

# Actieve energie-interactie

Transparante dakconstructies bij gevelaanbouwen of serres bieden veel voordelen voor daglichttoetreding en passieve zonneverwarming. Deze toepassingen nemen daarom toe bij nieuwbouw en renovatie. Maar vooral in de zomer zijn er problemen met oververhitting. Optimalisatie gedurende het gehele jaar is gewenst. Zo ontstaat de meest comfortabele en energiezuinige situatie. Gebruikers eisen duurzame, energiezuinige en comfortabele woningen en kantoren. Hierdoor zijn de afgelopen decennia gebouwen overmatig geïsoleerd, waardoor de gebruiker vervreemd is geraakt van zijn natuurlijke omgeving. Goed bouwen met glas of andere transparante materialen maakt optimale benutting van daglicht mogelijk. Ook kan gedurende grote delen van het jaar de zonnewarmte benut worden. Hoe realiseer je een afgestemde ontwerpmethodiek en afwegingsmodel voor innovatieve transparante dak/gevel-concepten en producten die een meerwaarde hebben voor daglicht, comfort en energiegebruik?

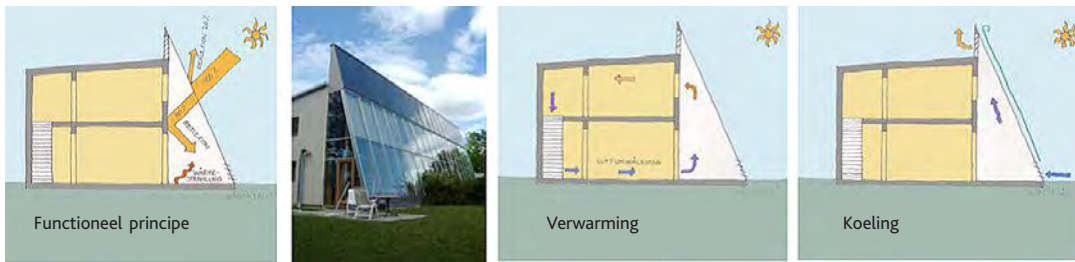
Prof.ir. . (Wim) Zeiler en ir. E. (Emile) Quanjel, Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, unit Building Physics and Services; D. (Dick) Timmermans en M. (Michel) van Gerve, Brakel Atmos

De doelstellingen om energie te besparen en daarmee de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen zullen in de toekomst steeds belangrijker worden. Reductie van de energievraag van de gebouwde omgeving en de inzet van duurzame energie zijn daarbij belangrijk.

Tot begin jaren negentig is de gevel ontwikkeld als defensieve klimaatscheidingsconstructie. De buitenklimaatinvloeden via de gevel werden sterk gereduceerd en luchtverliezen door de gevel geminimaliseerd. Binnenklimaat verstorend gedrag van gebruikers was groter uitgesloten, doordat de installaties

voor het binnenklimaat centraal en autonoom werden geregeld. Maar gebruikers blijken de automatisch geconditioneerde ruimten niet optimaal te ervaren en beleven. De gebruiker wordt kritischer en daardoor wordt het gebruikscomfort en de beleving steeds belangrijker keuzefactoren. De architect wordt hierdoor extra ondersteund in zijn natuurlijke drang tot vernieuwing. De actief dynamische gevel streeft de traditionele gevel – de passief en defensief klimaat scheidende constructie – voorbij. De actief dynamische gevel anticipeert op het buitenklimaat en is interactief met de

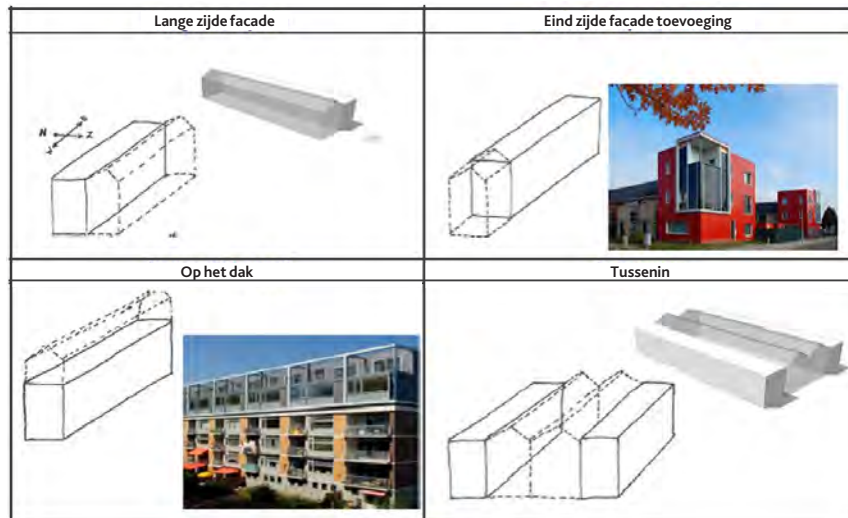
klimaatinstallaties; de gevel als intelligent membraam, interface en medium [1] De literatuur onderscheidt verschillende transparante gevelsystemen [2]: enkelvoudig geïsoleerde glasfaçade; conventionele klimaatfaçade; Hollandse klimaatfaçade; tweedehuidfaçade; lamellenfaçade; tripelheidfaçade en membraanfaçade. Opgemerkt dient te worden dat uitsluitend de hoofdvormen zijn benoemd. In de loop der tijd zijn vele tussenvormen ontwikkeld en toegepast. Als de ontwerper een aantal oplossingsvarianten (structuren/concepten) heeft gegenereerd, staat hij voor de taak een



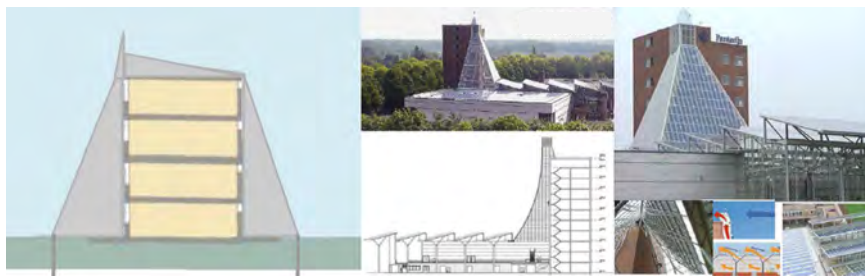
-Figuur 1- Functionele versterking van de functies daglichttoetreding, verwarming en koeling door een transparante gevelaanbouw



-Figuur 2- Uitbreidingsmogelijkheden bij vrijstaande woningen [3]



-Figuur 3- Mogelijkheden voor het upgraden van laagbouwflats door toevoegingen [5]



-Figuur 4- Concept voor de transparante uitbouwrenovatie van laagbouw flats met als referentieproject De Vlinder te Wageningen



-Figuur 5- Greenhouse residence in Yamato-shi, Japan en in Duitsland [3]

keuze te maken. Bij goed geïsoleerde en energiezuinige gebouwen is het energiegebruik voor verlichting één van de grootste posten. Het goed gebruiken van de mogelijkheden van daglicht is dus van

groot belang. Voor de gevel zijn al diverse opties ontwikkeld. Maar aan het dak is tot nu toe nog niet of nauwelijks aandacht besteed, terwijl dit bouwdeel juist nieuwe mogelijkheden biedt omdat de zon hierop volop schijnt.

Een enkele keer maakt iemand de opmerking dat het dak als vijfde gevel dient te worden beschouwd, maar daar blijft het ook bij. Juist naar de functionele combinatie van gevel en dak is nog geen onderzoek gedaan. Met name bij transparante gevels en daken zijn er vele nieuwe mogelijkheden en opties. Deze verdienen nader onderzoek, waarbij de nadruk ligt op de actieve energie-interactie tussen een transparant gevel/dak en zijn omgeving. Bij het renoveren van woningen ontstaan mogelijkheden om door middel van transparante geveldelen ruimte, beleving en uitstraling aan bestaande woningen toe te voegen, zie figuur 1. De ventilatie van de woning kan versterkt worden door serre, verwarming en koeling positief te beïnvloeden alsmede de dachtlichttoetreding te versterken. Andere mogelijkheden van het toepassen van transparante gevel/dak-delen bij vrijstaande woningen zijn weergegeven in figuur 2 en zijn onderzocht door Van Velzen [3]. Er zijn ongeveer 144.000 van dit soort huizen in Nederland. Maar aangezien deze woningen allemaal individueel eigendom zijn, is het moeilijk deze markt met standaard aanpakken te benaderen. Een belangrijke groep gebouwen in Nederland zijn de laagbouwflats van de jaren zestig, die grotendeels in eigendom zijn van woningbouwverenigingen. Daarvan zijn er ongeveer 490.000 in ons land [4], ofwel 7% van het totale gebouwenbestand van Nederland. Veel van deze flats staan nu op het punt gerenoveerd of afgebroken te worden. Bij de renovatie ontstaan nieuwe mogelijkheden om de leefbaarheid te vergroten en de uitstraling te 'upgraden' (zie figuur 3 voor enkele voorbeelden) [5]. Het idee is om een basisconcept te beschouwen, waarbij aan de voorzijde en achterzijde transparante geveluitbreidingen en een transparant dakelement worden toegevoegd. Als referentieproject kan het project de Vlinder te Wageningen gelden, waar een aantal principes zijn toegepast (zie figuur 4).

## INTERNATIONALE STAND DER TECHNIEK

Op verschillende plaatsen in de wereld zijn zogenaamde greenhouse woongebouwen ontworpen en gebouwd, zie figuur 5. Er zijn diverse opties om verschillende elementen op te nemen in, op of onder de transpa-



rante dakconstructie. Dit kunnen lamellen zijn, screens, folies, coatings etc. Ook geventileerde dubbele huid dakconstructies bieden mogelijkheden. Een voorbeeld hiervan is het FinanzIT-gebouw te Hannover [6, 7], zie figuur 6. Een ander alternatief is het toevoegen van watervoerende slangen in transparante delen, bijvoorbeeld het flowdeck-principe of het Smart Skin-principe, zie figuur 7.

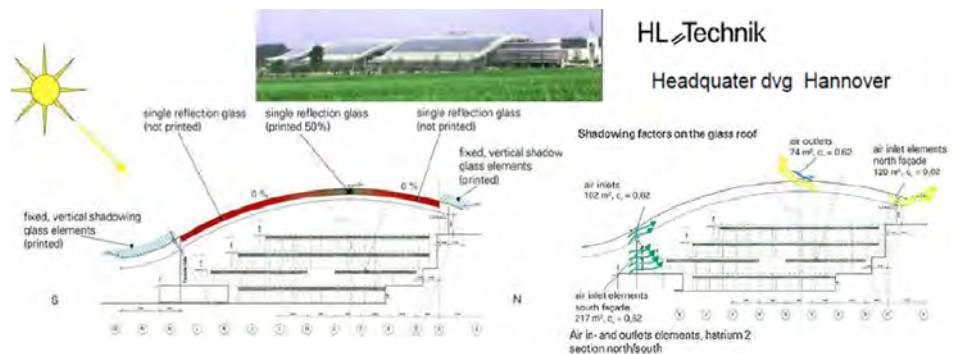
## ALTERNATIEVEN

Niet alleen tussen transparante geveldelen kunnen elementen worden opgenomen of kan lucht stromen; dit kan ook in de constructiedelen, zoals bij Rijswaterstaat Utrecht waar een deel van de atriaconstructies op de begane grond leiding- of luchtvoerend zijn uitgevoerd, zie figuur 8.

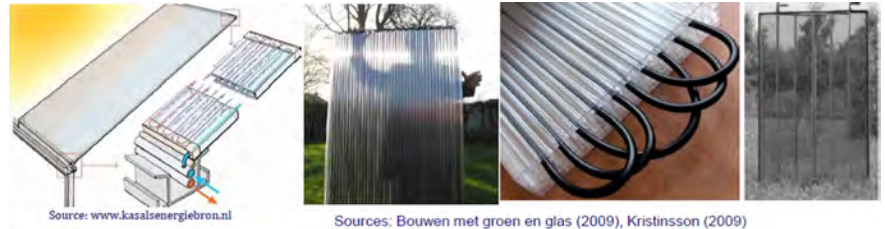
Brakel Atmos ontwikkelt ook nieuwe profielen voor de bevestiging van transparante panelen. De doorkoppeling van delen wordt onderzocht maar ook andere mogelijkheden om lucht of leidingen op te nemen, zie figuur 9. Een voorbeeld van de mogelijkheden van een dergelijke koppeling is bijvoorbeeld het Burjal Shams-project. Hier is een luchtkanaal als schacht geprojecteerd voor het afvoeren van de ventilatielucht, waarbij deze als zonneshoorssteen functioneert, zie figuur 10.

## EERDER ONDERZOEK

Aan de TU/e is eerder onderzoek gedaan naar gevelsystemen [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 en 18]. Daarnaast is er in Nederland maar ook internationaal veel onderzoek gedaan naar bouwen met groen en glas [1, 6, 7, 19, 20]. Recentelijk is er aan de TU/e een onderzoek afgesloten naar de meerwaarde van het toepassen van glazenkasaanbouw bij vrijstaande woningen [3]. Dit bleek bij renovaties een zeer zinvolle optie te zijn. Hierbij is echter een standaard constructie als uitgangspunt voor de berekening genomen. Er is verder niet gekeken naar alternatieve innovatieve gevel- of dakconstructies. In het onderzoek van den Boer [11] zijn verschillende gevelsysteemconstructies beoordeeld en kwam de lamellenfaçade als gunstig naar voren. Dit is verder onderzocht door Jacobs waarbij ook de combinatie met pv-lamellen is meegenomen. Het concept maakt gebruik van zowel actieve als passieve zonne-energie. De pv-cellen wekken elektriciteit op; dit is de actieve component. De passieve component is het gebruik van zonnewarmte. Deze ontstaat doordat warmtestraling van de zon door het buitenste glasvlak de spouw binnendringt en daar op de pv-lamellen valt. Deze lamellen warmen zo op en geven de warmte door convectie af aan de lucht in de spouw. Daarnaast valt er zichtbaar licht op de pv-lamellen, die een gedeelte hiervan omzetten in elektriciteit.



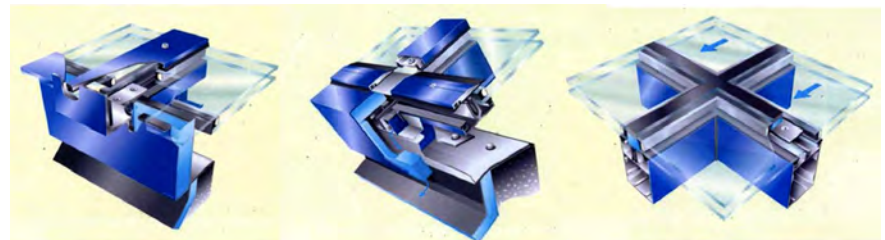
-Figuur 6- Principes en resultaten van de geventileerde dubbele huid dakconstructie, FinanzIT Hannover



-Figuur 7- Transparante dakelementen voorzien van watervoerende slangen



-Figuur 8- Project Rijkswaterstaat Utrecht waarin de staalconstructie van de Atria gedeeltelijk als luchtkanaal fungeert [8]

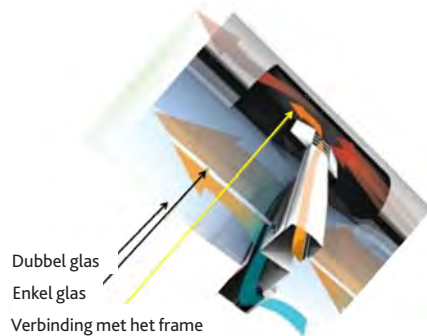


-Figuur 9- Diverse mogelijkheden voor integratie van luchtkanalen, leidingen of bekabeling

Een groot gedeelte van het opvallende zichtbaar licht wordt niet omgezet in elektriciteit, maar in warmte. Ook deze warmte wordt door convectie afgegeven. Deze processen zorgen voor opwarming van de lucht in de spouw. In de warme perioden zullen de ventilatieroosters aan de boven- en onderzijde van het buitenblad open staan en kan er door het buoyancy-effect een ventilatiestroom ontstaan door de spouw. Aan de bovenzijde ontsnapt de opgewarmde lucht, waardoor aan de onderzijde relatief koude omgevingslucht wordt aangezogen. In koude perioden staan alleen de onderste ventilatieroosters open. De lucht in de spouw wordt ook nu opgewarmd door de zon. De opgewarmde lucht wordt daarna gebruikt als ventilatielucht voor het gebouw. Dit gebeurt via ventilatieroosters in het binnenblad of door ramen te openen. Voordeel is dat ook in koude perioden de ramen geopend kunnen worden en dat de ventilatieverliezen zullen dalen, alsmede de transmissieverlie-

zen door de gebouwschil. In extreem koude perioden kunnen alle ventilatieroosters in de buitengevel gesloten worden, zodat een extra, getemperde klimaatzone tussen binnen en buitengevel ontstaat. Voor hoge gebouwen biedt dit systeem ook de mogelijkheid om ramen te openen op de hoogste verdiepingen. De multifunctionaliteit van dit concept bestaat dus uit: elektriciteitsopwekking, zonwering, warmtewering, warmteopwekking, ventilatie en warmte-isolatie.

Het doel van het onderzoek van Jacobs [13] was pv-integratie in de gevel als beargumentteerd concept voor toepassing van duurzame energie in de gebouwde omgeving. Door Eicker [21] is een onderzoek gedaan naar de opbrengsten van pv-thermische combinatiepanelen. Hierbij is een vergelijking gemaakt tussen units in dakopstelling en in de gevel geïntegreerde units. De gevelunits bleken 30% minder elektrische energie op te wekken dan de dakunits. Uit het onderzoek van Jacobs [13, 22, 23, 24]



-Figuur 10- Project Burj al Shams, waar een zonnesclootsteen is toegepast voor het afvoeren van ventilatielucht [9, 10]

blijkt dat de pv-panelen 56 tot 58% minder elektrische energie opwekken. Dit is dus een punt om verder te onderzoeken  
In Nederland bedraagt het energiegebruik in de gebouwde omgeving ongeveer 930 PJ/jaar. Van de gebruikte energie gaat 70% naar klimatisering. De potentiële besparing is dan het potentieel voor de laagbouwflats, die 7% van het totale gebouwenbestand uitmaken. Dit is ongeveer  $930 \times 0,7 \times 0,07 \times 0,15 = 9,0$  PJ/jaar (totale energiebehoefte gebouwde omgeving  $\times$  aandeel energie voor klimatisering  $\times$  percentage flats van het totaal aan gebouwen  $\times$  percentage besparing). In totaal gaat het om ongeveer 28.000 flats, zodat voor één flat de besparing ongeveer is  $1.800.000/28.000 = 321,5$  GJ.

## CONCLUSIE

De energie interactie tussen transparent dak/gevel en omgeving biedt nieuwe mogelijkheden voor energiebesparing [25]. Gezien de te realiseren doelstellingen, is dit een belangrijke potentiële markt voor producten met een hogere toegevoegde waarde en een betere marge dan de huidige producten in een sterk concurrerende markt. Het is de bedoeling dat er met behulp van de Integraal ontwerp-methode alternatieve oplossingen worden bedacht, die ingezet kunnen worden bij de ontwikkeling van duurzame transparante gevel/daksystemen. De methode en de beslissingsondersteunende techniek ondersteunen de ontwerper bij het genereren van mogelijkheden en het maken van keuzes. Belangrijk is om door middel van eenvoudige modellering- en simulatietools de afwegingen tussen mogelijkheden te ondersteunen. Het resultaat moet een duidelijk beter energieconcept zijn en productietechnisch niet te complex, alsmede weinig onderhoudskosten met zich mee brengen. De 'total life cycle costs' moeten lager zijn dan die van huidige alternatieven.

Expliciet wordt er onderzoek gedaan om te komen tot betere energetische concepten voor nieuwbouw en vooral voor gebouwrenovatie. Specifieke doelgroep zijn de naoorlogse laagbouwflats

Het beoogde resultaat is het ontwikkelen van nieuwe transparante gevel/dakconstructies die een substantiële energiebesparing opleveren en daardoor tot verlaging van de integrale levensduurkosten zullen leiden. Deze producten passen in het door BrakelAtmos opgezette programma Green Building Program. Hierin wordt prioriteit gegeven aan de ontwikkeling van energiezuinige, duurzame producten, systemen en concepten.

## LITERATUUR

1. Renckens, J.L.M., *Moderne Geveltechnologie voor Kantoorbouw*, TU Delft, Bouwtechnologie, Faculteit Bouwkunde, Delft, Nederland, 1999.
2. Boer T.J.L. den, Zeiler W.; *Gevel & klimaat: methodische benadering*; TVVL Magazine nummer 11, 2003, p. 52 t/m 64
3. Velzen S.J. van, 2010, *Greenhouse residence, Feasibility of greenhouse residence concept for renovation*, MSc thesis TU/e, juli 20 2010
4. Novem 2001
5. Kin S., 2010, *Greenhouse Renovation. Applying a glazed space for the renovation of early post-war multifamily residences*, MSc thesis Universiteit Utrecht
6. Bergs J.A., Haar H.ter, Huisman S., Kristinsson J., Kruseman I., Oei P., 2007, *Bouwen met groen en glas*, Aeneas, Bostel
7. Bergs J.A., Pötz H., Seitz S., 2009, *Groen in gebouwen*, SBR, Rotterdam
8. Hendriks J., *Geïntegreerd en interdisciplinair ontwerpen*, TVVL Magazine, juni 2010
9. Deerns, 2010, *Energie neutrale wolvenkrabber Burj al Shams*, <http://www.devernufteling.eu/00/vnf/nl/video/77/index.html>
10. Sman R. Van de, 2010, *Burj al Shams: toepasbaarheid van de zonnesclootsteen*, Mbse thesis Avans Breda
11. Boer T.L.J. den, 2002, *Transparante Façade systemen, Studie naar een vernieuwd klimaatfaçade systeem*, MSc thesis TU/e, Oktober 2002
12. Frnchimon F., 2003, *Integrale benadering van comfort en energie-optimalisatie daglicht toetreding*, MSc thesis, TU/e, 5 Augustus 2003
13. Jacobs M.G.J.M., 2004, *Integratie van duurzame energie in de gebouwde omgeving middels de integrale ontwerpbenadering, Evaluatie en implementatie van een dubbele huidfaçademets pv-lamellenzonwering*, MSc thesis TU/e, April 2004
14. Dartel H.A.J. van, 2005, *Slim Bouwen, Het integraal ontwerpen van gevel en installatie*, MSc thesis TU/e, Februari 2005
15. Verwer J.J., 2006, *The facade: half of the building services*, MSc thesis, November 2006
16. Verdonchot J.H.A., *Performance of ventilated double facades compared to a single skin facade*, MSc thesis TU/e, June 15. 2006
17. Fimerius T.G.P.A., 2006, *De tweedehuidgevel en de gebruiksmogelijkheden van zijn spouw*, MSc thesis TU/e, juni 2006
18. Derks P.J.M., 2008, *Unitized Climate-control Façade*, MSc thesis TU/e, Oktober 2008
19. Kristinsson J., Dobbelssteen A. Van den, 2009, *Smart Skin - A Step aside in zero-energy building*, Proceedings Sasbe'09, Delft
20. Staalduinen J. 2009, *Warmtebehoefte jaarrond volledig gedekt, bij de Flowdeck Kas doen water en regainers het werk, Onder glas, no. 5, mei 2009*
21. Eicker U., Fux V., Infield D., Mei L., 2001, *Heating and cooling potential of combined photovoltaic-solar air collector facades*; Cibse National Conference, London, U.K, 10-2001
22. Jacobs M., Zeiler W., Borsboom W., *Integrale benadering voor een duurzame gevel, Evaluatie tweedehuidfaçade met pv-lamellen (1), Verwarming Ventilatie Plus, januari 2010*
23. Jacobs M., Zeiler W., Borsboom W., *Integrale benadering voor een duurzame gevel, Evaluatie tweedehuidfaçade met PV-lamellen (2), Verwarming Ventilatie Plus, februari 2010*
24. Jacobs M., Zeiler W., Borsboom W., *Integrale benadering voor een duurzame gevel, Evaluatie tweedehuidfaçade met PV-lamellen (3), Verwarming Ventilatie Plus, maart 2010*
25. Metzger J., Matuska T., Schranzhofer H., 2009, *A comparative simulation study of solar flat-plate collectors directly and indirectly integrated into the building envelope*, Proceeding Buildings Simulation 2009, Glasgow