

Warmte-accumulatie gebouwmassa levert energiebesparing

door Ir. A.C. van der Linden*

Algemeen bekend is het feit dat een zwaar gebouw (bijvoorbeeld een oude kerk) de gehele zomer, dag en nacht betrekkelijk koel blijft, terwijl een licht, houten gebouw overdag zeer warm wordt en 's nachts weer koud. Een en ander berust op het verschil in massa van de gebouwen. Bij een licht gebouw kost het weinig tijd voordat een stijgende buitentemperatuur en zonnestraling de temperatuur van gebouwmassa en vertrekklucht doet stijgen.

Ook veel uit steenachtige materialen opgetrokken (kantoor) gebouwen zijn 'licht' te noemen. Dit is een gevolg van lichte gevels, lichte binnenwanden en een warmte-accumulatie van de zware betonvloeren die niet benut kan worden door thermische isolatielagen in de vorm van tapijt en verlaagde (akoestische) plafonds. Om die reden is in dit soort gebouwen vaak een koelinstallatie geïnstalleerd die 's zomers de temperatuur in de hand moet houden.

Ook 's winters en vooral in de tussenseizoenen moet vaak warmte uit de gebouwen worden afgevoerd om de temperatuur niet te hoog te laten oplopen. Naarmate de thermische isolatie van de gebouwen toeneemt, neemt de warmtebehoefte af. Zelfs is het zo, dat bij veel gebouwen bij buitentemperaturen van 5 à 10°C de interne warmteontwikkeling (verlichting, personen, apparatuur en dergelijke) en de warmtewinst door zoninstraling ruimschoots de warmtebehoefte dekt. Bij hogere buitentemperaturen dan de genoemde 5 à 10°C moet dan al warmte worden afgevoerd, soms zelfs door koeling. Wanneer het gebouw niet al te licht is en de gebouwmassa optimaal wordt benut kan de overtollige warmte, wanneer men enkele graden temperatuurstijging in het gebouw toelaat gedurende de dag, in de gebouwmassa worden opgeslagen. Deze warmte wordt dan benut om gedurende de nacht het gebouw op temperatuur te houden, of althans niet zo ver in temperatuur te doen dalen. Hierdoor is voor het opwarmen van het gebouw in de morgen, minder energie nodig, en kan de ketelcapaciteit beperkt blijven. Naarmate gebouwen beter worden geï-

soleerd wordt de ketelcapaciteit namelijk steeds meer bepaald door de warmtebehoefte tijdens het 's morgens en na het weekeinde opwarmen van het gebouw dan door de normale transmissie en ventilatieverliezen. Zoals gezegd verhinderen verlaagde plafonds en vloerbedekking (tapijt) echter de warmte-accumulatie in de gebouwdelen met de meeste massa, de betonvloeren.

Ontstaan van het 'Thermodeck' systeem

Aan het begin van de jaren '70 kwamen L.O. Anderson en E. Isfält (in die tijd beide verbonden aan het Zweedse „Royal Institute of Technology" in Stockholm) op de gedachte de massa van betonvloeren beter te benutten voor warmte-accumulatie door de luchtstroom van de mechanische ventilatie door kanalen in de betonvloer te leiden.

Dit systeem is onder de naam 'Thermodeck' verder uitgewerkt bij de Zweedse firma Strängbetong die hiervoor de door hen vervaardigde voorgespannen prefab kanaal-(vloer)platen aanpaste. Strängbetong werkt hierin samen met Anderson en zijn bureau (Acro-Consult); een adviesbureau voor verwarming en ventilatie.

Het systeem waarmee al enkele gebouwen werken, het Folksam kantoorgebouw in Farsta, Stockholm al sinds december 1977, wordt in Nederland geïntroduceerd door Spanbeton (Nederlandse Spanbetonmaatschappij b.v. te Koudekerk a/d Rijn), onder de naam 'Energion'.

Beschrijving van het 'Energion-principe'

Het systeem maakt gebruik van de bekende SP-platen van Spanbeton, geprefabriceerde vloerplaten met een breedte van 1,2 m inwendig voorzien van een vijftal kanalen.

Het toevoerkanaal van de mechanische ventilatie dat boven het plafond in de gang loopt wordt aangesloten op de kanalen in de vloerplaat (zie figuur 1). De kanalen in de vloerplaat zijn onderling verbonden, bijvoorbeeld volgens het systeem van figuur 2. Soms worden ook maar vier van de vijf kanalen voor luchttransport gebruikt en wordt het vijfde benut voor het transport van elektrakabels, telefoon enz.. In het vertrek wordt op de

* Rijksgebouwdienst, hoofdafdeling Bouw, Afd. Warmte- en Luchttechniek, Bureau Bouwfysica



Fig. 1 Luchttoevoer naar de geprefabriceerde holle vloerplaat.

Fig. 2 Folksam gebouw (Farsta, Stockholm): schema van de luchttoevoer via de betonnen vloerplaat. Ieder kantoorvertrek van 10 m² is twee platen breed (2,4 m) en 4,2 m diep.

uitblaasopening in de plaat (figuur 3) een uitblaasornament aangebracht (figuur 6). De luchtafvoer gebeurt via een overstortopening naar de gang (figuur 4), die als geheel wordt afgezogen. Dat overspraakproblemen tussen kamer en gang soms heel eenvoudig worden opgelost laat figuur 5 zien. Een halve schaal (leiding-isolatie) van stijf geperste minerale wol, eenvoudig tegen de muur geklemd, beperkt de geluidoverdracht. Doordat in de vertrekken geen luchtkanalen behoeven te worden weggewerkt enz. kan een verlaagd plafond soms achterwege blijven, zoals in het Folksam-gebouw, zie figuur 6. De rechtstreekse warmte-uitwisseling tussen vertrek en vloerplaat vergroot nog de effectiviteit van het systeem van warmte-accumulatie. Bij goed gestofeerde, niet te grote vertrekken, behoeft het ontbreken van een verlaagd plafond akoestisch ook geen bezwaar te zijn. Door het weglaten van verlaagde plafonds kan de totale gebouwhoogte kleiner worden. Is een akoestisch plafond wel noodzakelijk, zoals in een kantoorruimte, dan kan de onderkant van de betonvloer bereikbaar worden gemaakt voor warmte-uitwisseling via roosters in het plafond. Zie figuur 7, het hoofdkantoor van de Scandinaviska Enskilda Banken in Stockholm. In het Folksam-gebouw bedraagt het circulatievoud van

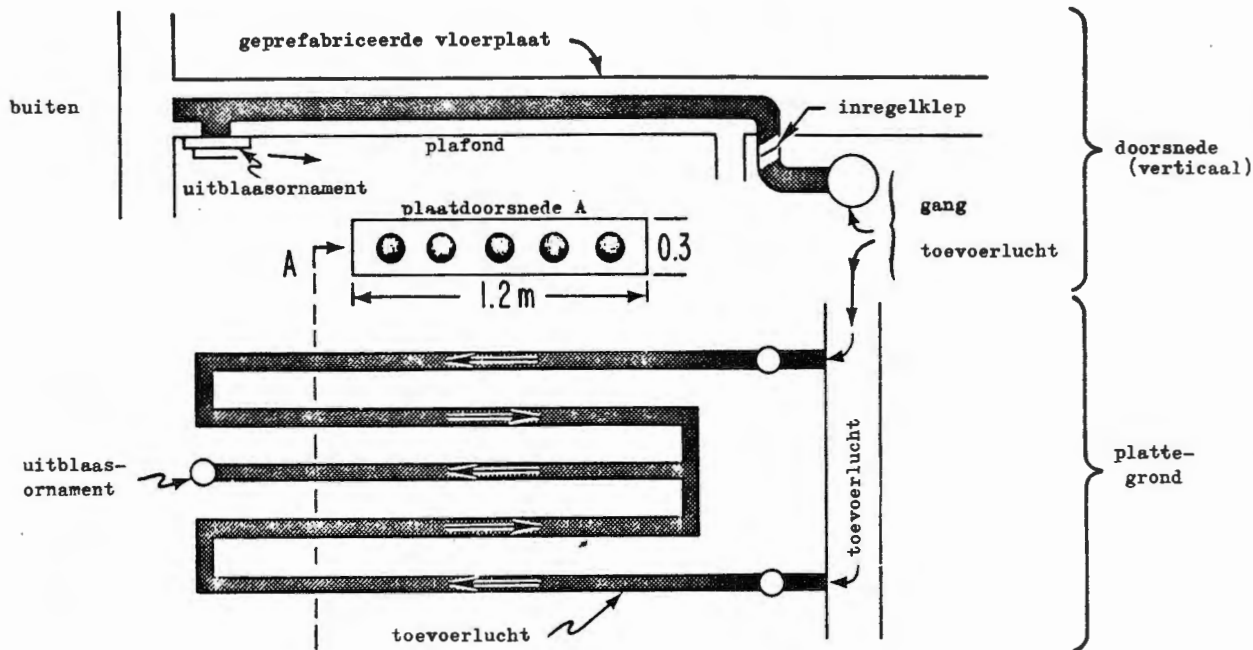




Fig. 3 Luchtuitblaasgat in de vloerplaat.



Fig. 4 Luchtafvoer naar de gang (overstort), gezien vanuit het vertrek.

Fig. 5 Luchtafvoer vanuit het vertrek naar de gang, gezien vanuit de gang.



Fig. 6 Kantoorvertrek Folksam gebouw, Farsta, Stockholm.

Fig. 7 Kantoorlandschap van de Skandinaviska Enskilda Banken te Stockholm.



de lucht in de kantoorvertrekken $C = 4 \text{ à } 5 \text{ h}^{-1}$; hiervan bestaat ca 15% uit verse lucht. Dit betekent een ventilatievoud van $n = 0,6 \text{ à } 0,75 \text{ h}^{-1}$ ofwel ca $20 \text{ m}^3/\text{h}$ per persoon.

Wintersituatie

In de koude jaargetijden wordt de lucht die aan het begin van de dag met een temperatuur van ca 20°C wordt ingeblazen (ook de luchttemperatuur in het vertrek is dan ca 20°C), opgewarmd door de interne warmte-ontwikkeling in het gebouw.

De lucht wordt voor 85% gerecirculeerd. Deze recirculatielucht wordt gemengd met de verse lucht en weer naar de vertrekken getransporteerd. De verse buitenlucht wordt zo nodig eerst verwarmd. Wanneer warmte-terugwinning, warmte-uitwisseling tussen toevoer- en afvoerlucht van het gebouw plaatsvindt, is voorverwarmen van de verse lucht vaak niet eens meer nodig.

De warmtetoevoer naar de betonvloer (inwendig) via de recirculatielucht en ook de rechtstreekse verwarming van de vloeroppervlakken vanuit het vertrek zorgen ervoor dat de temperatuur van de betonvloer aan het eind van de dag opgelopen is tot $22 \text{ à } 23^\circ\text{C}$.

Buiten kantoor tijd zijn de ventilatoren buiten bedrijf en geeft de betonplaat zijn warmte rechtstreeks af aan het vertrek. Bij goede thermische isolatie zal de vertrektemperatuur gedurende de nacht zelden onder de 20°C dalen. Wanneer aan de Zweedse isolatievoorschriften wordt voldaan kan vaak zelfs een geheel weekeinde worden overbrugd.

Iedere werkdag komt 's morgens, om ca 6.00 uur, de ventilatie-inrichting in bedrijf (volledig recirculerend) en wordt de temperatuur in de betonplaten afgetast. Als deze nog te hoog is wordt de temperatuur van de toevoerlucht enige graden verlaagd en tracht het regelsys-

teem tussen 6.00 en 8.00 uur de plaattemperatuur tot de juiste waarde (ca 20°C) te verlagen. Als de plaat te koud is, wordt de temperatuur van de toevoerlucht enige graden verhoogd om in de plaat het juiste temperatuurniveau te realiseren.

In het Folksam-gebouw zijn onder de ramen (één per travee van 1,2 m) kleine elektrische radiatoren (100-200 W, afhankelijk van de grootte van het raam) aangebracht met een afzonderlijke thermostaat. Deze radiatoren dienen om eventuele koudestraling van het raam te compenseren en om de vertrekken te kunnen aanpassen aan persoonlijke comfortwensen. Bij eenzelfde gebouw zonder Thermodeck/Energion-systeem zouden (warmwater) radiatoren van ca 400 W zijn toegepast. In het in aanbouw zijnde Moertoe-gebouw (eveneens in Farsta, Stockholm), waaruit de foto's van figuur 1, 3, 4 en 5 afkomstig zijn, komen in het geheel geen radiatoren meer voor. Het glasaandeel in de gevel is daar dan ook nog minder dan in het Folksam-gebouw (10 à 15%, respectievelijk ca 22% van het geveleppervlak). In beide gevallen betreft het drievoudig glas.

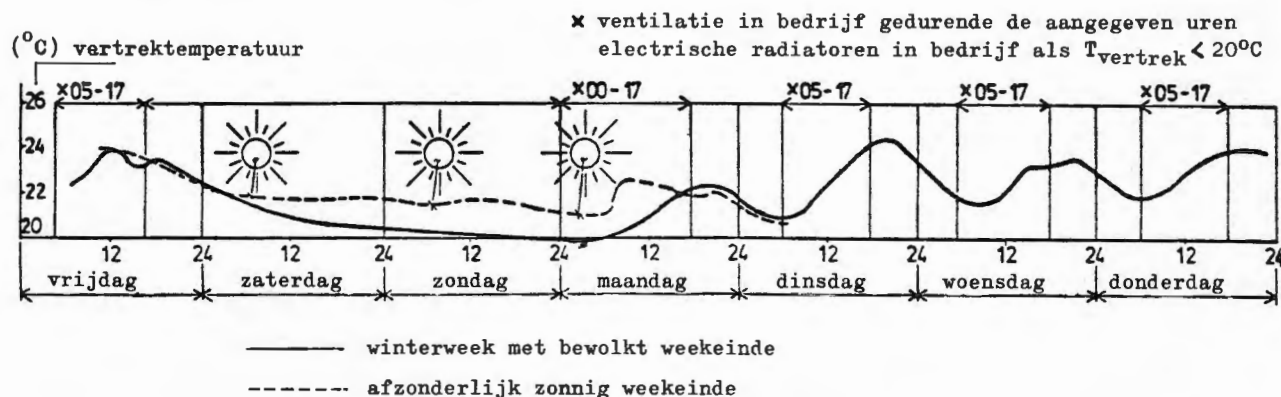
In figuur 8 is het temperatuurverloop in een vertrek met een N.O.-oriëntatie in het Folksam-gebouw gegeven gedurende een week in de winter. In dit gebouw zijn uitgebreide metingen verricht.

Zomersituatie

In de zomer kan, wanneer ook weer $2 \text{ à } 3^\circ\text{C}$ temperatuurstijging in het vertrek wordt toegelaten gedurende de dag, de overtollige warmte in de vloeren worden opgeslagen. Door nu 's nachts de ventilatie-inrichting in gebruik te houden, met 100% buitenlucht, kan met behulp van de lagere temperatuur van deze lucht er voor worden gezorgd dat aan het begin van de nieuwe dag de temperatuur in de vloerconstructie weer $20 \text{ à } 21^\circ\text{C}$ is. Op deze wijze kan een koelinstallatie volledig worden uitgespaard.

In figuur 9 is aangegeven hoe de massa van de betonplaten de amplitude van de variatie in de buitentempe-

Fig. 8 Folksam-gebouw (Farsta, Stockholm): gemeten temperatuurverloop in een kantoorvertrek (oriëntatie NO) gedurende een week in de winter; buitentemperatuur tussen -2 en -10°C .



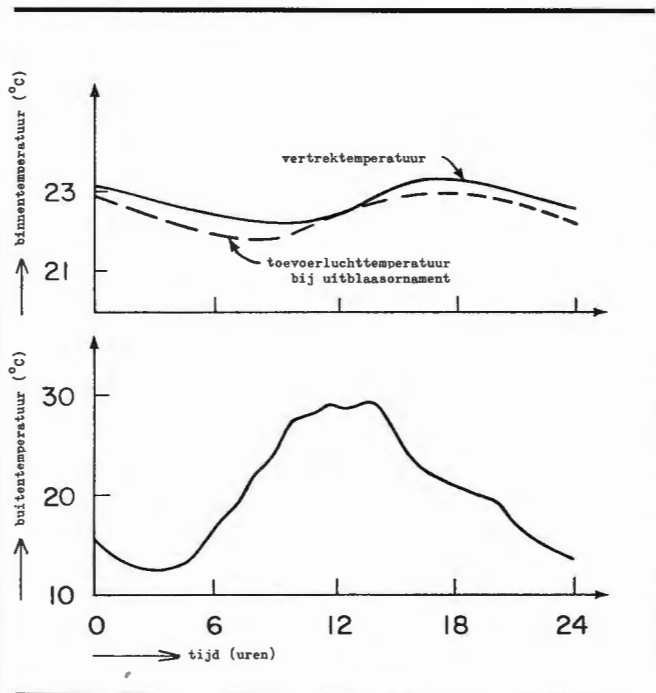


Fig. 9 Folksam gebouw (Farsta, Stockholm): gemeten temperatuurverlopen in een kantoorvertrek met 10 m² vloeroppervlak (oriëntatie ZW) gedurende een zomerdag aan het eind van een periode van 5 dagen warm zonnig weer.

ratuur dempt, zodat de temperatuur van de toevoerlucht en van het vertrek nog slechts een beperkte variatie vertoont.

Te bereiken energiebesparing

Bij de gebouwen die in Zweden volgens dit principe zijn gebouwd, zijn besparingen bereikt tot ca 55%. Het Folksam-gebouw gebruikt voor verwarming jaarlijks minder dan 8 m³ aardgas equivalent per m² vloeroppervlak, terwijl een gewoon gebouw in Zweden dat voldoet aan de huidige eisen daar 14 à 17 m³ aardgas equivalent per m² vloeroppervlak verbruikt. Berekeningen voor gebouwen in Nederlandse omstandigheden (uitgevoerd met het programma BRIS van het Zweedse Royal Institute of Technology, een dynamisch computer-model voor simulatie van het thermische gebeuren in een gebouw) geven aan dat ook hier besparingen van 40-50% haalbaar zijn. En dan wel 40-50% van 20 à 30 m³ aardgas equivalent per m² vloeroppervlak per jaar, wat in Nederland op dit moment een gemiddeld verbruik genoemd mag worden. Samen met een verhoging van de thermische isolatie tot het Zweedse niveau zou t.o.v. onze huidige omstandigheden dus wel tot 75% besparing mogelijk zijn.

Het spreekt vanzelf dat ten opzichte van gebouwen waar ook zonder het holle vloersysteem al zo goed mogelijk gebruik wordt gemaakt van warmte-accumulatie van de gebouwmassa door zware binnenwanden en onbeklede

plafonds, goede thermische isolatie, goede zonwering, vrije koeling enz., de besparingen minder zijn; met name de noodzaak tot mechanische koeling 's zomers blijkt ook zo al vaak te voorkomen.

Verder kan men zich afvragen of het in de wintersituatie niet effectiever is om via de holle vloerplaten de lucht af te zuigen in plaats van toe te voeren.

Het is echter een groot voordeel dat met het 'Energonsysteem' ook in gebouwen met lichte scheidingswanden en verlaagde plafonds nu gebruik kan worden gemaakt van de warmte-accumulatie van de gebouwmassa. Verder blijft overeind dat in alle gevallen (ook bij een zwaar gebouw) dit systeem de effectiviteit van de warmte-accumulatie vergroot en dus zeker tot energiebesparing kan leiden.

In een volgend rapport zal op de besparingen en op het thermisch gedrag van het gebouw verder worden ingegaan met behulp van computerberekeningen aan een vertrekmodel.

slangklemmen van Zweeds staal.

- Wormhuis uit één stuk, zonder lassen of naden.
- Zeskantige schroefkop.
- Omgebogen bandranden en volkomen gladde binnenkant dus geen beschadigingen aan de slang.
- Maten tot 307 mm.
- Vanuit fabriek in Nederland.
- Eenvoudiger en sneller aan te draaien, met de ABA zeskant schroefvedraaier.

Ook op moeilijk bereikbare plaatsen.

Levering via de groothandel.

Met het blauwe huis.

ABA-bolagen nederland bv
 Backershagen 97, 1082 GT Amsterdam.
 Tel. (020) 44 61 35 (3 lijnen). Telex 17101.