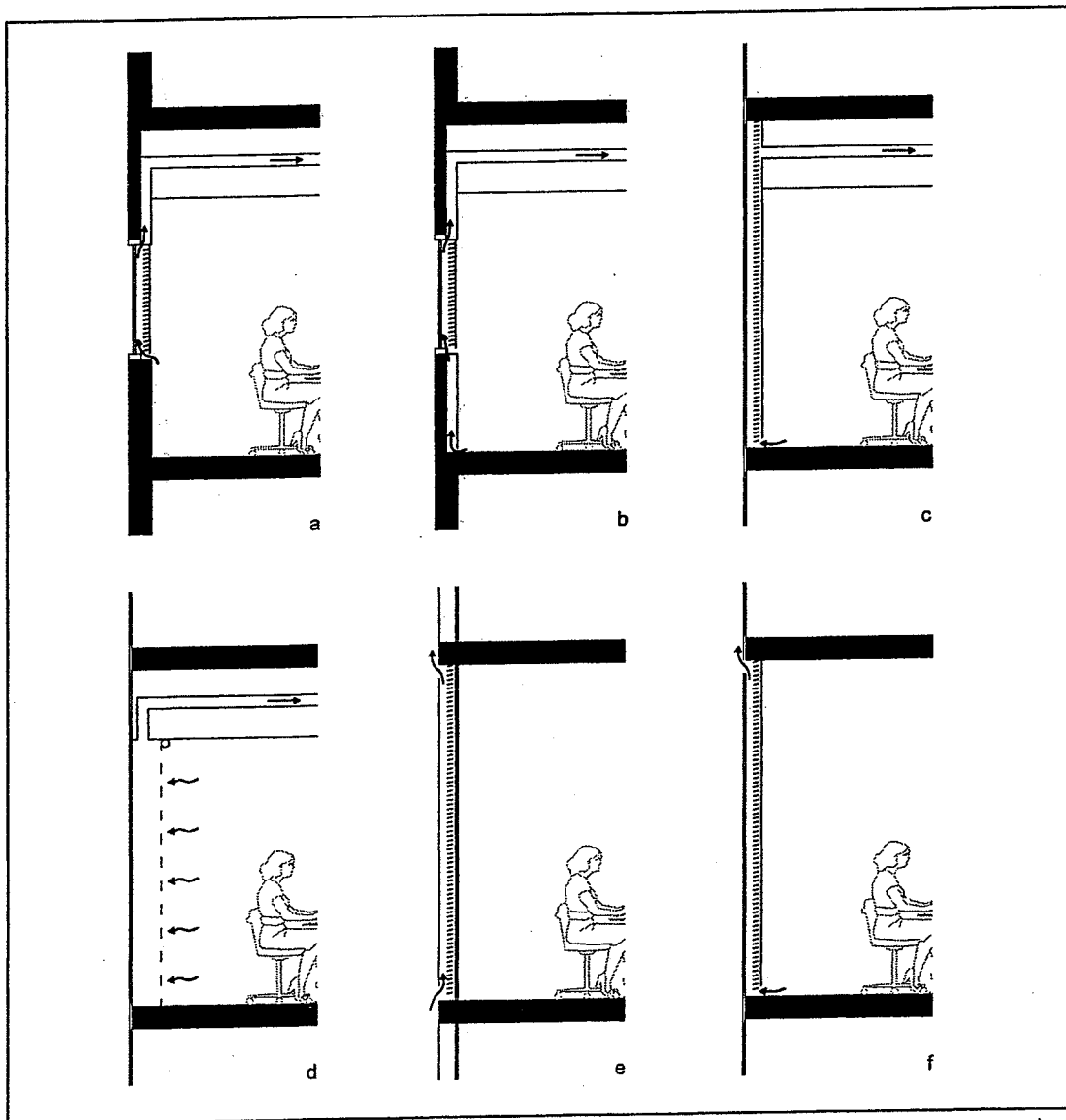


Windsnelheid boven het maaiveld in het open veld en met bebouwing- Figuur 4.42



Verschillende types klimaatramen en -gevels - Figuur 4.43

4.7.5 Luchtdrogen d.m.v. adsorptie en absorptie

Bij absorptie zuigt een poreuze stof water op, bij adsorptie wordt water uit de lucht chemisch of fysisch aan een oppervlak gebonden. Binding van water aan het poriënoppervlak van een vaste stof is een vorm van adsorptie. Silicagel en aluminiumoxide zijn stoffen met een fysisch bindingsproces. Met hete lucht is het water uit deze stoffen te verdrijven. Dit heet desorptie of regeneratie. Hygroscopisch zouten, zoals lithiumchloride (LiCl) of lithiumbromide (LiBr), absorberen water. Dit proces past men onder andere toe bij regeneratieve warmtewisselaars om waterdamp tussen twee luchtstromen over te dragen (zie paragraaf 3.5.4). Bij sorptie komt bindingswarmte vrij. Hierdoor loopt het droogproces in het Mollier-diagram ongeveer van punt A naar punt B (zie figuur 4.41) en is de precieze richting afhankelijk van of de binding chemisch of fysisch is.

4.8 Bouwkundige klimaatregelende voorzieningen

4.8.1 Mogelijkheden en beperkingen

Met bouwkundige voorzieningen is het klimaat in gebouwen op "natuurlijke" wijze te beïnvloeden. Vaak is toepassing in combinatie met installatietechnische voorzieningen mogelijk. In het algemeen geldt dat bouwkundige voorzieningen robuuster zijn dan installaties en dat ze minder vaak disfunctioneren omdat ze niet afhankelijk zijn van draaiende delen, zoals pompen en ventilatoren. Ze hebben ook nadelen, zoals het niet constante effect door variërende invloeden van wind, buitentemperatuur en gebouwmassa. Het ontbreken van elektrische aandrijving heeft in beginsel een gunstige invloed op het energiegebruik. Er zijn echter ook voorbeelden waarbij elektrische aandrijving juist tot beperking van het energiegebruik leidt, zoals bij warmteterugwinning of lange termijn warmteopslag in de bodem. Vaak is het de combinatie van bouwkundige en installatietechnische voorzieningen die tot een optimum leidt.

4.8.2 Te openen ramen

Met te openen ramen zijn ruimten op een natuurlijke manier te ventileren en te koelen. In paragraaf 4.3 en 4.4.1 zijn de mogelijkheden en beperkingen beschreven. Vaak worden te openen ramen toegepast in combinatie met mechanische afvoer en toevoerroosters in de gevel. De te openen ramen dienen dan alleen voor koeling of extra ventilatie na intensief gebruik van de ruimte. Om de kans op tocht te beperken moet het sluitmechanisme van de ramen een goede dosering van de ventilatie mogelijk maken. Dit is vooral van belang bij ramen die aan hoge winddrukken worden blootgesteld. Het is overigens een misvatting dat te openen ramen niet op grote hoogte zijn toe te passen. Voorbeelden uit de Verenigde Staten en Azië tonen dit aan. De China Bank in Hong Kong is 365 m hoog en heeft te openen ramen. Gevelbouwer Gartner tekende voor de detaillering van de ramen.

De winddruk op gevels is afhankelijk van de windsnelheid en turbulenties. Figuur 4.42 toont de windsnelheid in het vrije veld bij verschillende hoogten. In een bebouwde omgeving is de windsnelheid boven het maaiveld lager en neemt boven de bebouwing sterker toe. Bij een gebouw van 200 m benadert de windsnelheid op een hoogte van 25 m reeds de waarde van de snelheid op 200 m. Met andere woorden: als op de 7^e verdieping te openen ramen kunnen zitten dan kan dat op de 60^e verdieping ook. Hetzelfde geldt voor zonwering. Het gebouw van Bouwkunde heeft 14 verdiepingen en is voorzien van te openen ramen. Aan de NO-zijde van Bouwkunde staat een gebouw van Rijkswaterstaat. Het is 45 m hoog en heeft op alle verdiepingen te openen ramen en buitenzonwering.

4.8.3 Klimaatramen

Klimaatramen hebben dubbel glas aan de buitenzijde, een geventileerde spouw - met daarin regelbare zonwering - en enkel glas aan de binnenzijde (figuur 4.43a). Klimaatramen kunnen zonnearmte bijna even goed weren ($ZTA \approx 0,15$ à $0,20$) als dubbel glas met buitenzonwering. Bij lage buitentemperaturen zijn klimaatramen eveneens gunstig omdat de spouw met lucht uit het vertrek wordt geventileerd waardoor de glastemperatuur aan de binnenzijde bijna even hoog wordt als de vertrektemperatuur. Hierdoor blijven de "koudestraling" en "koudeval" beperkt. Ook de warmtedoorgangscoefficiënt is laag ($U \approx 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ bij toepassing van helder glas). Zie bijlage 5 voor meer gegevens.

4.8.4 Klimaatgevels

Het transparante deel van klimaatgevels heeft een opbouw als klimaatraam (zie vorige paragraaf). De spouwhoogte is gelijk aan de vertrekhoogte (figuur 4.43b). De gevel kan ook geheel transparant zijn (figuur 4.43c). De klimaatgevel wordt mechanisch geventileerd met lucht uit het vertrek die via een spleet aan de onderzijde de spouw instroomt en aan de bovenzijde de spouw weer verlaat. De stroming kan ook van boven naar beneden gericht zijn. Om in dat geval de interne circulatie te beperken mag de lichtsnelheid in de spouw niet lager zijn dan 0,1 m/s. Stroming van boven naar beneden heeft als voordeel dat in het vertrek een gelijkmatiger temperatuur ontstaat omdat lucht hoog uit de ruimte wordt afgevoerd, bovendien vervuilt de spouw minder. Voor het berekenen van de benodigde spouwventilatie en de temperatuurtoename in de spouw kan een warmtebalans worden gebruikt. Zie [45] voor de afleiding van een vereenvoudigde warmtebalans en rekenvoorbeelden.

Voor effectieve afvoer van warmte moet lucht hoog uit de ruimte worden afgevoerd, bijvoorbeeld via de verlichtingsarmaturen. Een zelfde luchthoeveelheid moet samen met de hoeveelheid die via de spouw wordt afgevoerd ook aan de ruimte worden toegevoerd. Een rekenvoorbeeld in [45] laat zien dat voor een temperatuurverhoging van 20 °C in de spouw een spouwventilatie nodig is van 82 m³/h per strekkende meter gevel. Bij een vertrekdiepte 5,4 m en luchtafvoer via de armaturen van 3 m³/h per m² vloeroppervlakte (enkelvoud) moet per meter gevel $82 + 5,4 \times 3 = 98,2$ m³/h lucht worden toegevoerd. Dat komt neer op ruim 6-voudige ventilatie, veel meer dan de 2-voud die meestal bij "lucht/water"-systemen (inductieapparaten, ventilatorconvectoren) of "lucht+water"-systemen (VAV in combinatie met een koelplafond) wordt toegepast. Met andere woorden: klimaatgevels en "lucht/water"- of "lucht+water"-systemen zijn geen voor de hand liggende combinatie. Pas je de combinatie toe, houd dan rekening met een hogere ZTA-waarde, een hogere spouwtemperatuur en een reële kans op warmteschade aan de gevelconstructie! Of je moet meer lucht toevoeren dan gebruikelijk is bij "lucht/water"- en "lucht+water"-systemen. De belangrijkste voordelen van deze systemen - geringe luchttoevoer en kleine luchtkanalen - vervallen daardoor.

4.8.5 Vereenvoudigde klimaatgevel

TU-Eindhoven experimenteerde met een klimaatgevel waarvan de binnenruit en de zonwering tot één element zijn gecombineerd [46] (zie figuur 4.43d). Voor dit element nam men licht- en lucht-doorlatend doek. Voor een goede werking van de gevel moet dit doek altijd aanwezig zijn en daarom goed doorzicht geven. Geëxperimenteerd werd met doek met verlopende doorzichtigheid. De spouw tussen het doek en de beglazing wordt geventileerd door mechanisch afvoer. De lucht stroomt via het doek vanuit het vertrek naar de spouw. Zie bijlage 6 voor meer gegevens. De praktijk laat zien dat mensen het vervelend vinden om via het doek naar buiten te kijken, ze draaien het doek om die reden vaak omhoog. De gevel heeft dan niet meer de gunstige U- en ZTA-waarde en daardoor ook niet het lage energiegebruik en de hoge energieprestatie zoals bedoeld. De vereenvoudigde gevels zijn - kijkend naar de tekenzalen/ateliers bij Bouwkunde - niet nieuw. Ook hier zorgt een doek achter de gevel voor de vorming van een spouw en wordt lucht aan de bovenzijde afgezogen. Het verschil is dat het doek bij Bouwkunde vrij dik is waardoor het geen doorzicht biedt. Omdat het doek de hoogte van de gevel over twee verdiepingen beslaat kan, als het doek naar beneden is, alleen op de even verdiepingen onder het doek door naar buiten worden gekeken.

4.8.6 Tweede-huid façades

Tweede-huid façades worden vaak "klimaatgevel" genoemd of als variant daarvan gezien. Overeenkomst is de geventileerde spouw met daarin de regelbare zonwering. Verder is het een andere constructie met andere eigenschappen en andere toepassingen. Bij tweede-huid façades (figuur 4.43e) bevindt het dubbele glas zich aan de vertrekzijde en het enkele glas aan de buitenzijde. De spouw wordt via openingen in het buitenspouwblad op natuurlijke wijze met buitenlucht geventileerd. Tweede-huid façades hebben - in vergelijking met klimaatgevels - als voordeel de eenvoudiger constructie en het ontbreken van mechanische ventilatie van de spouw. Het laatste is ook een nadeel omdat de in de spouw geabsorbeerde warmte niet kan worden gebruikt, bijvoorbeeld voor lange termijn opslag. Voor het globaal dimensioneren van de instroom- en uitstroomopeningen van de tweede-huid façade kan een warmtebalans worden gebruikt. Zie [45] voor de afleiding van een vereenvoudigde warmtebalans en rekenvoorbeelden.

Aan tweede-huid façades worden - t.o.v. enkelvoudige gevels - tal van voordelen toegeschreven, zoals energiebesparing door opwarming van lucht in de spouw bij ventilatie via de spouw. Zelfs bij bewolkt weer zorgt hemelstraling voor temperatuurverhoging. Het is allemaal betrekkelijk. Er wordt verwarmingsenergie bespaard als een tweede-huid façade *met* ventilatie via de spouw wordt vergeleken met een tweede-huid façade *zonder* die ventilatie. Enkelvoudige gevels - waarbij zonnewarmte direct via "gewoon" isolatieglas tot het vertrek toetreedt - scoren op dit punt beter. Een voordeel van tweede-huid façades is de geringere kans op tocht door de hogere temperatuur van de lucht die vanuit de spouw in de ruimte stroomt. Staat er een radiator onder het raam van de enkelvoudige gevel dan is die gevel weer in het voordeel (zie paragraaf 4.2.3.5).

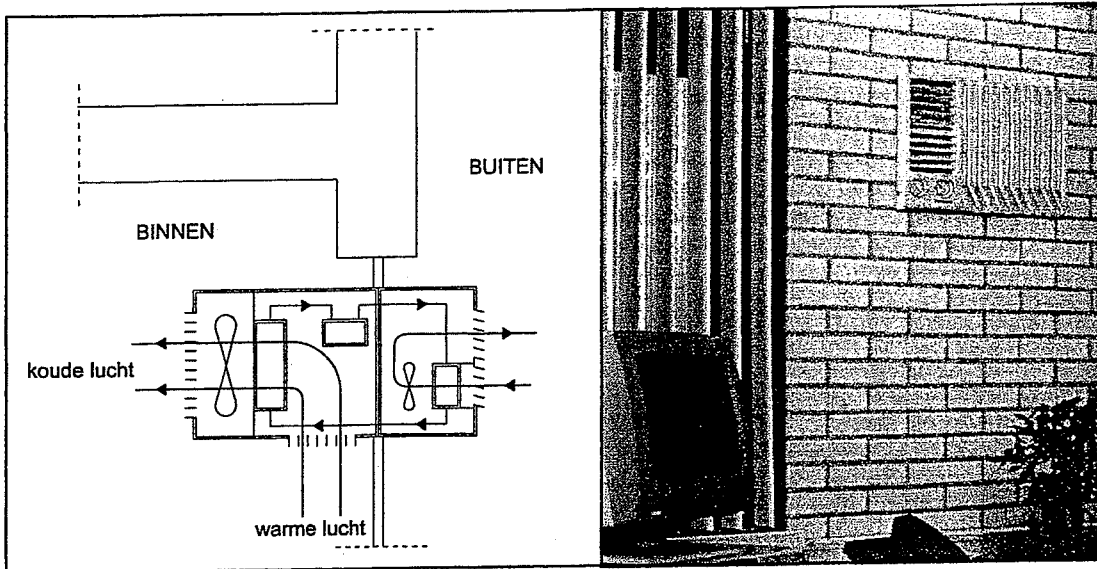
Met de in de spouw van een tweede-huid façade opgewarmde buitenlucht is minder te koelen dan met buitenlucht die rechtstreeks via ramen naar binnen stroomt. Is natuurlijke koeling niet toereikend - wat bij kantoren al gauw het geval is - dan is mechanische koeling nodig. Anders gezegd: tweede-huid façades leiden niet tot minder, kleinere of geen installaties voor de klimaatregeling. Hierover bestaat een hardnekkig misverstand. Wel is waar dat met een tweede-huid façade een strak gevelbeeld is te creëren terwijl de kosten niet hoger hoeven te zijn dan van een enkelvoudige gevel met vergelijkbare thermische eigenschappen. Zo kan in de spouw een veel lichtere en goedkopere zonwering worden toegepast die bovendien eenvoudig is schoon te maken en te vervangen.

Installaties bieden de mogelijkheid om het klimaat in ruimten met een tweede-huid façade comfortabel te regelen. Bij zeer transparante façades is voor de klimaatregeling meestal een koelplafond nodig. Net als bij "gewone" enkelvoudige gevels moeten de ventilatieopeningen gesloten blijven om te voorkomen dat condensatie op het koelplafond ontstaat of het vermogen van het koelplafond wordt gehalveerd.

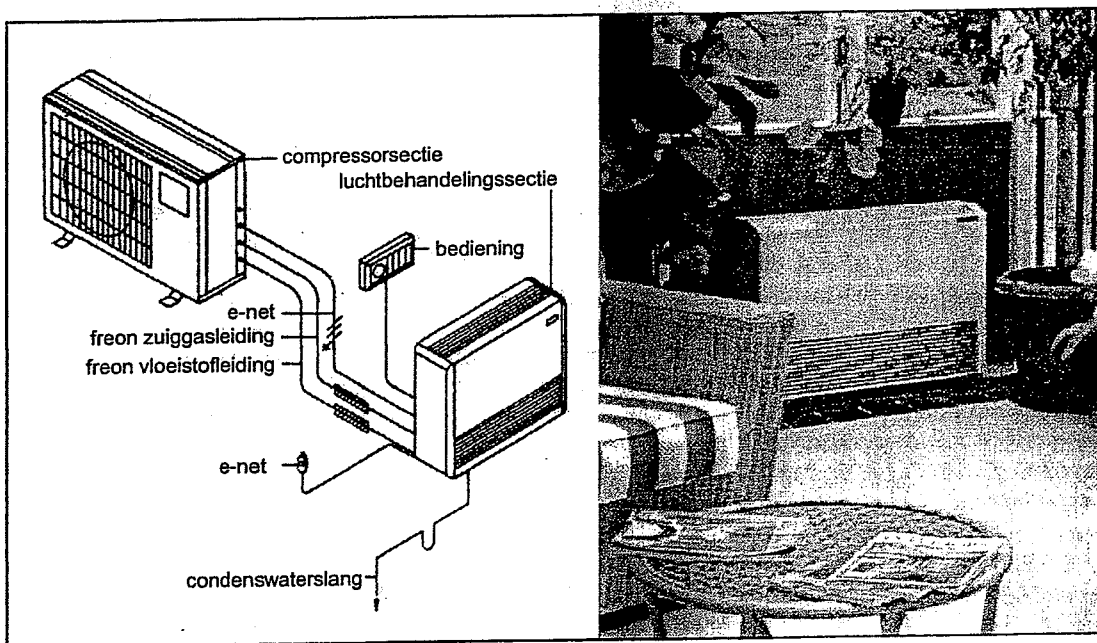
4.8.7 Hybride gevels

Er zijn hybride vormen van klimaatgevels en tweede-huid façades. Een voorbeeld is een klimaatgevel waarbij het de bedoeling is dat de lucht uit de ruimte via de spouw naar buiten wordt afgevoerd (figuur 4.43f). Het werkt alleen - zoals bedoeld - als de luchtdruk in de ruimte hoger is dan de druk op de gevel. Bevindt de gevel zich aan de loefzijde van het gebouw, dan stroomt buitenlucht via de spouw naar binnen. Dit kan zeer ongewenst zijn, zoals bij zonbelasting en hoge buitentemperaturen. Het naar binnen stromen van lucht is te beperken of zelfs te voorkomen door de ruimte met mechanische ventilatie op overdruk te houden. Een andere mogelijkheid is het boven het dak laten uitmonden van de spouw, bijvoorbeeld met een doorlopende spouw of met een kanaal, waardoor de spouw ten opzichte van de ruimte nooit op overdruk komt te staan. Met een speciale constructie (zie paragraaf 3.5.3) is het zelfs mogelijk de spouw ten opzichte van de ruimte permanent op onderdruk te houden.

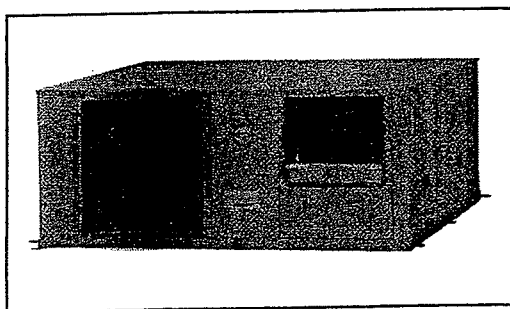
Er zijn ook constructies te bedenken die als klimaatgevel of tweede-huid façade functioneren, afhankelijk van de stand van kleppen en in- of uitgeschakelde ventilatoren die de stroming en de stromingsrichting in de constructie bepalen. Bij dergelijke constructies moet het buitenspouwblad altijd uit isolerende beglazing bestaan om te voorkomen dat bij lage buitentemperaturen condensatie in de spouw optreedt.



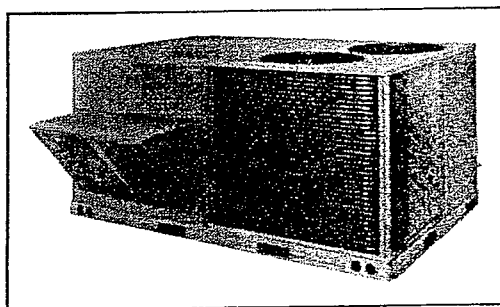
Schema raamkoeler en afbeelding 'raam'koeler ingebouwd in buitenmuur - Figuur 5.1



Schema split-systeem, met voorbeeld van opstelling binnen-unit - Figuur 5.2



Packaged unit voor inbouw boven plafond - Figuur 5.3



Packaged unit voor dakopstelling - Figuur 5.4