

Robuust concept met lage milieubelasting en hoog comfort

BKA: robuust én energiezuinig

Eén van de innovatieve concepten waarmee aan de vraag naar duurzaam bouwen kan worden voldaan is betonkernactivering (BKA), een thermisch actieve constructie, gecombineerd met warmte-koudeopslag. Dit robuuste concept is energiezuinig, levert een behaaglijk binnenklimaat – óók bij toekomstige klimaatverandering – en heeft een korte terugverdientijd. Ofwel: het is een concept met toekomstwaarde. In dit artikel wordt ingegaan op een aantal onderzoeken die deze stelling verder onderschrijven.

Met duurzaam bouwen wordt beoogd het milieu nu en in de toekomst zo min mogelijk te belasten tijdens de levensduur van een gebouw: van ontwerp t.m. sloop. Als uitgangspunt geldt een lange levensduur, aandacht voor kosten en een hoge kwaliteit van woningen en utiliteitsgebouwen.

Duurzaam bouwen is niet langer een modewoord. Milieubewust en energie-efficiënt bouwen is steeds vaker een vanzelfsprekend onderdeel in het ontwerpproces. Voor opdrachtgevers, ontwikkelaars, maar ook ontwerpende partijen en zelfs huurders is duurzaam bouwen en beheren onderdeel van maatschappelijk verantwoord ondernemen.

Wat is betonkernactivering (BKA)?

Betonkernactivering is een thermisch actieve constructie, waarbij door middel van een in het beton ingestort leidingstelsel de massa wordt verwarmd of gekoeld. De watervoerende leidingen liggen niet aan de oppervlakte, maar dieper in de betonconstructie. Doordat de totale betonmassa hierdoor wordt opgewarmd of gekoeld, vindt afgifte van warmte- en koude plaats via de vloer, het plafond of de wand. De hoeveelheid warmte- en koudeafgifte is afhankelijk van de plaats van de leidingenregisters in het beton, de leidingdiameters en de onderlinge afstand van de leidingen.

Verdergaande duurzaamheidseisen

Ook de overheid heeft vergaande duurzaamheidsambities. In 2020 moet Nederland 20% CO₂-reductie ten opzichte van 1990 hebben bereikt, waarvan een groot deel in de gebouwde omgeving. Dit in het kader van de Europese klimaatdoelstellingen. Met gangbare energiebesparingstechnieken zal deze beleidsdoelstelling niet worden gehaald. Verdere ontwikkeling en toepassing van zeer energie-efficiënte en duurzame technieken is noodzakelijk. Om dit proces te versnellen is verdere aanscherping van de energieprestatie-eisen voor nieuwbouw aangekondigd. Voor woningbouw is de volgende aanscherping van EPC 0,6 naar 0,4 in 2015 en in 2020 naar energieneutraal. Waar de stap van EPC 0,8 naar 0,6 per 1 januari 2011 nog redelijk eenvoudig ging, met gangbare technieken en gedetailleerder rekenen, zijn bij de stap naar 0,4 innovatieve technieken noodzakelijk.

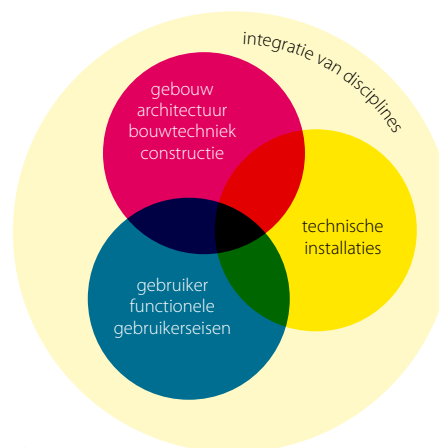
Voor in de utiliteitsbouw geldt dat in 2017 de nieuwbouw 50% energiezuiniger moet worden ten opzichte van de huidige eisen. Ook dit zal forse consequenties voor toegepaste bouwen en installatietechnieken hebben. Dit vergt meer dan ooit een goede afstemming tussen bouwkundige en installatietechnische maatregelen. Deze innovatieve technieken zijn doorgaans kostbaarder, hoewel de prijs zal dalen bij een grotere marktomzet. Een goed voorbeeld hiervan is de dalende prijs van warmtepompen, vanwege de stijgende omzet in de gebouwde omgeving. Ook zijn er nieuwe technieken ontwikkeld die minder kostbaar zijn.

Integraal duurzaam

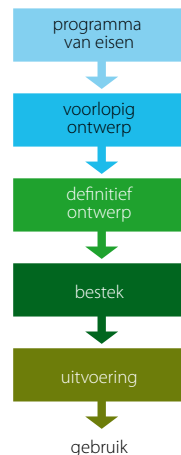
Om optimaal duurzaam resultaat te bereiken, is het integraal doordenken van een ontwerp en het maken van bewuste keuzes daarbij, in alle fasen van het (ontwerp)proces noodzakelijk (fig. 1). Het gaat om people-, planet- én profit-aspecten. Het ontwikkelen van een duurzaam gebouw is daarmee meer dan alleen een energiezuinig gebouw of een gebouw met een groene uitstraling door zijn materiaalgebruik, zonnepanelen of een groen grasdak. Betaalbaar, comfortabel en toekomstwaarde zijn eveneens belangrijke beslispunten.

Bouwkundige en installatietechnische maatregelen moeten goed op elkaar worden afgestemd. Het gebruik van het gebouw en de eisen die de gebruiker aan het gebouw stelt, gelden daarbij als uitgangspunt. In een gebouw met een hoge automatiseringsgraad, is de interne warmtelast hoog. Stelt een gebruiker zware eisen aan het thermisch binnenklimaat, dan moet de klimaatinstallatie fors kunnen koelen. In dat geval komen eerder systemen met water als drager van warmte/koude in beeld dan de luchtgedragen systemen. Worden hoge eisen gesteld aan energie-efficiëntie, dan komen eveneens de watergedragen systemen in beeld en dan met name de systemen die gebaseerd zijn op laagtemperatuurverwarming en hogetemperatuurkoeling. Warmtepompen, al dan niet in combinatie met warmte-koudeopslag, zijn efficiënte opwekkingssystemen die daar goed bij passen.

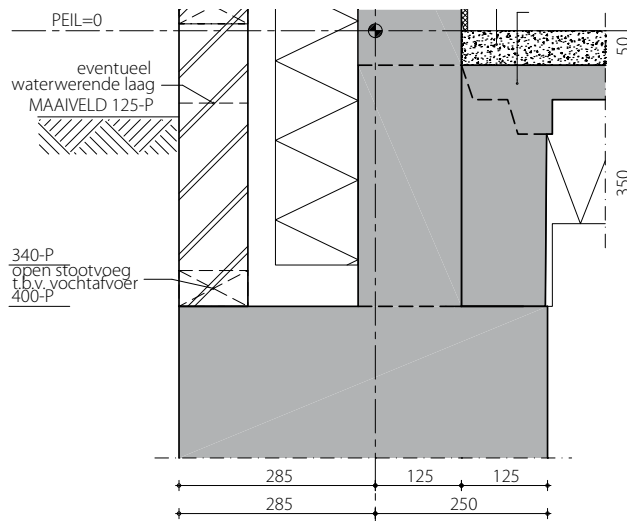
Is er een sterk fluctuerende interne warmtelast door steeds wijzigende bezettingsgraden aan personen (bijv. bij bijeenkomstgebouwen), dan ligt een snel reagerend klimaatsysteem met luchtkoeling, hogetemperatuurverwarming en luchtverwarming voor de hand. Is daarentegen de interne warmtelast stabiel, dan zijn trager werkende systemen die zorgen voor een stabiel binnenklimaat voor de hand liggend. De inzet van betonkernactivering is dan een goede optie.



integraal doordenken van het ontwerp in alle fasen van het (ontwerp)proces



¹⁾ ir. A.M.S. Weersink was betrokken bij een studie die Nieman Consultancy uitvoerde naar de CO₂-milieubelasting gedurende de gehele levenscyclus van een referentie rij-/hoekwoning van Agentschap NL. In opdracht van Agentschap NL voerde Nieman Consultancy een onderzoek uit naar de robuustheid van verschillende klimaatsystemen.



Inbreng adviseurs en constructeur

Betonkernactivering is bij uitstek een concept waarbij in de vroegste ontwerpfase actieve inbreng van diverse adviseurs en experts nodig is. Ook de constructeur kan niet afwachten tot het ontwerp zijn kant op komt. Omdat adviseurs van verschillende disciplines wensen hebben ten aanzien van elementen die in het beton moeten worden opgenomen, spreken we dan ook liever van een thermisch actieve betonconstructie dan over thermisch actief beton.

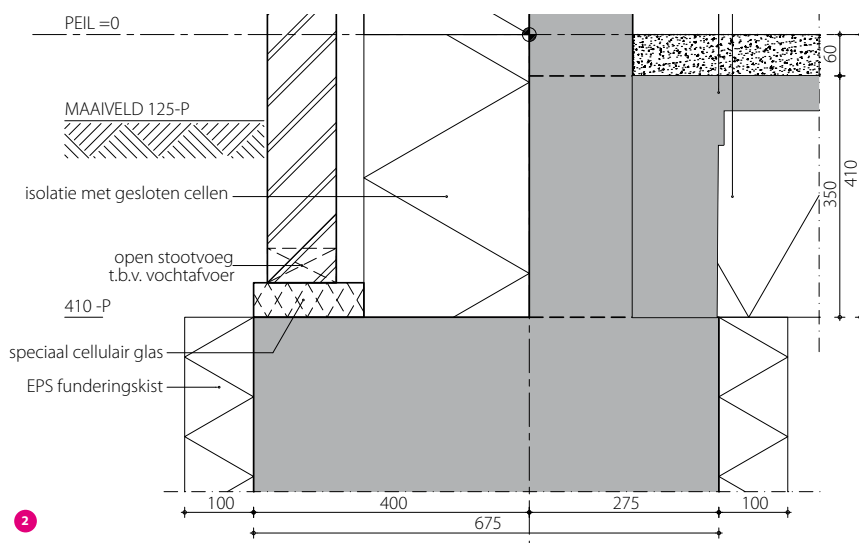
Het goed toepassen van betonkernactivering is een complexe opgave. We noemen een aantal belangrijke punten. Zo ontbreekt het verlaagde plafond grotendeels. Dan rijzen vragen als: Hoe wordt een goede ruimteakoestiek gewaarborgd? Hoe wordt de ruimte verlicht? Als voor algemene verlichting wordt gekozen, zullen leidingen in het betonplafond moeten worden ingestort. Een alternatief is indirecte verlichting eventueel in combinatie met algemene verlichting. Hoe worden (ventilatie) leidingen weggewerkt nu het verlaagde plafond ontbreekt? Of worden ze juist in het zicht gehouden?

Onontbeerlijk is een goede afstemming tussen de adviseur technische installaties en de constructeur om al die extra techniek in de vloer op te nemen, met inachtnaam van de constructieve (on)mogelijkheden. Tel daar het streven naar minimaal materiaalgebruik (cement/beton) bij, en je hebt een complex optimaliseringsvraagstuk waarbij alle ontwerpdisciplines betrokken zijn.

Hoe energiezuinig is betonkernactivering?

De werking van betonkernactivering is gebaseerd op stralingswarmte. Hierdoor kan met een lagere luchttemperatuur worden volstaan. Dit geeft minder warmteverlies. Omdat tevens van een lage watertemperatuur gebruik wordt gemaakt voor verwarming en een hoge temperatuur voor koeling, wordt een gunstig systeemrendement voor de installatie bereikt (minimaal 10% gunstiger dan conventionele systemen met radiatoren). Daarnaast wordt minimaal geventileerd. Dit samen leidt tot een forse energiebesparing op de energiepost verwarming. Op het energiegebruik voor koeling kan door de inzet van BKA ongeveer 50% tot zelfs 80% worden bespaard.

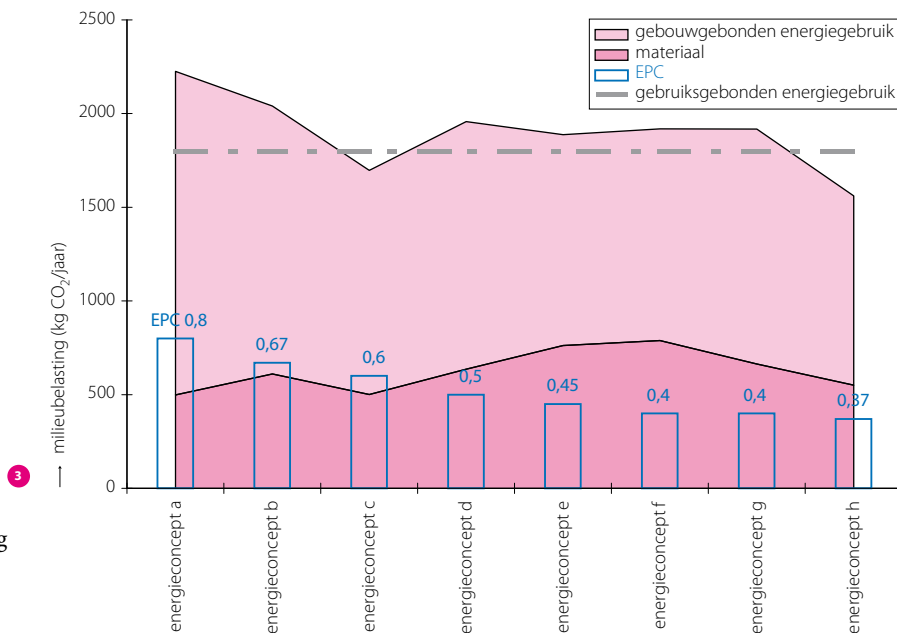
Dat forse besparingen kunnen worden bereikt, komt vooral door de inzet van warmtepompen in combinatie met de warmte/koudeopslag. Hoeveel energie wordt bespaard door de



inzet van BKA in combinatie met een warmtepomp en warmte/koudeopslag wordt mede bepaald door de thermische eigenschappen van de gebouwschil en de gebouwvorm en -grootte. In het algemeen kan worden gesteld dat 30 - 50% op het energiegebruik voor verwarming en koeling kan worden bespaard ten opzichte van een gebouw met een HR-ketel en een compressiekoelmachine. Juist door de combinatie van het warmtepompsysteem en de warmte/koudeopslag en de inzet van (zeer)lagetemperatuurverwarming en (zeer)hogetemperatuurkoeling zijn deze forse besparingspercentages haalbaar.

Een nieuwe energieprestatienorm is uitgebracht (NEN 7120). Deze wordt voor nieuwbouw per 1 januari 2012 van kracht en vervangt de huidige energieprestatienormen. Hoe groot de verbetering op de energieprestatiecoëfficiënt van een kantoor met de nieuwe norm gaat worden, is nu nog niet bekend. In de huidige energieprestatienorm heeft de toepassing van betonkernactivering een positief effect van circa 0,04 op de EPC. Maar in combinatie met warmtepompen kan dit verder verbeteren tot 0,15 à 0,25.

- 2 Door meer isolatie wordt de energieprestatie van een woning beter, maar door meer isolatiemateriaal en verbreding van de betonfundering zal de milieubelasting door materialen hoger worden *bron: SBR*
- 3 Jaargemiddelde milieubelasting door gebouwgebonden energiegebruik en materiaal (gebouw incl. installaties)



Een gunstige CO₂-footprint

Met BKA kan een zeer gunstige CO₂-footprint voor een woning worden verkregen. In een studie die Nieman Consultancy uitvoerde in opdracht van het Betonplatform werd de CO₂-milieubelasting gedurende de gehele levenscyclus van een referentie rij-/hoekwoning van Agentschap NL onderzocht. Het ging hierbij om de milieubelasting van de materialen en het gebouwgebonden energiegebruik (verwarmen, koelen, verlichten en ventileren). Het gebruiksgedeelte is niet meegenomen (computers, printers of laboratoriumapparatuur). Vier verschillende bouwconcepten (stapelbouw, houtskeletbouw, gietbouw en prefab beton) werden onderzocht en gecombineerd met acht pakketten met energiebesparende maatregelen (tabel 1, fig. 3) die leidden tot een EPC variërend van 0,4 tot 0,8. Voor deze woningen werd een LCA (Levens Cyclus Analyse) uitgevoerd om de milieubelasting van materialen te bepalen. De milieubelasting door het gebouwgebonden energiegebruik is bepaald op basis van de energieprestatienorm NEN 5128 over een periode van 75 jaar.

De milieubelasting is uitgedrukt als equivalente CO₂-uitstoot. De conclusie van het onderzoek was dat het aandeel van de materialisatie op de totale CO₂-uitstoot van een woning veel minder groot was dan CO₂-uitstoot als gevolg van het jaarlijks terugkerende energiegebruik. Hoe beter de EPC, hoe lager het energiegebruik, hoe gunstiger de CO₂-footprint. Van de onderzochte systemen kwamen betonkernactivering en vloerverwarming in combinatie met warmtepompen en warmte-koudeop-

slag en zeer energie-efficiënte ventilatie met weinig materiaalgebruik (CO₂-gestuurde ventilatie, concept h) als gunstigste systeem naar voren.

Overigens waren tussen de bouwsystemen de verschillen in milieubelasting niet groot omdat rekening werd gehouden met compenserende maatregelen (airco) om oververhitting tegen te gaan. Deze benaderingswijze is conform de systematiek uit de energieprestatienorm NEN 5128.

Ook kwam uit het onderzoek naar voren dat voor veel woningen met een lagere EPC de milieubelasting als gevolg van meer materiaalgebruik toenam. Extra isolatie betekent immers niet alleen meer isolatiemateriaal, maar ook een bredere fundering (fig. 2). Ook meer installatietechniek, zoals PV-cellen, zonneboilers en ventilatiekanalen voor luchttoevoer en -afvoer zorgen voor extra milieubelasting (zie energieconcepten e en f). Door verzwaring van de EPC-eis van woningen zal gemiddeld de milieubelasting voor de energiecomponent afnemen, maar toenemen voor de materiaalcomponent.

BKA: robuust klimaatstelsel

Betonkernactivering wordt veel toegepast in gezondheidszorg, scholen en kantoren. Meer en meer wordt BKA ook in woningen toegepast. Steeds vaker wordt gekozen voor BKA vanwege het comfortabele klimaat dat met het systeem kan worden bereikt in de winter en zomer.

In opdracht van Agentschap NL voerde Nieman Consultancy een onderzoek uit naar de robuustheid van verschillende klimaatssystemen. Een installatiesysteem is robuuster naarmate het een beter vermogen heeft om klimaatveranderingen op te kunnen vangen. Als in de toekomst het klimaat wijzigt, is het wenselijk dat een klimaatstelsel ook dan nog effectief kan verwarmen en koelen, om ook dan een behaaglijk binnenklimaat in de zomer en winter te krijgen. In de modelstudie werd een vergelijking gemaakt hoe behaaglijk het in een vertrek zou

Tabel 1 Energieconcepten die zijn betrokken in de CO₂-footprint studie

concept	installaties	R _g gevel/dak/vloer	EPC
a	HR-ketel, zelfregelende ventilatieroosters	3,5/4,0/3,5	0,8
b	HR-ketel, gebalanceerde ventilatie met wtw (rendement 95%)	3,0/3,0/3,0	0,67
c	HR-ketel, CO ₂ -gestuurde ventilatie	4,0/4,5/3,5	0,6
d	HR-ketel, gebalanceerde ventilatie met wtw (rendement 95%)	10/10/6,5	0,5
e	HR-ketel, gebalanceerde ventilatie met wtw (rendement 95%), zonneboilercombi	10/10/6,5	0,45
f	warmtepomp, betonkernactivering/vloerverwarming, zonneboilercombi, gebalanceerde ventilatie met wtw (rendement 95%)	5,0/6,0/4,0	0,4
g	warmtepomp, betonkernactivering / vloerverwarming, lage COP installaties, gebalanceerde ventilatie met wtw (rendement 95%)	5,0/6,0/4,0	0,4
h	warmtepomp, betonkernactivering/ vloerverwarming, douche-wtw, vraaggestuurde ventilatie	5,0/6,0/4,0	0,37

4 Vergelijking van het aantal GTO-uren volgens klimaatjaar 1964 en de toename van comfortklachten bij het toekomstige klimaatjaar 2020 (KNMI (W-2020)) voor diverse installatiesystemen

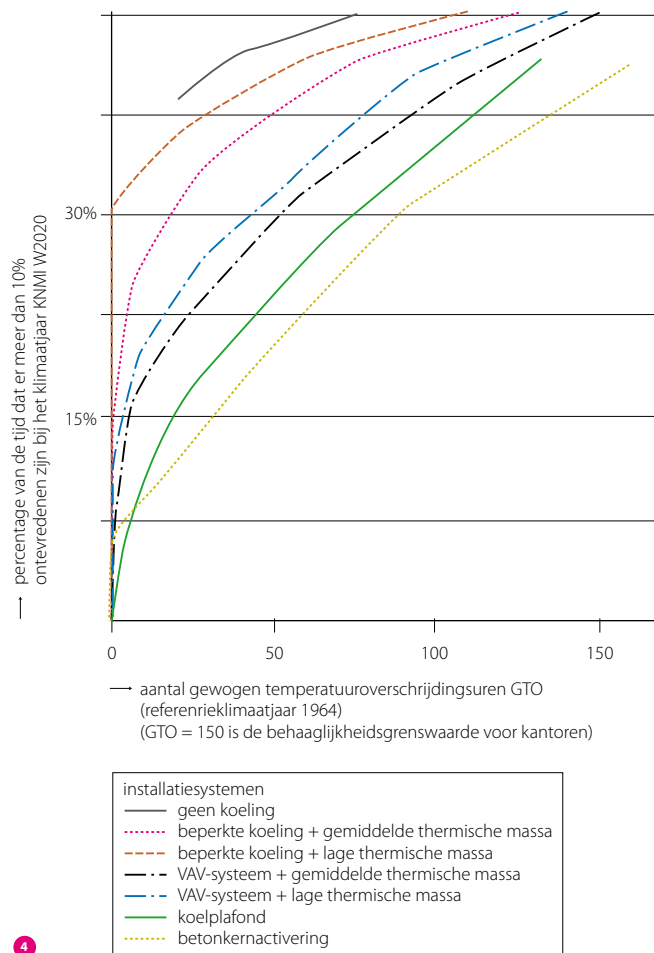
GTO, Gewogen TemperatuurOverschrijdingen

De mate van behaaglijkheid van het binnenklimaat wordt vaak uitgedrukt in GTO-uren. GTO staat voor gewogen temperatuuroverschrijding. De mate van overschrijding van de comfortgrenzen waarbij volgens de theorie van Fanger meer dan 10% klachten zijn wordt uitgedrukt in een weeggetal. Dit weeggetal wordt vermenigvuldigd met het aantal uren dat die situatie voorkomt in de gebruikperiode. Door de totale gewogen tijd te sommeren wordt het aantal gewogen temperatuuroverschrijdingsuren verkregen, als maat voor de behaaglijkheid.

Voor standaard kantooromstandigheden zonder koeling of met beperkte koeling wordt als grenswaarde vaak 150 weeguren aangehouden. Ter vergelijking: in veel situaties waar in 10% van de verblijftijd in kantoren (ca. 100 uur) gedurende de zomerperiode de temperatuur hoger is dan 25 °C, is het aantal weeguren circa 150 GTO-uren. Voor situaties met forse koeling en in situaties waar geen ramen zijn te openen, wordt vaak van de grenswaarde van 50 weeguren uitgegaan.

worden bij dezelfde bouwkundige en installatietechnische uitgangspunten, maar bij twee verschillende klimaatjaren: een standaard referentiejaar (De Bilt 1964) en toekomstig klimaatjaar (W-2020, samengesteld door het KNMI). Deze vergelijking geeft een beeld van de mate van robuustheid (fig. 4).

Een belangrijke conclusie is dat bij nieuwe gebouwen het best kan worden geanticipeerd door niet op de grenswaarden van de behaaglijkheid (150 GTO-uren, zie kader) een gebouw te ontwikkelen, maar bijvoorbeeld op 50 GTO-uren. Met systemen die zijn gebaseerd op water als drager van de koude (o.a. betonkernactivering, maar ook koelplafonds), zal het aantal klachten in een gebouw beperkt blijven. Betonkernactivering komt daarbij dan als gunstigste systeem uit de bus met een toekomstig klachtenpercentage van circa 15 - 20% van de tijd meer dan 10% klachten. Luchtgedragen systemen kunnen meer dan het dubbele aantal verblijfsuren meer dan 10% klachten opleveren. Voorzichtigheid met deze conclusie is geboden, aangezien het klimaatjaar 2020 een geprognosticeerd jaar is, en het percentage van de tijd met meer dan 10% klachten indicatief is bepaald. Blijft onverlet dat betonkernactivering als meest robuuste klimaatsysteem naar voren is gekomen. De extra koelende betonmassa van het systeem die kan worden geladen en ontladen, draagt daar in positieve zin aan bij.



4

Ten slotte

Toepassing van betonkernactivering biedt veel kansen voor energiebesparing en comfort, nu en in de toekomst. Het vergt echter vanaf het begin van het ontwerp stadium een goede afstemming tussen alle ontwerpende en adviserende partijen. Daar staat een gunstige CO₂-footprint tegenover. Want een uitgekiend ontwerp levert ook nog eens een beperkte materiaalbelasting. Het achterwege kunnen blijven van verlaagde plafonds levert beperking van bouwhoogte (en dus bouwkosten) op. Neem daarbij de forse energiebesparing als betonkernactivering wordt gecombineerd met een warmtepomp, en dit thermisch actieve systeem kan binnen een termijn van 2 tot 7 jaar worden terugverdiend. Tel uit je winst. ☒

LITERATUUR

1 Weersink, A.M.S., Valk, H., Dunnink, M., Meijer, J., CO₂-Footprint Woningbouw – CO₂-belasting van woningen van productie tot sloop. Rapport Nieman consultancy & Intron, in opdracht van Betonplatform, juni 2010.

2 Weersink, A.M.S., Evers, J.E.J. en Ansems, E.A., Robuustheid van klimaatsystemen bij klimaatverandering – een verkenning. Rapport c09003 Nieman Consultancy en Adviesburo Nieman, opgesteld in opdracht van Agentschap NL, februari 2010.