

THERMISCHE BETONACTIVERING IN DE UITVOERING



Eindrapportage Stufib/Stubeco-studiecel



Stufib/Stubeco studiecel Thermische betonactivering in de uitvoering
Uitgave: november 2013

Samenstelling studiecel

naam	bedrijf	lid
Jaap Cederhout	BAM Utiliteitsbouw	Stubeco, Stufib
Aad Fuchs	BubbleDeck	Stubeco, Stufib
Gijs Kreunen	VBI*)	
Casper Manshanden	Van Driesten Bouw**)	Stubeco
Frans Verlaan	Geelen Beton	
Geert Ververs	WTH Vloerverwarming & -koeling	
Henk Wapperom	Cement&BetonCentrum/Betonvereniging	Stubeco
Jan Tol	Ballast Nedam Infra	mentor Stubeco
Jeroen Frénay	ENCI	mentor Stufib

*) Tot 1-9-2013

**) Tot 1-10-2012

Met dank aan Hans Schuurmans (MEKANN), Melanie Bloem (Deerns raadgevend ingenieurs) en Kees Arkesteijn (ISSO) voor hun specifieke inbreng tijdens respectieve vergaderingen.

Foto voorzijde: Nieuwbouw bedrijfspand Schouten techniek

Thermische Betonactivering in de uitvoering

Gebouwen verwarmen en koelen door thermische betonactivering – ook wel betonkernactivering genoemd - is een snel groeiende techniek. De eerste toepassingen in ons land dateren van meer dan een decennium terug. Sindsdien hebben bouwkundig en constructief ontwerpers tezamen met installatieadviseurs en installateurs steeds meer kennis en ervaring opgedaan.

Het gaat hier om een integrale toepassing van installatietechniek in voornamelijk constructieve betonvloeren. Deze ontwikkeling is niet meer te stuiten. Gingen we in de laatste decennia van de vorige eeuw nog uit van een strikte scheiding van ruwbouwskelet en installaties, nu eisen nieuwe installatieconcepten juist integratie van installaties. Dit stelt nieuwe eisen aan de rol van de bouwkundig en constructief ontwerpers en de nevenspelers op installatiegebied. Daarnaast vereist dit integrale en intensieve samenwerking tijdens het ontwerp- en uitvoeringstraject. Een afstemming waaraan men, zo blijkt in de praktijk, nog niet altijd gewend is. Jammer genoeg heeft dit enkele malen tot tegenvallend resultaat en verlies van tijd en geld geleid. Er zijn echter ruim voldoende voorbeelden voorhanden waarin door het thermisch activeren van de betonnen draagconstructie een uitstekende thermische klimaatbeheersing in gebouwen is bereikt, gepaard aan energiezuinigheid en comfortverhoging voor de gebruiker. Dit als resultaat van integrale samenwerking van partijen in het ontwerp- en uitvoeringstraject.

In de huidige markt liggen echter de volgende voetangels en klemmen die een dergelijke samenwerking bedreigen:

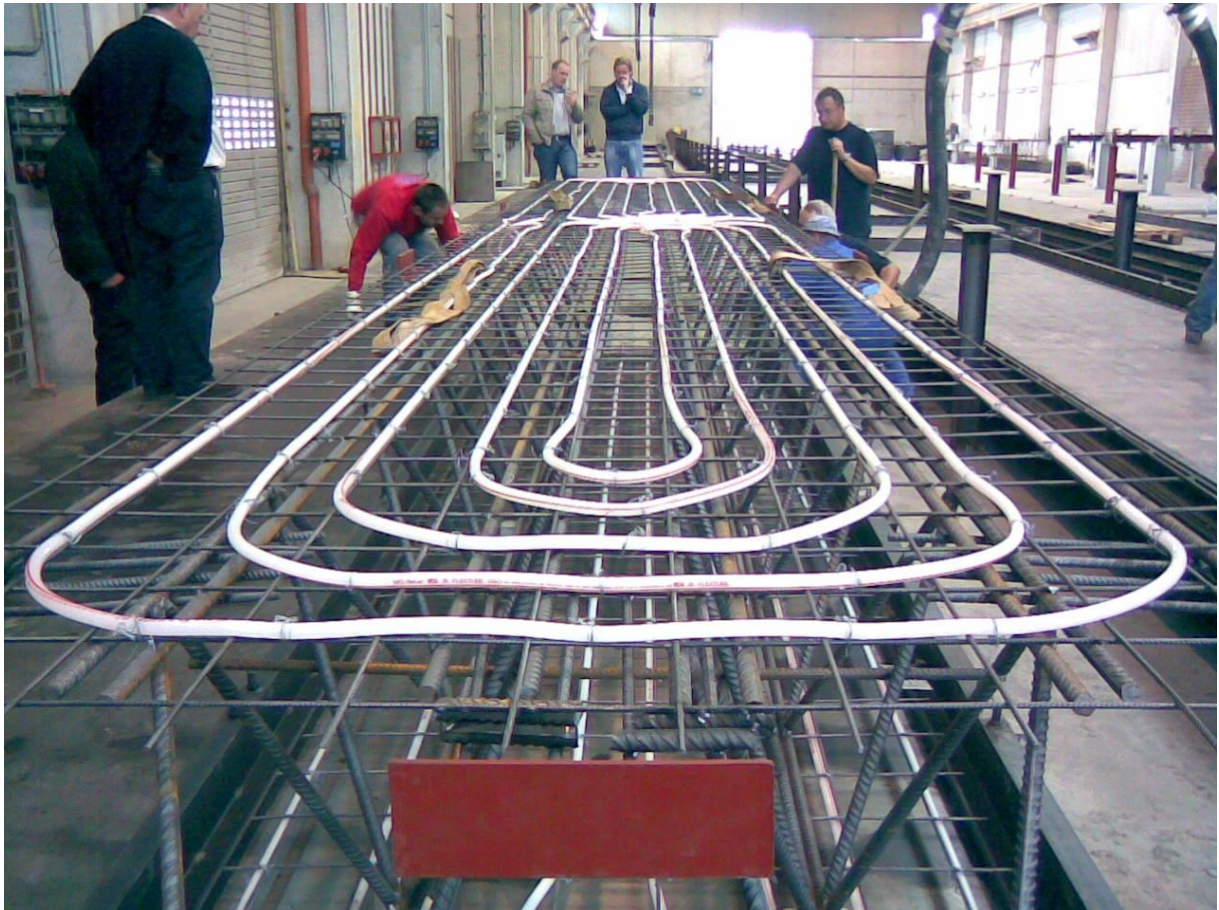
- gescheiden ontwerp van bouwkundig en installatieconcept;
- gescheiden aanbesteding van bouwkundig en installatiebestek;
- onvoldoende kennis bij partijen;
- onvoldoende bereidheid en financiële ruimte om tot integrale samenwerking te komen.

Binnen de aanneemsom van projecten in de utiliteitsbouw nemen installaties een steeds belangrijkere rol in. Bij veel projecten leidt dit tot het apart aanbesteden van de installaties.

Als gevolg neemt daarmee het belang van de installateur op de bouwplaats toe.

De installateur promoveert dan van onderaannemer tot nevenaannemer. Om ervoor te waken dat het gezamenlijke projectbelang in de knel komt, is afstemming in de werkmethodiek noodzakelijk tussen de bouwkundige en installatietechnische werkzaamheden. Zeker omdat beide penvoerders gebruikmaken van aparte leveranciers en op onderdelen verschillende onderaannemers aansturen. Een voorbeeld van deze noodzakelijke overeenstemming is bij het toepassen van thermische betonactivering de wijze waarop de watervoerende leidingen in het vloerpakket worden aangebracht. Gebeurt dit vooraf in de prefab-betonelementen of naderhand op het werk? En gebeurt dit laatste door prefab registers aan het wapeningsnet of de tralieliggers te knopen of door leidingen vanaf de rol tussen de reeds aangebrachte wapening door te voeren? En in hoeverre zijn deze installatietechnische werkzaamheden afgestemd op de werkzaamheden van de ruwbouw? Hoe verhoudt zich bijvoorbeeld het afpersen van de leidingen tot het storten van het beton van de druklaag? En wat te doen met andere installatiecomponenten die ook in de vloer moeten worden opgenomen, zoals ventilatiekanalen en plenumboxen, lichtarmaturen en allerlei overige zaken?

Om de knelpunten in het bouwproces te signaleren en tot gezamenlijke oplossingsrichtingen te komen, is de studiecél Betonkernactivering in de uitvoering opgezet. De studiecél werd aanvankelijk opgestart door Stubeco, Studievereniging Uitvoering BetonConstructies. Dit omdat het vooral leek te gaan om een uitvoeringstechnisch probleem. Al vrij snel echter werd duidelijk dat ook de constructieve ontwerpsector, waaronder de fabrikanten van prefab-betonvloeren, baat zou kunnen hebben met oplossingen, reden waarom ook Stufib, de studievereniging van constructief beton, bij de studiecél betrokken raakte.



Vorbereiding voor het storten van een sandwichbreedplaatvloer

Samenvatting eindrapportage

Aanpak Studiecel

De eerste bijeenkomst van de studiecél stond in het teken van het verhelderen van de probleemstelling. Gezien de samenstelling van de studiecél konden ervaringen worden vastgelegd zowel vanuit de uitvoering als vanuit de toelevering van zowel prefab-betonvloeren als tba-installaties. De problematiek is redelijk complex. De partijen die aan een project beginnen hebben nogal eens onvoldoende kennis van thermische betonactivering. Ook zijn de kennis van en het begrip voor elkaars disciplines niet altijd aanwezig. Duidelijk werd dat eerst de proceskant van de uitvoering in relatie tot de toepassing van thermische betonactivering zou moeten worden onderzocht, vooraleer andere problemen zouden kunnen worden aangepakt.

Volgende agendapunt dat werd opgepakt was de vraag waarom toch een ontwerp dat in het voortraject door ontwerpende partijen integraal tot stand was gekomen, na aanbesteding door de uitvoerende partijen weer helemaal op zijn kop moest worden gezet. Het blijkt meer dan eens dat de kennis uit het voortraject onvoldoende wordt overgedragen naar de uitvoerende partijen, met als gevolg dat de uitgangspunten van het oorspronkelijke ontwerp niet kunnen worden gehandhaafd. Zo ontstond het idee van een startbespreking waarin alle ontwerpende en uitvoerende disciplines.



Puzzelen op de bouwplaats

Om de leden van de studiecél in te voeren in de wereld van de thermische betonactivering, werden vervolgens enkele specialisten uitgenodigd. Hans Schuurmans (MEKANN), Kees Arkesteijn (ISSO) en Melanie Bloem (Deerns r.i.) brachten hun specifieke kennis in over deze materie.

Hans Schuurmans deed in het kader van zijn studie HBO-Werktuigbouwkunde onderzoek naar betonkernactivering. Behalve verificatie van een door hem zelf geschreven simulatieprogramma, waren het bestuderen van het thermisch gedrag en het verkrijgen van inzichten en aanvullende informatie over betonkernactivering de doelen van dit onderzoek.

Kees Arkesteijn was betrokken bij ISSO publicatie 85 Betonkernactivering en ontwikkelde vervolgens enkele cursussen hierover. Helaas bleek de praktijk nog niet direct geïnteresseerd.

Melanie Bloem ten slotte was als installatieadviseur betrokken bij menig nieuw bouwproject met thermische betonactivering. Zij gaf aan dat het belangrijk is dat alle partijen in de ontwerpfase zich verdiepen in de specifieke kwaliteiten van deze techniek. Alleen dan kan worden geleerd van ervaringen bij vorige projecten en kunnen nieuwe vindingen op een goede wijze worden ingebracht.

De laatste bijeenkomsten stonden in het teken van de uitwerking van de studie. Vier fases in het bouwproces zijn benoemd waarin belangrijke beslissingen moeten worden genomen: ontwerp/besteksfase, aanbestedingsfase, werkvoorbereiding/uitvoering en gebruiksfase. In elke fase moet een aantal wezenlijke vragen worden gesteld en door partijen beantwoord. Hiervoor zijn checklists opgesteld.

Conclusies en aanbevelingen

In het proces is gebleken dat de verschillende partijen onvoldoende kennis hebben van thermische betonactivering in het algemeen en elkaars specialistische kennis op details in het bijzonder. Alleen door in het begin gezamenlijk te vertrekken en elkaars mogelijkheden en beperkingen te benoemen en te respecteren, kan een project succesvol verlopen. Partijen moeten durven hun eigen comfortabele zetel te verlaten en de partijen waarmee ze samenwerken het nodige vertrouwen te geven.

Aanbevolen wordt elk project waarin thermische betonactivering een prominente rol speelt bij de klimatisering, te beginnen met een bijeenkomst waaraan alle betrokken partijen deelnemen: opdrachtgever, architect, constructeur, installatieadviseur, aannemer, vloerenleverancier, installateur en leverancier van de tba. Op deze bijeenkomst kan elke partij duidelijk maken welke rol hij speelt en op welke onderdelen zijn inbreng niet onderhandelbaar is. De checklists zijn daarbij onontbeerlijk.

Om wederzijds begrip te kweken zullen Betonvereniging en ISSO samen een introductiecursus organiseren die model staat voor zo'n startbijeenkomst.

Hoofdrapportage

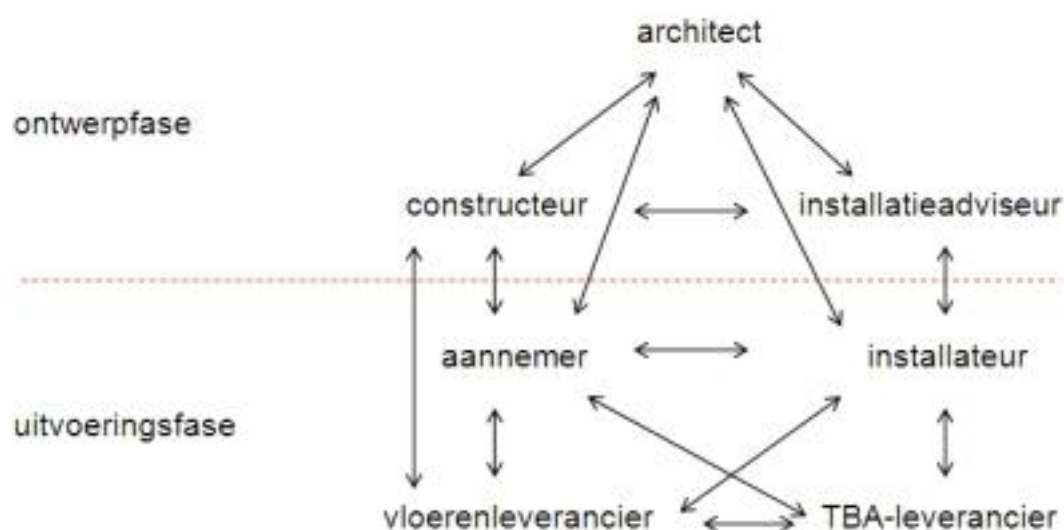
Probleemstelling

Al tijdens de startbijeenkomst van de studiecél bleek dat de meeste aannemers maar zeer matig bekend zijn met het fenomeen thermische betonactivering. Op welke hoogte moeten bijvoorbeeld de watervoerende leidingen liggen en hoeveel leidingen zijn er überhaupt nodig? Aan de andere kant ontbeert het installateurs aan kennis van de vloer. Wat is de essentie van de wapening en hoe groot en waar kunnen er nog sparingen worden aangebracht? Komen dergelijke vragen wel aan de orde bij de eerste gezamenlijke projectvergaderingen? En hebben de partijen over en weer tijdens de aanbesteding wel voldoende rekening gehouden met de gevolgen van wijzigingen in tijd en geld? Een opmerkelijke constatering was daarbij dat het feitelijke ontwerp van de installatie voor thermische betonactivering berust bij de toeleverancier c.q. onderaannemer van deze installatie. Maar zijn betrokkenheid begint veelal pas bij het moment van start uitvoering van het bouwwerk en zelfs nog later. Ook blijkt dat de hoofdaannemer van de installaties zelf nog lang niet altijd voldoende kennis heeft van deze techniek. Dit is een bron van fricties.

Eigenlijk zijn momenteel nog maar weinigen in staat de gehele keten te overzien. Dat is ook niet zo vreemd, want het betreft een tot nu vrij jonge materie, die bovendien nog hevig in ontwikkeling is. In het voortraject zitten architect, constructeur en installatieadviseur steeds vaker met elkaar om de tafel, met als resultaat een optimaal geïntegreerd ontwerp.

In de bouwkundige uitvoering weten constructeur, aannemer en vloerenleverancier elkaar steeds beter te vinden. De ontwerpnota van de constructeur is leidend bij de vloerkeuze en de constructeur houdt toezicht op de constructieve berekeningen van de vloerenleverancier.

In de installatietechnische uitvoering is evenwel de kennisuitwisseling tussen installatieadviseur en installateur een stuk minder ontwikkeld. De ontwerpvisie van de installatieadviseur is voor de installateur vaak te weinig concreet en onvoldoende uitgewerkt. De installatieadviseur op zijn beurt is weer lang niet altijd op de hoogte van de nieuwste technieken en kan daardoor de installateur onvoldoende partij bieden qua deskundigheid.



Overlegstructuur in ontwerpfase en uitvoeringsfase

Omdat de verschillende partijen niet goed op de hoogte zijn van elkaars ontwerpfilosofieën en werkmethodeken en ook niet goed kunnen onderscheiden welke details voor de ander belangrijk zijn, worden nogal eens beslissingen genomen die initiële uitgangspunten gedeeltelijk dan wel geheel teniet doen. Het ontwerp dat door architect, constructeur en installatieadviseur integraal is opgezet, zou na de aanbesteding niet moeten uitnodigen dat aannemer en installateur dit nog eens dunnetjes over gaan doen. Keuzes namelijk die na de aanbesteding worden gemaakt, doen niet zelden afbreuk aan de oorspronkelijke uitgangspunten.

De studiecél is het erover eens dat op dit moment de meeste winst in relatie tot de toepassing van thermische betonactivering te behalen is aan de proceskant van de uitvoering. De aannemer staat daarbij centraal: waarmee krijgt een aannemer te maken bij aanbesteding, werkvoorbereiding en uitvoering?

Maar nu eerst uitleg over enkele principes van thermische betonactivering.

Wat is thermische betonactivering?

Thermische betonactivering (TBA) is een integraal en energiezuinig klimaatstelsel, gebaseerd op de thermische buffereigenschap van betonnen gebouwdelen. Klimaatinstallatie en constructie zijn geïntegreerd en werken optimaal samen.

Het belangrijkste verschil met vloerverwarming is dat de leidingen niet direct onder het vloeroppervlak worden aangebracht, maar op verschillende posities: meer naar het midden, de 'kern' van de vloer, onderin, bovenin in de doorsnede of zelfs beide.

Het stelsel kan zowel voor verwarmen als voor koelen worden ingezet. Met de steeds toenemende behoefte aan koeling in zomersituaties is dit laatste een groot voordeel ten opzichte van traditionele verwarmingssystemen. In de betonmassa kan koude of warmte worden opgeslagen, die langzaam via het betonoppervlak weer vrij komt als gevolg van temperatuurverschillen met de ruimte en door uitstraling van warmte naar andere elementen met een lagere temperatuur.

Het koelen of verwarmen van de betonmassa heeft een zekere thermische traagheid. De opwarmtijd, oftewel de tijd die nodig is om de gewenste temperatuur te bereiken, is voor vloeren en wanden zo'n twee uur. Bij lichtere vloerconstructies en wanden is die tijd veel korter, soms tot minder dan een uur. Dit hoeft geen praktisch probleem te zijn. Systemen die werken met thermische massa zijn normaal gesproken continu, dus 24 uur per dag actief en reageren continu op temperatuurveranderingen buiten en binnen het gebouw. Dit betekent echter wel dat deze systemen minder geschikt zijn voor incidenteel gebruik.

Door watervoerende leidingen in het beton te storten ontstaat de mogelijkheid de temperatuur in een ruimte te beïnvloeden. De buffer vlakkt temperatuurpieken af, waardoor in het gebouw een gelijkmatig binnenklimaat heerst. Water, voorzien van een gewenste temperatuur, wordt 24 uur rondgepompt. Een ten opzichte van de heersende ruimtetemperatuur zeer lage aanvoertemperatuur tussen de 24°C tot 30°C is voldoende voor verwarming, terwijl voor koeling zeer hoge temperaturen van 14°C tot 20°C volstaan. De aanvoertemperatuur voor koeling moet wel zodanig zijn ingesteld, dat de oppervlaktetemperatuur niet onder de zogenoemde 'dauwpunttemperatuur' daalt om condensatie te vermijden.

Naarmate het verschil tussen de ruimtetemperatuur en de temperatuur van het betonoppervlak groter wordt, neemt het vermogen toe om warmte op te nemen of juist af te geven. Het stelsel werkt daardoor zelfregulerend. In de wintersituatie staat het betonoppervlak warmte af aan de ruimte als de binnentemperatuur lager is dan de oppervlaktetemperatuur van het beton. De

uitwisseling van koude en warmte tussen het betonoppervlak en de ruimte gebeurt grotendeels via straling, slechts een klein deel via convectie. Stralingswarmte wordt als behaaglijk ervaren, zelfs zo dat de gevoelstemperatuur iets hoger (1 à 2°C) ligt dan de werkelijke temperatuur.

Als de ruimtetemperatuur hoger is dan de temperatuur van het betonoppervlak, neemt het beton warmte op, waardoor de ruimte afkoelt. Het water in de leidingen voert de warmte mee naar de installatie, waar het via een warmtewisselaar wordt afgevoerd. In de wintersituatie werkt het systeem omgekeerd. Het spreekt voor zich dat het betonoppervlak vrij moet blijven om de temperatuuruitwisseling mogelijk te maken. Dat betekent dat er geen isolerend systeemplafond of isolerende vloerbedekking kan worden toegepast.

Dankzij het feit dat gebruik wordt gemaakt van grote warmtestralende oppervlakken (vloeren / plafonds en eventueel wanden), kan het systeem functioneren bij kleine temperatuurverschillen tussen de ruimtetemperatuur en de temperatuur van het TBA-systeem. Daardoor is er weinig energie nodig om de gewenste temperaturen te bereiken. De combinatie met energiezuinige energiebronnen zoals warmtepompen is hiervoor bij uitstek geschikt. Het natuurlijke proces waarbij een voorwerp dat warmer is dan zijn omgeving zijn warmte afgeeft aan die omgeving en daardoor zal afkoelen, is bij een warmtepomp precies andersom.

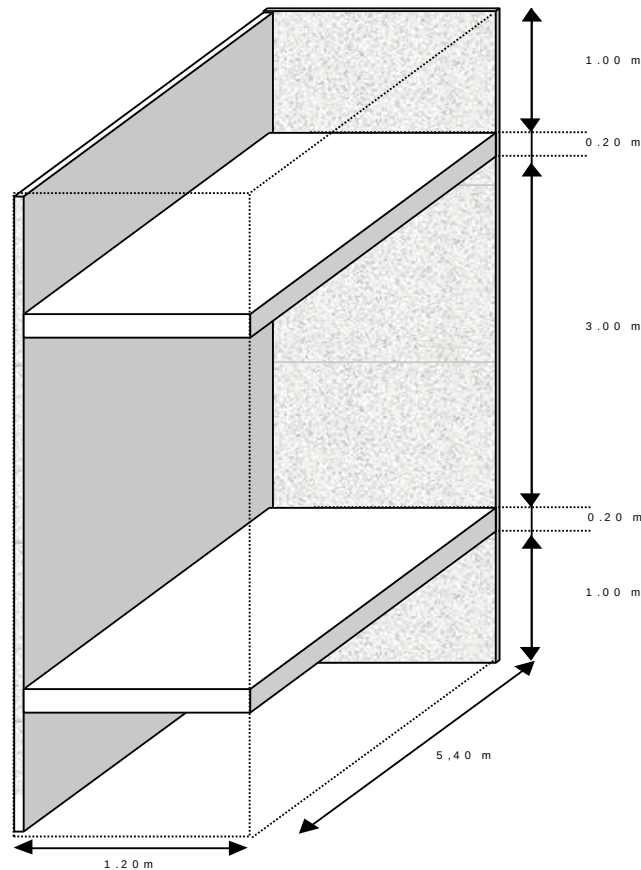
De warmtepomp onttrekt warmte aan een warmtebron (water, grond, lucht) op een lage temperatuur (-10°C tot 10°C) en geeft die warmte op een hogere temperatuur af aan het verwarmingssysteem (25°C tot 45°C). De warmtepomp 'pompt' dus warmte van een laag naar een hoog temperatuurniveau. Het systeem kan nog energiezuiniger werken door bijvoorbeeld gebruik te maken van de grondwatertemperatuur die vrijwel constant is. In de winter is hiermee de watertemperatuur enkele graden te verhogen en 's zomers te verlagen.

Onderzoek naar het werkingsprincipe

Het systeem van thermische betonactivering is ontwikkeld in Zwitserland en geschikt gemaakt voor de lokale bouwpraktijk aldaar met dikke muren en drielaags glas. Om te onderzoeken of het systeem ook in de Nederlandse bouwpraktijk toepasbaar zou kunnen zijn, is bij TNO een proefopstelling gebouwd. Deze proefopstelling betrof een kantoormodule van 1,20 m x 5,40 m (b x l) en twee lagen. Op een constructie van stalen balken en kolommen werden breedplaatvloerelementen opgelegd. In de vloer ($d = 200$ mm) waren op vier dieptes meetsensoren opgenomen. Aanvankelijk zijn twee leidingregisters in de vloer toegepast, later is dat uitgebreid naar drie registers. Begonnen is met een standaard kantoorbelasting: 24 uren klimatisering, met bezetting van 07.00 tot 19.00 uur. Elk uur zijn de temperaturen gemeten en berekend, alsmede de hiervoor benodigde hoeveelheid energie. Ook is gekeken naar wat er gebeurt als het koelprincipe wordt omgedraaid: i.e. de koelmachine wordt 's-nachts gebruikt om de vloer af te koelen en overdag de nakoeling te verzorgen (waarmee de vloer wordt 'uitgeschakeld'). Het bleek dat dan een iets kleinere installatie nodig was. Verder was het verschil tussen 12- en 24-uurs bedrijf heel nominaal: de temperatuurverschillen lagen tussen 0,5 (dag) en 1,5 °C (nacht).

De vraag naar de optimale diepte waarop de watervoerende leiding moet worden gelegd - onder, boven of in het midden - is niet zomaar te beantwoorden. Dit blijkt uit het volgende. Men zou veronderstellen dat het accumulatievermogen van de vloer in zijn geheel moet worden benut en dat het leidingregister in principe in het midden van de vloer moet worden gelegd. Dat kan echter alleen als de ruimten aan de boven- en onderzijde eenzelfde functie hebben. Als de functies verschillen,

bijvoorbeeld een kantoor (continue bezetting) aan de onderzijde en een vergaderruimte (incidentele bezetting) erboven, kan de leiding beter naar een voorkeurszijde worden verplaatst, in dit geval dus naar de onderzijde (de kantoorruimte). De conclusie is wel dat de installatie 24 uur aan moet zijn. Daarmee wordt een basisniveau aangelegd van koeling en verwarming.



De proefopstelling toonde ook aan dat bij een ligging van de leidingen meer naar het oppervlak toe, het vermogen groter wordt (tot ca. 15%). Het beoogde effect naar het oppervlak toe wordt eerder bereikt, terwijl niet de gehele doorsnede behoeft te worden geactiveerd. Met een ligging meer naar het midden toe echter wordt de accumulatiecapaciteit groter, en eigenlijk is dat effect (energiezuiniger) het meest gewenst, want de gehele vloer moet warmer dan wel kouder worden en energiebuffercapaciteit bieden, en niet alleen de boven- of onderschil.

Bij de eerste systemen van thermische betonactivering werden de leidingen consequent in het hart (de 'kern') van de betonvloer aangebracht. Voortschrijdend inzicht heeft ertoe geleid dat de positie van de leidingen vanuit het hart meer naar het betonoppervlak is verschoven. Leidingen onder in de vloerdoorsnede zijn gunstig voor koeling via het plafondoppervlak; door natuurlijke circulatie zal het vermogen voor *plafondkoeling* namelijk groter zijn dan het vermogen voor *plafondverwarming*. Omgekeerd zal voor vloeren het vermogen voor *vloerverwarming* groter zijn dan het vermogen voor *vloerkoeling*. In het geval van een dubbel leidingsysteem – onder- en bovenin de vloer – kan aan zowel de vraag naar koeling als naar verwarming zo optimaal mogelijk worden voldaan.

De oude term betonkernactivering (BKA) dekt in de praktijk derhalve niet meer de lading. Daarom wordt in dit rapport gesproken over thermische betonactivering (TBA).

Thermisch actieve betonvloeren

In een betonvloer komen constructieve, bouwtechnische en bouwfysische functies bij elkaar. *Bouwkundig* gezien is de vloer een scheiding van boven elkaar gelegen ruimten. De constructieve dikte van de vloer wordt bepaald door de te dragen belasting in relatie met de overspanning en de maximaal toegestane doorbuiging. De dikte kan verder nog worden bepaald door de vereiste geluidsisolatie, bijvoorbeeld bij woningscheidende vloeren.

Bouwtechnisch bestaat een vloer uit een constructief deel, veelal voorzien van een afwerklaag, een zogenoemde druklaag of een dekvloer. Deze afwerklaag is niet bij alle vloertypen noodzakelijk. Het constructieve deel kan van ter plaatse gestort beton of van geprefabriceerd beton, staal of hout zijn. De afwerklaag kan worden gebruikt om leidingen zoals elektra of vloerverwarming in op te nemen. De *bouwfysische* functie van de vloer betreft de bijdrage aan het klimaatcomfort en de mate van geluidsisolatie. Aan eerstgenoemde functie wordt in dit kader uitgebreid aandacht besteed. Ten aanzien van de geluidsisolatie zijn er bij hoge prestatie-eisen twee mogelijkheden: een constructievloer met voldoende massa – een dikke betonvloer heeft een hoge geluidsisolatie - of het ontkoppelen van constructievloer en dekvloer. In dit laatste geval wordt een dempende en isolerende laag tussen constructievloer en afwerklaag aangebracht. Hierbij is scheiding van vloerverwarming en plafondkoeling mogelijk.

In de tabel op de achterzijde is een overzicht gegeven van de verschillende in Nederland toegepaste vloertypen waarbij beton een belangrijke (thermisch actieve) rol speelt. Het overzicht verloopt van een volledig in het werk gestort betonpakket (typen A t/m C) via mengvormen van prefab en in het werk gestort beton (typen D t/m H) tot de zogenoemde 'droge systemen' (I t/m L).

Bij de huidige vloertypen varieert de ligging van de watervoerende leidingen van onderin tot bovenin (of beide), al naar gelang er een voorkeur is voor koelen (leidingen aan de plafondzijde, dus onderin het vloerpakket) dan wel verwarmen (leidingen aan de vloerzijde, dus bovenin het vloerpakket) of een tussenvorm. Ook kan er worden gekozen tussen het vooraf (in de fabriek) aanbrengen van de watervoerende leidingen of installeren van een al dan niet prefab leidingregister op de bouwplaats.



Opslag van prefab leidingregisters op de bouwplaats

Met het actief betrekken van de onderzijde van de vloer in het klimaatcomfort komen de verlaagde plafonds te vervallen. Dit bespaart ruimte in de verdiepingshoogte. Daar tegenover moeten allerlei leidingen in de vloerconstructie worden ingepast. De ruimte in de doorsnede en de flexibiliteit voor het aanbrengen van leidingen en kanalenverloop verschillen per vloertype en bepalen mede de uiteindelijke keuze. Welk systeem voor een bepaalde toepassing geschikt is, hangt af van de (functionele) eisen die het gebruik eraan stelt, constructieve randvoorwaarden en de voorgestelde bouwmethode.

Leidingsystemen

In de installatiewereld is er ook volop keuze aan leidingsystemen en koppelingen. Zodra de installatieadviseur zijn prestatie-eis heeft neergelegd - de vloer moet een bepaalde hoeveelheid koude/warmte afgeven aan de onder- en de bovenkant - gaat de installateur aan het werk. Hier doet zich het probleem voor dat de keuzes die de installateur maakt, nog moeten worden voorgelegd en goedgekeurd door de installatieadviseur. Dit betekent dat in een vergevorderd uitvoeringsstadium in feite ontwerpactiviteiten worden uitgevoerd, waarvan het resultaat de facto te laat bekend is. Zeker indien hierbij wordt vastgesteld dat er problemen zijn die aanvullende maatregelen vergen. Ook al zouden deze problemen installatietechnisch zijn op te lossen, kan hiervan ook invloed uitgaan op de voortgang van de bouwkundige werkzaamheden. Wat te denken van kunststof slangen die bij de verwerking bij een bepaalde temperatuur niet voldoende buigzaam zijn en knikken bij verwerking? Op dat moment ligt de voortgang van de bouwkundige werkzaamheden, hetzij op de bouwplaats of in de fabriek, eenvoudig stil.

Overleg in voortraject en in de uitvoering

In het voorontwerp overleggen architect, constructeur en installatieadviseur over allerlei details. Discussies tussen constructeur en installatieadviseur gaan voornamelijk over de optimale vloerkeuze en de ligging van de wapening en de posities van de leidingen. In de uitvoering echter is men er nog steeds niet helemaal aan gewend dat de installateur na aanbesteding vaak nog met zijn voorbereidingswerkzaamheden moet beginnen. Een architect en een constructeur maken werktekeningen; een installatieadviseur geeft alleen een advies en laat het maken van de werktekeningen over aan de installateur. Dit geldt niet alleen de tba-leidingen, maar ook de mechanische en elektrische installaties. Veel installateurs vinden het daarom moeilijk om al in vroeg stadium sparingen op te geven; ze geven aan deze zelf wel in het werk te zagen cq hakken, wat echter nogal eens constructief niet mogelijk is. En als ze al vooraf sparingen opgeven, dan is dat *overgedimensioneerd*. Veel fouten kunnen worden voorkomen als de installatieadviseur hier een proactieve rol in zou willen vervullen en ook werktekeningen gaat maken.

Installatieadviseur en constructeur kunnen nog wel over elkaars schutting kijken en weten op elkaars wensen in te spelen. Voor aannemer en installateur is dat een stuk lastiger. De installateur is vaak onderaannemer en weet onvoldoende van beton en constructies; hij weet bijvoorbeeld niet dat het constructief belangrijk is een bepaalde dekking aan te houden, en begrijpt ook niet de essentie van de wapening. De aannemer weet op zijn beurt weer niets van de installaties. Toch is het belangrijk dat beide partijen hun planningen op elkaar afstemmen. Als een installateur gaat meedenken met de aannemer, komen er vanzelf oplossingen die ook de aannemer voordeel bieden.

Ook moet er meer worden gecommuniceerd met de partijen uit het voortraject. Nog te vaak wordt een bestek op wezenlijke onderdelen aangepast zonder de consequenties daarvan te overdenken.

Vloertype en soort en ligging van de leidingen zijn grootheden die mede het succes van het ontwerp bepalen. Aanpassingen aan deze uitgangspunten ten behoeve van de uitvoering doen afbreuk aan het oorspronkelijke ontwerp.

Waar in het voortraject architect, constructeur en installatieadviseur op basis van gelijkwaardigheid met elkaar overleggen en in gezamenlijkheid tot een geïntegreerd ontwerp komen, is de overlegstructuur op uitvoeringsniveau veel meer hiërarchisch van aard. De aannemer koopt de vloer in en de installateur doet hetzelfde voor de tba-installatie. Dat is vaak op besteksniveau al zo vastgelegd. Vloerenfabrikant en tba-leverancier overleggen echter nauwelijks met elkaar en zeker niet tijdens de aanbesteding, terwijl vloer en leidingen op de bouwplaats toch samen één pakket moeten vormen. De onderlinge afstemming gebeurt in een te laat stadium.

De gevolgen zijn groot. Zowel in prijs als in planning ontstaat een gat met de oorspronkelijke aannamen. In welk contract zitten de tba-leidingen en wie verzorgt de inbouw? Over en weer wordt gemopperd en tegenvallers worden naar elkaar toegeschoven. Op dit terrein valt een grote winst te behalen.

In een startbespreking zou elke partij moeten kunnen uitspreken wat voor hem belangrijk dan wel onderhandelbaar is. Architect, constructeur en installatieadviseur vertellen over hun uitgangspunten, aannemer en installateur lichten de door hen gekozen bouwmethodieken toe en vloerenfabrikant en tba-leverancier geven hun oplossingsmogelijkheden aan. Gezamenlijk wordt een as built ontwerp bepaald.

Literatuur

1. Energiek Beton. Vakblad *Cement*, themanummer, februari 2007.
2. Thermisch actieve vloeren. SBR, maart 2007.
3. Thermische massa voor energiezuinige gebouwen. Cement&BetonCentrum, november 2007.
4. Handboek voor het verwarmen en natuurlijk koelen van Thermisch Actieve gebouwen. De Nayer Instituut, februari 2008.
5. Thermisch Actief Bouwen. Bouwend Nederland, november 2008.
6. Thermisch actieve vloeren; Betonkernactivering. ISSO-publicatie 85, maart 2011.
7. Thermisch Actieve Gebouwen. BetonPlatform/Aeneas, juni 2011.

Bijlage I CHECKLISTS IN DE DIVERSE BOUWFASEN

1. Ontwerp/besteksfase		Status
Afstemming bouwkundig en installatiebestek		
	positie leidingen (onder, midden, boven)	
	bron + aanvoertemperaturen water	
	gewenste warmte- en koelcapaciteit per m ² vloer	
	relatie met brandcompartimentering	
Vloerkeuze (kanaalplaat, breedplaat, bollenplaat, enz.)		
	consequenties/mogelijkheden TBA per vloertype	
	hoofdleidingsysteem in of onder de vloer	
	compartimentering leidingregisters (zonering)	
	verloop hoofdleidingstructuur en positionering verdeelunits	
Inbouwvoorzieningen en overige installaties		
	ventilatiekanalen in of onder de vloer	
	plenumboxen in of onder de vloer	
	overige W+E-leidingen in of onder de vloer	
Boorzones vastleggen op tekening		
	verlaagd plafond (akoestiek)	
	bevestiging binnenwanden	
	leidingwerk onder vloer	
	overige ophangpunten	
Reparatieprotocol TBA-slangen vastleggen in installatiebestek		
Constructieve aspecten		
	positionering leidingen in plattegrond	
	hoeveelheid en diameter leidingen	
	plaats sparingen	

2. Aanbestedingsfase		Status
Opvragen bestekken, zowel bouwkundig als installatietechnisch		
Opvragen ontwerpnota's constructeur en installatieadviseur		
Vergelijken ontwerpnota's		
Zijn de boorzones vastgelegd op tekening?		
Principedoorssnede van leidingwerk in vloer bekend?		
Vergelijken bouwplanning bouwkundig aannemer vs installateur		

3. Werkvoorbereiding/uitvoering		Status
Startbespreking met bouwkundige én installatietechnische partijen		
Checklist Stubeco/Stufib TBA raadplegen		
Samenstel leidingen en constructie (wapening) afstemmen		
Overdracht (levering) vloer aan aannemer (o.a. luchtdicht register)		
Boorprotocol afspreken (max. inboordiepte en locatie)		
Reparatieprotocol overeenkomen tussen betrokkenen		
	bij beschadiging slangen voordat vloer is afgestort	
	bij beschadiging slangen in afgestorte vloer tijdens bouwfase	
Bevestigingen achteraf		
	instructie aan iedereen in uitvoering	
	dakbedekking	
	valbeveiliging	
	tijdelijke schoren	
	waarschuwborden plaatsen (NIET BOREN)	
Koude periodes tijdens de uitvoering (< +10 C)		
	buigen leidingen	
	bevroren water	

4. Gebruiksfas		Status
Gebruikershandleiding		
	beschrijving van installaties in de vloer	
	handleiding boren	
	reparatieprotocol TBA-slangen bij beschadiging/doorboren	
	wijzigingen in vloerconstructie bij verbouwing	
	bediening TBA	
	waarschuwssticker plaatsen in meterkast	
Verstrekken as built tekeningen		

Overzicht vloertypes

	Vloertype	TBA	Overige installaties in het werk aan te brengen	Uitvoering leidingen TBA	Storten van betonmortel in het werk
A	In het werk gestort	Naar wens in dikte en in zonering	Geen beperking	Op de bouwplaats	Volledige dikte
B	In het werk gestort schuimbeton tussenlaag	Naar wens in dikte en in zonering	Geen beperking	Op de bouwplaats	Volledige dikte
C	Staalplaatbetonvloer	Naar wens in dikte en in zonering	Geen beperking	Op de bouwplaats	Volledige dikte
D	Breedplaatvloer	In de prefab schil, zonering per 2,4 of 3 m	Geringe beperking	In de fabriek, koppelingen op de bouwplaats	ca. 75% van de dikte
E	Breedplaatvloer	Op de prefab schil, zonering naar wens	Geringe beperking	Op de bouwplaats	ca. 75% van de dikte
F	Breedplaat met gewicht- besparende maatregelen	In de prefab schil, zonering per 2,4 of 3 m	Beperking t.p.v. 'luchtkasten'	In de fabriek, koppelingen op de bouwplaats	ca. 50% van de dikte
G	Breedplaat met gewicht- besparende maatregelen	Op de prefab schil, zonering naar wens	Beperking t.p.v. 'luchtkasten'	Op de bouwplaats	ca. 75% van de dikte
H	Vleugelplaatvloer	In het prefab element, zonering per 1200 mm	T.p.v. de 'vleugels' en plaaiteinden	In de fabriek, koppelingen op de bouwplaats	ca. 25% van de doorsnede
I	Kanaalplaatvloer	In het prefab element, zonering per 1200 mm	T.p.v. gespaarde sleuven in langsrichting en plaaiteinden	In de fabriek, koppelingen op de bouwplaats	Plaatsleuven en sparingen
J	Sandwichbreedplaatvloer	In het prefab element, zonering per 2400 mm	Vanaf bovenzijde tussen platen in	In de fabriek, koppelingen op de bouwplaats	Bovenzijde is afwerkzijde
K	Volle-dikte vloer	In het prefab element, zonering per 2400 mm	Volledig geëngineerd en ingestort	In de fabriek, koppelingen op de bouwplaats	Plaatsleuven en sparingen evt. afwerkvloer
L	Staalbalkbetonplaatvloer	In het prefab element, zonering per 2400 mm	Geringe beperking	In de fabriek, koppelingen op de bouwplaats	Geen dan wel gietvloer
	Behoudens vloertypen B* en L* kunnen alle vloeren worden uitgevoerd in een variant met een zwevende dekvloer al of niet met vloerverwarming. Dit geeft een scheiding van accumulatie in het beton van het plafonddeel en de activering van de vloer. Tevens geeft het een aanmerkelijke verbetering in wering van contactgeluid. Bij type L is nog wel een topvloer (gietvloer op zwaluwstaartvloer) mogelijk. * scheiding van constructieve vloer en toplaag zit al in het vloersysteem.				