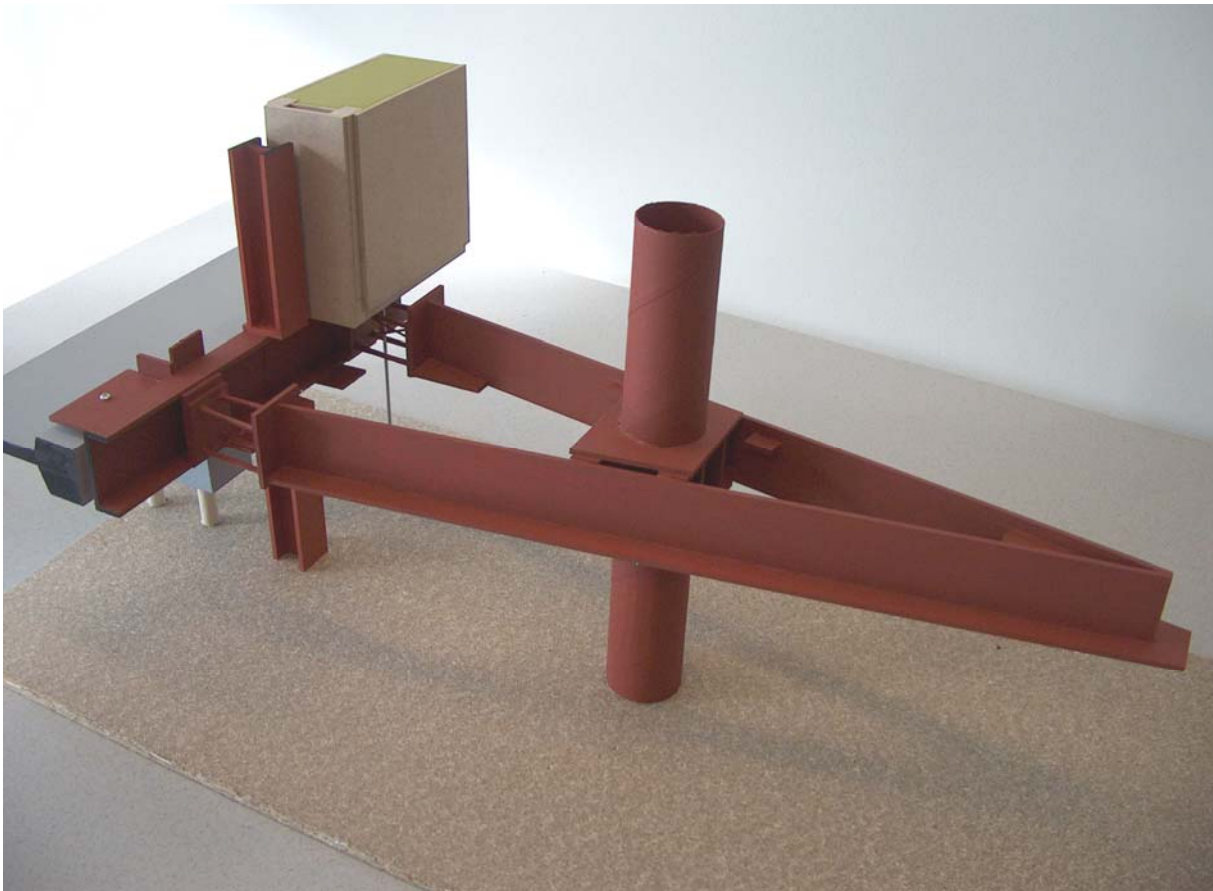


Fig 50b. De nieuw toegevoegde portaalconstructie, zonder balkonvloerplaten.

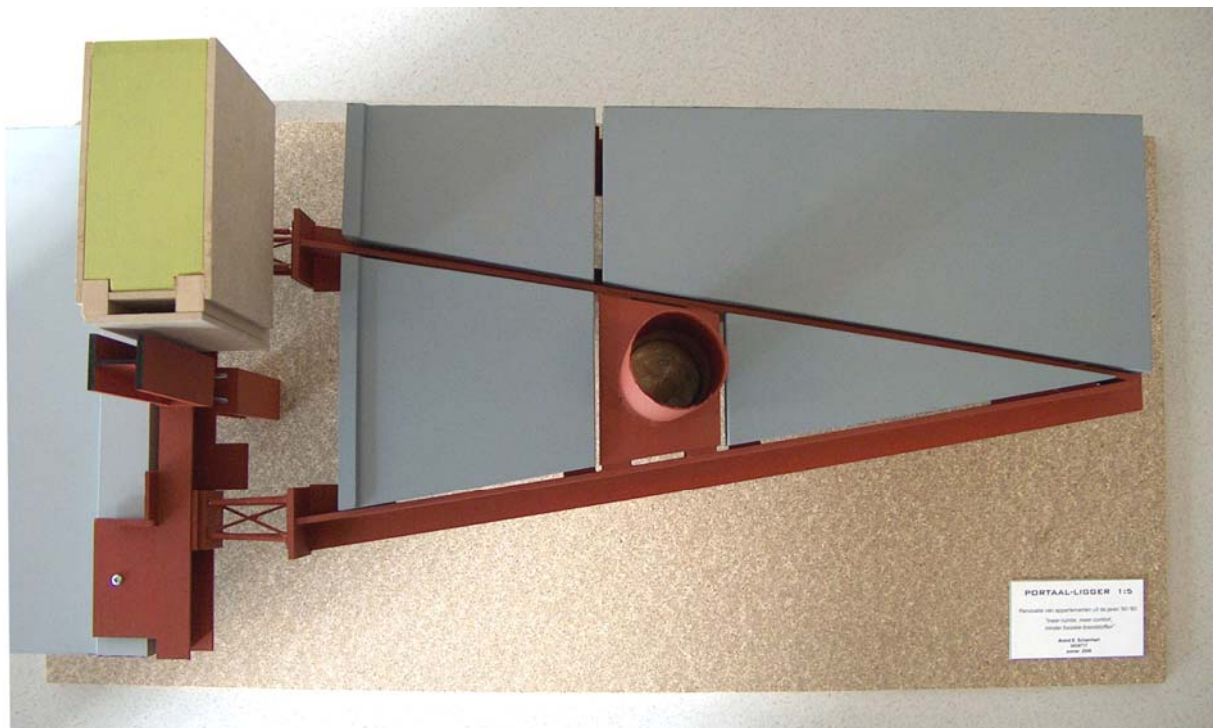


Fig 50c. De nieuwe portaalconstructie van boven, met balkonvloerplaten.

Daglichttoetreding

Door de uitbreiding van de appartementen met een portaalstructuur en het SlimFac10 gevelement wordt extra flexibele woonruimte gecreëerd en worden bestaande koudebruggen bij de woning getrokken. De totale diepte van de woning neemt toe en zal bestaan uit de 10,5 m van de bestaande woning, twee maal de diepte van de bestaande, te slopen gevel (totaal 0,5 meter), de 1,3 m van het balkon en de 1,3 m van de galerij. Totaal wordt een netto diepte van de binnenruimte van 13,4 meter, een toename van 28%, bereikt.

Vanzelfsprekend heeft dit consequenties voor de lichttoetreding tot de kern van de woning. Een logische indeling kan het grootste deel van het probleem al oplossen. Niet-verblijfs- en verkeersruimtes moeten zoveel mogelijk in de donkere kern van de woning worden gesitueerd. De nieuw ontworpen installatieruimte met daarbij een was-droogruimte, in een eengezinswoning bekend als de bijkeuken, is geen verblijfsruimte en wordt incidenteel, kortdurend gebruikt en behoeft weinig tot geen daglicht. Hetzelfde geldt voor de toilet, de badkamer, een inloopkast en andere opbergmogelijkheden. Er is een 'donkere zone' ontstaan.

Zoals al eerder is gebleken, wordt het extra gecreëerde vloeroppervlak niet uitsluitend voor niet-verblijfsfuncties gebruikt. De bestaande verblijfsruimtes, zoals de woonkamer en de werk-/slaapkamers, zijn groter geworden om aan de huidige woonwensen te kunnen voldoen. Deze ruimtes zijn over het algemeen niet breder geworden, vanwege de vaste beukmaat, maar *dieper*. Onderstaande berekeningen tonen aan dat in veel gevallen het ontwerp, ook zonder aanvullende maatregelen nog voldoet aan de voorwaarden voor daglichttoetreding. In enkele gevallen is een aanvullende maatregel om meerdere redenen gewenst. In één geval lijkt om meerdere redenen geen goede oplossing mogelijk en wordt geaccepteerd dat de betreffende slaap-/werkkamer vrij donker blijft.

Tekeningen

De diverse Gevallen (0 en A t/m F) worden aan de hand van NEN 2057 getoetst met behulp van de voor deze gevallen opgestelde plattegronden en doorsneden. Deze zijn te vinden in de bijlage *Tekeningen* onder de tekeningnummer Z-01, Z-02 en Z-03 in de schaal 1:50.

NEN 2057

Alvorens de door het Bouwbesluit voorgeschreven norm NEN 2057, toegepast bij de bepaling van de minimale daglichttoetreding, toe te passen op het ontwerp is het gewenst deze norm, ter vergelijking, toe te passen voor de bepaling van de daglichttoetreding van het huidige referentieappartement. In 1968 gold deze norm nog niet en het is interessant te kijken, mede voor de vergelijking met de nieuwe situatie, of de woning toen al voldeed aan de eisen van nu op dit gebied.

Bestaande situatie en ontwerp

Kenmerkende belemmeringen voor daglichttoetreding zijn de galerij- en balkonplaten van de appartementen. Verder valt op dat de meeste van dit type appartementen beglazing hebben over de gehele breedte van het appartement, zowel voor als achter. Een gegeven dat tenminste de indruk wekt dat deze woningen wel licht zullen zijn. De onderstaande berekeningen vormen een uitbreiding van de eerdere, beperkte behandeling van de daglichttoetreding in hoofdstuk *Referentiewoning en Bewonerswensen*.

Zoals reeds vermeld voldoet de daglichttoetreding voor zowel de bestaande (22,6 m² vloeroppervlak en 4,5 m² glasoppervlak) woonkamer als slaapkamer (14,4 m² vloeroppervlak en 2,8 m² glasoppervlak) met respectievelijk een equivalente daglichtoppervlakte (A_e) van 2,39 m² ($A_e = 1,06 \times A_{\text{vereist}}$) en 1,48 m² ($A_e = 1,03 \times A_{\text{vereist}}$)

Het ontwerp zorgt voor enkele extra gevallen van specifieke belemmeringen voor de daglichttoetreding in enkele verblijfsruimtes. Deze zullen hieronder worden onderzocht, waarvan de grafische uitwerking zich bevindt in de bijlage *Daglichtmodellen*. Naast het feit dat gerenoveerde woningen niet behoeven te voldoen aan het Bouwbesluit, mits het geen verslechtering vormt, is het Bouwbesluit toch de leidraad om tot een voor de gebruiker comfortabel ontwerp te komen. Daarbij adviseert de "Toolkit" van Novem voor Duurzame en Comfortabele Woningen voor extra comfort een minimale daglichttoetreding van 15% van het vloeroppervlak i.p.v. 10%, zoals in het huidige Bouwbesluit [15i]. Dit advies wordt meegenomen bij de beoordeling van het ontwerp.

Slaapkamer met serre als belemmering (Geval A1)

Slaapkamer met serre als belemmering (9,0 m² vloeroppervlak en 2,63 m² glasoppervlak)

$$A_{\text{vereist}} = 0,1 \times A_{\text{vloer}} = 0,1 \times 9,0 = 0,9 \text{ m}^2$$

$A_e = A_d \times C_b \times C_u$, waarin A_e = equivalente daglichtoppervlakte; A_d = de oppervlakte van de doorlaat van de daglichtopening; C_b = de belemmeringsfactor en C_u = de uitwendige reductiefactor.

$$A_d = 2,63 \text{ m}^2; C_b = 0,26 \text{ (NEN 2057 tabel met } \alpha = 25^\circ, \beta = 71^\circ); C_u = 0,8 \times (A_{\text{netto}}/A_{\text{bruto}}) = 0,81 \text{ (} A_{\text{netto}} = 1,7, A_{\text{bruto}} = 1,67)$$

$$A_e = 2,63 \times 0,26 \times 0,81 = 0,56 \text{ m}^2 < 0,9 \text{ m}^2 \text{ (} A_e = 0,62 \times A_{\text{vereist}}). \text{ Voldoet niet aan Bouwbesluit}$$

Conclusie: Slaapkamer met serre als belemmering voldoet niet aan de eis van 10%. Niet de gevel van zowel serre als de slaapkamer zorgen in dit geval voor de grootste belemmering maar het dak van de serre. Een eenvoudige bouwkundige oplossing is er niet. Het betreft hier echter relatief kleine slaapkamers, die gezien de functie met minder licht toe zouden moeten kunnen. De grote glasvlakken zorgen voldoende uitzicht en beleving op de noordkant.

Slaapkamer met serre als belemmering (Geval A2)

Lager gelegen slaapkamer met serre als belemmering (9,0 m² vloeroppervlak en 2,63 m² glasoppervlak)

$$A_{\text{vereist}} = 0,1 \times A_{\text{vloer}} = 0,1 \times 9,0 = 0,9 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_d \times C_b \times C_u$$

$$A_d = 2,63 \text{ m}^2 \quad C_u = 0,81$$

$$C_{b1} = 0,26 \text{ (} \alpha = 25^\circ, \beta = 71^\circ) \text{ en } C_{b2} = 0,23 \text{ (} \alpha = 50^\circ, \beta = 90^\circ - 52^\circ = 38^\circ): C_b = C_{b1} + C_{b2} = 0,49$$

$$A_e = 2,63 \times 0,49 \times 0,81 = 1,04 \text{ m}^2 > 0,9 \text{ m}^2 \text{ (} A_e = 1,12 \times A_{\text{vereist}}). \text{ Voldoet aan Bouwbesluit}$$

Conclusie: De lager gelegen slaapkamer met een serre als belemmering voldoet aan de eis van 10%, maar de extra-comfort-eis van 15% wordt niet gehaald. Dit is het gevolg van de relatief kleine verblijfsruimte met een relatief groot glasoppervlak en de twee-verdiepingshoge serre. Het ontbreken van een vloerdeel in de serre tussen galerij en gevel levert ruim voldoende licht aan de noordkant op. Ook lijkt de beleving en het uitzicht goed.

Slaapkamer met balkons als belemmering (Geval B)

Slaapkamer met balkons als belemmering (15,6 m² vloeroppervlak en 5,2 m² glasoppervlak)

$$A_{\text{vereist}} = 0,1 \times A_{\text{vloer}} = 0,1 \times 15,6 = 1,56 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_d \times C_b \times C_u$$

$$A_{d1} = 2,57 \text{ m}^2 \text{ en } A_{d2} = 2,63 \text{ m}^2$$

$$C_{b1} = 0,35 \text{ (} \alpha = 25^\circ, \beta = 66^\circ) \text{ en } C_{b2} = 0,64 \text{ (} \alpha = 25^\circ, \beta = 34^\circ), \text{ en } C_u = 1,0$$

$$A_{e1} = A_{d1} \times C_{b1} \times C_u = 2,57 \times 0,35 \times 1,0 = 0,95 \text{ m}^2$$

$$A_{e2} = A_{d2} \times C_{b2} \times C_u = 2,63 \times 0,64 \times 1,0 = 1,68 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_{e1} + A_{e2} = 0,95 + 1,68 = 2,63 \text{ m}^2 > 1,56 \text{ m}^2 \text{ (} A_e = 1,69 \times A_{\text{vereist}}). \text{ Voldoet aan Bouwbesluit}$$

Conclusie: Slaapkamer met balkons als belemmering voldoet ruimschoots aan de eis van 10%, terwijl ook de extra-comfort-eis van 15% wordt gehaald. De deels grote overstek van het bovenliggende balkon laat voldoende licht toe in de slaapkamer en zorgt voor zonwering in de zomer. De kleine overstek, bedoeld als beglazingswasgalerij, geeft slechts een geringe reductie in de belemmeringsfactor (0,64 i.p.v. 0,86 zonder kleine overstek).

Woonkamer met balkons als belemmering (Geval C)

Woonkamer met balkons als belemmering (25,7 m² vloeroppervlak en 5,2 m² glasoppervlak)

$$A_{\text{vereist}} = 0,1 \times A_{\text{vloer}} = 0,1 \times 25,7 = 2,57 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_d \times C_b \times C_u$$

$$A_{d1} = 1,18 \text{ m}^2 \text{ en } A_{d2} = 4,02 \text{ m}^2$$

$$C_{b1} = 0,35 \text{ } (\alpha = 25^\circ, \beta = 66^\circ) \text{ en } C_{b2} = 0,64 \text{ } (\alpha = 25^\circ, \beta = 34^\circ), \text{ en } C_u = 1,0$$

$$A_{e1} = 1,18 \times 0,35 \times 1,0 = 0,41 \text{ m}^2$$

$$A_{e2} = 4,02 \times 0,64 \times 1,0 = 2,57 \text{ m}^2$$

$$A_e = 2,98 \text{ m}^2 > 2,57 \text{ m}^2 \text{ } (A_e = 1,16 \times A_{\text{vereist}}). \text{ Voldoet aan Bouwbesluit}$$

Conclusie: De daglichttoetreding van de woonkamer met een deel van een balkon als belemmering is voldoende. Het deel van het balkon is hier dan ook zo klein mogelijk gehouden, teneinde zo veel mogelijk licht (en zon) zo diep mogelijk naar binnen te kunnen laten. Goede zonwering is hier onontbeerlijk.

Slaapkamer met galerij als belemmering (Geval D)

Slaapkamer met galerij als belemmering (13,3 m² vloeroppervlak en 4,1 m² glasoppervlak)

$$A_{\text{vereist}} = 0,1 \times A_{\text{vloer}} = 0,1 \times 13,3 = 1,33 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_d \times C_b \times C_u$$

$$A_d = 4,1 \text{ m}^2; C_b = 0,26 \text{ } (\alpha = 25^\circ, \beta = 71^\circ); C_u = 1,0$$

$$A_e = 4,1 \times 0,26 \times 1,0 = 1,07 \text{ m}^2 < 1,33 \text{ m}^2 \text{ } (A_e = 0,81 \times A_{\text{vereist}}) \text{ Voldoet niet aan Bouwbesluit}$$

Conclusie: De eis van 10% wordt bij deze slaapkamer met galerij als belemmering niet gehaald. Hier geldt hetzelfde probleem als in geval A1: de grote overstek met weliswaar meer glasoppervlak en geen serrebelemmeringen, maar een groter gebruiksoppervlak. De gevallen E, F1 en F2 (zie verder) geven oplossingen indien de vloer boven de overstek tussen de galerijplaat en de gevel kan worden gebruikt als een niet-verblijfs-buitenruimte of als dit vloerdeel kan worden weggelaten.

Slaapkamer met galerij en rooster als belemmering (Geval E)

Slaapkamer met galerij en rooster als belemmering (13,3 m² vloeroppervlak en 4,1 m² glasoppervlak)

$$A_{\text{vereist}} = 0,1 \times A_{\text{vloer}} = 0,1 \times 13,3 = 1,33 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_d \times C_b \times C_u$$

$$A_d = 4,1 \text{ m}^2; C_u = 1,0$$

$$C_{b1} = 0,26 \text{ } (\alpha = 25^\circ, \beta = 71^\circ) \text{ en } C_{b2} = 0,22 \text{ (rooster; } \alpha = 52^\circ, \beta = 90^\circ - 52^\circ = 38^\circ)$$

$$C_b = 0,26 + (0,22 \times 0,6) = 0,39 \text{ (reductiefactor 0,6: aanname geadviseerd door [28i])}$$

$$A_e = 4,1 \times 0,39 \times 1,0 = 1,61 \text{ m}^2 > 1,33 \text{ m}^2 \text{ } (A_e = 1,21 \times A_{\text{vereist}}) \text{ Voldoet aan Bouwbesluit}$$

Conclusie: Deze uitvoering van de slaapkamer met galerij en rooster als belemmering voldoet ruimschoots aan de eis van het Bouwbesluit, maar niet aan de extra-comfort-eis. Het vloerdeel kan worden ingevuld als (beloopbaar) rooster of met een oplossing van melkglas (glazen bouwstenen). Inkijk van de galerij in de ondergelegen appartementen is minimaal of in het geheel niet bij toepassing van een oplossing met melkglas. Toch blijft het de vraag of de gestelde waarden realistisch zijn, en niet het "gevoel" van een donkere kamer op de noordkant blijft bestaan. Simulatie zou dit mogelijk kunnen aantonen.

Slaapkamer met galerij als belemmering (Geval F1)

Slaapkamer met galerij als belemmering (13,3 m² vloeroppervlak en 4,1 m² glasoppervlak)

$$A_{\text{vereist}} = 0,1 \times A_{\text{vloer}} = 0,1 \times 13,3 = 1,33 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_d \times C_b \times C_u$$

$$A_d = 4,1 \text{ m}^2; C_{b1} = 0,28 (\alpha = 48^\circ, \beta = 90^\circ - 52^\circ = 38^\circ) \text{ en } C_{b2} = 0,26 (\alpha = 25^\circ, \beta = 71^\circ); C_b = 0,28 + 0,26 = 0,54, \text{ en } C_u = 1,0$$

$$A_e = 4,1 \times 0,54 \times 1,0 = 2,21 \text{ m}^2 > 1,33 \text{ m}^2 (A_e = 1,66 \times A_{\text{vereist}}) \text{ Voldoet aan Bouwbesluit}$$

Conclusie: Als het vloerdeel volledig wordt weggelaten en uitsluitend de galerij een belemmering vormt dan is ook de extra-comfort-eis haalbaar. De ramen kunnen dan minder makkelijk door de bewoners zelf worden gewassen. De tekening (bijlage Daglicht-modellen) maakt overigens duidelijk dat bij toevoeging van slechts een smalle was-galerij (700 mm) de belemmeringen niet groter worden. Het voordeel van het creëren van een "kort-verblijfsbalkon" voor de woning vervalt in dit geval en het is de vraag of dit in de praktijk zal worden toegepast gezien de overdreven toepassing van twee balustrades in combinatie met de beperkte diepte en winst in lichtopbrengst.

Slaapkamer met galerij als belemmering en lichtplank (Geval F2)

Slaapkamer met galerij als belemmering en lichtplank (13,3 m² vloeroppervlak en 4,1 m² glasoppervlak)

$$A_{\text{vereist}} = 0,1 \times A_{\text{vloer}} = 0,1 \times 13,3 = 1,33 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_d \times C_b \times C_u$$

Raam 1, onderste deel:

$$A_{\text{dr1}} = 2,8 \text{ m}^2$$

$$C_{b1} = 0,32 (\alpha = 25^\circ, \beta = 68^\circ) \text{ en } C_{b2} = 0,27 (\alpha = 48^\circ, \beta = 90^\circ - 51^\circ = 39^\circ); C_{b1,2} = 0,59; C_u = 1,0$$

$$A_{\text{er1}} = 2,8 \times 0,59 \times 1,0 = 1,65 \text{ m}^2$$

Raam 2, bovenste deel:

$$A_{\text{dr2}} = 0,92 \text{ m}^2$$

$$C_b = 0,59 (\alpha = 25^\circ, \beta = 42^\circ); C_u = 1,0$$

$$A_{\text{er,2}} = 0,92 \times 0,59 \times 1,0 = 0,54 \text{ m}^2$$

In deze berekening wordt de lichtplank als daklicht beschouwd. Dat betekent dat het oppervlak van de lichtplank het oppervlak van de doorlaat van de daglichtopening is. De drie lichtplanken (DETAIL 5.n) voor deze ruimte hebben een oppervlak van $3 \times 400 \times 900 \text{ mm} = 1,08 \text{ m}^2$ [30i]. Vervolgens wordt er voor de overstekken en andere belemmering een schatting gemaakt voor dat deel dat mee doet. Hiervoor wordt het percentage van de totale hoek gebruikt.

$$A_{\text{d lichtplank}} = 1,08 \text{ m}^2$$

$$C_u = 1,0$$

$$C_{\text{b lichtplank}} = (\text{tabel 2, NEN 2057 met } \alpha = 31^\circ) \text{ en } (180^\circ - (2 \times 31^\circ)) = 100\%, \text{ dus } 18^\circ = 15\% = 0,15$$

$$C_{\text{b lichtplank}} = 0,95 \times 0,15 = 0,14$$

Om het geval enigszins realistischer te maken wordt er een reductiefactor voorgesteld van 0,8 voor de licht prisma'sche lichtplank [29i, 89t].

$$C_{\text{b lichtplank}} = 0,14 \times 0,8 = 0,11$$

$$A_{\text{e lichtplank}} = 1,08 \times 0,11 \times 1,0 = 0,12 \text{ m}^2$$

$$A_e = A_{\text{er1}} + A_{\text{er2}} + A_{\text{e lichtplank}}$$

$$A_e = 1,65 + 0,54 + 0,12 = 2,31 \text{ m}^2 > 1,33 \text{ m}^2 (A_e = 1,74 \times A_{\text{vereist}}) \text{ Voldoet aan Bouwbesluit}$$

Conclusie: Slaapkamer met galerij als belemmering, maar met lichtplank voldoet ruimschoots, ook aan de extra-comfort-eis. Naast het kleine deel extra lichttoetreding en het dieper laten doordringen van het licht in de ruimte heeft een lichtplank als voordeel dat het de inblik van boven via de galerij bijna tot een minimum reduceert. In dit geval zorgt een was-galerij wel voor minder lichttoetreding.

Als nu de toepassing het rooster (12,1%), de lichtplank (17,4%) en het volledig weglaten van het vloerdeel (16,6%) op de noord-/ toegangszijde worden vergeleken dan wordt duidelijk dat ze allemaal ruim voldoen, maar elk hun voor- en nadelen hebben. Aan de belangrijke zuidkant, met de woonkamer, zijn de belemmeringen minder groot en voldoen de ruimtes dan ook ruimschoots aan de 10%-eis.

Verder blijkt ook dat, in enkele gevallen, de daglichtopening, lees beglazing, kleiner zou kunnen zijn met als voordeel een verlaging van het energieverbruik als gevolg van transmissie. Onderzoek van o.a. Het Bouwcentrum wijst echter uit dat bewoners voornamelijk de mate van uitzicht in hun oordeel betrekken [47]. Ten gevolge van een belemmering zou de verhouding tussen het noodzakelijke oppervlak van het meeste belemmerende raam en dat van het minst belemmerende raam veel minder sterk van de mate van belemmering afhangen, dan in de NEN 2057 wordt aangegeven. Het betreft hier evenwel vooral horizontale belemmeringen en deze spelen bij galerijen een geringere rol.

Daglichtplank

De belangrijkste reden een lichtplank toe te passen is niet de betere kwalitatieve, en ook kwantitatieve, daglichttoetreding, maar vooral de beperking van inkijk van boven. De opbouw van de toegangszijde zal over het algemeen per verdieping bestaan uit een galerij met tochtportalen en daar waar zich geen tochtportaal bevindt een verdiepte galerij in de vorm van een rooster of een dicht vloerdeel. Daar waar zich geen rooster of vloerdeel bevindt kan een lichtplank worden toegepast om zo de inkijk naar beneden te beperken, maar toch ook bij te dragen aan een betere verdeling van het daglicht in de ruimte.

DETAIL 5.n in de bijlage *Tekeningen* en de Fig. 51a en 51b illustreren het principe en de toepassing van een lichtplank.

De bepaling van de daglichttoetreding in geval F2 laat een lichte toename zien door toepassing van een lichtplank. De horizontale verlichtingssterkte neemt echter af. In de raamzone zelfs met 30% [89t]. Het daglicht van boven wordt daar tegengehouden door de lichtplank en verder de ruimte ingebracht. Met name worden de hoger in de ruimte gelegen vlakken aangelicht. Achter in de ruimte (8 m diep) is de afname van de horizontale verlichtingssterkte nog maar 5% t.o.v. een situatie zonder lichtplank (Fig. 51a, rechts). De werking bij difuuslicht is aanzienlijk minder dan wanneer er directe zoninstraling opvalt [89t].

Geconcludeerd kan worden dat een lichtplank volgens een uitgevoerde, niet geheel representatieve berekening een lichte toename van de daglichttoetreding laat zien. In deze ontwerpsituatie is de toepassing van een lichtplank gericht op het beter verspreiden van difuuslicht en het beperken van inkijk. Door toepassing van een 'lichtplank' aan de binnenkant van melkglas wordt de inkijk verder beperkt, maar blijft er aan de raamzijde voldoende verlichtingssterkte over. Verder zal hierdoor het contrast verminderen.

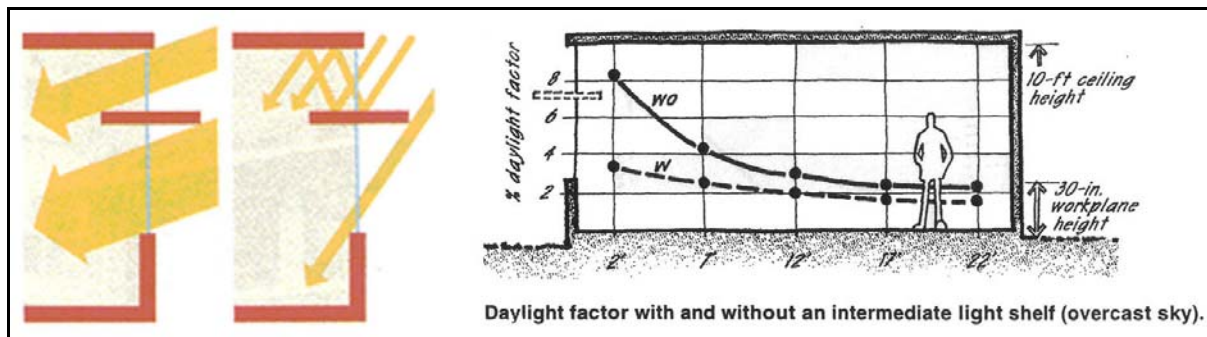


Fig. 51a. Het principe van de lichtplank in de winter bij lage (*l*) en in de zomer (*r*) bij hoge zonnestand voor zonnestrallen. Voor diffuus licht aan de noordkant, zoals de toepassing in het ontwerp zal zijn, is het lijnenspel iets minder uitgesproken. De figuur rechts geeft de invloed van een lichtplank op de daglichtfactor. Met lichtplank is de daglichtfactor (*w*) lager dan zonder (*wo*), maar door een betere lichtverdeling in de ruimte ontstaat de indruk van een lichtere ruimte [34].



Fig. 51b. Lichtplanken in de gevel van een kantoor (Kantongerecht, Amersfoort, 1999). De lichtplank bevindt zich ook aan de binnenkant, met als doel om via weerkaatsing door reflectie het daglicht zo diep mogelijk in de ruimte krijgen. Een lichtplank aan de buitenzijde is effectiever. Een lichte afwerking van het plafond is hiervoor noodzakelijk.

Daglichtsimulator

Om een realistisch beeld te krijgen van de daglichtfactor, naast de theoretische bepaling van de equivalente daglichttoetreding, is voor dezelfde gevallen (A t/m F, zie boven) de daglichtfactor bepaald met behulp van een daglichtsimulator. Het model bestond uit een maquette gemaakt, schaal 1:20, van de grotere (13,3 m²) slaapkamer aan de toegangszijde van de portaalstructuur en de mogelijkheid de diverse vloerdelen en andere onderdelen willekeurig te plaatsen (Fig. 52). De reflectiefactor van de witte binnenwanden en plafond is vrij hoog, namelijk 0,6.

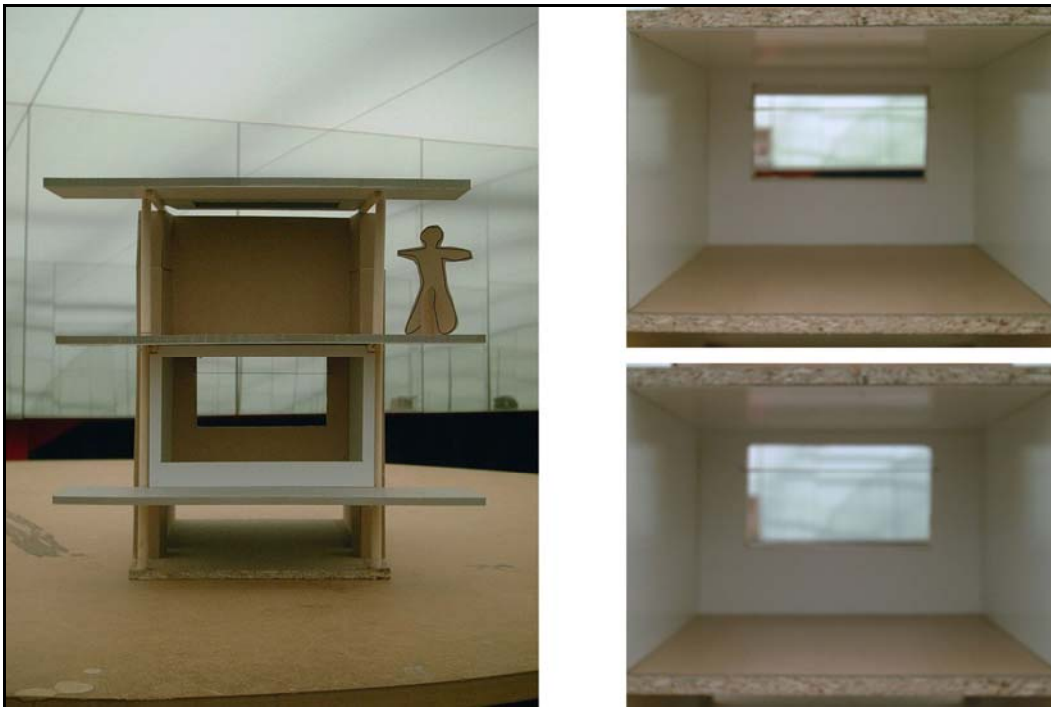


Fig. 52a. De maquette in de daglichtkamer, met rechts, hoewel minder goed te zien, enig onderscheid tussen de verlichtingssterkte met (boven) en zonder (onder) alle vloerdelen.

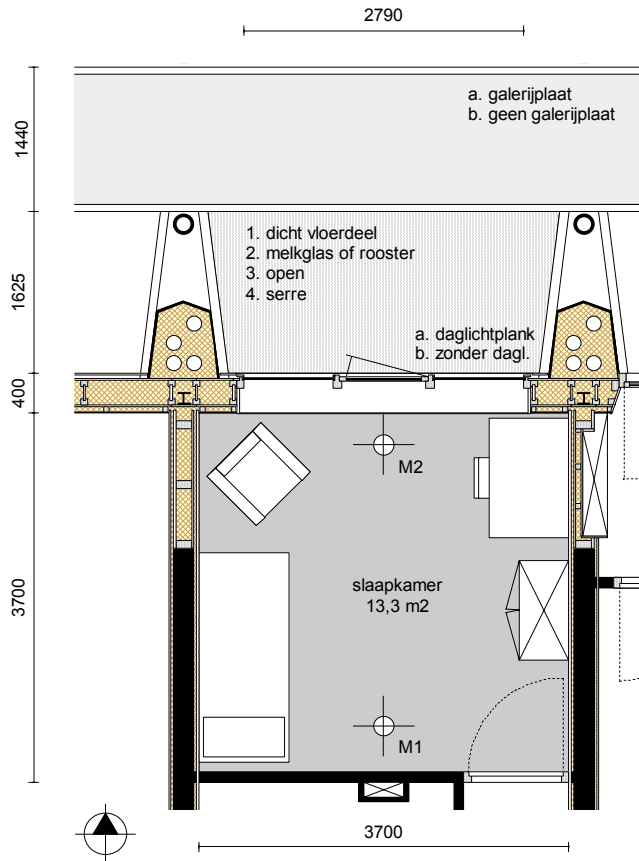


Fig. 52b. Meetpunten in de maquette van de belangrijkste slaapkamer aan de toegangszijde.

De daglichtfactor ter plaatse van één van de twee meetpunten (Fig. 52b) volgt uit: $E_{\text{meetpunt}} / E_{\text{gem.;vrije veld}} \times 100\%$. In de daglichtsimulator bedraagt de verlichtingsterkte “in het vrije veld” ($E_{\text{gem.;vrije veld}}$) 12.080 lux ($\pm 4\%$). Tabel 10 en Fig. 52c geven de gemeten daglichtfactor onder verschillende omstandigheden. Vermeld dient te worden dat voor de gevallen A1 en F1, of wel respectievelijk bovenste slaapkamer met serre als belemmering en bovenste slaapkamer met alleen een galerij als belemmering (zie boven) de maquette zodanig is aangepast dat de (onderste) kamer van de maquette, met raam, voor de metingen is gebruikt.

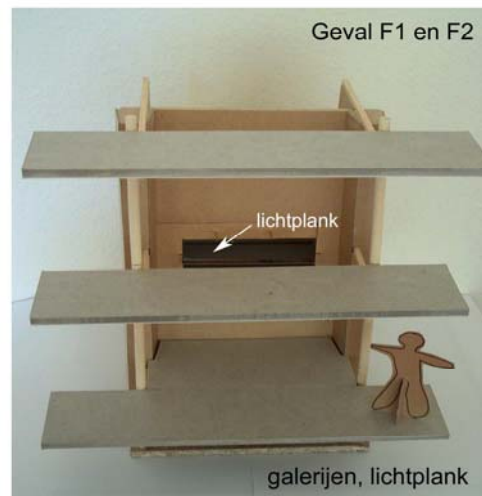


Fig. 52c. De verschillende gemeten situaties: 'dichte' situatie (D); met rooster of glazen bouwstenen (E); 'dubbele' serre (A1 en A2); 'lege' situatie (F1 en F2).

Tabel 10. Gemeten verlichtingsterkte, daglichtfactor en theoretisch equivalente daglichttoetreding^{a)}.

Meetgeval	Verlichtingsterkte (lux)		Daglichtfactor	Equivalente daglichttoetreding
	M1 (achterin)	M2 (raamkant)	M1 (achterin)	
			Richtlijn 2-5 %	Richtlijn 10-15 %
Zonder vloerdelen, galerijen	730	1620	6,0 %	8,0 %
Met daglichtplank	630	985	5,2 %	7,2 %
Geval A1: serre, boven	305	270	2,5 %	6,5 %
Geval A2: serre, beneden	455	780	3,8 %	12,2 %
Geval D: alle vloerdelen	375	380	3,1 %	8,0 %
Geval E: melkglas / rooster	430	555	3,6 %	12,1 %
Geval F1: galerij	570	955	4,7 %	16,6 %
Geval F2: galerij, lichtplank	495	745	4,1 %	17,4 %

^{a)} Ter vergelijking: in bestaande, referentiewoningen wordt voor een kamer met een vergelijkbaar vloer- en raamoppervlak een daglichtfactor van 4,1% gemeld [47].

Opvallend is dat in het geval van een "serre, boven" (geval A1) en "alle vloerdelen" (geval D) de daglichtfactor onder het raam lager of gelijk als die achterin de kamer. Hiervan lijkt de hoge reflectiefactor van de witte achterwand de oorzaak. Uit de gegevens zijn enkele conclusies te trekken:

- In alle gevallen ligt de daglichtfactor tussen de richtlijn van 2 tot 5%.
- De vloerdelen tussen de galerijen en de gevel nemen het meest licht weg, blijkend uit het verschil tussen geval D en geval F1.

- Het toepassen van een rooster of glazenbouwstenen in deze vloerdelen (geval E) resulteert in een verhoging op +55 / +75 lux, overeenkomend met een verhoging van de daglichtfactor met 0,5 %.
- Het plaatsen van een 'dubbele' serre, met dichte zijwanden en een vrijwel transparante voorgevel geeft voor de bovenste slaapkamer een duidelijke vermindering van de verlichtingssterkte (geval A1 t.o.v. D) van -110 lux en 0,6%.
- De lichtplank van de maquette zorgt niet voor een verhoging van de daglichtfactor. Een extra meting leverde een vermindering aan de raamkant op van 1,7% en achterin van 0,5%. Dit lag in de lijn der verwachting, ook omdat het goed modelleren van een daglichtplank, schaal 1:20, niet realistisch is.

Conclusie

Het nieuwe gevelement, SlimFac10 en de additionele "slimme" portaal constructie, toevoegingen die centraal staan binnen de renovatiestrategie, vormen onvermijdelijk een belemmering voor de daglichttoetreding in de diepere woning. Door zonering van niet-verblijfsruimtes in de donkere zone, centraal in de woning, en het niet over de gehele breedte toepassen van een balkon kan ook in de diepere woonkamer een situatie met voldoende licht worden bereikt. Aan de toegangszijde met de noodzakelijke galerijen kan worden gedacht aan het toepassen van roosters, vloerdelen met glazen bouwstenen en lichtplanken. Deze toepassingen kunnen ook een bijdrage leveren aan het aspect privacy. In enkele gevallen, zoals uit berekeningen blijkt, wordt zelfs de in de Novem Toolkit gestelde comforteis voor de equivalente daglichttoetreding gehaald. Hier staat tegenover dat vooral bij de slaapkamers aan de toegangszijde de eis voor de equivalente daglichttoetreding uit het Bouwbesluit niet haalbaar blijkt. Voor een slaap- / studeerkamer wordt dit aanvaardbaar geacht. Metingen met de daglichtsimulator aan deze slaapkamers toont echter aan dat de daglichtfactor in alle gevallen voldoet aan de richtlijn van 2-5%.

Hybride ventilatie en Installatie

Installatieconcept

Binnen dit renovatieconcept vormen flexibiliteit, comfort en gezondheid de belangrijkste aspecten voor de installaties en met name het leidingwerk. De nieuwe gevelementen bieden de gelegenheid deze te gebruiken als belangrijkste houder van de afgiftesystemen. Het volledig wegwerken van grotere (lucht)kanalen in dit gevelement bleek niet haalbaar en is ook niet nodig zal blijken. In een installatieschil van 50 mm kunnen diverse leidingen, zoals elektra, data- en (warm)waterleidingen worden weggewerkt.

Flexibiliteit en een gezond binnenklimaat gaan hand in hand binnen het concept. Hier is hoofdzakelijk het nieuwe hybride ventilatiesysteem voor verantwoordelijk. Schachten aan de noordkant zorgen voor de afvoer van vervuilde ventilatielucht om het, vervolgens, te gebruiken voor warmteterugwinning met een warmtepompboiler.

Als verwarmingselementen worden aangepaste radiatoren gebruikt. Naast de voorverwarming van de bij de gevel binnenkomende verse lucht zorgen deze radiatoren voor, als aangenaam ervaren, stralingswarmte in de verblijfsruimtes. Voorzetwanden, die voor een verhoging van de geluidsisolatie zorgen maken het mogelijk de elektrapunten opnieuw in te delen, maar zorgen bij onvakkundige installatie voor geluidlekken.

Hybride ventilatiesysteem

Het vraaggestuurde hybride ventilatiesysteem is een ventilatiesysteem dat natuurlijke (winddruk, thermische trek) en mechanische ventilatie combineert, om met een zo laag mogelijk energiegebruik een goed binnenklimaat te realiseren. Het lage energieverbruik wordt bereikt door een lage hoeveelheid elektrische hulpenergie en de beperking van het ventilatieverlies door aansturing van de hoeveelheid benodigde lucht. Er zijn diverse principes bekend, maar bij alle dient slechts bij een onvoldoende natuurlijke ventilatiecapaciteit de mechanische afzuigventilator te worden ingezet (Fig. 53) [24].

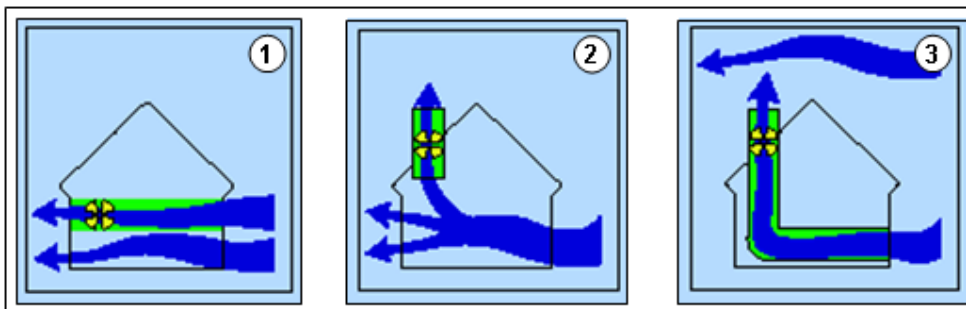


Fig. 53. De drie principes van het hybride ventilatie: (1) Gescheiden systemen van natuurlijke en mechanische ventilatie, welke volledig autonoom van elkaar kunnen worden gebruikt. (2) Natuurlijke ventilatie gecombineerd met een vraaggestuurde mechanisch afzuiging. (3) Optimale combinatie van natuurlijke trek en wind geassisteerde mechanische afzuiging [24].

Het meest toegepaste (Fig. 53, nummer 2), zo ook binnen het gepresenteerde ontwerp hybride ventilatiesysteem, met vraaggestuurde toevoerroosters in de gevel en een centrale afzuigventilator heeft meerdere voordelen (+), maar ook nadelen (-):

- (+) geen toevoerleidingen, die vervuild kunnen raken of onvoldoende verse lucht aanvoeren
- (+) het openen van ramen ontregelt het systeem niet
- (+) vraaggestuurd systeem met invloed door de gebruiker d.m.v. handbediening, een timer en/of CO₂ sensoren
- (+) toevoerleidingen behoeven niet te worden ingepast; een groot voordeel bij renovatie met een beperkte vrij verdiepingshoogte.
- (-) efficiëntie van de warmteterugwinning: een lucht-lucht-warmtewisselaar ontbreekt.
- (-) voorverwarmen van verse lucht is vanuit het oogpunt van comfort nodig.

Het laatste (nadeel) verdient vanuit comfort-overwegingen de volle aandacht. De warmteterugwinning, waarbij gebruikt wordt gemaakt van een combinatie van een warmtepomp en een water-lucht-warmtewisselaar is slechts een rendement haalbaar van 40% in tegenstelling tot een rendement van 85% bij gebalanceerde ventilatie met een warmtewisselaar. Een voorverwarmingselement, een combinatie van bijvoorbeeld een radiator en toevoerrooster, kan het nadeel van de koude, verse lucht ondervangen.

Inpassing in het ontwerp

Fig. 54a geeft schematisch de luchtstromingen ten gevolge ventilatie weer. De volgende onderdelen zijn te onderscheiden:

1. Het luchtafvoerkanaal tussen de installatieruimte en externe schacht die de warme lucht afvoert richting de water-lucht-warmtewisselaar op het dak.
2. Geïsoleerde externe installatieschacht, waar naast luchtkanalen ook ruimte is voor (warm)water, elektra en dataleidingen.
3. Binnen het systeem van hybride ventilatie zorgt het openen van de ramen niet voor een verstoring van het systeem. De gebruiker kan d.m.v. een lampje of display eenvoudig aflezen of het openen van het raam energie kost.
4. Mechanische afzuigventilator die samen met de vraaggestuurde toevoerroosters de eenvoudige basis vormen van het hybride ventilatiesysteem.
5. De kleine interne schacht voor de riolering en de afvoer van de cv-verbrandingsgassen in het hart van elke constructieve sectie.
6. Het bij 1. genoemde kanaal bevindt zich in een koef tezamen met een kanaal t.b.v. cv-lucht-toevoer, gas, water en elektra.

De lucht stroomt door de laag geplaatste hybride toevoeropening in de gevel en wordt voorverwarmd door de 'aangepaste' radiator, die zich net onder het raam bevindt. In het appartement verlopen de luchtstromingen richting de centrale afzuigventilator in de installatieruimte.

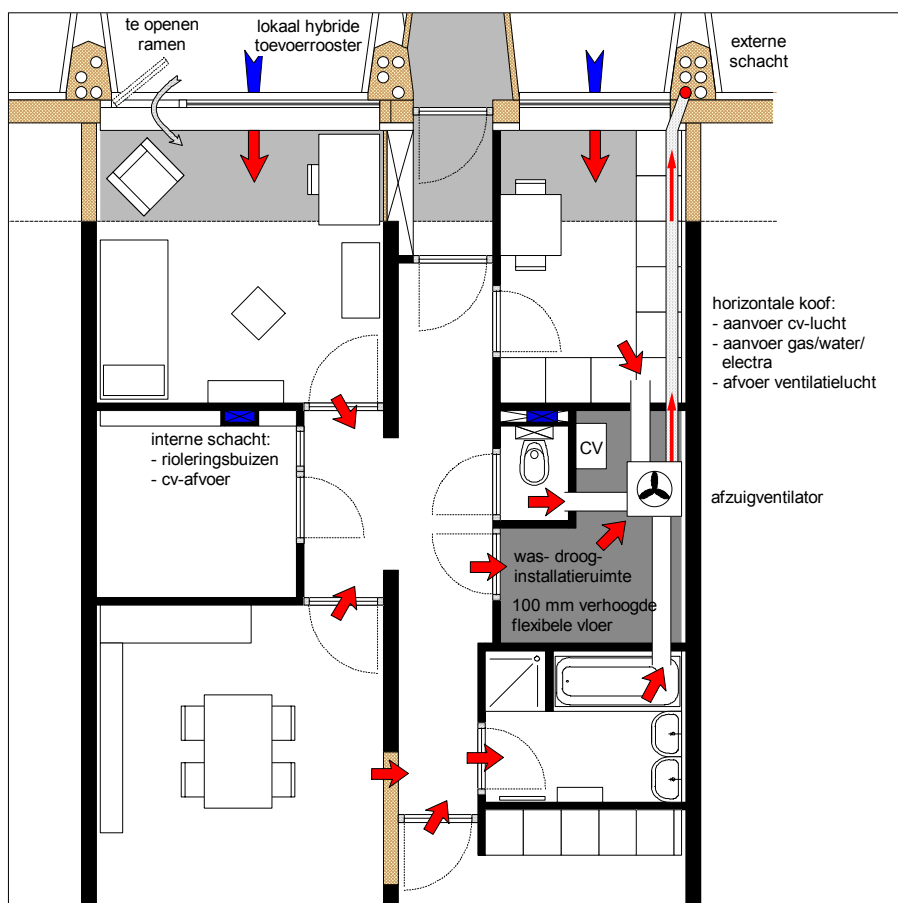


Fig. 54a. Deel van de woningplattegrond met de "ideale" luchtstromingen. De pijlen tonen de luchtstroming (blauw = koude lucht; rood = warme lucht).

Vraaggestuurde ventilatietoeverrooster met voorverwarming

Het meest opvallende aan het vraaggestuurde hybride ventilatiesysteem zijn de toevoerroosters. In de bijlage *Ventilatie* worden ze beschreven en getoond als traditionele ventilatieroosters, boven de beglazing met als toevoeging een vraaggestuurde servo-motor, die de toevoerkleppen traploos kan openen en sluiten. Binnen het ontwerp is echter gekozen voor een combinatie van een ventilatietoeverrooster en een verwarmingselement, waardoor directe voorverwarming kan plaatsvinden (Fig 54b en c). Het voorgestelde systeem is nog niet in productie genomen, maar is nog in onderzoek bij de firma Jaga. De basis van het systeem is de wegklapbare radiator-convector, die zorgt voor de voorverwarming van de verse, koude ventilatielucht en het mogelijk maakt het geheel eenvoudig te reinigen. Daarnaast bevindt zich in het HSB-

gevelement (Fig. 54c) het vraaggestuurde ventilatierooster, bestaande uit een rooster en een aanvoerbuis dat reageert op de gekozen parameters als temperatuur, CO₂-gehalte, vochtigheid, vastgestelde tijd en tijdelijke behoefte.

Als belangrijkste nadeel kan genoemd worden de lage plaatsing van de ventilatietoeverroosters in relatie tot comfort wanneer de buitenlucht aanzienlijk kouder is als de gewenste binnentemperatuur en de voorverwarming (radiator uit of koud) op dat moment niet werkt. Om dit op te vangen zal de mini-processor van de vraaggestuurde ventilatie (hybride) ook de radiator moeten kunnen aansturen. Deze zal dan zo geprogrammeerd moeten worden door de specialist dat er een goed compromis wordt gevonden tussen het aanschakelen van de radiator (meer energieverbruik) en het gesloten houden van de ventilatietoever (minder verse lucht dan gewenst of geëist). Een snel reagerend verwarmingssysteem is dan een vereiste.



Fig. 54b. De Climarad [55t]: een soortgelijk systeem, alleen dan met hybride ventilatie i.p.v. lokale warmteterugwinning met een kleine ventilator (geluid!).

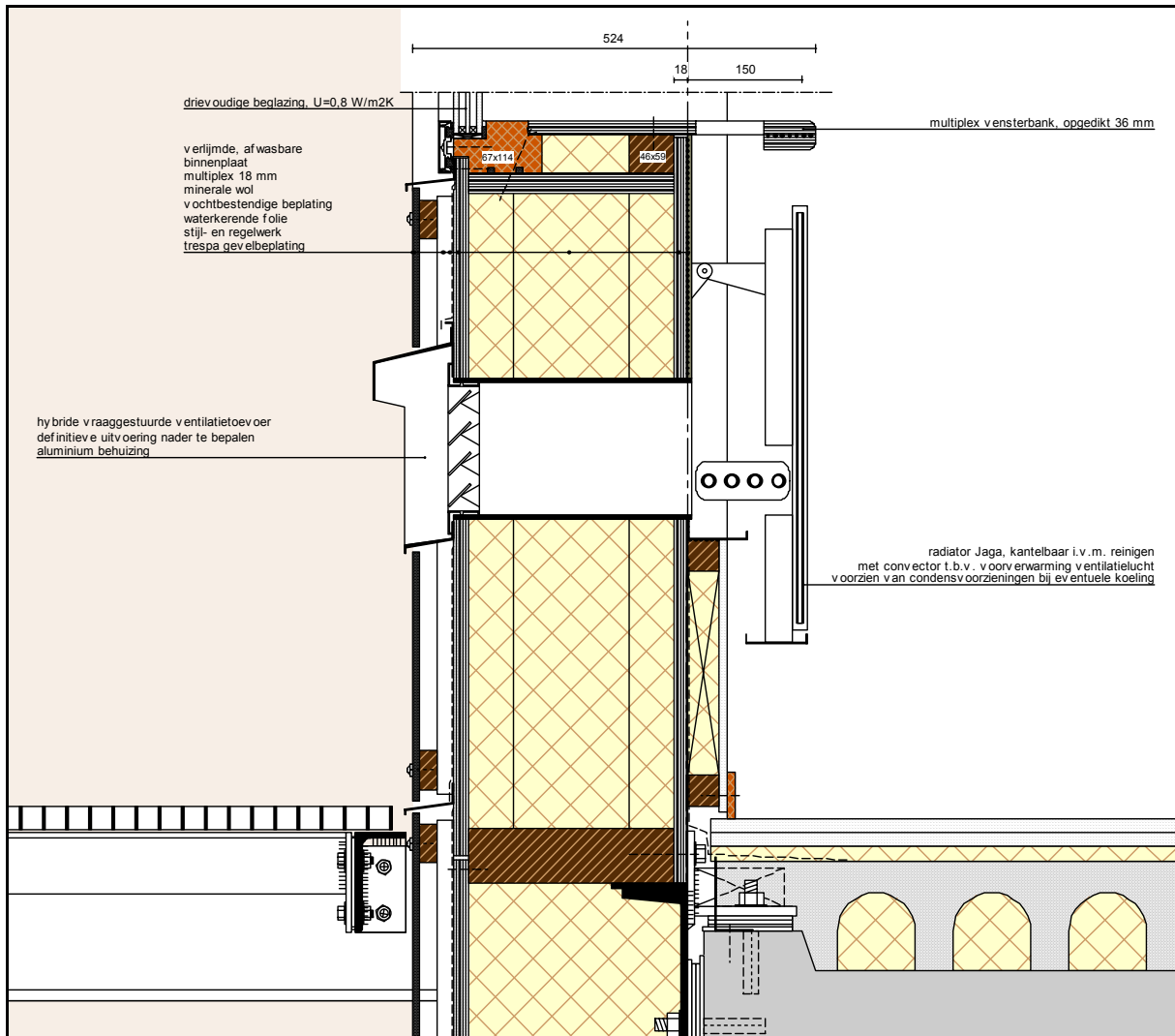


Fig. 54c. De inpassing van toevoerrooster, radiator en geïntegreerde voorverwarmingsconvector ter plaatse van de SlimFac10 gevelelementen, net onder het raam.

Gelijkwaardigheidsbeginsel Bouwbesluit

Bij hybride ventilatie is er sprake van een ventilatiesystemen met een lagere gemiddelde lucht volumestroom, veroorzaakt door de vraaggestuurde ventilatiebehoefte. Het is niet (meer) nodig met een “veilig”, té hoog gemiddeld ventilatiedebiet te ventileren. Het systeem bespaart energie doordat er *minder* “warme”, nog niet wezenlijk vervuilde lucht naar buiten behoeft te worden afgevoerd om te voldoen aan de “veilige” eis van het Bouwbesluit ($\approx 0,9 \text{ dm}^3/\text{m}^2\text{s}$) [26i]. Het gemiddelde totale ventilatiedebiet neemt af met 20-30% t.o.v. uitsluitend mechanische afzuiging, al dan niet in combinatie met mechanische toevoer en warmteterugwinning met gelijkblijvende luchtkwaliteit voor relatief kleine ruimtes, zoals slaapkamers en woonkamers. Dit geldt voor gebouwen met een luchtdoorlatendheid van minimaal $q_{v10} = 0,30 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$. Bij een ventilatievoud van $0,8 \text{ h}^{-1}$ voor een appartement van $238,0 \text{ m}^3$ ($q_{v10} = 0,15 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$) levert dit een ventilatievoud op van gemiddeld $0,6 \text{ h}^{-1}$. Deze waarde zal hieronder worden gebruikt in de HAMBBase simulaties (zie hoofdstuk *Energieverbruik: simulaties*). In het TNO-Bouw rapport 98-bbi-r0386 wordt een gedetailleerde rekenmethode uitgewerkt om te komen tot het gelijkwaardigheidsprincipe voor de bepaling van de EPC van woningen met hybride ventilatie [24i, 26i, 48t]. Het energieverbruik van de ventilatoren wordt in het hoofdstuk *Energieverbruik: simulaties* besproken.

Warmteterugwinning op ventilatielucht

Het ventilatieverlies bedraagt 4700 kWh per jaar (Fig. 22). Als er vanuit wordt gegaan dat 25% van dit ventilatieverlies via de open ramen en deuren en via infiltratie (al dan niet gewenst) weglekt dan kan de resterende 75% ($\approx 3500 \text{ kWh}$) via de afzuigventilator terechtkomen bij een lucht-water-warmtewisselaar op het dak. Met een rendement van 40% op een warmtepompsysteem met de lucht-water-warmtewisselaar kan een significant gedeelte van de energie teruggewonnen worden en worden gebruikt als voorverwarming van warm-tapwater. Na aftrek van de leidingverliezen (lucht en water) en extra energiegebruik t.b.v. pompen en aansturing (25%) kan zo voor warm-tapwater per appartement $4700 \times 0,75 \times 0,4 \times 0,75 = 1058 \text{ kWh}$ worden bereikt [29]. Voor een goed vergelijk met andere, internationale en nationale projecten lijkt het

gerechtvaardigd deze bijdrage van warmteterugwinning te betrekken in de berekening van het energieverbruik voor ruimteverwarming. Deze energie komt immers uit de lucht voor ruimteverwarming. Dit resulteert in een reductie op van 115 m³ aardgas per jaar voor een appartement van 90 m² (-11,8 kWh/m²a). Bij de toepassing van hybride ventilatie zal dit getal lager uitvallen, omdat het effectieve ventilatievoud ook terugloopt. Een simulatie toonde dat het ventilatieverlies dan 3700 kWh bedraagt. Dit levert een reductie van 91 m³ aardgas per jaar (-9,3 kWh/m²a) (zie hoofdstuk *Energieverbruik: simulaties*).

Dimensionering leiding(en) voor ventilatie

De economisch optimale luchtsnelheid ligt in niet-beklede ventilatiekanalen boven de 10 m/s. Echter, in verband met de geluidsproductie, worden bij niet-beklede kanalen de volgende snelheden aangehouden [48]:

- hoofdkanaal in gangen 4 – 5 m/s
- aftakkingen in kamers 2 – 3 m/s

Aangezien zich binnen het huidige ontwerp geen kanalen met openingen bevinden in de verblijfsruimtes mag er gerekend worden met 4 - 5 m/s voor de luchtkanalen. De opbouw van het afvoergedeelte van het ventilatiesysteem is eenvoudig. Rond en in de was-/ droog-/ installatieruimte waar zich de afzuigventilator bevindt, liggen de ruimtes die afzuigpunten hebben (Fig. 54). Dat zijn de keuken, de toilet, de badkamer en de was-/ droog-/ installatieruimte zelf. Een rooster of een overgedimensioneerde naad aan de boven- of onderkant van de deur van de installatieruimte zorgt voor de afzuiging van de overige ruimtes. Vanuit deze centraal gelegen ruimte(s) loopt een afvoerleiding van de afzuigventilator naar de (noord)gevel met de extern gelegen schachten die de warme lucht naar de warmtewisselaar van de warmtepompboiler brengen. De afvoerleiding tussen de installatieruimte en de externe schacht is qua dimensionering van de doorsnede het meest bepalend binnen het ontwerp van elk afzonderlijk appartement. De dimensie van het kanaal hangt af van de eis voor de luchtsnelheid (max. 5 m/s), het heersende ventilatievoud (gerekend is met 0,8 h⁻¹) en de woninginhoud (standaard 238 m³). De afstand van begin tot einde en de bochten van het kanaal is van belang. De afstand van afzuigventilator tot aan de externe schacht (waar de kanaaldoorsnede toe mag nemen) is kort (5 m), waardoor er voor de berekening van de doorsnede van het luchtkanaal geen reductiefactoren nodig zijn.

Bepaling doorsnede van luchtkanaal bij een "gemiddelde" afzuigstand:

Luchtsnelheidseis	≤ 5 m/s; ventilatievoud = 0,8 h ⁻¹ ; woninginhoud = 238 m ³ .
<i>Berekening:</i>	0,8 x 238 = 190,4 m ³ /h = 0,053 m ³ /s 0,053 / 5 = 0,011 m ² ; minimale opp. doorsnede luchtkanaal = πr ² = 0,011 m ² Ø luchtkanaal (2r) = min. Ø 120 mm of bijvoorbeeld 75 x 150 mm
<i>Conclusie:</i>	Het bouwkundige inpassen lijkt gezien de afmetingen van het luchtkanaal geen probleem. Bij een luchtsnelheidseis van < 2 m/s wordt krijgt het luchtkanaal een diameter van 180 mm. Ter plaatste van de overgang binnen-gevel-externe schacht leidt dit tot een kleinere doorsnede met als gevolg een hogere, plaatselijke luchtsnelheid.

Als de ventilator in de hoogste stand wordt geschakeld, manueel, via een timer of door de CO₂ sensoren dan kan de luchtsnelheidseis bij een goede geluidsisolatie van het luchtkanaal eventueel worden bijgesteld naar 10 m/s. Het ventilatievoud wordt door de hoogste stand verhoogd naar 1,5 h⁻¹.

Bepaling doorsnede van luchtkanaal bij "hoogste" afzuigstand:

Luchtsnelheidseis	= 10 m/s; ventilatievoud = 1,5 h ⁻¹ ; woninginhoud = 238 m ³ .
<i>Berekening:</i>	1,5 x 238 = 357,0 m ³ /h = 0,1 m ³ /s 0,1 / 10 = 0,01 m ² ; minimale opp. doorsnede luchtkanaal = πr ² = 0,01 m ² Ø luchtkanaal (2r) = min. Ø 120 mm of bijvoorbeeld 75 x 150 mm
<i>Conclusie:</i>	Het bouwkundige inpassen lijkt geen probleem. Als de ≤ 10 m/s niet haalbaar blijkt, dan levert de eis ≤ 5 m/s een luchtkanaal op van min. Ø 160 mm of bv. 100 x 200 mm (Opp = 0,1 / 5 = 0,02 m ² ; Ø = 159 mm). Bouwkundig minder acceptabel, gezien de toenemende grootte van de leidingkoof en de aansluiting ter plaatse van de gevel met de externe leidingschacht.

Als compromis kan gekozen worden voor Ø 150 mm of bijvoorbeeld 100 x 150 mm.

Verder blijkt uit een korte berekening dat bij een doorsnede (Opp.) van het luchtkanaal van 0,01 m² (Ø 120 mm) en met een maximale luchtsnelheid van 10 m/s het 40 minuten duurt eer de gehele woning is ververst. Een dergelijke luchtsnelheid kan leiden tot geluidsoverlast. Echter dit luchtkanaal is kort en wordt in een geluidsisolerende koker verwerkt. Bij hybride ventilatie met een vraaggestuurde ventilatie, mag echter worden verwacht dat hoge tijdelijke ventilatiedebieten sneller kunnen worden weggewerkt. Er wordt weinig tot niet geventileerd als dat, volgens bijvoorbeeld de CO₂-sensoren, niet noodzakelijk is en meer als dat

nodig mocht blijken, bijvoorbeeld tijdens of na bezoek. Het luchtkanaal lijkt hierdoor in doorsnede te moeten worden vergroot. Echter een hybride ventilatiesysteem kan de toevoerroosters sluiten in die ruimtes die op dat moment geen ventilatiebehoefte hebben. Hierdoor kan het absolute ventilatiedebiet afnemen en worden alleen die ruimtes geventileerd waar de maximale CO₂-waarde wordt overschreden. Het (mogelijk) gevolg is dat het luchtkanaal minder groot gedimensioneerd hoeft te worden. Een berekening illustreert dit:

Berekening: Onder een bepaalde omstandigheid dient de woonkamer te worden afgezogen in 20 minuten, terwijl de andere ruimtes kunnen worden dicht gehouden. Dit houdt wel in dat enkele ruimtes *tussen* woonkamer en afzuigventilator (hoogste stand) ook meedoen, en dat ook enkele naastgelegen ruimtes *deels* worden afgezogen. Wordt het totaal af te zuigen volume geschat op 120 m³/20 min. bij een luchtsnelheid van 10 m/s dan resulteert dit in een minimale luchtkanaal doorsnede (Opp.) van 0,01 m² of wel een luchtkanaal doorsnede van min. Ø 120 mm of bijvoorbeeld 75 x 150 mm.

Dit voorbeeld toont dat niet op voorhand gekozen hoeft te worden voor een luchtkanaal met een grote doorsnede. Bij andere indelingen, zoals die van de maisonnette, zal vooral het verloop van de afvoerluchtstromen kritisch moeten worden bekeken. Ook verdient de plaatsing van het afvoerkanaal tussen de keuken, met ook de afzuigkap, aandacht. Een invulling van dit aandachtspunt blijft hier achterwege.

Conclusies

Binnen het renovatie-concept is gekozen voor het eenvoudig in te bouwen systeem van hybride ventilatie met als basis een centrale afzuigventilator en toevoerroosters in de gevel. Door deze roosters aan te sturen d.m.v. CO₂-sensoren, een timer met programma of handmatig kan de totale luchtvolumestroom worden gereduceerd met als gevolg minder ventilatieverliezen en een lager energieverbruik.

Voor wat betreft de beperking van ventilatieverliezen kan het systeem niet concurreren met gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (wtw). Het comfort neemt echter toe, doordat het vraaggestuurde systeem eenvoudig is aan te passen, inzichtelijk is en het mogelijk maakt ramen te openen zonder interferentie met het ventilatiesysteem. Daarnaast is vervuiling van het systeem nihil omdat er geen moeilijk te reinigen toevoerkanalen zijn. Hierdoor worden mogelijke gezondheidsrisico's beperkt.

De indeelbaarheid van de appartementen wordt niet belemmerd door de bouwkundige inpassing van de toevoerkanalen. Het belangrijkste onderdeel, het toevoerrooster, bevindt zich in de gevel. Elke verblijfsruimte heeft een deels glazen gevel met plaats voor een toevoerrooster. De afzuigventilator kan in de "donkere" zone worden geplaatst en d.m.v. een enkel luchtkanaal worden verbonden met de geïntegreerde, externe leidingschacht.

De belangrijkste reden om te kiezen voor de lage plaatsing van de ventilatietoevoerroosters is de beperkte verdiepingshoogte, die zeker aan de bovenkant ten volle moet worden benut voor daglichttoetreding en het integreren van een voorverwarmingselement in de noodzakelijke kleine radiator, waardoor een compacte en elkaar aansturende installatie ontstaat.

Gezien de lage opbrengst van de collectieve warmteterugwinning op ventilatielucht (verwachting van 11,8 kWh/m²a) en de royale investering in de externe schacht (voor andere functies wel noodzakelijk) en installatieruimtes met warmtepompen op het dak lijkt deze oplossing economisch niet rendabel. Gedacht kan worden, naast het systeem te laten vervallen, aan een kleine warmtepomp per appartement, die ook gebruik maakt van de warme afzuiglucht en de cv-combiketel in combinatie met de zonnecollectoren geheel zou kunnen vervangen. Betrouwbaarheid en kennis van de systemen tijdens de uitvoering en gebruiksfase is noodzakelijkheid. Bij het combineren van systemen als warmteterugwinning en zonnecollectoren is het belangrijk als het gaat om rendement te kijken naar de verschillende temperatuurniveaus van de transportmedia's.

Verder informatie over ventilatie en, in het bijzonder, hybride ventilatie is te vinden in het bijlage *Ventilatie*.

Energieverbruik: simulaties

Aanpak

Met de HAMBase simulatie software van de TU/e faculteit Bouwkunde, unit BPS, zal het energieverbruik en het aantal temperatuuroverschrijdingsuren van het ontwerp onder diverse omstandigheden worden gesimuleerd. Fig. 55 toont de basis met de karakteristieken, waarvan enkele de Faktor-10 als uitgangspunt hebben, van het renovatie ontwerp [7i, 8j]:

1. Nieuwe thermisch geïsoleerde gevel: het SlimFac10 gevelement (Faktor 10)
2. Passieve zonne-energie in combinatie met drievoudige beglazing (Faktor 10)
3. Portaal structuur ter voorkoming van koudebruggen (Faktor 10)
4. "Donkere" zone met installatieruimte en een afzuigventilator (Faktor 10)
5. Warmtepompboiler voor warmteterugwinning t.b.v. het warm-tapwater (Faktor 10)
6. Zonnecollectoren t.b.v. het voorverwarmen van warm-tapwater
7. Actieve en passieve zonwering

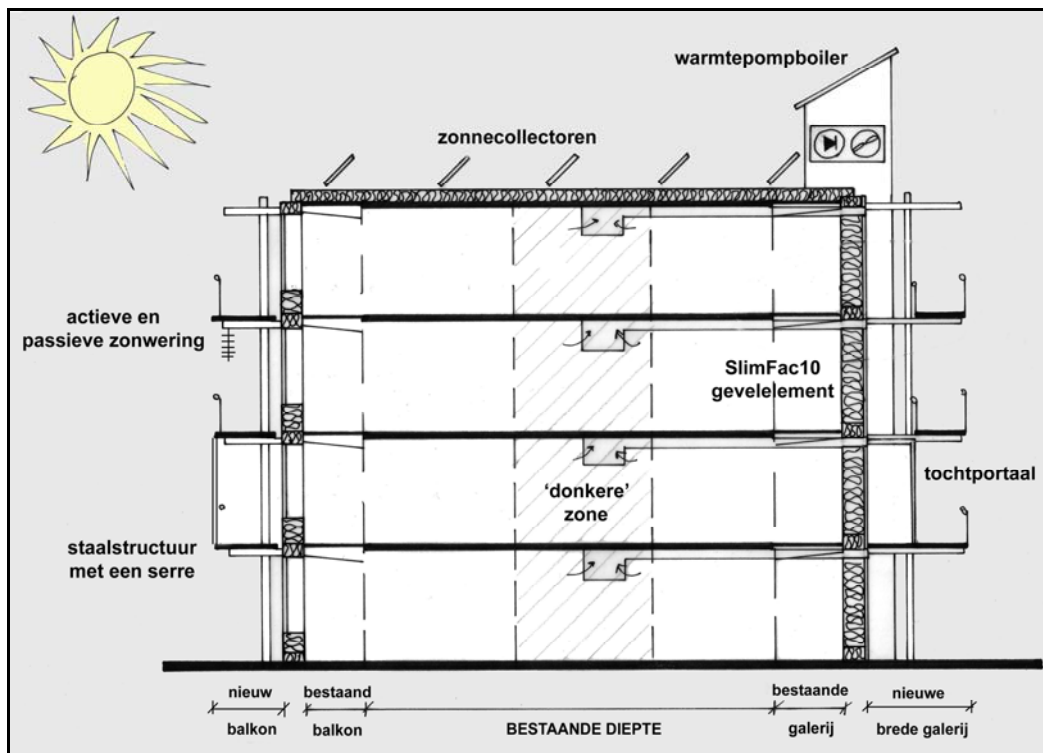


Fig. 55. De principe-doorsnede die als basis dient voor de Faktor-10 maatregelen.

Vanuit de basissituatie, gebaseerd op de Faktor-10 uitgangspunten, worden enkele maatregelen gesimuleerd en de invloed hiervan op het energieverbruik bepaald. Dit kunnen goedkopere (vergeleken met de basissituatie) maatregelen zijn, die het energieverbruik waarschijnlijk zullen doen toenemen, of maatregelen die het energieverbruik nog verder zouden kunnen verlagen. Er wordt gezocht naar het relatieve effect van de gesimuleerde maatregel, waarbij ook het kostenaspect, alhoewel zijdelings, wordt betrokken. Om het ontwerp te kunnen toetsen aan de Faktor-10 visie is ook de bestaande (vóór renovatie) situatie gesimuleerd.

Simulaties: uitgangspunten, aannames en resultaten

De twee belangrijkste doelen van de simulatie zijn het bepalen en beoordelen van het energieverbruik voor ruimteverwarming en het aantal temperatuuroverschrijdingsuren ($T_i \geq 25^\circ\text{C}$) aan de hand van de volgende criteria:

- Het energieverbruik voor ruimteverwarming:
Deze volgt uit het verschil tussen de energieopbrengsten en energieverliezen, de warmtebalans. De warmtebalans zal worden uitgedrukt in kWh/m²a en in m³ aardgas per jaar. In de tekst wordt ook voor het nieuwe concept de warmteterugwinning t.b.v. het warm-tapwater meegenomen. Uiteindelijk zullen de resultaten getoetst worden aan de Faktor-10 visie.
- De temperatuuroverschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$:
Als richtlijn, genoemd in NPR 5129, wordt voor het aantal temperatuuroverschrijdingsuren

($T_i > 25^\circ\text{C}$) een waarde van 250 - 350 uur geadviseerd [31]. Dit advies is niet bindend. Echter diverse onderzoeksinstituten, zoals Novem met de "Toolkit", adviseren een aantal temperatuuroverschrijdingsuren van 150 uur per jaar voor het creëren van extra comfort [15]. Zoals bekend kan het aantal overschrijdingsuren bij zeer goed geïsoleerde woningen vaak kritisch zijn, daar deze woningen minder goed hun warmte kwijt kunnen gedurende de nacht. Zomernachtventilatie en zonwering zijn naast de al aanwezige thermische massa belangrijk. Als uitdaging is de toets van 150 uur.

Simulatie "Bestaande Situatie"

Voor de bestaande situatie (vóór renovatie) is het eerder beschreven referentie galerijappartement gemodelleerd. De belangrijkste onderdelen zijn de overstekken, het glasoppervlak en de opbouw van de wanden. De belangrijkste karakteristieken (model-input) zijn:

Simulatie periode	gemiddeld jaar (1 mei 1974 - 30 april 1975)
Vloeroppervlak	75 m ² netto (er wordt gerekend met de vergelijkingseenheid kWh/m ² a) (Fig. 56)
Inhoud	180 m ³ , gemiddelde van netto en bruto
Isolatie	0 mm
Beglazing	enkel: $U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$; dubbel: $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Glasoppervlak:	noordkant: 1,4 x 1,8 m en 1,4 x 3,2 m en zuidkant: 2x 1,6 x 3,2 m
Oriëntatie	noord / zuid
Profiel	9:00 tot 17:00 werk, weekend thuis: $T_{\text{binnen}} = 19$ en 20°C
Verwarming	radiatoren

Voor zowel enkel- als dubbelglas is een model gemaakt. Voor aanvullende, gedetailleerde informatie wordt verwezen naar de bestanden *flat_enkel0a.m* en *flat_enkel0b.m*.

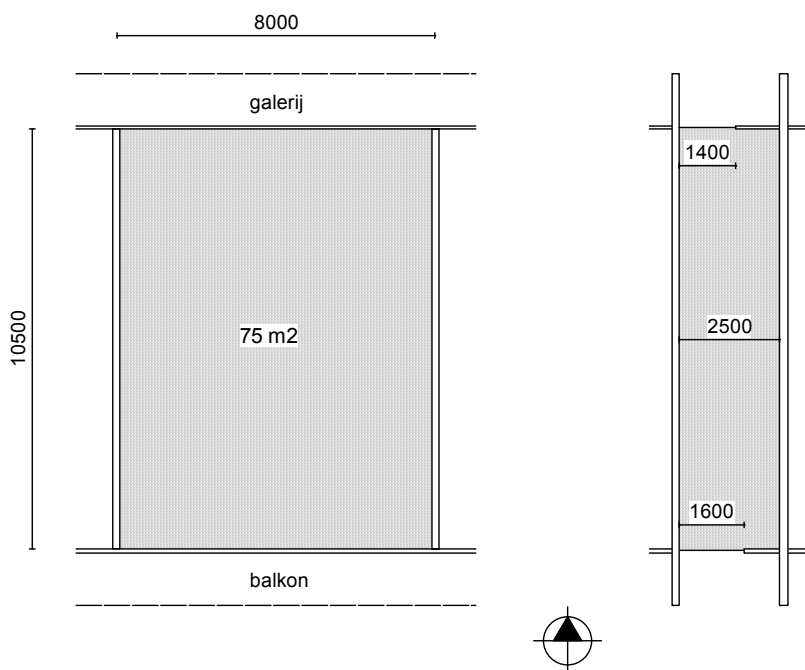


Fig. 56. De plattegrond (l) en doorsnede (r) van de bestaande (vóór renovatie) situatie, zoals gebruikt voor de simulatie. Let op noordpijl.

Simulatie 0. "Bestaande Situatie: enkelglas"

- Resultaat:

Energieverbruik voor verwarming (Fig. 57):
 Temperatuuroverschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$ (Fig. 57):

232 kWh/m²a of 2151 m³ a.e.
83 uur

- Conclusie:

Het energieverbruik voor ruimteverwarming voldoet aan de verwachting. Het aantal temperatuuroverschrijdingsuren lijkt aan de lage kant. Naar alle waarschijnlijkheid heeft dit als oorzaak het feit dat het model veronderstelt dat de handmatige binnenzonwering en natuurlijke ventilatie op een "ideale"

manier wordt gebruikt. In de praktijk is dit geen realistisch uitgangspunt. Opvallend, maar te verwachten, is het grote aandeel van de transmissieverliezen ($\approx 40\%$) binnen het energieverbruik voor verwarming.

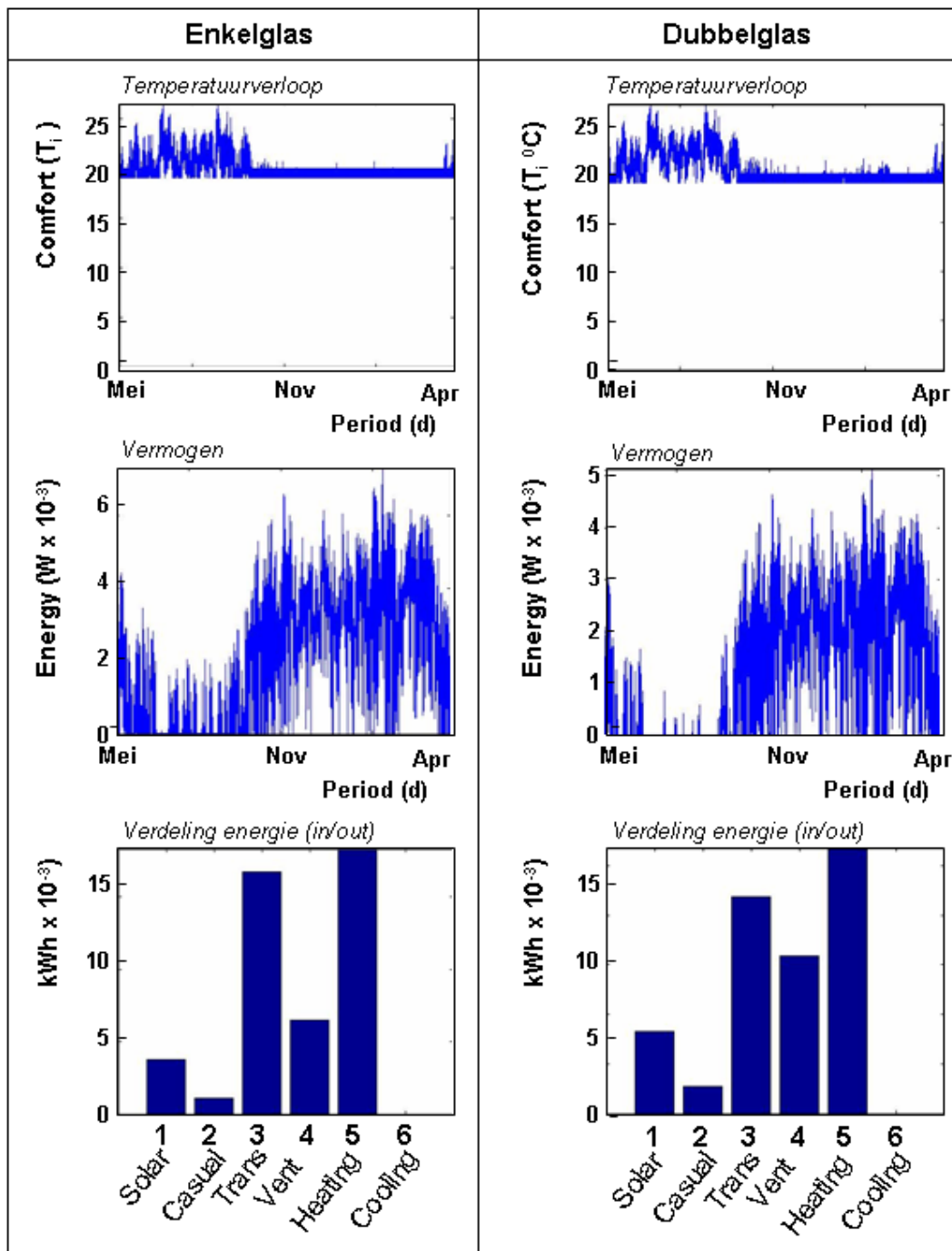


Fig. 57. Energieverbruik en temperatuurverloop van het referentie appartement met enkel en met dubbel glas, gesimuleerd voor de periode 1 mei 1974 - 30 april 1975. Verdeling energieverbruik. (1, Solar): Zonne-energie (in); (2, Casual): Interne warmtebronnen (in); (3, Trans): Transmissieverlies (out); (4, Vent): Ventilatieverlies (out); (5, Heating): Verwarming (in) en (6, Cooling): Koeling.

Simulatie 0. "Bestaande Situatie: dubbelglas"

- Resultaat:

Energieverbruik voor verwarming (Fig. 57): **143 kWh/m²a of 1100 m³ a.e.**
 Temperatuuroverschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$ (Fig. (Fig. 57 en 58): **177** uur

- Conclusie

Het energieverbruik voor ruimteverwarming is duidelijk gereduceerd ten gevolge van minder hoge transmissieverliezen. Het vervangen van enkel- voor dubbelglas is dan ook één van de meest toegepaste

vormen van na-isolatie. Het aantal temperatuuroverschrijdingsuren verdubbelt echter. Het absolute aantal lijkt niet reëel en is mogelijk een gevolg van een te weinig realistische “input” (“ramen open” of ventilatie ’s nachts) in het model.

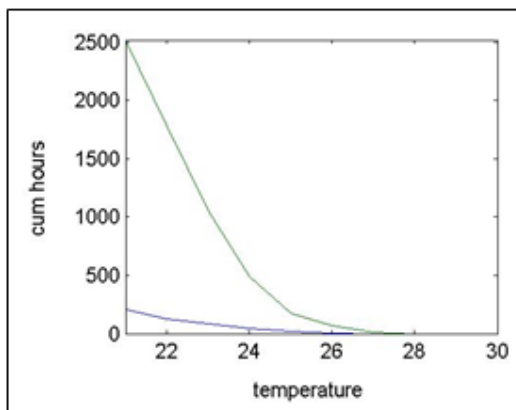


Fig. 58. Aantal cumulatieve uren waarbij de temperatuur hoger was dan de geïndiceerde temperaturen ($^{\circ}\text{C}$) voor binnen (bovenste curve) en buiten (onderste curve) het referentie appartement met dubbel glas gesimuleerd voor de periode 1 mei 1974 - 30 april 1975.

Basissimulatie “Het nieuwe renovatieconcept: isolatie 300 mm”

Als model voor het ontwerp, het nieuwe concept, zijn er zes appartementen horizontaal en vijf appartementen verticaal geschakeld, resulterend in totaal dertig appartementen (Fig. 59). De ene kopgevel van het blok is gemodelleerd als buitenwand en de andere als abiatische wand of wel een wand waar de vereiste klimatologische condities aan gelijk verondersteld worden als in de gemoduleerde ruimte, er vindt dan geen warmteuitwisseling plaats over deze wanden. Hierdoor wordt het appartementencomplex als het ware oneindig lang gedacht. Deze abiatische wanden leveren een realistische simulatie op als het gemiddelde energieverbruik van de appartementen wordt bekeken. Voor de maximale capaciteitsbepaling (hier niet van belang) van het opwekkingstoestel is het echter beter de aangrenzende ruimtes te simuleren met een T_i van 10°C . Verder zijn de bergingen gemodelleerd als niet-verwarmde binnenruimtes.

Een appartement bestaat uit twee zones, te weten enerzijds een onverwarmd, buiten de thermische hoofdschil gelegen, tochtportaal en anderzijds alle vertrekken binnen de thermische schil (Fig. 59 en 60). Het uitgebreide model zorgt voor een goede verdiscontering van de appartementen met een afwijkende opbouw, zoals de hoek-, onder- en bovenappartementen en de mogelijkheid leegstaande appartementen te simuleren.

Enkele belangrijke karakteristieken en onderdelen van de “input” van de *basissimulatie* (gebaseerd op de Faktor-10 visie met als basis de Passiv-Haus theorie of PZE-woning) zijn [12i, 23i]:

Simulatie periode	gemiddeld jaar (1 mei 1974 - 30 april 1975)
Vloeroppervlak	90 m^2 netto (hier wordt mee gerekend voor het vergelijkingsgetal in $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$)
Inhoud	250 m^3 , gemiddelde van netto en bruto
Isolatie	300 mm
Beglazing	drievoudig: $U = 0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$; $ZTA = 0,5$; $ZTA_{\text{buitenzonwering}} = 0,20$ [29, 12i, 13i]
Glasoppervlak:	noordkant: $1,4 \times 1,8 \text{ m}$ en $1,4 \times 3,2 \text{ m}$ en zuidkant: $2 \times 1,6 \times 3,2 \text{ m}$
Oriëntatie	noord / zuid
Ventilatievoud	basis: $0,7 \text{ h}^{-1}$ op basis van mechanische afzuiging ‘stand’ 1 en 2 [18]; ‘vrije koeling’: $1,4 \text{ h}^{-1}$, aan bij $>23^{\circ}\text{C}$ op basis mechanische afzuiging ‘stand’ 3 en te openen ramen voor eventuele aanvullende zomernachtventilatie [18]
Infiltratie	$0,1 \text{ h}^{-1}$, wordt bij het ventilatievoud opgeteld [29]
Profiel	9.00 tot 17.00 werk, weekend thuis: $T_{\text{binnen}} = 19$ en 20°C
Verwarming	radiatoren, voor de simulatie zonder voorverwarming
Warmteterugwinning	wordt niet gebruikt voor ruimteverwarming, daardoor hier <u>nog niet</u> meegenomen

Voor aanvullende, gedetailleerde informatie wordt verwezen naar de bijlage *Gebouwsimulatie* en naar o.a. het bestand *flat_dertig1a.m*.

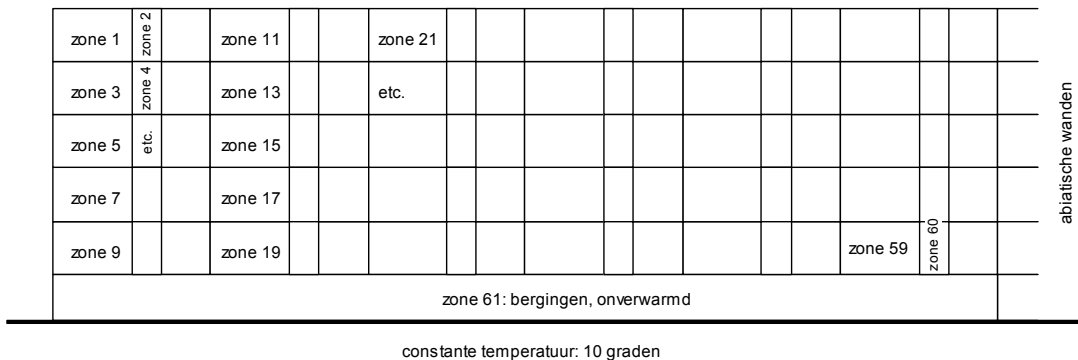


Fig. 59. De dertig appartementen in aanzicht met per appartement twee zones, bestaande uit alle vertrekken binnen de thermische schil (bijvoorbeeld zone 3 of 59) en een onverwarmd, buiten de thermische hoofdschil gelegen tochtportaal (bijvoorbeeld zone 4 of 60). Zone 61 representeert de onverwarmde bergingen.

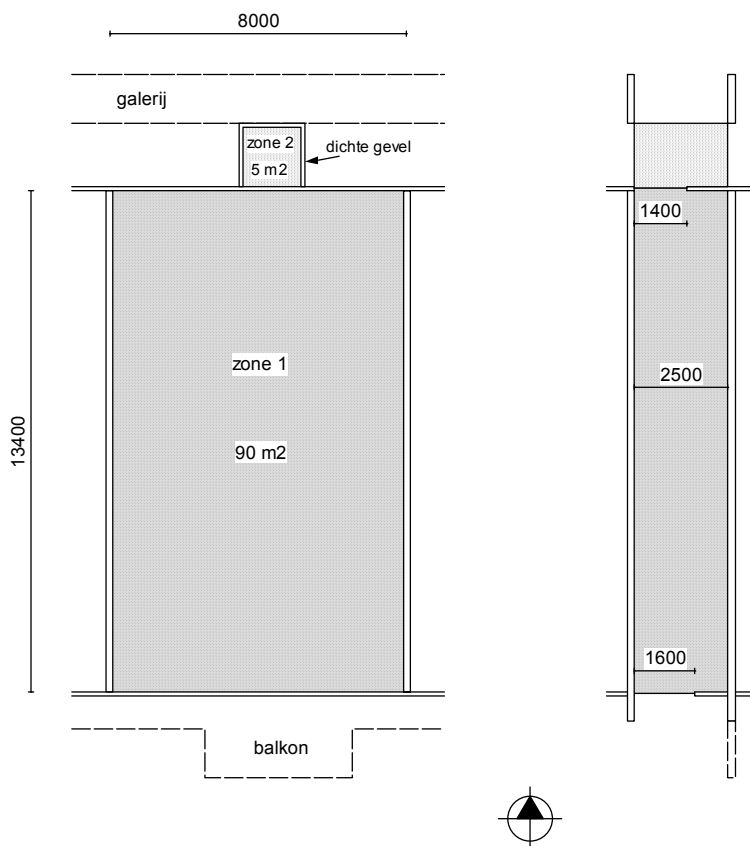


Fig. 60. De plattegrond (l) en doorsnede (r) van het gemodelleerde appartement met twee zones en de diverse overstekken. Zone 1 representeert alle vertrekken binnen de thermische schil, terwijl zone 2 een onverwarmd, buiten de thermische hoofdschil gelegen tochtportaal voorstelt.

Aannames

Om te komen tot een zo realistisch mogelijke simulatie met bijbehorende resultaten dienen nog enkele onderbouwde aannames te worden gedaan, te weten de bijdrage van koudebruggen, het elektriciteitsverbruik t.b.v. van de klimaatbeheersing en de bijdrage van de warmterugwinning op ventilatielucht. De eerste zal in het computermodel worden ingevoerd, de tweede en derde zullen na de computersimulatie bij de basissimulatie worden opgeteld.

1. Koudebruggen

Koudebruggen leiden toename van de transmissie. Er zijn meerdere mogelijkheden om het effect van koudebruggen te bepalen. Voor het ontwerp worden er drie bekeken:

- a. een overeenkomend ontwerp wordt geraadpleegd.
- b. warmtedoorgangscoefficienten vergelijkbare koudebruggen worden opgeteld en vermenigvuldigd met het aantal graduren (≈ 75.000 uur).

c. warmtedoorgangscoefficienten worden ingevoerd in de HamBase simulatie

Ad. a. Uit simulaties gedaan voor het appartementen complex Urban Villa (Amstelveen, 1996) blijkt dat bij veel aandacht voor koudebruggen het transmissieverlies toeneemt met 20% bij het passief-appartement van 100 m² [80t]. Voor de simulatie wordt het gesteld op 30% van het totale transmissieverlies. De fundering is hierin meegenomen. Deze wordt voor de berekening dan ook verdeeld over meerdere appartementen. Het transmissieverlies bedraagt in het geval van de basissimulatie ruim 2000 kWh voor een appartement. Voor de koudebruggen komt er 2000 x 0,3= 600 kWh, overeenkomend met 7,3 kWh/m²a of 68 m³ a.e.

- Resultaat: **+7,3 kWh/m²a** of **+68 m³ a.e.**

Ad. b. Met het naslagwerk *Wärmebrücken-Atlas Holzbau* worden de warmtedoorgangscoefficienten bepaald van de gevels van een enkel appartement (Fig. 61). De fundering en eventuele dakopbouwen worden hier buiten beschouwing gelaten.

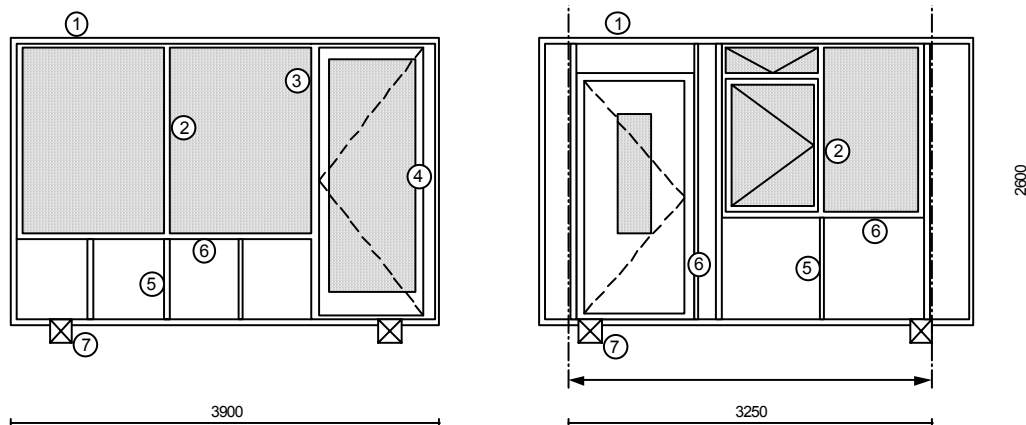


Fig. 61. De voor- en achtergeveldelen. Voor de berekening worden totaal twee voor- en twee achtergeveldelen gebruikt.

Tabel 10. Koudebruggen van de nieuwe gevelelementen.

Koudebruggen achtergevel (2 gevelelementen)	Warmtedoorgangscoefficiënt WBV _p	Meter/ aantal	Subtotaal
1. elementrand	0,036 W/mK	2 x 8,2 m ¹	0,59 W/K
2. middenstijl en -regels	0,054 W/mK	2 x 1,7 m ¹	0,18 W/K
3. deurkozijnstijl en -regels	0,049 W/mK	2 x 2,1 m ¹	0,21 W/K
4. deurstijl en -regels	0,062 W/mK	2 x 6,0 m ¹	0,75 W/K
5. stijl en -regels	0,015 W/mK	2 x 6,8 m ¹	0,20 W/K
6. kozijn-paneel aansluiting	0,042 W/mK	2 x 3,6 m ¹	0,30 W/K
7. liggeraansluiting	0,077 W/K	2 x 2 stuks	0,62 W/K
Totaal			2,85 W/K

Koudebruggen voorgevel (2 gevelelementen)	Warmtedoorgangscoefficiënt WBV _p	Meter/ aantal	Subtotaal
1. elementrand	0,036 W/mK	2 x 5,0 m ¹	0,36 W/K
2. middenstijl en -regels	0,054 W/mK	2 x 2,5 m ¹	0,27 W/K
5. stijl en -regels	0,015 W/mK	2 x 4,2 m ¹	0,13 W/K
6. kozijn-paneel aansluiting	0,042 W/mK	2 x 6,4 m ¹	0,54 W/K
7. liggeraansluiting	0,077 W/K	2 x 2 stuks	0,62 W/K
Totaal			1,92 W/K

Totaal komt dit op: 4,77 W/K voor een appartement van 90 m². Het aantal graduren bedraagt 75000 uur, 2,7·10⁸ seconde. 2,7·10⁸ x 4,77 = 12,9·10⁸ W = 358 kWh. Vergeleken met de ad. a. is de uitkomst aanzienlijk lager. Dit valt te verklaren door het niet meenemen van de fundering en de eventuele dakopbouwen van het gehele woongebouw of door de mogelijk minder realistische aannames.

- Resultaat: **+4,0 kWh/m²a** of **+39 m³ a.e.**

Ad. c. Per gevelelement wordt de warmtedoorgangscoefficiënt in HamBase ingevoerd. Hiervoor worden de uitkomsten uit Tabel 10 gebruikt. Ook hier worden de koudebruggen ter plaatse van de (bestaande) fundering en bij eventuele dakopbouwen niet meegenomen voor de dertig gesimuleerde woningen i.v.m. de

complexiteit van de bepaling en de mindere prioriteit in het ontwerp. De onderste verdieping bestaat of uit onverwarmde, geïsoleerde bergingen of uit kantoren. In het simulatie-model wordt het effect van de koudebruggen ter plaatse van de voordeur gereduceerd door het tochtportaal.

- Resultaat: **+3,7 kWh/m²a** of **+34 m³ a.e.**

Conclusie: Voor de verdere simulatie wordt de laatste uitkomst, die overigens zeer nauwkeurig overeenkomt met de handberekening met behulp van graaduren toegepast. Toch is de invoer van de koudebruggen (nog) niet compleet, omdat vooralsnog de fundering, zijwanden en dakopbouwen niet zijn meegenomen. Naar verwachting, mede afgaande op Ad. a. dient de bijdrage van koudebruggen per woning ongeveer te worden verdubbeld.

2. Elektriciteitsverbruik t.b.v. de klimaatbeheersing

Als tweede bijdrage op het energieverbruik dient het verbruik voor klimaatsbeheersing (verwarming, ventilatie), in de vorm van verbruik van elektriciteit voor de noodzakelijk apparatuur, te worden verdisconteerd. Vergeleken met lokaal verbruik van aardgas geeft het gebruik van elektriciteit per effectieve kWh ongeveer twee maal zo veel CO₂-uitstoot, veroorzaakt door het rendement van de elektriciteitscentrale en de transportverliezen. Als deze CO₂ uitstoot als een belangrijk criterium wordt beschouwd dan is elektriciteit een minder goede, maar vaak noodzakelijke energiebron. Ook ligt de prijs van elektriciteit per kWh hoger, ongeveer een factor 3. Geconcludeerd kan worden dat het spaarzaam inzetten van elektriciteit op grond van zowel milieutechnische als economische redenen wenselijk is. Binnen het renovatieconcept bestaat de inzet van elektriciteit voor de klimaatbeheersing uit:

- Ventilatoren: energieverbruik t.b.v. hybride ventilatie voor zowel tijdens het stookseizoen (15 september tot 15 mei: 243 dagen, 5832 uren) als tijdens de zomer met verhoogde stand en constante zomernachtventilatie [19]. De dakventilator zou ondersteund kunnen worden door de hardere wind die zich op daken van appartementencomplexen bevindt en/of voorzien worden door elektriciteit uit PV-panelen op hetzelfde dak. Dit zou een reductie van ≈ 100 kWh kunnen opleveren [43t]. Beide ventilatoren hebben zuinige gelijkstroommotoren.

Basisventilator per woning en een dakventilator voor meerdere woningen [24i]: **250 kWh/a**

- Verlichting. Een diepere (renovatieconcept) woning zal in de kern van de woning extra verlichting nodig hebben. Bewoners zullen hier de gewone lichtpunten voor moeten gebruiken. De gebruikte aanname is 150 W aan extra verlichtingspunten. Het betreft enkele (sfeer) gloeilampen en meerdere spaarlampen over een periode van 4,5 uur per dag gedurende 300 dagen per jaar. Dit resulteert in een extra verbruik van 200 kWh/jaar.

Extra verlichting t.b.v. "donkere" zone: **200 kWh/a**

- Domotica, oftewel de aansturing van verwarming, ventilatie, zonwering en diverse kleine hulpmotoren met een centrale en/of meerdere decentrale regelunits in zowel de individuele woning als collectief voor bijvoorbeeld de dakventilator [47t].

Domotica t.b.v. aansturing verwarming, ventilatie en zonwering: **200 kWh/a**

- Circulatiepomp t.b.v. de centrale verwarming in de woning met pompschakelaar. De pompschakelaar zorgt voor een besparing van ≈ 300 kWh t.o.v. een cv-installatie zonder pompschakelaar.

Circulatiepomp t.b.v. de cv-installatie **100 kWh/a**

Totaal elektriciteitsverbruik per jaar t.b.v. klimaatsbeheersing **750 kWh/a**

Om dit voor de diverse simulaties van het energieverbruik voor verwarming van de woning te kunnen verdisconteren geldt voor een gerenoveerd appartement van 90 m² het volgende resultaat:

- Resultaat: **+8,3 kWh/m²a**

3. Warmteterugwinning op ventilatielucht m.b.v. een warmtepompboiler

Eerder is beschreven in het hoofdstuk *Hybride ventilatie en Installatie* dat bij de toepassing van een warmtepompboiler warmteterugwinning kan plaatsvinden uit 'vuile' ventilatielucht. Deze warmte kan worden gebruikt voor het voor verwarmen van warm-tapwater. Voor een goed vergelijk met andere, internationale en nationale projecten lijkt het gerechtvaardigd deze bijdrage van warmteterugwinning te betrekken in de

berekening van het energieverbruik voor ruimteverwarming. Deze energie komt immers uit de lucht voor ruimteverwarming. Het elektriciteitsverbruik voor regeling en circulatie van warm-tapwater wordt hier niet meegenomen. Dit valt immers niet onder de klimaatsbeheersing van de binnenruimtes.

- **Resultaat:** -11,8 kWh/m²a of -115 m³ a.e.

De onderdelen 2. en 3. worden bij de *Basissimulatie* opgeteld:

- **Resultaat voor-invoer:** -3,5 kWh/m²a of -115 m³ a.e.

Simulatie 1. "Basissimulatie"

- **Resultaat:**

Energieverbruik voor verwarming (Fig. 62):

46,6 kWh/m²a of 349 m³ a.e.

Temperatuuroverschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$ (Fig. 62):

39 uur

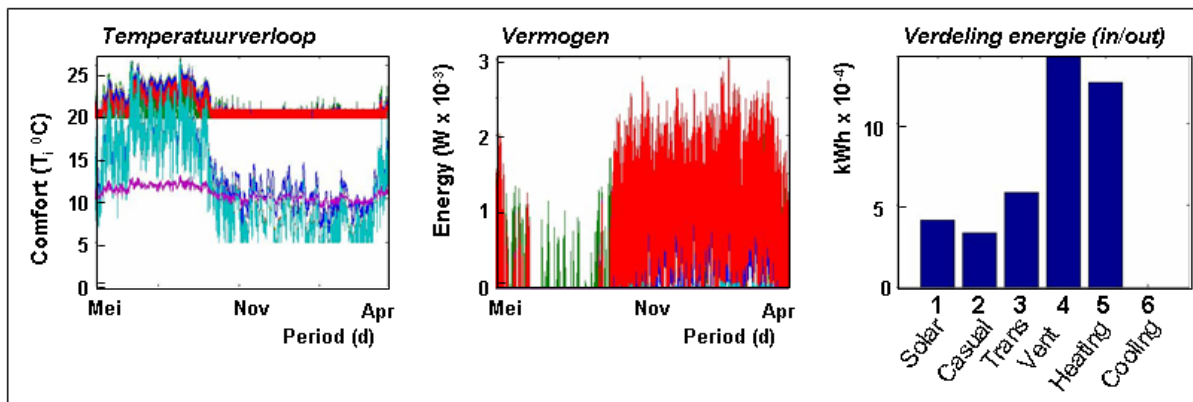


Fig. 62. Basissimulatie van het energieverbruik en temperatuurverloop van totaal dertig gerenoveerde woningen, gesimuleerd voor de periode 1 mei 1974 - 30 april 1975). Voor de zonering van de 30 woningen wordt verwezen naar Fig. 59. Vermogen: Rood = zone 1; Blauw-groen = zone 2; paars = zone 61 (Fig. 59 en 60). Verdeling energieverbruik. (1, Solar): Zonne-energie (in); (2, Casual): Interne warmtebronnen (in); (3, Trans): Transmissieverlies (out); (4, Vent): Ventilatieverlies (out); (5, Heating): Verwarming (in) en (6, Cooling): Koeling.

- **Conclusie:**

De basissimulatie toont dat het energieverbruik (46,6 kWh/m²a) een factor 5 lager is vergeleken met de bestaande situatie met enkelglas (232 kWh/m²a). Het aantal temperatuuroverschrijdingsuren van onder de 150 betekent ruim voldoende comfort, maar lijkt aan de lage kant. De ventilatieverliezen, de hoogste post in Fig. 62 lijkt de beperkende factor te worden voor de Faktor-10-doelstelling.

Simulaties met nadere specificering van renovatieconcept

Vanuit de basissimulatie worden verschillende situaties, toevoegingen of veranderingen verder onderzocht met als doel een meer betrouwbaar en realistischer beeld te krijgen over het energieverbruik voor verwarming, of met als doel andere ontwerpbeslissingen te toetsen. Voor de simulaties worden alleen de genoemde waarde(n) veranderd in de modellen. Zie verder ook bijlage *Gebouwsimulatie* en de diverse *Bestanden*.

Simulatie 2. "Hybride ventilatie"

- **Doel:** Toevoeging van hybride ventilatie: lager energieverbruik, meer comfort?

Reeds eerder is gesteld dat het ventilatievoud naar 0,5 h⁻¹ verlaagd mag worden. De "vrije koeling" bedraagt nog steeds 1,5 h⁻¹.

- **Verandering input (flat_dertig2a.m):** Ventilatievoud naar 0,5 h⁻¹.

- **Resultaat:**

Energieverbruik voor verwarming:

39,6 kWh/m²a of 278 m³ a.e.

Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$:

63 uur

- *Conclusie:*

De simulatie laat zien dat een reductie op het energieverbruik door hybride ventilatie van 15% mogelijk is, vergeleken met het energieverbruik (46,6 kWh/m²a) van de basissimulatie. In de praktijk mag worden aangenomen dat dit verder zal dalen als de gebruiker het eenvoudig te volgen systeem kent en gaat waarderen.

Simulatie 3. "HR++ glas"

- *Doel:* Het zoeken naar een goedkopere oplossing dan het relatief (nog) dure drievoudige glas.

- *Verandering input (flat_dertig3a.m):* U= 1,2 W/m²K, ZTA= 0,6

- *Resultaat:*

Energieverbruik voor verwarming: **49,1 kWh/m²a of 366 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren T_i > 25°C: **76 uur**

- *Conclusie:*

In vergelijking tot de basissimulatie met een drievoudig beglazing is de toename van het energieverlies voor transmissie en het totaal minimaal (+ 5%). Het verschil bedraagt slechts 17 m³ aardgas per jaar. Bij een aardgasprijs van € 0,73 is dat € 12,41 per jaar per appartement. Het verschil in materiaalprijs (zonder de andere details) tussen drievoudig glas en HR++ glas is (nog) ongeveer € 40,-/m². Een eenvoudige berekening leert dat de terugverdientijd bij gelijkblijvende gasprijzen 55 jaar bedraagt. Het toepassen van drievoudig glas bij een grote verhouding vloeroppervlak-glasoppervlak lijkt niet rendabel. Het aantal overschrijdingsuren is evenwel gestegen. De hogere ZTA-waarde, vergeleken met ZTA = 0,5 voor drievoudig glas, lijkt hiervoor verantwoordelijk.

Simulatie 4. "Zes van de dertig flats leeg"

In een situatie waarbinnen zes flats, verspreid over het gebouw leeg staan wordt het totale energieverlies en dus het energieverbruik over de 24 overgebleven appartementen verdeeld. De verwarming van de leegstaande flats staat in de vorststand (5°C). Ter vereenvoudiging van de simulatie wordt het verbruik door de vorststand doorberekend naar de 24 bewoonde appartementen.

- *Doel:* Vaststellen van de invloed ~~is~~ van meerdere leegstaande appartementen op het energieverbruik van de andere, wel bewoonde appartementen.

- *Verandering input (flat_dertig4a.m):* Zes van de dertig appartementen krijgen een T_{min} van ≥ 5°C

- *Resultaat:*

Energieverbruik voor verwarming: **54,3 kWh/m²a of 416 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren T_i > 25°C: **57 uur**

- *Conclusie:*

Het energieverbruik neemt door leegstand van 6 flats (20%) aanzienlijk toe (+ 17%). In hoeverre dit werkelijk reëel is, verdient nader onderzoek, waarbij ook bijvoorbeeld de verdeling van de leegstaande flats over het appartementencomplex aan de orde dient te komen.

Simulatie 5. "West-oost oriëntatie"

- *Doel:* In het ideale scenario zijn de voor en achterkant van de appartementen naar respectievelijk het zuiden en noorden gericht. Hier tegenover staat, als uiterste, een west-oost oriëntatie met mogelijke gevolgen voor het energieverbruik.

- *Verandering input (flat_dertig5a.m):* De basisoriëntatie wordt 90° gedraaid.

- *Resultaat:*

Energieverbruik voor verwarming: **49,5 kWh/m²a of 370 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren T_i > 25°C: **82 uur**

- *Conclusie:*

De verandering van oriëntatie heeft nauwelijks invloed op het energieverbruik voor verwarming (+ 6%). Dit valt te verklaren doordat ook de bijdrage van de zon nauwelijks afneemt door het relatief hoge percentage overstekken aan de zuidkant in de basissimulatie. Met een oost-west verkaveling kan de laaghangende zon gedeeltelijk de afwezigheid van de zuidkant opvangen. Het aantal overschrijdingsuren neemt hierdoor wel aanzienlijk toe.

Simulatie 6. "Isolatie 200 mm en 50 mm"

Binnen deze simulatie wordt de dikte van het gevel- en dakpakket verlaagd (- 100 mm), waardoor er bespaard kan worden op isolatie en gevelconstructiematerialen. De dikte van de naïsolatie van de plafonds in de bergingen neemt af met 70 mm.

- *Doel:* Invloed van een dunner isolatiepakket op het energieverbruik bestuderen.

- *Verandering input (flat_dertig6a.m):* Het isolatiepakket van de gevel en dak wordt verlaagd tot een dikte van 200 mm en van de bergingplafonds tot 50 mm.

- *Resultaat:*

Energieverbruik voor verwarming: **51,7 kWh/m²a of 394 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$: **32 uur**

- *Conclusie:*

Het energieverbruik t.o.v. de basissimulatie neemt toe (+ 11%). Het ECN heeft onderzocht dat extra isolatie zowel een goede energetische als economische terugverdientijd heeft binnen het concept van de hun PZE-woning [12i]. Dit resultaat lijkt ook voor het huidige renovatieconcept voor appartementen van kracht. Het aantal overschrijdingsuren vermindert met een minder dik isolatiepakket.

Simulatie 7. "Extra comfort"

Ouderen wensen vaak een hogere binnentemperatuur en zijn ook vaak het grootste gedeelte van de dag thuis. Om het model vooralsnog eenvoudig te houden worden de kosten voor het extra energieverbruik door een hoger ingestelde binnentemperatuur bij tien van de dertig woningen over alle woningen gelijkmatig verdeeld. In werkelijkheid zal de warmte, mede door het aanwezige isolatiemateriaal in de voorzetwanden (hoewel gering, 20 mm) minder sterk worden verdeeld over alle appartementen. Hierdoor betaalt de individuele gebruiker in de praktijk slechts een deel van zijn extra verbruik. Voor de simulatie wordt T_{overdag} gedurende 5 van de 7 dagen op 21°C en de rest van de tijd op 20°C gesteld.

- *Doel:* Bestudering van het effect van de verwarming 1°C hoger bij een deel (10) van de appartementen op het totale energieverbruik.

- *Verandering input (flat_dertig7a.m):* T_{overdag} 5 van de 7 dagen 21°C en de rest van de tijd 20°C (10 van de 30 flats).

- *Resultaat:*

Energieverbruik voor verwarming: **47,5 kWh/m²a of 351 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$: **50 uur**

- *Conclusie:*

Bij een zeer goed geïsoleerd appartementencomplex valt de toename alleszins mee (+ 2%). Een feit blijft dat alle bewoners, ondanks de geringe isolatie van de geluidsisolerende voorzetwanden, deels meebetalen aan het extra comfort van een gedeelte van de bewoners.

Simulatie 8. "Ramen open"

"Ramen open" valt zeer moeilijk te simuleren in een relatief eenvoudig model. Een redelijke aanname lijkt om één uur per dag het ventilatievoud te verhogen tot $2,5 \text{ h}^{-1}$. Binnen het model wordt dit gesteld op de periode van 7:00 tot 8:00 's ochtends.

- *Doel:* Het op een eenvoudige manier simuleren van het bekende "luchten".

- *Verandering input (flat_dertig8a.m):* Aanname is een verhoging van het ventilatievoud naar de maximale "stand" van $1,5 \text{ h}^{-1}$ tussen 7:00 en 8:00.

- *Resultaat:*

Energieverbruik voor verwarming: **53,0 kWh/m²a of 405 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$: **38 uur**

- *Conclusie:*

Het energieverlies neemt toe (+14%). In hoeverre dit reëel is kan nader worden onderzocht, waarbij duur en tijdstip van "openen" belangrijke aspecten zijn. De simulatie kan ook worden uitgelegd als zomernachtventilatie. Het aantal temperatuuroverschrijdingsuren neemt aanzienlijk af.

Simulatie 9. "Het samenvoegen van HR++ glas (3), zes van de dertig flats leeg (4), west-oost oriëntatie (5), isolatie 200 mm en 50 mm (6), extra comfort (7) en ramen open (8)

Deze simulatie geldt als "worst-case" scenario, waarbij alle minder-energiezuinige maatregelen, veranderingen en gebruiken bij elkaar worden genomen.

- *Doel*: Het simuleren van een onzuinige gebruiker met minder energiezuinige maatregelen.

- *Verandering input (flat_dertig9a.m)*: Optelling van de simulaties 3 t/m 8.

- *Resultaat*:

Energieverbruik voor verwarming: **68,0 kWh/m²a of 545 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$: **116 uur**

- *Conclusie*:

Zoals verwacht, is het energieverbruik gestegen t.o.v. de basis simulatie, en wel met 47%. Ook het aantal overschrijdingsuren zijn in dit geval hoger.

Simulatie 10. "Mindere zonwering"

Naar verwachting zal een verminderde zonwering, een comfort aspect, leiden tot een stijging van het aantal temperatuuroverschrijdingsuren ($T_i > 25^\circ\text{C}$).

- *Doel*: Invloed onderzoeken op het aantal temperatuuroverschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$.

- *Verandering input (flat_dertig10a.m)*: $ZTA_{\text{zonwering}} = 0,3$

- *Resultaat*:

Energieverbruik voor verwarming: **46,6 kWh/m²a of 349 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$: **57 uur**

- *Conclusie*:

Het verminderen van de zonwering heeft slechts een gering effect op het aantal temperatuuroverschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$, en wel een toename van slechts 25 uur.

Tenslotte is een vergelijking tussen de bovengenoemde en berekende situaties én de toepassing van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning interessant. Belangrijk om hier reeds te vermelden is dat de resultaten van simulatie "Gebalanceerde ventilatie" (11) en "Worst-case" scenario" (12) vergeleken worden met de resultaten voor "Resultaat met wtw voor tapwater" (Tabel 11, Fig. 62 en verder).

Simulatie 11. "vergelijking met Gebalanceerde ventilatie"

De toepassing van dit ventilatiesysteem wordt binnen het gepresenteerde renovatie concept niet overwogen, gezien de beperkte flexibiliteit, de uitvoeringsgevoeligheid bij renovatie en de daarmee samenhangende vermindering van het comfort en mogelijk gezondheid. Toch is interessant, gezien het hoge rendement (gerekend is met een rendement voor de warmteterugwinunit van 85%) het energieverbruik onder deze omstandigheden te berekenen.

- *Doel*: Een vergelijk voor energieverbruik tussen het veel toegepaste systeem van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning en binnen het nieuwe renovatieconcept voorgestelde systeem van warmteterugwinning op ventilatielucht d.m.v. een warmtepompboiler.

- *Verandering input (flat_dertig11a.m)*: Rendement warmteterugwinning 85% i.p.v. 0%.

- *Resultaat*:

Energieverbruik voor verwarming: **16,3 kWh/m²a of 76 m³ a.e.**
Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$: **71 uur**

- *Conclusie*:

Vergeleken met de basissimulatie neemt het energieverbruik voor verwarming met nog eens 65% af en wordt een factor $232/16,3 = 14,3$ bereikt. De uitkomst van deze simulatie voldoet dan ook, zowel absoluut als relatief, aan de Passiv-Haus doelstelling. Een verwarmingsinstallatie kan eventueel worden weggelaten en vervangen worden door een klein luchtverwarmingstoestel.

Simulatie 12. "vergelijk met Gebalanceerde ventilatie in combinatie met "Worst-case" scenario simulatie (9)"

Ook bij toepassing van gebalanceerde ventilatie is het interessant een worst-case-senario te simuleren.

- *Doel*: Het simuleren van een onzuinige gebruiker met minder energiezuinige (bouwkundige) maatregelen.

- *Verandering input (flat_dertig12a)*: De simulaties 3 t/m 8 en simulatie 11 worden gecombineerd

- *Resultaat*:

Energieverbruik voor verwarming:
Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$:

32,0 kWh/m²a of **183 m³ a.e.**
130 uur

- *Conclusie*:

Ook in dit "worst-case" scenario (in combinatie met gebalanceerde ventilatie is het energieverbruik voor verwarming nog steeds erg laag (32,0 kWh/m²a, factor 7,3) vergeleken met de basissimulatie (46,6 kWh/m²a) en vooral het "worst-case" scenario zonder gebalanceerde ventilatie (68,4 kWh/m²a), een waarde die niet voldoet aan de Passiv-haus doelstelling. Echter een verwarmingsinstallatie kan hier mogelijk wel, met behoud van voldoende comfort, worden vervangen door een luchtverwarmingstoestel. De temperatuuroverschrijdingsuren nemen echter, net zoals bij simulatie 9 aanzienlijk toe.

In Tabel 11 en 12, en Fig. 63, 64 en 65 worden de resultaten van de simulaties voor energieverbruik en temperatuuroverschrijdingsuren ($T_i > 25^\circ\text{C}$) van het bestaande (vóór renovatie) referentieappartement en de gerenoveerde appartementen met en zonder de diverse modificaties samengevat en vergeleken.

Tabel 11. Resultaten van de diverse simulaties voor energieverbruik en temperatuuroverschrijdingsuren voor bestaande, referentieappartement en de gerenoveerde appartementen (zie tekst).

Simulatie	Verandering/ Maatregel (Input waarde)	Energieverbruik		Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$ (h)
		met wtw voor tapwater (kWh/m ² a)	Effect met wtw t.o.v. Basissimulatie	
Simulatie 0 (bestaand)	Bestaand: enkelglas (U=5,7 W/m ² K)	232 ¹⁾	nvt	83
Simulatie 0 (bestaand)	Bestaand: dubbelglas (U=2,8 W/m ² K)	143 ¹⁾	nvt	177
Basissimulatie (Renovatie)		46,6		39
Simulatie 2	Ventilatievoud (0,5 h ⁻¹)	39,6	- 15 %	63
Simulatie 3	HR++ glas U= 1,2 W/m ² K; ZTA=0,6	49,1	+ 5 %	76
Simulatie 4	6 Flats leeg ("30-6")	54,3	+ 17 %	57
Simulatie 5	West-oost (90°)	49,5	+ 6 %	82
Simulatie 6	Isolatie (200 mm)	51,7	+ 11 %	32
Simulatie 7	Comfort (10 / 30: 21°C)	47,5	+ 2 %	50
Simulatie 8	Ramen open (1 uur: 1,4 h ⁻¹)	53,0	+ 14 %	38
Simulatie 9	Sim. 3 t/m 8 ("worst-case" scenario)	68,4	+ 47 %	116
Simulatie 10	Zonwering (ZTA _w = 0.3)	46,6	0 %	57
Simulatie 11	Gebalanceerd ventilatie (w.t.w. 85%)	16,3 ²⁾	- 65 %	71
Simulatie 12	Gebalanceerd ventilatie + Simulatie 9	32,0 ²⁾	- 32 %	130

¹⁾ wtw t.b.v. warm-tapwater ontbreekt

²⁾ warmteterugwinning alleen t.b.v. aanvoerlucht

Tabel 12. Resultaten van de diverse simulaties voor energieverbruik en temperatuuroverschrijdingsuren voor bestaande, referentieappartement en de gerenoveerde appartementen.

Simulatie	Verandering/ Maatregel (Input waarde)	Energieverbruik		Overschrijdingsuren $T_i > 25^\circ\text{C}$ (h)
		met wtw voor tapwater (m^3 a.e.)	Effect met wtw t.o.v. Basissimulatie	
Simulatie 0 (bestaand)	Bestaand: enkelglas ($U=5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$)	2151 ¹⁾	nvt	83
Simulatie 0 (bestaand)	Bestaand: dubbelglas ($U=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$)	1100 ¹⁾	nvt	177
Basissimulatie (Renovatie)		349 ²⁾		39
Simulatie 2	Ventilatievoud ($0,5 \text{ h}^{-1}$)	278	- 71 m^3	63
Simulatie 3	HR++ glas $U= 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $ZTA=0,6$	366	+ 17 m^3	76
Simulatie 4	6 Flats leeg ("30-6")	416	+ 67 m^3	57
Simulatie 5	West-oost (90°)	370	+ 21 m^3	82
Simulatie 6	Isolatie (200 mm)	394	+ 45 m^3	32
Simulatie 7	Comfort ($10 / 30: 21^\circ\text{C}$)	351	+ 2 m^3	50
Simulatie 8	Ramen open (1 uur: $1,4 \text{ h}^{-1}$)	405	+ 56 m^3	38
Simulatie 9	Sim. 3 t/m 8 ("worst-case" scenario)	545	+ 196 m^3	116
Simulatie 10	Zonwering ($ZTA_w= 0,3$)	349	0 m^3	57
Simulatie 11	Gebalanceerd ventilatie (w.t.w. 85%)	76 ³⁾	- 273 m^3	71
Simulatie 12	Gebalanceerd ventilatie + Simulatie 9	183 ³⁾	- 166 m^3	130

¹⁾ wtw t.b.v. warm-tapwater ontbreekt

²⁾ elektrische hulpenergie wordt niet meegeteld bij het aardgasverbruik (a.e.)

³⁾ warmteterugwinning alleen t.b.v. aanvoerlucht

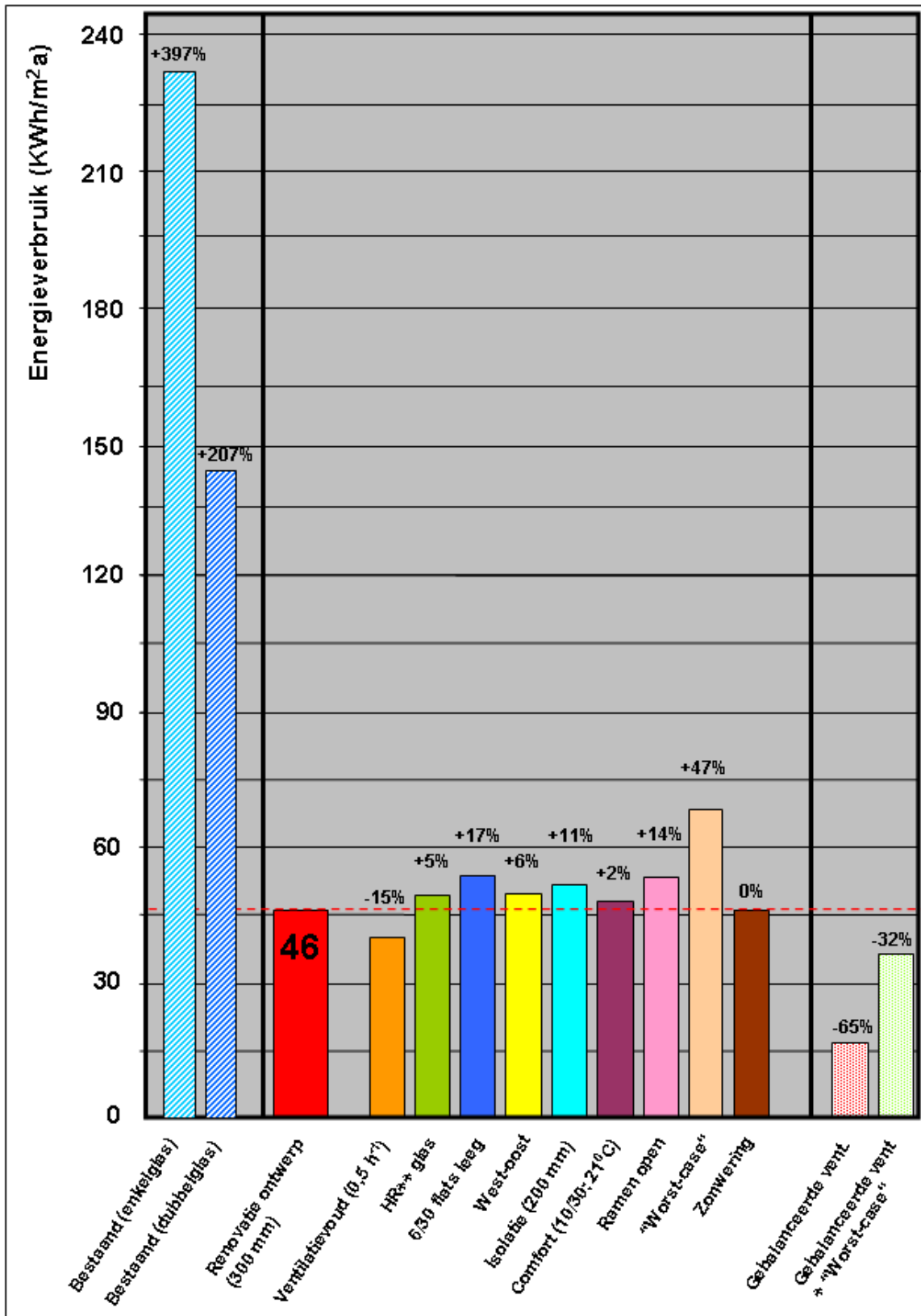


Fig. 63. Resultaten van de diverse simulaties.

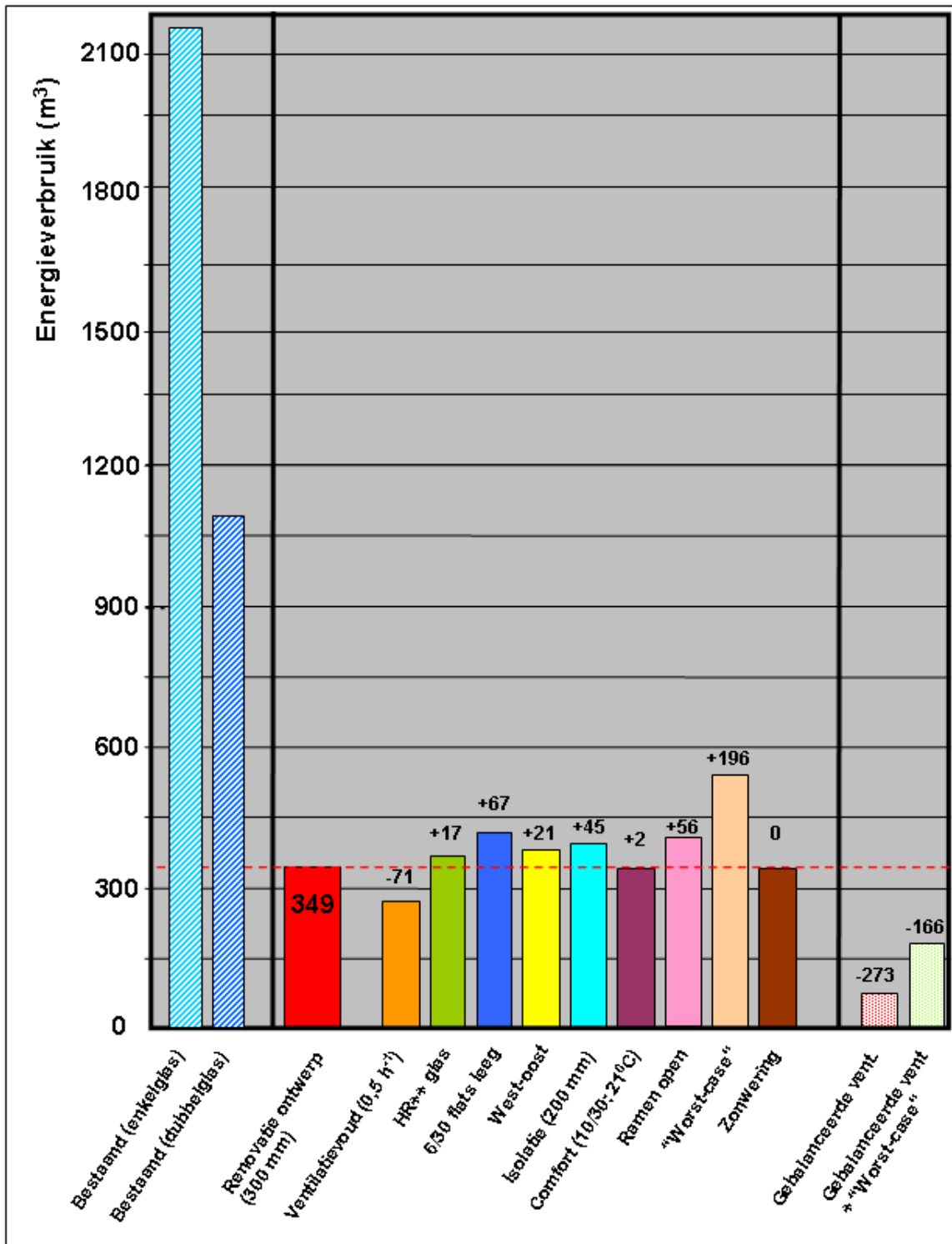


Fig. 64. Resultaten van de diverse simulaties.

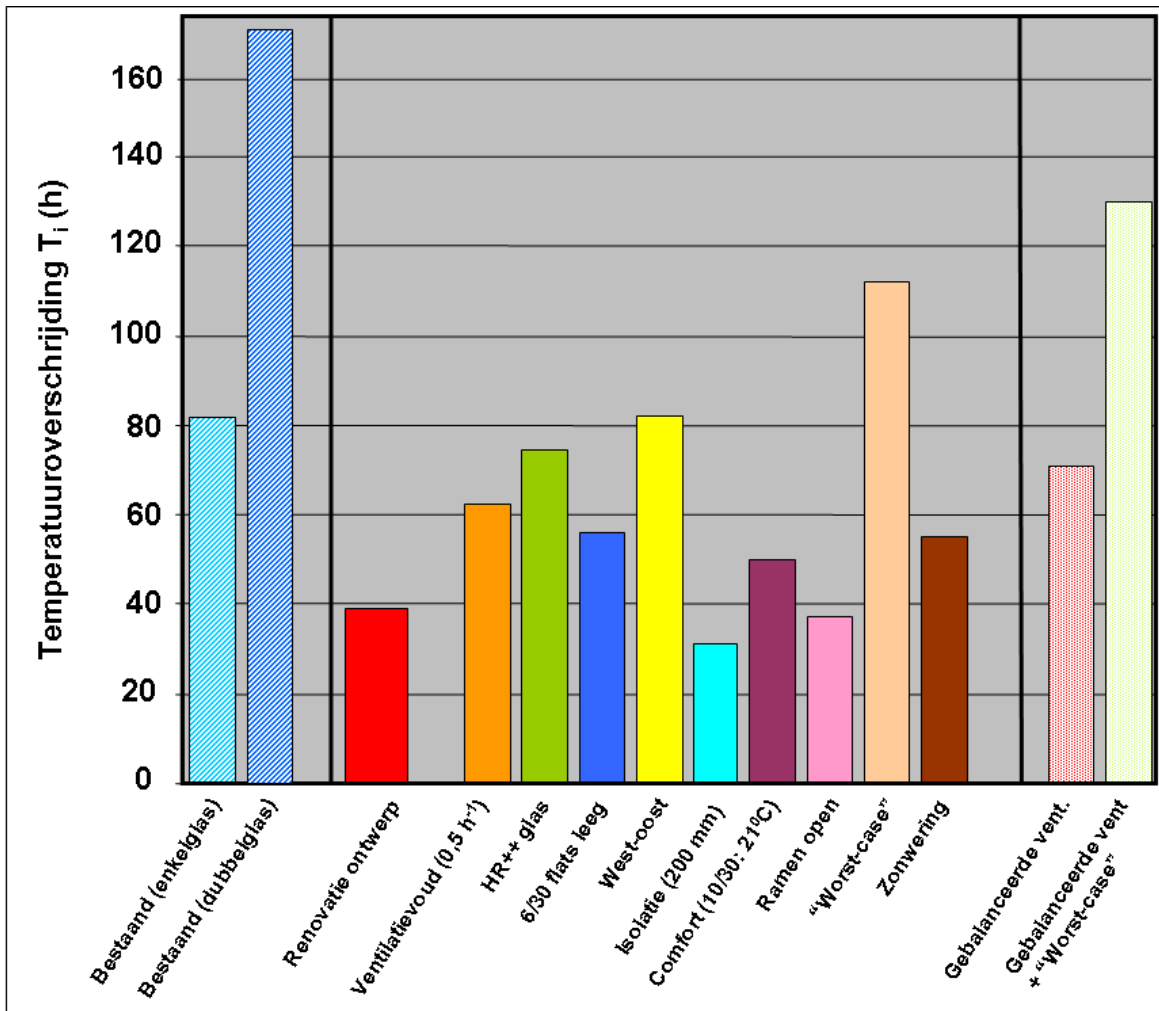


Fig. 65. Resultaten van de diverse simulaties.

Enkele andere simulaties die interessant zouden kunnen zijn, maar waarbij in sommige gevallen een aanvullende deelsimulatie noodzakelijk lijkt, zijn:

- de toepassing van een serre op het zuiden
- de toepassing van een serre op het noorden
- het kritischer bekijken van de gevolgen van wind op hoogbouw. De vraag hierbij is in welke mate de wind invloed heeft op de transmissie (R_c -waarde) en infiltratie ($v_{infiltratie}$) op grotere hoogte.

Faktor-10 reductie in relatie tot de simulaties

De Faktor-10 visie geeft een richtlijn voor een energetisch optimale manier van renoveren, kijkend naar ruimteverwarming. In het kort betekent dit dat als een appartement met enkelglas, het hier gebruikte referentieappartement, nu 2151 m³ aardgas per jaar verbruikt voor ruimteverwarming deze na renovatie nog slechts 2151/10= 215 m³ aardgas zou moeten verbruiken. Dit komt overeen met 23,2 kWh/m²a, een met het streefverbruik van 25 kWh/m²a voor een Passiv-Haus of PZE-woning vergelijkbare waarde. Als economisch optimum wordt in dit verband vaak een energieverbruik voor verwarming van 50,0 kWh/m²a genoemd.

De resultaten maken duidelijk dat de factor van 10 alleen haalbaar lijkt met gebalanceerde ventilatie met warmterugwinning van 85% (Tabel 11 en 12, Fig. 63 en 64). Met het inzetten van hybride ventilatie (simulatie 2.), waarbij de drievoudige beglazing nog zou kunnen worden vervangen door HR++ beglazing (simulatie 3), wordt het energieverbruik 39,6 kWh/m²a of 278 m³ a.e. en lijkt het economische optimum haalbaar. Het elektriciteitsverbruik voor hulpenergie kan nog in mindering worden gebracht, resulterend in een energieverbruik van 39,6 kWh/m²a - 8,3 kWh/m²a = 31,3 kWh/m²a, omdat bij de afweging wel of geen verwarmingsinstallatie het elektriciteitsverbruik voor *hulpenergie* niet van belang is voor de capaciteit van de luchtverwarmingsunit. Andere aspecten, zoals west-oost oriëntatie (simulatie 5.) van de appartementen, veranderen weinig aan deze conclusie. Daarentegen lijkt het onverstandig concessies te doen aan het isolatiepakket (simulatie 6.). De vraag in hoeverre het economisch optimum voor deze renovatie nu is bepaald kan nog niet als volledig beantwoord worden beschouwd, en verdient nog verdere, meer verfijnde studie waarbij ook de kosten worden betrokken.

Conclusie:

Gebalanceerde ventilatie lijkt de enige haalbare, passieve oplossing te zijn om de Faktor-10 energiereductie voor ruimteverwarming. Omwille van de voordelen voor het comfort en mogelijke gezondheidsproblemen door gebalanceerde ventilatie is, binnen dit renovatieconcept, gekozen voor de toepassing van hybride ventilatie. Het nadeel van hybride ventilatie, de beperkte warmteterugwinning, weegt niet op tegen de comfortverbetering. Verder leidt de toepassing van gebalanceerde ventilatie binnen een renovatieproject met een beperkte vrije verdiepingshoogte en de eis van grote flexibiliteit tot een onpraktische en minder fraaie invulling van de lucht(toevoer)kanalen.

Temperatuuroverschrijdingsuren

Als richtlijn, genoemd in NPR 5129, wordt voor het aantal temperatuuroverschrijdingsuren ($T_i > 25^\circ\text{C}$) 250 - 350 uur geadviseerd [31i] en de Novem Toolkit adviseert voor extra comfort een aantal van ongeveer 150 uur [15i]. Geen van de uitkomsten van de diverse, gesimuleerde simulaties overschrijdt het aantal van 300 uur.

De basissimulatie van het renovatie ontwerp toont zelfs een aantal overschrijdingsuren van slechts 39 uur, ruim onder de extra wens van maximaal 150 uur. Ten overvloede werden nog enkele simulaties uitgevoerd waarbij het renovatieconcept (basissimulatie met ZTAw van 0,1 en V_{vmax} 4.0 (free cooling)) werd vergeleken met het bestaande referentieappartement met dubbelglas (ZTAw = 0,3; V_{vmax} = 5,0) voor een hete zomer (1 mei 1976 - 31 april 1977). De resultaten toonden respectievelijk een aantal overschrijdingsuren van 453 en 648 uur.

Conclusie:

Gezien het feit dat, voor een gematigde zomer, het aantal temperatuuroverschrijdingsuren van de onderzochte condities ruim onder de extra comfort wens van 150 uur ligt lijken verdere aanvullende maatregelen als meer zonwering of een uitgebreid zomernachtventilatie-systeem overbodig. Binnen het renovatieconcept bestaat voor de bewoners al de mogelijkheid van zomernachtventilatie door de toevoerroosters binnen het hybride ventilatiesysteem volledig te openen en de centrale afzuigventilator van het appartement in een hogere stand te zetten. Daarnaast kunnen bewoners de ramen openen, waarbij het hybride ventilatiesysteem bij voldoende ventilatie de centrale afzuigventilator kan uitschakelen. Opmerkelijk is dat het toepassen van HR++ glas (simulatie 3), in plaats van drievoudige beglazing, in een verdubbeling (76 uur) van het aantal overschrijdingsuren resulteert. Dit wordt door de hogere ZTA-waarde van 0,6 t.o.v. 0,5. De simulatie met een extreem warme zomer laat zien dat het aantal temperatuuroverschrijdingsuren aanzienlijk toeneemt. Actieve koeling kan hier een oplossing zijn, maar leidt tot een hoger energieverbruik.

Warm-tapwaterbereiding

Voor de bereiding van warm-tapwater bestaan twee naast elkaar opererende systemen, de zonneboiler en de warmtepompboiler. De eerste haalt zijn warmte uit de zon d.m.v. zonnecollectoren, terwijl de tweede de energie voor warmte met behulp van een warmtepomp onttrekt uit de warme, vervuilde afvoerlucht. Beide systemen zouden in het gunstigste geval de totale vraag naar warm-tapwater moeten kunnen dekken. Met een opwekendement van ongeveer 50% voor de meeste gasgestookte warm-waterverwarmers (geiser, combiketel) is het energetisch en milieutechnisch zeer verantwoord te beschikken over een vorm van duurzame energie voor het bereiden van warm-tapwater.

Het economische optimale oppervlak van een zonnecollector, gebaseerd op een te verwachten prijsontwikkeling, is ca. 3 m^2 per appartement [13i]. Uit milieuoverwegingen verdient een oppervlak van $4,5 \text{ m}^2$ per appartement de voorkeur. Kostentechnisch is het verschil met 3 m^2 gering. De zonnewarmte, die met een collector van $4,5 \text{ m}^2$ per woning kan worden opgewekt, kan, in combinatie met een buffervat van 200 l in de installatieruimte van het appartement, gerekend over het gehele jaar, 60% van de warm-tapwatervraag dekken. De jaarlijkse bruto warm-tapwatervraag is ruim 8 GJ. Hiervan levert de zonnecollector 5 GJ en wordt het overige deel geleverd door de warmtepompboiler en een naverwarmtoestel. De warmtepomp wekt d.m.v. het onttrekken van warmte aan de afvoerlucht de nodige warmte op. Deze netto warmteopwekking bedraagt per jaar 1058 kWh oftewel 3,8 GJ.

Geconcludeerd kan worden dat in het meest ideale geval de totale warm-tapwatervraag wordt verzorgd door de zonnecollectoren en de warmtepompboiler, volgend uit $5 \text{ GJ} + 3,8 \text{ GJ} \geq 8 \text{ GJ}$. Toch is deze voorstelling van zaken niet reëel. Tijdens het stookseizoen kan slechts 30% van de warm-tapwatervraag worden gedekt door de zonnecollectoren. Een naverwarmer als onderdeel van de cv-ketel, ook wel boiler genoemd, blijft noodzakelijk om het theoretische verschil van 1,7 GJ op te vangen. Daarnaast komt het voor dat er tijdelijk niet aan de warmtevraag kan worden voldaan. Dit zal vooral 's ochtends zijn, wanneer de meeste bewoners douchen.

In het ontwerp is rekening gehouden met zo kort mogelijke leidingen tussen naverwarmer, die zich in de "donkere" zone, centraal in het appartement, bevindt, en de tappunten. Deze bevinden zich in de keuken en badkamer. Gezien de aanzienlijke hoeveelheid opgewekte warm-tapwater is het toepassen van een hot-fill aansluiting voor af- en wasmachine aanbevelingswaardig. Dit kan een besparing opleveren van 200 kWh aan elektriciteit voor de wasmachine en 100 kWh voor de vaatwasser. Omgerekend (50% rendement elektriciteitscentrale) komt dit neer op een afname van $7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ voor ruimteverwarming.

Conclusie:

Voor zowel de zonnecollectoren als de warmtepompboiler lijkt genoeg plaats op het dak. Zelfs als er sprake is van een opstelling met bijbehorende grote dakterrassen is er genoeg ruimte voor deze installaties.

Conclusie

“De Faktor-10 doelstelling is niet gehaald, wel is een factor 5-6 mogelijk (hybride ventilatie: factor 6,1). Het comfort, met name de luchtkwaliteit en regelbaarheid, heeft prioriteit. Goedkopere maatregelen, een minder gunstige zonsoriëntatie en onzuinig gebruik hebben minder grote invloed op het energieverbruik dan op voorhand werd gedacht.”

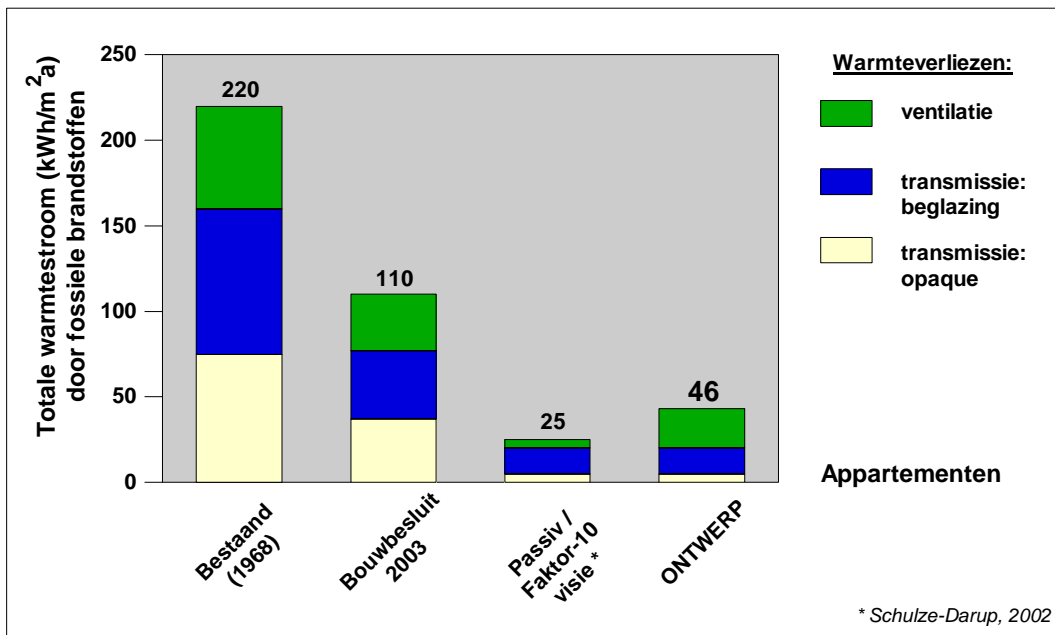


Fig. 66 Samengevat: Warmtestromen voor ruimteverwarming van appartementen met verschillende ontwerpuitgangspunten.

CONCLUSIES & VERVOLG

Centraal stond: “De voorgestelde renovatiestrategie beoogd, op verantwoorde gronden, het voorkomen van sloop van een significant deel van de Nederlandse woningvoorraad. Binnen deze strategie worden de appartementen ingericht voor de toekomst, waarbij veranderbaarheid en aanpasbaarheid worden gecombineerd met een laag energieverbruik en een verhoogd, doch realistisch comfortniveau”.

In de aanvangsfase van het onderzoek is gezocht naar de mogelijkheden die de bestaande voorraad appartementen biedt en zijn er enkele aannames gedaan. In dit hoofdstuk worden nog enkele opmerkingen geplaatst en vragen gesteld bij deze aannames. Dit heeft tot doel uiteen te zetten waar de sterke en zwakke punten van het onderzoek en ontwerp zitten en waar vervolgonderzoek een meerwaarde kan hebben.

Als eerste aanname geldt dat een beperkt deel van de voorraad appartementen uitgebreid geanalyseerd is, namelijk de 120.000 galerijwoningen uit de periode 1960-1980. Dit omdat van deze woningen de beste mogelijkheden werden verwacht om een renovatiestrategie voor de ontwikkelen. Het doel hierbij was meer ruimte, meer wooncomfort en minder consumptie van fossiele brandstoffen. De toepasbaarheid van de hier voorgestelde renovatiestrategie op andere type appartementen lijkt in aanmerking te komen voor een vervolgonderzoek.

Een andere aanname was dat rond de bestaande appartementen voldoende bouwgrond aanwezig is om de uitbreiding op te realiseren. Met name de belemmeringshoek van en voor andere woningen is hier de beperkende factor. Op de begane grond wordt naast een open kolomstructuur slechts gedacht in een uitbreiding van de breedte van de galerijen (ongeveer 1,5 m). In een hoogstedelijke omgeving kan de toepassing van het concept op problemen stuiten. De verschillende manieren om te variëren in de diepte kan een oplossing zijn.

Ook de olieprijs en de daaraan gerelateerde gasprijs wordt verondersteld in de toekomst aanzienlijk te gaan stijgen. Mocht de olieprijs op het huidige prijspeil blijven, ook in de toekomst, dan is het streven naar een energiereductie op fossiele brandstoffen met een factor 10 als economische investering niet rendabel. Blijft echter staan dat met de onderdelen die bij de Faktor-10-benadering horen de nodige CO₂-uitstoot wordt voorkomen en het comfortniveau aanzienlijk kan toenemen.

Uit de analyse van de bestaande woonkwaliteit kwam naar voren dat de geluidisolatie beperkt is en in sommige gevallen lastig op te lossen is. Ook de bestaande vrije hoogte en beperkte beukmaat zorgen ervoor dat slechts wanden en vloeren beperkt ‘verdikt’ kunnen worden. De flexibiliteit en met name de indelingsmogelijkheden hoeven ook na de renovatie niet verhoogd te zijn. Het onderwerp flexibiliteit is zo uitgewerkt dat op elke willekeurige plaats elke voorgestelde type woning voor en tijdens de gebruiksfase kan worden gerealiseerd. In de praktijk zal dit echter niet vaak voorkomen. Met het scheppen van maximale mogelijkheden met weliswaar beperkte middelen is geprobeerd de vaak monotone woongebouwen de nodige variatie in functionaliteit en identiteit te geven. Zo zal activiteit op met name de begane grond de sociale controle ten goede komen en de leefbaarheid vergroten.

De verworven flexibiliteit resulteert in de mogelijkheid tot het creëren van meerdere plattegronden, waarbij installaties een zo min mogelijke belemmering vormen. Dit werd mede bereikt door het plaatsen van een kleine rioleringschacht centraal in de constructieve beuk én een externe leidingschacht tegen de gevel waar ventilatiekanalen en nutsvoorzieningen in kunnen worden opgenomen. Deze externe schacht belemmert de flexibiliteit nauwelijks, daar de portaalstructuur met zijn driehoekvormige liggers de juiste uitsparing creëert, waardoor vloerdelen willekeurig kunnen worden geplaatst. Aan de toegangszijde, in het meest ideale geval de noordkant, maken serres, trappen en tochtsluizen het mogelijk de constructieve secties, de beuken, willekeurig te schakelen. Er ontstaan verschillende soorten plattegronden, variërend van een enkelbeukige plattegrond voor een eenpersoonshuishouden tot een dubbele maisonnette, die als aanleunwoning gebruikt kan worden. De ventilatietoevermogelijkheden verdienen extra aandacht bij de toepassing van een serre aan deze kant. Aan de zuidkant, de balkonzijde biedt de portaalstructuur de mogelijkheid tot het creëren van diverse soorten balkons, aangepast aan de wensen en eisen van een willekeurige woning, onafhankelijk van de specifieke locatie binnen het complex. Als een nadeel kan worden aangevoerd dat de portaalstructuur en bijkomende vloerdelen de totale diepte van het gebouw en de individuele woning doen toenemen, waardoor de onvermijdelijke niet-verblijfsruimtes, al dan niet bewust in de ‘donkere zone’ worden geplaatst. Verder blijft het principe van de galerij gehandhaafd. Nader ontwerp-onderzoek zou gedaan kunnen worden naar andere manieren van ontsluiten van deze bestaande woningen. De kleine interne leidingschacht met de riolering zou kunnen vervallen bij de toepassing van een systeem van horizontale rioleringsbuizen in combinatie met een vacuümpomp-systeem met vermaler. Vervolgonderzoek naar o.a. de toepassing van een systeem van Geberit lijkt interessant om zo een maximale indelingsvrijheid te verkrijgen in de constructieve beuk

Toetsing van de daglichttoetreding wees uit dat bij de juiste plaatsing van de vloerdelen in de buitengelegen portaalstructuur de meeste *verblijfsruimtes* over voldoende daglichttoetreding beschikken. In enkele gevallen, zoals uit berekeningen blijkt, wordt zelfs de in de Novem Toolkit gestelde comfort-eis voor de equivalente daglichttoetreding gehaald. Hier staat tegenover dat vooral bij de slaapkamers aan de toegangszijde de eis voor de equivalente daglichttoetreding uit het Bouwbesluit niet altijd haalbaar is. Voor een slaap- / studeerkamer wordt dit aanvaardbaar geacht. Metingen met de daglichtsimulator aan deze slaapkamers toont echter aan dat de daglichtfactor in alle gevallen voldoet aan de richtlijn van 2-5%.

Naast flexibiliteit door het ontbreken van toevoerkanalen levert ook het ingebrachte hybride ventilatiesysteem een bijdrage aan het comfort. Het systeem is voorzien van vraaggestuurde toevoerroosters in de gevel en een centrale afzuiging. Vervuiling en geluidsoverlast wordt voorkomen en warmteterugwinning vindt plaats met een warmtepompboiler, gekoppeld aan de warme afvoerlucht. Zonnecollectoren op het royale dakvlak verwarmen het warm-tapwater voor.

Aan de hand van computersimulaties (HamBase) blijkt dat, voor de basis van het renovatieconcept, d.w.z. zonder toepassing van hybride ventilatie, maar met warmteterugwinning op ventilatielucht door de warmtepompboiler, een energieverbruik voor ruimteverwarming van 46,6 kWh/m²a haalbaar is. Opmerkelijk is dat simulaties met enkele kostenreducerende maatregelen, zoals het toepassen van HR++ beglazing, i.p.v. drievoudige beglazing, uitwijzen dat het energieverbruik hierdoor niet wezenlijk stijgt (49,1 kWh/m²a). Een voorlopige simulatie voor het hybride ventilatiesysteem toont dat het energieverbruik terugloopt (39,6 kWh/m²a), maar de toepassing van dit systeem heeft vooral voordelen voor het comfort door de grote inzichtelijkheid en regelbaarheid. Op basis van de simulaties kan worden geconcludeerd dat de Faktor-10 doelstelling (≈ 25 kWh/m²a) redelijkerwijs niet haalbaar is met alleen passieve energie-toepassingen. Dit lijkt uitsluitend haalbaar met een gebalanceerd ventilatiesysteem met een warmteterugwinningsrendement van tenminste 80%. De moeilijke inpassing van ventilatietoeverkanalen met gevolgen voor de flexibiliteit en de mogelijke gezondheidsrisico's door onjuist gebruik en installatie van een gebalanceerd ventilatiesysteem wordt de toepassing van dit systeem binnen dit renovatie concept niet geadviseerd. Het hogere energieverbruik bij hybride ventilatie moet gezien worden als investering in een verhoogd comfort.

In figuur 67 zijn de uitkomsten van de simulaties van de verdeling van het energieverbruik voor ruimteverwarming zowel relatief als absoluut weergegeven en vergeleken met de situatie van vóór de renovatie. Opvallend is dat het aandeel voor transmissie, ook in relatieve zin, aanzienlijk is gedaald (van 74% naar 48%). Het aandeel ventilatieverliezen daarentegen is, uitsluitend relatief gezien, verdubbeld (van 27% naar 51%). Uit het laatste kan worden geconcludeerd dat ondanks dat de aandelen transmissie en ventilatie absoluut gezien nagenoeg gelijk zijn (43 en 37 kWh/m²a) er mogelijk nog kan worden terugverdiend door reductie van ventilatieverliezen. Enkele algemene suggesties hiervoor komen aan de orde in de bijlage *Ventilatie*.

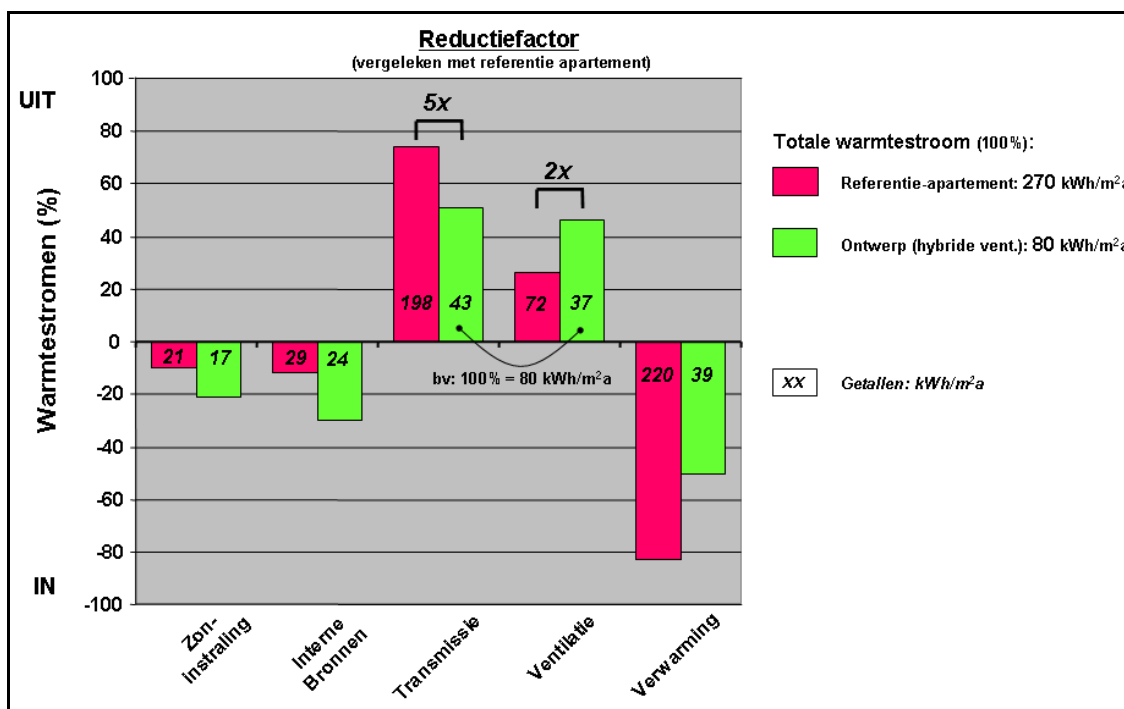


Fig. 67 Wärmestromen (in-uit) voor ruimteverwarming uitgezet in percentages voor het referentie-apartement en het ontwerp met hybride ventilatie.

Het aantal temperatuuroverschrijdingsuren, gesimuleerd voor een gematigde zomer blijft ruim onder de extra comfort wens van 150 uur en lijken verdere aanvullende maatregelen als meer zonwering of een uitgebreid zomernachtventilatie-systeem overbodig te maken. Binnen het renovatieconcept bestaat voor de bewoners al de mogelijkheid van zomernachtventilatie door de toevoerroosters binnen het hybride ventilatiesysteem volledig te openen en de centrale afzuigventilator van het appartement in een hogere stand te zetten. Daarnaast kunnen bewoners de ramen openen, waarbij het hybride ventilatiesysteem bij voldoende ventilatie de centrale afzuigventilator kan uitschakelen. Opmerkelijk is dat het toepassen van HR++ glas, in plaats van drievoudige beglazing, in een verdubbeling (76 uur) van het aantal overschrijdingsuren resulteert. Uit een simulatie met een extreem warme zomer laat zien dat het aantal temperatuuroverschrijdingsuren aanzienlijk toeneemt. Actieve koeling, bijvoorbeeld door de reeds aanwezige warmtepomp kan hier een oplossing zijn, maar leidt tot een hoger energieverbruik. Verder is het de vraag of de toegepaste radiator-convectoren geschikt kunnen zijn.

Voor wat betreft de detaillering kan gesteld worden dat de gekozen materialen gemiddeld zijn qua kosten. Het concept moet de nodige uitstraling en architectonische kwaliteit geven aan de woongebouwen door de diversiteit in de gevel door de verschillende indelingsmogelijkheden. Bij de constructieve materialen vallen de betonnen vloerelementen op. Met het oog op de SlimBouwen[®]-visie is het interessant in een vervolgonderzoek op zoek te gaan naar lichtere materialen met dezelfde eigenschappen en prijs als beton

Wanneer het aspect kosten toch aangestipt wordt, valt de toepassing van een warmtepomp voor de warmteterugwinning op ventilatielucht op. Gezien de beperkte hoeveelheid energie die effectief teruggewonnen kan worden bij vooral een collectief systeem lijkt het geen economisch interessante maatregel. Uit nader onderzoek of ontwerp zal moeten blijken of bv. een manier van warmteterugwinning per woning op ventilatieafvoerlucht een reële optie is. Aspecten als het direct terugvoeren naar radiatoren met kortere leidingen, en andere schachten komen dan aan bod.

Onderdelen uit het voorgestelde concept kunnen met de nodige aanpassingen ook worden ingezet voor nieuwbouwprojecten.

LITERATUURLIJSTEN

Binnen het verslag zijn drie typen van literatuurreferenties gebruikt, geordend naar medium. Te onderscheiden zijn literatuur in de vorm van een boek, een vaktijdschrift / publicatie / afstudeerverslag en het internet. In het verslag krijgt een boek krijgt in de nummering geen toevoeging (bv. [26]), een artikel bv. krijgt een 't' (bv. [26t]) en een bestand of website krijgt de toevoeging 'i' (bv. [26i]).

Boeken

- nr. auteur, titel, soort, instituut, jaargang
- [1] Singelenberg J.P.J., De toekomst van de flat, publicatie SEV, 1990
 - [2] Schmitz-Guenter, T., Leefruimten, 1998
 - [3] Blesgraaf, P., Grote Glasoverkapte ruimten, Novem, 1996
 - [4] de Vries, T., Bouwdetail. Jaarboek 98, NBD, 1998
 - [5] Handbuch Passive Nutzung der Sonnenenergie, 1984
 - [6] Sun/Earth. Alternative Energie Design for Architecture, 1983
 - [7] Evans, B.H., Daylight in Architecture, 1981
 - [8] Hoiting, H., Zon en architectuur, Novem, oktober 2000
 - [9] Dogge, P., e.a., Eindhoven doorgelicht. Deel1: Dynamiek, waardering en woonvoorkeur
 - [10] dictaat TDO, TU/e, augustus 2002
 - [11] van Tuijn, J.T.J.M., 48 Bestaande etagewoningen plan 'Reitse Hoeve' te Tilburg, Novem, 1988
 - [12] Kristinsson, J., Integraal Ontwerpen -vitale architectuur-, 2002
 - [13] Feist, W., Das Niedrigenergiehaus, 4. Auflage, 1997
 - [14] Op 't Veld, P.J.M., Energie-effiënt ventileren, ISSO sbr, 1999
 - [15] Meyer-Bohe, W., Energiesparhaueser, 1996
 - [16] Bouwens, C., Weldadige woningen. Veertig ontwerpprincipes voor gezond bouwen, SEV, 2004
 - [17] Bouwmeester, H., Bouwen op de zon. Nieuwland Amersfoort, REMU NV, 1999
 - [18] Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen. Vademecum, Novem, 1992
 - [19] Bakker, F.E., diktaat Bouwfysica / Warmte, 1995
 - [20] Achard, P., European Passive Solar Handbook, 1986
 - [21] Bouwmeester, H., De Zon in stedenbouw en architectuur, Novem, 2000
 - [22] Schittich, C., DETAIL: solar architecture, 2003
 - [23] Santamouris, Residential Buidings, 2005
 - [24] Solararchitektur, 1997
 - [25] Termal insulation, avoiding risks, 2002
 - [26] Schuster, G., Solares Bauen, proefschrift, 2004 (schuster200413104.pdf)
 - [27] Hestnes, A.G., Solar Energy Houses IEA, 1997
 - [28] Beschrijving Installaties Urban Villa te Amstelveen – bewonersversie, BAM Woningbouw b.v., 1999
 - [29] Poel, A., Evaluatie Urban Villa Amstelveen, Damen Consultants, 1997
 - [30] Ravesloot, C.M., Rombo Tactiek, bouwstenen 90 TU/e, 2005
 - [31] Briede, K.J., Tabellen, voor bouw- en waterbouwkunde, 7e druk, 1995
 - [32] Jansdaal, P.W.J., dictaat Industriële productontwikkeling, 2001
 - [33] Lichtenberg, J., Slimbouwen, 2005
 - [34] Bakker, F.E., dictaat Raam en daglichtbenutting, 1995
 - [35] Consumentenbond, Zelf Klussen: ruimte winnen in huis, 1997
 - [36] Dogge, P., e.a., Eindhoven doorgelicht. De Woningstichting Hhvl
 - [37] Renckens, J., Aluminium Façades & Architecture, 2005
 - [38] Luxemburg, van, L.C.J., Geluidwering bij woningverbetering, 1997
 - [39] Kortman, J., Variantenboek milieuprestatie vormgeven, SEV, 2004
 - [40] Hilhorst, H.L.C., VAC-Kwaliteitswijzer: integrale visie op...., Landelijk Contact van de VAC's, 1997
 - [41] Hauser, G., Waermebruecken-Atlas fuer den Holzbau, Wiesbaden: Bauverlag, 1992
 - [42] Hoogers, J e.a., Bouwen met tijd, SEV, 2004
 - [43] Fac. Bouwkunde, dictaal Constructief Ontwerpen 1, TU/e, 1994
 - [44] Vis, W.C., Sagel, R., Berekenen en tekenen van betonconstructies, Stichting BetonPrisma, 1996
 - [45] Verburg, W.H., Overspannend staal, Staalkundig genootschap, 1996
 - [46] Fanger, P.O., 'Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering', McGraw-Hill, New York, 1972
 - [47] Rutten, A. J. F., diktaat Bouwfysica / Licht, 1996
 - [48] Rutten, P.G.S., diktaat Geïntegreerd ontwerpen van gebouw en klimaatinstallaties, 1995
 - [49] Liebregts, M., diktaat Onderhoud en Renovatietechnieken, 1999
 - [50] Baarda, D.B., basisboek Methoden en Technieken, Stenfert Kroese, 1997
 - [51] Silvester, S., Demonstratieprojecten in de energiezuinige woningbouw, proefschrift, Erasmus Studiecentrum voor Milieukunde, Rotterdam, 1996

Vaktijdschrift / publicatie / afstudeerverslag (t)

- nr. Auteur, titel, publicatie, uitgave
- [1] Kamphuis, I.G., Comfort-Box regelt individueel comfortniveau, Ventilatie & Verwarming, maart 2005
[2] den Dekker, L., Realisatie grootschalig duurzaam energieconcept, Ventilatie & Verwarming, februari 2005
- [3] van Hal, A., Breathing Window, Puur Bouwen, december 2004
[4] Eigen woning als proeftuin, Puur Bouwen, november 2004
[5] Eek, H., 20 low energy terrace houses in Goteborg, EFEM architectkontor
[6] Een greep uit de post, Puur Bouwen, juli 2004
[7] Didde, R., Bewonerservaringen, 8 (slot), Puur Bouwen, april 2004
[8] EPO, architectuur uit ..., Puur Bouwen, oktober 2004
[9] EPO, architectuur uit ..., Puur Bouwen, september 2004
- [10] de Vries, G., Wageningen, De Vlinder, Puur Bouwen, oktober 2004
[11] Ruijs, E., Natuurlijke ventilatoren zorgen voor energiewinst, Ventilatie & Verwarming, januari 2005
[12] de Vries, G., Comfort, gemak en besparingen..., Puur Bouwen, juli 2004
[13] Op 't Veld, Nieuwe ventilatieconcepten, Puur Bouwen, december 2004
[14] Spanidaans, Polderdroom en kangaroo voor ouderen, NRC Handelsblad
[15] van der Mark, T., Energievreter in opspraak, Gooi en Eemlander, 19 februari 2005
[16] Kroon, A., Nul-energiewoning Woubrugge, Novem
[17] Kester, J.C.P., Kansen voor duurzame energie bij herstuc....., ECN, april 2002
[18] Verhoef, L.A., Wat vindt de Nederlandse bouwbranche (P0113), Verhoef Solar Energy Consul., maart 2001
- [19] Disch, R., Heliotrop, www.rolfdisch.de
[20] Passieve Woningen, www.mbbenelux.be
[21] Verkerk, L.P., report ECN ZON: ECN-C—00-052, ECN, oktober 2000
[22] Aantrekkelijke hoogbouwoningen voor modern..., NUL20, juli 2003
[23] van Nunen, H., IFD today-apartment building system, www.kcbs.nl
[24] Haalbaarheidsonderzoek efficiënt energiesysteem, Novem
[25] Der Energiepark Mont-Cenis
[26] Cox, M.G.D.M., SlimBouwen, de integrale aanpak, TU/e, 24 dec. 2004
[27] Craenmehr, R., Driessen, R., Conserveren van bestaande woningen door een schil, afstudeeronderzoek 3279, lente 2004
- [28] Schittich, C., Apartmentblocks Innsbruck, Austria, Detail: solar architecture
[29] Heijneman, R., Compli-unit afstudeeronderzoek 3291, augustus 2004
[30] van Hal, A., Duurzame herstructurering Complex 50, Osdorp, Duurzaam Bouwen, maart 2001
[31] Krop, W., Integratie van zontechnieken als verrijking, Duurzaam Bouwen, januari 2001
[32] Schulze Darup, Energetische Gebauedesanierung mit Faktor 10, www.schulze-darup.de
[33] "Zonnestroomcijfers", www.hollandsolar.nl
[34] Ham, M., Renovation of Housing using a glass skin, Abstract TU/e
[35] Cox, M.G.D.M., Bijlage 1: Projectplan SlimBouwen, TU/e, december 2004
[36] Staps, F., Goedkoop wonen in BoKlok, NRC Handelsblad, 15 maart 2005
[37] Bewoners informatie Anne Franklaan e.o. Bussum, Alphaplan bv, 1997
[38] Schamhart, A.E., Is er ruimte voor geïntegreerde geprefabriceerde solar..., begin afstudeeropdracht
[39] Schamhart, A.E., Sportcomplex met woningen in Hilversum, 1e afstudeeronderwerp, 2003
[40] Schamhart, A.E., Energie-nul-woning, begin afstudeeropdracht, 2004
[41] Schamhart, A.E. "notulen symposium SlimBouwen"
[42] de Gids, W., Hybride ventilatie veelbelovend, GB&W, 2002-1
[43] van der Aa, A., Scandinavie hybride, GB&W, 2002-1
[44] Slotboom, E., Scholencomplex Waterland, GB&W, 2002-1
[45] Bronsema, B., Gevers Deynootschool, GB&W, 2002-1
[46] Op 't Veld, P., Hybride ventilatie: de stand van zaken, Ventilatie & Verwarming, februari 2003
[47] van Wolferen, H., Domotica: comfortabel en energiezuinig?, Ventilatie & Verwarming, februari 2003
[48] Willems, E.M.M., Innovatieve ventilatie en EPN, Ventilatie & Verwarming, maart 2003
[49] Willems, E.M.M., Ventileren naar behoefte is de trend, Ventilatie & Verwarming, januari 2004
[50] Schmitz, H., Betaalbare autarkische, bionische gebouwen, Ventilatie & Verwarming, maart 2004
[51] Engel, M., Natuurlijke combinatie ventilatie en verwarming, Ventilatie & Verwarming, juni 2004
[52] Sijpbeer, N., Besparen en bezwaren, Ventilatie & Verwarming, juni 2004
[53] Olesen, B.W., Hoe(veel) wordt in de toekomst geventileerd?, Ventilatie & Verwarming, oktober 2004
[54] Olesen, B.W., Luchtkwaliteit wordt steeds belangrijker, Ventilatie & Verwarming, november 2004
- [55] ClimaRad, www.climarad.com, mei 2005
[56] Schamhart, A.E., woningbeoordeling, interview, afstudeeropdracht, mei 2005
[57] van den Berg, K., Verwarmen en koelen met de bodem, Ventilatie & Verwarming, februari 2005

- [58] Roijen, E., HR-ventilatie in woningen, kwaliteit of kwantiteit?, Ventilatie & Verwarming, maart 2005
- [59] Koene, F.G.H., Actieve gevels voor duurzame woningen, Ventilatie & Verwarming, april 2005
- [60] Vollebregt, R., Aandachtspunten voor een effectieve EPN, Ventilatie & Verwarming, mei 2005
- [61] Draaibare testwoning, www.ecn.nl, juni 2005
- [62] Actieve gevels, www.ecn.nl, juni 2005
- [63] Bouwmeester, H., Kopietjes uit: Bouwen op de zon, REMU NV, 1999
- [64] Referentiefat Brunssum-Noord
- [65] Caddet IEA, Low-energy Apartments in the Netherlands, Technical Brochure No. 64, 1998
- [66] 'Gas en licht honderden euro's duurder', rtiZ, september 2005
- [67] Melet, E., Nu de vorm nog... Puur Bouwen, december 2002
- [68] 'nieuws', Puur Bouwen, september 2003
- [69] Gelinck, S., e.a., Best of both worlds, Puur Bouwen, april 2002
- [70] 'nieuws', Puur Bouwen, april 2003
- [71] van Hal, A., Form follows climate, Puur Bouwen, september 2002
- [72] Schamhart, A.E., Brief aan bewoners Urban Villa Amstelveen, afstudeerverslag, september 2005
- [73] Foto's uitvoering Urban Villa
- [74] Poel, A., Urban Villa, BouwWereld, oktober 1995
- [75] Lohmann, E., Urban Villa, Installatie, no. 5 1995
- [76] ter Meer, J., Urban Villa, koude start, Installatie, no. 10 1996
- [77] Poel, A., Urban Villa, BouwWereld, november 1995
- [78] Urban Villa
- [79] Hendriks, E. e.a., Urban Villa, duurzaam voor elk milieu, de Volkskrant, 23 maart 1996
- [80] Poel, A., Urban Villa, BouwWereld, november 1995
- [81] Poel, A., Urban Villa, BouwWereld, oktober 1995
- [82] TU/e Vertigo / Tech. Scheikunde, TU/e
- [83] Licht & Groen, 16 luxe appartementen, BAM Vastgoed, november 1993
- [84] IKEA, Catalogus 2006, IKEA 2006
- [85] Ontwerpinstrumenten voor een duurzaam leefbare omgeving, 2005, uit Poptahof)
- [86] Akkermans, K., Bruijstens, R., Zon- en consumentgericht renoveren, afstudeeronderzoek 3300, oktober 2004
- [87] Duijm, F., Balansventilatie zeker voor verbetering vatbaar, CoBouw, februari 2006-03-07
- [88] Referentieproject Erasmuslaan H'sum 1968, gemeente Hilversum, oktober 2005
- [89] Franchimon, F., Integrale Benadering van Energie en Comfort- Daglicht, afstudeeronderzoek 3189, 2003
- [90] Durmisevic, S., Determining future value of existing houses, Adaptables2006 TU/e, 2006

Internet (i)

- nr. instutuut, bedrijf, etc.
- [1] CBS, <http://www.cbs.nl>
- [2] Milieucentraal,
<http://www.milieucentraal.nl/onderwerp/set?onderwerp=Milieutrends%20consumenten>
- [3] <http://www.a-m.be/inleidingRT.htm#energiehuishouden>
- [4] RIVM, <http://www.rivm.nl/milieuenatuurcompendium/nl/i-nl-0035-05.html>
- [5] ECN, <http://www.energie.nl/index2.html?stat/trends133.html>
- [6] EnegieNed, <http://www.energiened.nl/>
- [7] Lichtblau, F., Herausforderung Gebäudebestand: Faktor 10, oktober 2004, lichtblau.pdf
- [8] Schulze-Darup, B., 1095336353_Energ_Gebaeudesan_Internet.pdf
- [9] Kristinsson, J., <http://www.breathingwindow.org/>
- [10] IEA, <http://www.iea.org/>
- [11] TNO / November, vrom highrise renovation.pdf
- [12] ECN, De optimale PVE-woning, c03002.pdf, F. Koene e.a.
- [13] ECN, Verwarmingsconcepten PVE-woning, c00097.pdf, F. Koene e.a.
- [14] trichtglas.bv, <http://www.trichtglas.nl/isolatieglas.htm>
- [15] Novem, Toolkit_H5.2.5_tcm24-117564.pdf
- [16] ECN, Energieconcept woontoren rijswijkseplein, Koene, F., c01049.pfd
- [17] Silvester, S., Woonsatisfactie en Duurzaam Bouwen, satis4.pdf, 1999, VROM + SEV
- [18] EFEM, Sweden Lindås Göteborg.pdf
- [19] <http://www.beleefbibliotheek.nl/frames.php?w=http://www.beleefbibliotheek.nl/pakket/opruimen/opberg.php?s=n/opberg.doc>
- [20] W/E, Solar Renovation Brandaris: Donzell44.pdf
- [21] Novem, Brandaris, 039.pdf
- [22] RTLNederland, [http://rtl.nl/\(/actueel/4inhetland/home/\)/components/actueel/4inhetland/2006/01/200601051.xml](http://rtl.nl/(/actueel/4inhetland/home/)/components/actueel/4inhetland/2006/01/200601051.xml)
- [23] Feist, W. , www.passiv.de
- [24] Heiselberg, P., Hybrid Ventilation Centre, Aalborg University, Aalborg, Denmark, 2002, Principles of H V.pdf
- [25] Delsante, A., Hybrid Ventilation, State-of-the-art review Annex 35, sotar.pdf
- [26] ECA, Urban air, indoor environment and human exposure Report No 23, Ventilation, Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy.pdf
- [27] Climarad, Nachtkoeling C&H rapport.doc
- [28] EKbouwadvies, <http://daglicht.ekbouwadvies.nl>
- [29] november, <http://www.daglicht.novem.nl/ontwerp/daglicht.htm>
- [30] VROM, Praktijkboek Bouwbesluit 2003
- [31] NEN, NPR 5129, Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - Rekenprogramma (EPW) met handboek
- [32] IFD, www.ifd.nl
- [33] Panagro, www.panagro.nl
- [34] NEN, NEN 2057
- [35] Dubo-centrum, evaluatie HR-ventilatie Schiedam, 2005
- [36] Silvester, S., Bewonersonderzoek minimum-energie woningen Schiedam, 1985 (2059729.tif)