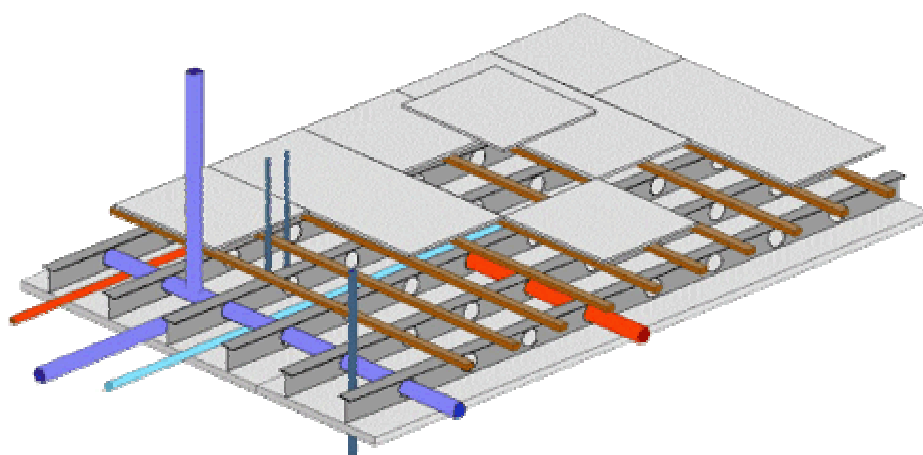




Scriptie

Infra+ vloer & Betonkernactivering



Van:

Joost Roseboom

ID nummer : 1039229
e-mail : joostroseboom@planet.nl
Afstudeerrichting : Bouwkunde
Duaal/voltijd : Voltijd

Afstudeer locatie:

Ballast Nedam Bouw Speciale Projecten

Adres : Europalaan 40
Telefoonnummer : 030 2854389
Begeleider : Dhr. Haring / Dhr. van Dijk
E-mail : j.haring@ballast.nedam.nl

Afstudeeropdracht voor:

Hogeschool van Utrecht, Bouwkunde

1e begeleider : Dhr. Ponsen, Bouwtechniek
E-mail : wim.ponsen@hvu.nl
2e begeleider : Dhr. Vaandring, Bouwproject management
E-mail : peter.vaandring@hvu.nl

Datum : 07-06-2005

Voorwoord

Mijn opleiding bouwkunde aan de Hogeschool van Utrecht sluit ik af met een afstudeeropdracht, in deze periode heb ik de verworven kennis die ik tijdens mijn opleiding heb opgedaan toegepast op een opdracht die diverse kanten van de bouw behelst.

In deze scriptie ben ik voornamelijk ingegaan op de Infra+ vloer vanwege het stellen van prioriteiten en omdat mijn interesse meer ligt bij het vloersysteem dan betonkernactivering. In de bouw is de Infra+ vloer nog onvoldoende bekend en met dit verslag wil ik de eigenschappen van het vloersysteem aangeven zodat er een duidelijk beeld ontstaat van de vloer. Het bijzondere van dit type vloer is dat de opbouw van de vloer in relatie tot de installaties afwijkt van de huidige bouwsystemen; de leidingen bevinden zich namelijk tussen de constructie-elementen van de vloer in plaats van onder het vloerpakket.

De ontwikkeling van de Infra+ vloer is een doorlopend proces waarbij de gekozen oplossingen bij de toepassing van de Infra+ vloer onderdeel uitmaken van het leerproces. Deze ervaringen dragen bij tot een volledig ontwikkeld vloersysteem.

Tijdens mijn onderzoek heb ik diverse bedrijven bezocht om hun ervaringen over de Infra+ vloer te peilen. Bij deze bedrijven ben ik vriendelijk ontvangen en zij hebben mij veel informatie kunnen verschaffen, dankzij deze bezoeken heb ik een beeld kunnen vormen van de toepassing van de Infra+ vloer.

Hierbij wou ik bedanken; Xander Vos en Ger van der van Zanden van *Prefab Limburg*, Prof. Dr. Ir. Jos Lichtenberg, David Meijer van *Virtruvius Consultancy*, Dirk van der Plas van *Oostingh Staalbouw*, Dhr. Nieuwenburg van *Nieuwenburg Adviseurs*, Henk Nieuwendijk van *LATEI Projectontwikkeling*, Ad van der Bosch van *Heijmans IBC Bouw*, Waldo Dekker en Willy Arts van *Haitsma Beton*, Ir. P.G.A. Weggeman van *BAM Utiliteitsbouw*, Raymond van Berkel van *Van Agtmaal*, Dhr. Kreiter van *WTH* en Dhr. Reijnga van *Heerkens van Bavel Bouw*.

Met dank aan Ballast Nedam Bouw Speciale Projecten heb ik mijn opdracht kunnen uitwerken en wou hen dan ook bedanken voor het beschikbaar stellen van een werkruimte en de faciliteiten binnen het bedrijf. Mijn dank gaat uit naar; Jan Haring, Willem van Dijk, Gijs Kloek, Ad Batenburg en Gerard Bolleurs van *Ballast Nedam Bouw Speciale Projecten*, Wim Ponsen en Peter Vaandering van de *Hoge School van Utrecht faculteit Bouwkunde*.

Utrecht juni 2005

Joost Roseboom

Samenvatting

Probleemstelling: Op welke wijze kunnen de Infra+ vloer en Betonkernactivering opgenomen worden in een gebouwonwerp en wat is de invloed van deze systemen op het bouwsysteem en de detaillering?

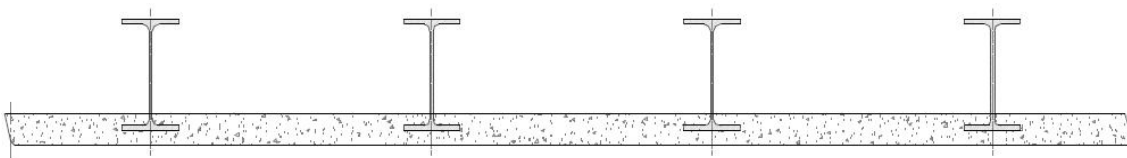
Aan de hand van mijn onderzoek kan een opdrachtgever of aannemer de keuze maken om wel of niet voor de Infra+ vloer te kiezen. Het onderzoek geeft de karakteristieken van de Infra+ vloer aan met zijn voor- en nadelen maar ook het toepassingsgebied van nu en voor de toekomst.

De Infra+ vloer

De vloer is ontwikkeld door prof. dr. Ir. J. Lichtenberg samen met zijn team van bureau A-plus. De vloer wordt door Prefab Limburg te Kelpen-Oler en wordt onder andere geproduceerd door Pekso.

De Infra+ vloer bestaat uit een gewapende betonschil van 70 mm waarbij in de lengte richting stalen profielen zijn ingestort, deze stalen profielen verzorgen de draagkracht van de vloer. In deze stalen profielen zijn sparingen opgenomen waardoor de leidingen van ventilatie, elektra, water, riolering en dataverkeer lopen. De hart op hart maat van de profielen is 1200 mm en bij hogere belasting 600 mm. Het staal is onbehandeld en hoeft niet te worden geconserveerd omdat het staal niet zal corroderen in een binnenklimaat.

De ruimte tussen de stalen profielen blijft open en zal niet worden volgestort met beton. De betonschil van de Infra+ vloer dient als plafond, er komen geen leidingen onder de vloer te hangen en een verlaagd plafond is niet nodig. Een voordeel van de stalen profielen is dat deze gekoppeld kunnen worden aan de hoofd draagconstructie waardoor de vloer bijdraagt aan de stabiliteit van het gebouw door de schijfwerking van de vloer. De platen worden onderling verbonden door middel van gelaste stalen platen of door van beton met bijgelegde wapening.



Infra+ vloerveld met een breedte van 2400 mm waarbij de stalen profielen een hart op hart maat hebben van 600 mm.

De topvloer

Over de stalen profielen wordt een topvloer aangebracht die bestaat uit of een cementgebonden vezelplaat gemonteerd op omegaprofielen, of uit een zwaluwstaartvloer afgewerkt met een cementdekvloer of een anhydriet vloer.



Op de foto is de Infra+ vloer met een zwaluwstaartvloer met anhydriet afwerkvloer toegepast in een woontoren te Den Haag.

De waterafvoeren en elektra leidingen liggen tussen de stalen profielen of worden door de sparingen heengevoerd.

De rol van de constructeur en installatie adviseur spelen een belangrijke rol in het ontwerpproces van een gebouw. De installatie werkzaamheden verplaatsen zich van het plafond naar de vloer.

Overspanning en hoogte

De Infra+ vloer kan overspanningen realiseren van max. 14,4 meter, de hoogte van het vloerpakket bij een overspanning van 7,2 meter bedraagt zo'n 370 mm. Het gewicht van de Infra+ vloer bedraagt 250 kg/m².



Brand en geluid

Het idee dat massa nodig is vanwege geluidseisen wordt ondervangen door de topvloer los te koppelen van de Infra+ vloer door middel van akoestisch materiaal in de vorm van rubbergranulaat. Voor de Infra+ vloer geldt een geluidsisolatie voor luchtgeluid van $\geq +5$ dB en voor contactgeluid $\geq +10$ dB. De naden van de Infra+ vloerelementen moeten onderling worden voorzien van een brandwerende afwerking. De brandwerendheid bedraagt 145 minuten volgens de eisen van het bouwbesluit.

Betonkernactivering

Door betonkernactivering maakt men gebruik van de vloeren en wanden om het klimaat in een gebouw te beheersen. Het klimaat wordt door lage temperatuur verwarming en hoge temperatuur koeling tot stand gebracht. Een nadeel van betonkernactivering is dat individueel regelen van een ruimte niet mogelijk is, men spreekt ook wel van een gebouwklimaat en niet van een ruimteklimaat. De regelbaarheid van betonkernactivering heeft beperkingen in zich; reactietijd is traag door de gebouwmassa, temperatuur is persoonlijk gebonden waardoor niet iedereen tevreden is. Bij toepassing van betonkernactivering in de Infra+ vloer wordt het nadeel van de buffer door massa ondervangen door de snellere reactietijd van de betonschil.

Flexibiliteit en toepassingsgebied

Tegenwoordig zie je steeds meer om je heen dat gebouwen, waarvan de constructie nog in orde is, gesloopt worden om plaats te maken voor nieuwe gebouwen. Met de Infra+ vloer zou je de volledige installatie, inrichting en functie opnieuw kunnen indelen. Het toepassingsgebied betreft: kantoren waarvan het bedrijf in de toekomst zal gaan groeien, woningbouwcorporaties die in kunnen springen op veranderde wooneisen, leegstaande gebouwen waarvan de huidige kantoorfunctie omgezet kan worden naar een huisvesting voor studenten en gebouwen die vaak onderhevig zijn aan verbouwingen.

Kosten

De kosten voor aanschaf van de Infra+ vloer elementen en de topvloer zijn hoger in vergelijking met andere vloersystemen. Echter de gewichtsbesparing, integratie van de leidingen, hoogtewinst van het vloerpakket en flexibiliteit in toekomstige aanpassingen zorgen ervoor dat de vloer lagere kosten mee zich mee brengt.

Toepassing Infra+ vloer

De Infra+ vloer heeft een grote samenhang met de installaties die in de vloer komen te liggen; in een vroeg stadium moet de installatie adviseur betrokken worden in het bouwproces. De sparingen die opgenomen moeten worden in de staalprofielen bepalen de constructieve eigenschappen van de vloer; hoe groter de sparing des te minder sterk de vloer.

Bij het ontwerp van de installaties en Infra+ vloerelementen moet gestreefd worden naar een vaste indeling zodat elk element op dezelfde manier geproduceerd kan worden; de sparingen in de stalen profielen kunnen hierdoor in grote getallen geproduceerd worden. Tijdens de uitvoering moet er op de Infra+ vloer een veilige en brede looproute gecreëerd worden vanwege de veiligheid en de bouw-snelheid.

Het plaatsen van de Infra+ vloer elementen kan men vergelijken met het leggen van de breedplaatvloer, echter met het verschil dat de Infra+ vloer elementen niet onderstempelt hoeven te worden. De stalen profielen worden aan de hoofdconstructie vastgelast, de vloerelementen worden onderling door middel van een stalen plaat aan elkaar gelast om de vloer als een schijf te laten werken.

Onderzoek

In dit onderzoek heb ik de informatie en ervaringen die ik verkregen heb via diverse interviews verwerkt tot een overzicht van de voor- en nadelen van de vloer. Mijn advies om de vloer omgekeerd toe te passen raad ik af gezien het ontwikkelingsverloop van de concurrerende 'Frame vloer'.

Uit de gesprekken bleek dat de partijen nog weinig ervaring met dit vloersysteem hebben opgebouwd. Voor hen was de toepassing van dit type vloer een leerproces waarbij de nodige knelpunten werden overwonnen. Mede door het gebrek aan ervaring is het moeilijk om harde conclusies te trekken uit de toegepaste systematiek van voorbereiding en uitvoering.

De Infra+ vloer is een vloer met de nodige voor- en nadelen waarbij men zich moet afvragen welke aspecten het zwaarst wegen om voor dit type vloer te kiezen. Deze keuze is moeilijk en hopelijk draagt deze scriptie bij aan dit vraagstuk.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding onderzoek	7
1.2 Probleemstelling	7
2 Gedachtegoed	8
3 IFD bouwen	9
3.1 Industrieel bouwen	9
3.2 Flexibel bouwen	9
3.3 Demontabel bouwen	10
4 Ontwikkeling Infra+ vloer	11
4.1 Innovatief Systeem van Bouwen	11
4.1.1 Knelpunten Innovatief Systeem van Bouwen	12
4.2 Overgang ISB naar Infra+	12
4.2.1 Veranderingen	12
4.2.2 Overzicht van ISB naar Infra+	13
5 Productie Infra+ vloer	14
6 Eigenschappen Infra+ vloer	16
6.1 Constructieve eigenschappen	16
6.1.1 Plaatkoppeling	17
6.2 Gewicht	17
6.3 Brandbedrag	18
6.4 Geluid	18
6.5 Opleggingen	18
6.6 Topvloer	19
6.6.1 Zwaluwstaart vloer	19
6.6.2 Cementgebonden vezelplaat	19
6.6.3 Keuze topvloer	20
7 Installaties	21
7.1 Leidingen	21
7.1.1 Afschot leidingen	21
7.1.2 Doorvoer hoogte	22
7.1.3 Flexibele leidingen	22
8 Betonkernactivering	23
8.1 Wat is betonkernactivering?	23
8.2 Thermisch comfort	23
8.2.1 Luchttemperatuur	23
8.2.2 Oppervlaktetemperatuur	23
8.2.3 Luchtvochtigheid	23
8.3 Afgiftesysteem	24
8.4 Akoestiek	24

8.5	Regelbaarheid	24
8.6	Kosten betonkernactivering	25
8.8	Toepassingsgebied	27
8.9	Voordelen en nadelen betonkernactivering	27
8.9.1	Voordelen	27
8.9.2	Nadelen	28
8.10	Koelmogelijkheden en verwarmingsmogelijkheden van de Infra+ vloer	28
9	Omgekeerde toepassing Infra+ vloer	30
9.1	Opbouw framevloer	30
9.2	Specificaties framevloer	30
9.3	Voor- en nadelen framevloer	31
9.4	Toekomstwaarde framevloer	31
9.5	De omgekeerde Infra+ vloer	31
9.5.1	Toepassing van omgekeerde Infra+ vloer	32
10	Kosten Infra+ vloer	33
10.1	Kosten vergelijking	33
10.2	Kostenverlagend	35
10.3	Kostenverhogend	35
11	Toepassing Infra+ vloer	36
11.1	Ontwerp en werkvoorbereiding	36
11.2	Uitvoering	37
11.2.1	Interval	39
11.2.2	Veiligheid	40
12	Flexibiliteit	41
12.1	Eisen flexibiliteit	41
12.2	Conclusie omtrent flexibiliteit	42
12.2.1	Topvloer	42
12.2.2	Vloerbedekking	42
12.2.3	Toekomstige aanpassing	43
12.2.4	Ontwikkelingen in de ICT	43
12.2.5	Vergelijking	43
12.2.6	Behoeft flexibiliteit	44
13	Toepassingsgebied	45
13.1	Toepassing in woningbouw	45
13.2	Toepassing in utiliteitsbouw	45
13.3	Toepassing in restauratie/renovatie	46
13.4	Functie verandering	46
14	Conclusie Infra+ vloer	47
14.1	Voordelen Infra+ vloer	47
14.2	Nadelen Infra+ vloer	48
14.3	Conclusie Infra+ vloer	49

1 Inleiding

1.1 Aanleiding onderzoek

Zoals voor alle studenten van de opleiding Bouwkunde aan de Hogeschool van Utrecht is voor mij ook de periode gekomen waarin het einde van mijn opleiding nadert, namelijk door middel van het afstuderen bij een bedrijf. Bij mijn zoektocht naar een afstudeerplek heb ik diverse bedrijven benaderd waaronder Ballast Nedam waar ik tijdens mijn vorige studie ook stage heb mogen lopen.

Ballast Nedam Bouw Speciale Projecten heeft mij gevraagd om een onderzoek te doen naar de toepassing van de Infra+ vloer en betonkernactivering. De reden van dit onderzoek is de opkomende markt naar nieuwe bouwsystemen en om een aansluiting op deze markt te hebben wil men weten waar men op moet letten bij de toepassing van deze systemen om aan de wensen van een opdrachtgever te voldoen.

1.2 Probleemstelling

“Op welke wijze kan een Infra+ vloer opgenomen worden in een gebouwwontwerp en wat is de invloed van dit type vloer op het bouwsysteem en de detaillering?”

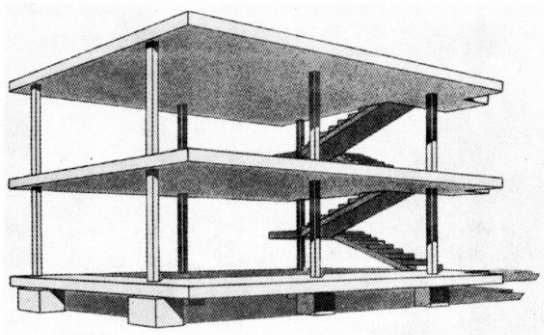
“Wat is de invloed van betonkernactivering op de bouwmethode, detaillering en de bouwfysica in een gebouw en hoe wordt de benodigde warme en koude energie op een efficiënte manier opgeslagen ten behoeve van klimaatregeling.”

2 Gedachtegoed

Het Infra+ vloersysteem is ontwikkeld vanuit de filosofie om gebouwen te kunnen realiseren met een maximaal mogelijke flexibiliteit in de ontwerp-, uitvoerings- en gebruiksfase. Uitgangspunt is de gedachte dat leidingen, onafhankelijk van de draagstructuur en afbouw, te plaatsen moeten zijn in combinatie met een droge bouwmethode.

De basis van de ontwikkeling van het Infra+ vloersysteem is al bijna een eeuw geleden ontstaan. De Zwitserse architect 'Le Corbusier' presenteerde in 1914 het Dom-ino concept, Dom-ino komt van de woorden Domus en Innovatie. Het gebouw concept bestond uit twee horizontale platen van gewapend beton en trappen, welke door steunpilaren worden gedragen, waarbij de delen allemaal combineerbaar zijn met elkaar.

Sindsdien is er echter veel gebeurd op het gebied van installaties in gebouwen. Leidingen en installaties hebben een steeds belangrijkere invloed op het comfort en het gebruiksgemak van gebouwen. De noodzaak is ontstaan om installatiecomponenten aan te brengen en aan te passen los van de draagstructuur.



Dom-ino, Le Corbusier, 1914



Le Corbusier, oorspronkelijk Charles-Eduard Jeanneret, is op 6 oktober 1887 in La Chaux-de-Fonds in Zwitserland geboren. Het pseudoniem 'Le Corbusier' is afgeleid van 'Lecorbésier', de naam van Charles-Eduard Jeannerets overgrootmoeder en werd gebruikt door hem vanaf 1920 als auteur, vanaf 1922 als architect evenals in het burgerlijk leven en vanaf 1928 als schilder. Tijdens een vakantieverblijf in Cap Martin overleed Le Corbusier op 27 augustus 1965.

3 IFD bouwen

Voordat er verder op de Infra+ vloer wordt ingegaan zal er eerst informatie gegeven worden over het IFD bouwen, het Infra+ vloersysteem valt namelijk onder dit systeem van bouwen.

IFD-bouwen staat voor Industrieel, Flexibel en Demontabel bouwen. Het is een manier van ontwerpen, ontwikkelen en bouwen, waarbij industriële, flexibele en demontabele aspecten gezamenlijk een rol spelen. Het richt zich niet alleen op het gebouw en de installaties ook het bouwproces en de organisatie daarvan spelen een rol. IFD Bouwen betreft onder andere vernieuwing op onderdelen als techniek, ontwerphulpmiddelen, de manier van samenwerken tussen bouwpartijen, contractvormen en concepten.

Bouwen gebeurt traditioneel op de bouwplaats. De grondstoffen en het materiaal worden naar 'het werk' gebracht en daar vindt de productie plaats. Dankzij de ontwikkeling binnen de toeleverende industrie hoeft een gebouw tegenwoordig niet meer (volledig) op de bouwplaats geproduceerd te worden. De industrie kan complete gevels leveren die voorzien zijn van kozijnen en glas, sanitaire units voorzien van bijpassend garnituur, en geprefabriceerde operatiekamers. Hiermee maakt de traditionele uitvoering op de bouwplaats plaats voor assemblagewerk, met alle arbo-, kwaliteits-, kosten- en milieuvoordelen van dien.

De combinatie van Industrieel, Flexibel en Demontabel bouwen maakt dat aanpassingen aan gebouwen relatief goedkoop en eenvoudig kunnen worden uitgevoerd. IFD-bouwen biedt de mogelijkheid een toekomst- en klantgericht gebouw te realiseren. Niet alleen bij de eerste oplevering, maar ook gedurende de levensduur van een gebouw kan de gebruiker en/of de eigenaar het gebouw naar behoefte aanpassen.

De term IFD Bouwen wordt nogal eens oneigenlijk gebruikt, bijvoorbeeld wanneer er slechts aan een of twee van de aspecten invulling wordt gegeven.

3.1 Industrieel bouwen

Het belangrijkste uitgangspunt van industrieel bouwen is dat een groot gedeelte van het realisatieproces in de fabriek plaatsvindt, alwaar op industriële wijze geproduceerd wordt. De arbeid wordt zo veel mogelijk verplaatst van de bouwplaats naar geconditioneerde fabrieken en op de bouwplaats vindt alleen montage plaats. Hierbinnen zijn de uitgangspunten van industrieel bouwen in twee velden te verdelen: tijdens de productie en tijdens het bouwen.

Bij industrieel bouwen is de productie gericht op de optimale inzet van mensen, materialen, machines en automaten. Dit geschiedt onder een optimale procesconditionering. Hierdoor is er sprake van seriematige vervaardiging bij de productie. Doordat de vervaardiging plaats vindt in de fabriek zijn alle eigenschappen, inclusief de afmetingen, reeds bepaald in de fabriek.

3.2 Flexibel bouwen

Het belangrijkste uitgangspunt van flexibel bouwen is dat het gebouw en zijn onderdelen zodanig ontworpen en gerealiseerd zijn dat er op allerlei niveaus aanpassingen mogelijk zijn. Hierdoor kan de gebruiker of de eigenaar het gebouw aanpassen aan zijn huidige eisen en wensen. Dit geldt zowel bij aanvang van de gebruiksduur (de oplevering), als gedurende de gebruiksduur en bij een eventuele tweede of volgende gebruiksduur. Onder gebruiksduur wordt de periode verstaan waarin het gebouw geschikt is voor het bedoelde gebruik.

Bij aanvang van de gebruiksduur betreft het met name de keuzevrijheid voor de eerste gebruiker tussen verschillende mogelijkheden. Hierdoor kan voldaan worden aan de steeds meer variabele individuele wensen van gebruikers. Gedurende de gebruiksduur gaat het om de mogelijkheid tot aanpassing aan veranderde eisen en wensen van de gebruiker of van een nieuwe gebruiker. Hierdoor kan voldaan worden aan de steeds meer dynamische eisen en wensen van gebruikers. Bij een volgende gebruiksduur dient het gebouw aangepast te kunnen worden aan de nieuwe eisen en wensen van de nieuwe gebruiker.



Om technische flexibiliteit te creëren zijn een aantal strategieën mogelijk:

Indelings flexibiliteit

Plattegronden kunnen op andere wijzen ingedeeld worden. Zowel bouwdelen als installaties zijn te verplaatsen, te vervangen, aan te passen, te verwijderen en aan te brengen.

Functionele flexibiliteit

Ruimtes of het gehele gebouw kunnen van functie veranderen. Dit betekent dat zowel de indeling als installaties veranderbaar zijn, zodat het gebouw of de ruimte aan te passen is aan een nieuwe functie.

Compartimentering

Het gebouw is in verschillende compartimenten op te delen. Dit betekent dat elk mogelijk compartiment voorzien moet zijn van een ingang, verticaal verkeer als trappen en liften en natte groepen als toiletten.

Overdimensionering

Overdimensionering betekent dat er fysieke of niet-fysieke ruimte wordt gereserveerd om uit te breiden in geval van groei en omgekeerd in geval van krimp. Traditioneel werd dit gerealiseerd door een overmaat aan oppervlak te creëren in een gebouw. Dit is fysieke overdimensionering.

3.3 Demontabel bouwen

Het belangrijkste uitgangspunt van demontabel bouwen is dat alle verbindingen tussen de componenten demontabel ontworpen en gerealiseerd zijn. Hierdoor kunnen de componenten zoveel mogelijk onbeschadigd, zo min mogelijk vervuild met andere materialen en met zo min mogelijk schade aan omliggende componenten verwijderd worden en zijn daardoor met minimale inspanning van mens en machine geschikt voor hergebruik.

Demontabel bouwen geeft met name randvoorwaarden aan de verbindingen van de componenten. Alle verbindingen moeten via droge methodes tot stand gekomen zijn. De verbindingen moeten bereikbaar zijn en blijven, op een zodanige manier dat de verbindingen gemakkelijk los te maken zijn. De verbindingen moeten tevens meerdere malen te demonteren en te monteren zijn. Er mogen geen natte afwerkingen gebruikt worden. Daarnaast verdient de constructie extra aandacht, aangezien de stijfheid van de constructie niet uit de verbindingen gehaald kan worden. Dat betekent dat of de kolommen ingeklemd moeten worden of dat er gebruik gemaakt moet worden van stijve wanden of kernen.

De hiervoor beschreven randvoorwaarden zijn erop gericht de componenten optimaal geschikt te maken voor hergebruik op componentniveau. Tot nu toe lag de focus van demontabel bouwen op het hergebruik van de onderdelen aan het einde van de gebruiksduur. Daarnaast werd af en toe beschreven dat door demontabel bouwen ook indelingsflexibiliteit aangeboden wordt; de bouwdelen en installaties zijn immers ook gedurende de gebruiksduur gemakkelijk te vervangen. Er kunnen dus door demontabel te bouwen ook gebouwen gerealiseerd worden die een ander soort flexibiliteit bieden, dat voordeel oplevert voor de eigenaar.

De aanleiding voor demontabel bouwen kwam voort uit een verhoogde aandacht voor het milieu. Er wordt veel aandacht besteed aan het sluiten van de keten en productaansprakelijkheid. Demontabel bouwen levert hieraan een bijdrage.

Het voornaamste doel van demontabel bouwen is dat de componenten aan het einde van de gebruiksduur op componentniveau hergebruikt kunnen worden, waardoor er minder afvalvorming en verspilling plaatsvindt en de milieuvervuiling uiteindelijk vermindert. Daarnaast is er ook het voordeel voor de eigenaar dat de componenten zo lang mogelijk gebruikt kunnen worden en zoveel mogelijk waarde behouden. Dit komt overeen met de doelstelling van flexibiliteit, maar dan op componentniveau in plaats van op gebouwniveau.

(Het IFD bouwen is beschreven in hoofdstuk 4.2 van de bijlagen)

4 Ontwikkeling Infra+ vloer

4.1 Innovatief Systeem van Bouwen

De Infra+ vloer vind zijn oorsprong in een ander bouwsysteem, namelijk het ISB systeem. ISB staat voor *Innovatief Systeem van Bouwen* en is ontstaan in het begin van de jaren 80.

ISB is gebaseerd op de principes die tot doel hadden projectongebonden industriële productie mogelijk te maken en tegelijkertijd de bewoner invloed te geven op bijvoorbeeld indelingsmogelijkheden. ISB is geheel conform de stand der techniek uit de begin 80-er jaren gebaseerd op het kunnen realiseren van verschillende ontwerpen met een beperkt aantal standaard componenten.

De drager bestond in feite uit twee hoofdcomponenten, namelijk:

- een vloerelement: afgezien van lengte, identiek aan het wandelement
- een knoeplement: om wanden en vloeren aan elkaar te kunnen koppelen

Vloer- en wandelement en hoedprofiel werden uitgevoerd in koudgevormd staalplaat. Door een modulair patroon van gaten en lippen werd de montage mogelijk. Door de canalures van de vloer- en wandelementen konden in de vloer leidingen worden geplaatst zonder dat daarvoor extra bouwhoogte nodig was. Een nadeel van deze elementen was dat deze niet standaard in de handel verkrijgbaar waren.

De hoedprofielen waren voorzien van een gatenpatroon die de overgang van een leiding van een vloer naar een wandelement mogelijk maakt. Na het aanbrengen van de drager en het aanbrengen van leidingen werd dan tot de afbouw overgegaan.

Een belangrijke veronderstelling was dat met het systeem aanzienlijk goedkoper kon worden gebouwd en dat een prijsvoordeel voor de markt het belangrijkste aankoopargument zou zijn. Daartoe zou dan wel een massaproductie op componentniveau bereikt moeten worden.

In 1993 werd een minimodule gerealiseerd om de kennis in de praktijk te testen. Deze module was niet gebouwd als modelwoning maar als proefmodule, hierdoor werd een verkeerd beeld opgeroepen. De proefmodule bestond uit twee woningen waarvan 1 woning nog niet was afgebouwd en waarbij het staal zichtbaar was. De realisatiefase werd te vroeg vermengd met de ontwikkeling van het systeem, hierdoor was bijvoorbeeld het trillingsgedrag van de vloer niet voldoende onderzocht en werd dit als negatief beschouwd. Door diverse afhakende participanten en weinig geloof dat ISB een antwoord zou vormen op een toekomstige markt vraag werd de interesse in ISB steeds kleiner.



Proefproject volgens het ISB systeem.

Leidingen geïntegreerd in de staalconstructie

4.1.1 Knelpunten Innovatief Systeem van Bouwen

Het ISB systeem had een aantal knelpunten die ervoor zorgden dat het systeem niet succesvol bleek:

- Acceptatie van staal als constructie materiaal.
- Prototype was zo afgebouwd dat deze optisch niet afweek van een traditioneel uitgevoerde woning, hierdoor viel het systeem niet op.
- Bij belopen was er een trilling merkbaar, iets wat een bewoner/opdrachtgever niet wenst.
- Overspanning van de vloercomponenten was in het prototype beperkt tot 4,2 m waarbij een tussenbeuk werd toegepast bij een vloerveld van 2,1 m. Een overspanning van 5,4 meter was gewenst, echter het trillingsprobleem zou dan alleen maar toenemen.
- Break even punt bevond zich pas bij 100 woningen en er werd een aanloop van 3 jaar voorzien.
- Het op voorraad produceren van met name vloerelementen is riskant, aangezien deze in verschillende lengtes leverbaar moesten zijn.
- Budgettaire problemen participanten in de ontwikkelingsfase.
- Moeilijk verkrijgbare stalen componenten.

4.2 Overgang ISB naar Infra+

De ontwikkelingen die zich voordeden rondom ISB zorgen ervoor dat men moest gaan denken aan een andere productbenadering. In december 1995 meldde A. Gordijn, algemeen directeur van Bouwbedrijven Jongen te Landgraaf, zich als geïnteresseerde. Gordijn bleek een visie te hebben met betrekking tot de marktontwikkeling, die de basis voor de belangstelling vormde.

Gordijn was geïnteresseerd in ISB maar had een aantal kritische opmerkingen:

- De trillingsproblematiek moest worden opgelost
- De beukmaat moest integraal onderdeel uitmaken van de vloerelementen
- Het plafond moest integraal onderdeel uitmaken van de vloerelementen

De eisen die werden gesteld bleken binnen een half jaar voor een ommezwaai van ISB naar Infra+ te zorgen. Deze ontwikkeling betekende het einde van het ISB systeem.

4.2.1 Veranderingen

De primaire gedachte was om vanwege de industriële haalbaarheid over te stappen van het specifieke ISB profiel op standaard in de handel verkrijgbare staalprofielen. Consequentie van die keuze was dat de dikke leidingen (lucht, riolering) nog maar van één zijde aan te brengen zouden zijn. In Eindhoven was gebleken dat bij vloeren met name de bovenpositie van belang was. De onderpositie was in het geheel niet gebruikt. Voor de wandelementen was er wel een knelpunt, omdat bij geschakelde woningen beide woningen ontsloten moeten kunnen worden en het staal ook werd gezien als een juridische scheiding tussen twee woningen.

Het eenzijdig bereikbaar zijn voor leidingen betekende dat de andere zijde voorzien kon worden van massa om het trillingsprobleem te reduceren. Door dit element om te draaien ontstond een element, dat nog van bovenuit voor leidingen bereikbaar was. Dit leverde tevens een vlak plafond op, waarmee een aantal handelingen op de bouwplaats kon worden vermeden.

Constructief was er wel iets merkwaardigs aan de hand. In feite was het resultaat nu namelijk dat er een staalplaatbetonvloer was verkregen waarbij het staal aan de drukzijde is gepositioneerd. Dat leidde tot de gedachte om het staal maar weg te laten. Zo ontstond een vloer met naar boven gerichte ribben. De volgende stap was om de ribafstand te variëren en de ribben bovendien te voorzien van gaten, zodat ook leidingen in de andere richting konden worden ontsloten en daarmee in feite ook de noodzaak van standleidingen op bepaalde posities kwam te vervallen.

4.2.2 Overzicht van ISB naar Infra+



Oorspronkelijk ISB systeem



Massa om trillingsprobleem op te lossen, leidingen liggen in de vloer



Element omgedraaid om leidingen van bovenuit te bereiken. Combinatie van beton en staal



Omgekeerde ribbenvloer. Staal weggelaten. Ribben voorzien van gaten.



Ribafstand variëren en ribben voorzien van gaten. Betonnen schil als plafond



Infra+ vloer

(De ontwikkeling van ISB naar de Infra+ vloer is beschreven in hoofdstuk 4.4 van de bijlagen)

5 Productie Infra+ vloer

De productie van de Infra+ vloer elementen loopt in dezelfde volgorde als dat de vrachtwagens geladen worden. De vloer elementen worden gemaakt op stalen mallen van 16 bij 2,4 meter en worden per bewerking automatisch verplaatst naar de volgende bewerking. De productietekeningen verhuizen met de mal mee naar de volgende bewerking, dit systeem kent zijn oorsprong in de automobiellindustrie.

Plotter

Door een machine worden op de stalen mal door middel van inkt de plaatsen aangegeven waar later de blokjes komen voor de doorvoersparingen in de betonschil. Zo worden onder andere de plaatsen van de sparingen, centrale elektradozen en andere voorzieningen aangegeven.

Separator robot

Hier worden stalen strippen neergelegd om de lengte van de vloer aan te geven; er liggen dus meerdere Infra+ vloerelementen op de stalen mal. De stalen strippen liggen vast met behulp van magneten.

Sparingsbordes

Hier worden blokjes op de stalen mal gelijmd waardoor men later gaten kan boren voor doorvoeren van elektra. Tevens worden de afstandhouders voor de wapening en de centraaldozen geplaatst. Sparingen worden door middel van PS blokken aangebracht.

Toevoegen van wapening

Hier wordt de wapening toegevoegd voor in de betonschil. De wapeningsnetten worden door Pekso zelf gemaakt, dit vindt plaats in een naastgelegen hal. De wapening komt binnen op grote rollen en worden door machines recht gemaakt en op de juiste lengte afgesneden.

Assemblage

De IPE profielen voor de Infra+ vloeren worden op de mallen gehesen. Hier worden de leidingen geplaatst voor de betonkernactivering, waarbij de leidingen worden vastgezet. Tevens wordt de wapening dmv. staaldraad met elkaar verbonden.

Storten beton

In een aparte ruimte wordt het beton gestort en verdicht door middel van trillen. Daar worden de labels bevestigd.

Droger

Na het storten gaat de mal een droogruimte in waar het ongeveer 40 graden is. Deze ruimte ligt direct naast de ruimte waar het beton gestort wordt.

Losbordes

Hier worden de elementen uit de mallen getild en op de vrachtauto getild, klaar voor levering aan de bouwplaats.

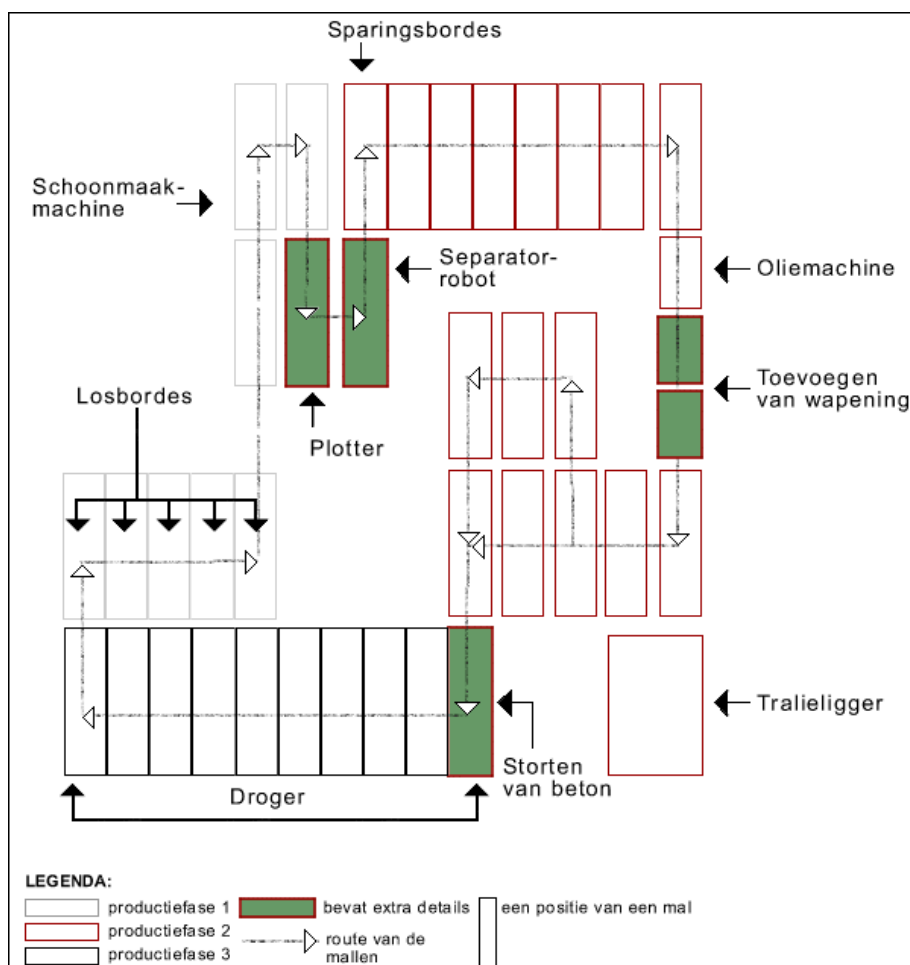
(Het volledige productieproces is beschreven in hoofdstuk 5 van de bijlagen, inclusief foto's)

Eindresultaat



Op deze foto is het eindresultaat te zien, dit Infra+ vloer element is klaar om in het werk geplaatst te worden. De wapeningstralies dienen als koppeling tussen de vloerelementen waarbij extra beton wordt gebruikt.

Schematische weergave van het productieproces bij Pekso te Oosterhout:

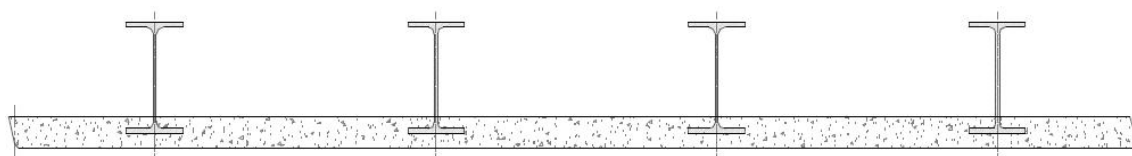


6 Eigenschappen Infra+ vloer

6.1 Constructieve eigenschappen

De stalen liggers, ook wel de Infra+ liggers genoemd, verzorgen de overspanning, deze liggen op 1200 mm of 600 mm hart of hart van elkaar. De Infra+ liggers worden door Prefab Limburg bepaald, waarbij er rekening wordt gehouden met het gatenpatroon. De vloer wordt berekend op sterkte, doorbuiging en eigenfrequentie.

De betonschil, ook wel Infra+ schil genoemd, is het uiteindelijke plafond van de onderliggende ruimte. De betonschil heeft nog meer functies dan alleen als plafond te dienen, namelijk: waarborgen van de brandwerendheid van meer dan 145 minuten, werkvloer tijdens de bouw, drager van installaties, akoestische functie en verzorgt de schijfwerking/stabiliteit van een gebouw. Voordat begonnen wordt met het afmonteren van de vloer elementen dient de onderzijde gecontroleerd te worden op vlakheid. Als het plafond vlak en de naadovergangen tussen de platen goed sluitend zijn, kan begonnen worden met het afmonteren.



Infra+ vloerveld met een breedte van 2400 mm waarbij de stalen profielen een hart op hart maat hebben van 600 mm.

De betonkwaliteit die wordt toegepast voor de betonschil is B25. De schil is 70 mm dik en voorzien van een doorgaand net onder de Infra+ liggers door, het standaard net is FEB500 Ø 6 - 150 mm.

Om te voorkomen dat de betonschil van de liggers wordt losgescheurd, wordt er ook wapening tussen de liggers aangebracht Ø 6 – 300 mm bovenop de onderflens.

Tabel met overspanning eigenschappen Infra+ vloer:

Overspanning	Vloerdikte (incl. topvloer)	Profiel IPE (hoh. 1200 mm)	Eigen gewicht (incl. topvloer)
4500 mm	275 mm	-	-
< 5400 mm	300 mm	200	3,2 kN/m ²
< 7200 mm	365 mm	270	3,0 kN/m ²
< 9600 mm	455 mm	360	2,9 kN/m ²
> 9600 mm tot 14400 op aanvraag			
Uitgangspunten: Veranderlijke belasting 2,5 kN/m ² Lichte niet dragende scheidingswanden 0,8 kN/m ² Topvloer 1,0 kN/m ²			

De maximale overspanning bedraagt 14,4 meter.

6.1.1 Plaatkoppeling

Omdat de individuele platen moeten samenwerken om schijfwerking van het gebouw te waarborgen worden de platen door middel van een plaatkoppeling aan elkaar bevestigd.

Er zijn twee methoden om de platen onderling te koppelen:

Natte methode

In de vloerelementen worden wapeningliggers meegestort die boven de betonschil uitsteken. Op de bouwplaats wordt de wapening met elkaar verbonden door er beton overheen te storten. De betondekking moet minimaal 15 mm bedragen.

In de plaat wordt een inkassing aangebracht waar standaard 3 Ø 8 stekeinden in uitkomen. In het werk wordt dan koppelwapening aangebracht, die de koppeling tussen de verschillende platen waarborgt. De wapening in de koppeling wordt aangepast aan de berekende krachten, maar is minimaal 3 Ø 10 per koppeling.

Droge methode

Een hoekstaal met aangelaste wapening wordt in de plaat ingestort. De aangelaste wapening wordt berekend op de optredende krachten maar is minimaal 2 Ø 8 ophangwapening + 2 Ø 8 ankers. Wanneer nodig kan deze wapening verzwaaard worden.

Op de bouwplaats wordt op de platen van de vloerelementen een stalen plaat gelast. Bij een hart of hart afstand van 1200 wordt er een stalen plaat van bijvoorbeeld 180 x 200 x 6 mm gelegd. Wanneer de hart op hart afstand 600 bedraagt kan men ervoor kiezen om de plaat van staalprofiel naar staalprofiel te leggen en deze onderling te verlassen.

Bij de uitvoering wordt voornamelijk de droge methode toegepast omdat het lassen sneller is dan werken met beton. (Handelingen en uitvoeringstijd)

6.2 Gewicht



Schematische weergave Infra+ vloer

De permanente belasting bij Infra+ bestaat uit:

Eigengewicht betonschil:	1,75 kN/m ²
Eigengewicht Infra+ ligger:	0,19 – 0,45 kN/m ²
Eigengewicht plaatmateriaal:	0,35 – 0,45 kN/m ²
Eigengewicht topvloer beton:	0,90 – 1,10 kN/m ²

Het gemiddelde eigengewicht van de Infra+ vloer is ca. 2,50 kN/m² inclusief topvloer.

(Constructieve eigenschappen zijn beschreven in hoofdstuk 7 van de bijlagen)

6.3 Brandbedrag

De volgende brandveiligheidseisen voor de hoofddraagconstructie met een verdiepingshoogte van 3,3 á 4,2 m worden gesteld in het bouwbesluit:

- één- en tweelaagse niet-slaapgebouwen	($h \leq 5$ m):	geen eis
- drie- en meerlaagse niet-slaapgebouwen	($h > 5$ m):	90 minuten
- één- en tweelaagse slaapgebouwen	($h \leq 5$ m):	60 minuten
- drie- en vierlaagse slaapgebouwen	($h > 5$ m en < 13 m):	90 minuten
- vijf- en meerlaagse slaapgebouwen	($h > 13$ m):	120 minuten

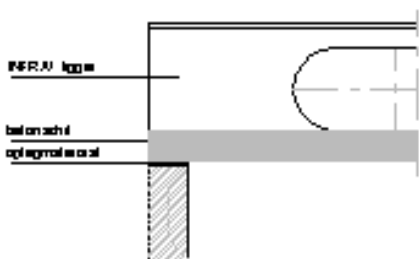
Volgens het TNO rapport 2000 CVB—R02194 waarbij de brandwerendheid volgens NEN 6069:1997 is getest geldt dat de vloer een brandwerendheid heeft van meer dan 145 minuten.

De staalprofielen hebben géén extra brandwerende bescherming nodig. De naadafdichting tussen te platen ten behoeve van brandwerendheid wordt door middel van een brandwerende kit, band of een vezelversterkte mortel bewerkstelligd.

6.4 Geluid

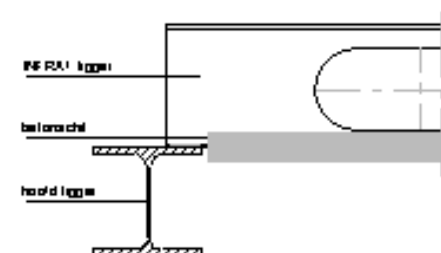
Vanuit geldt een geluidsisolatie voor Luchtgeluid 0 dB en voor Contactgeluid + 5 dB. Met de Infra+ vloer voorzien van een zwaluwstaartvloer en anhydriet geldt als geluidsisolatie voor Luchtgeluid + 10 dB en voor Contactgeluid $\geq + 10$ dB.

6.5 Opleggingen



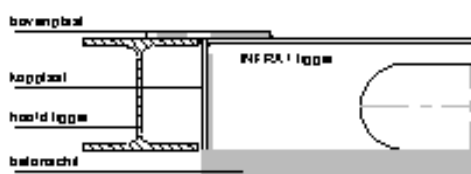
figuur 1

De betonschil wordt op bv. een dragende muur gelegd, voorzien van oplegmateriaal.



figuur 2

De stalen ligger van de Infra+ vloer wordt op de draagconstructie gelegd, verbinding door middel van lassen. Het nadeel van deze oplossing is de extra hoogte die ontstaat en de bereikbaarheid voor de lasser wordt beperkt.



figuur 3

De stalen ligger van de Infra+ vloer wordt aan de draagconstructie gehangen dmv. een extra stalen plaat die aan de ligger is gelast, verbinding door middel van lassen. Deze variant draagt bij aan een beperkte hoogte van het vloerpakket. Voordeel is dat de lasser makkelijk bij zijn lasverbinding kan bereiken.

6.6 Topvloer

Bij de Infra+ vloer worden er twee typen topvloeren toegepast; de zwaluwstaartvloer en de cementgebonden vezelplaat.

6.6.1 Zwaluwstaart vloer

Nadat de leidingen in de Infra+ vloer zijn gelegd kan men de zwaluwstaartvloer gaan leggen. De zwaluwstaartplaten worden akoestisch losgekoppeld van de Infra+ vloer door middel van rubber granulaat om het contactgeluid te beperken.

De platen hebben een staaldikte van 0,5 mm en zijn in verschillende lengten en breedten leverbaar. De vloer kan afgewerkt worden met een cementdek vloer of met anhydriet.

Draagkracht zwaluwstaartvloer

Bij een vloerdikte van 50 mm (profielhoogte + kifbeton) en een overspanning van de ondersteuning-constructie van maximaal h.o.h. 1000 mm kan de vloer een puntlast F_{rep} van 7 kN op een oppervlak van 100 x 100 mm dragen.

Brandwerendheid

Zowel de Infra+ vloer systeemvloer als de zwaluwstaartplaat fijn grind betonvloer zijn onbrandbaar volgens NEN 6064. Het totale systeem heeft een brandwerendheid van 90-120 minuten en voldoet daarmee aan de eisen van het Bouwbesluit, die voor compartimenteringen (WBDBO) op 60 minuten is gesteld.

Leggen van de platen

De zwaluwstaartplaten dienen met de gleufrichting haaks over de ondersteuningsconstructie te worden gelegd. In de breedterichting kunnen de platen eenvoudig tegen elkaar gelegd worden. Alleen de onder- of boven zijflenzen overlappen elkaar. In de lengterichting bedraagt de overlap tenminste 50-100 mm dragend op een balk. Standaard legvolgorde is een eerste rij platen achter elkaar, waarvan de eerste plaat met het merkteken onder, de volgende met het merkteken boven etc. De rij ernaast begint ook met een plaat met het merkteken onder etc. Ook kunnen de platen in halfsteensverband worden gelegd.

6.6.2 Cementgebonden vezelplaat

Een ander type plaat dat wordt gebruikt als topvloer op de Infra+ vloer is de cementgebonden vezelplaat. Deze plaat wordt op Omega profielen gelegd die weer op de stalen profielen liggen van de Infra+ vloer.

Er zijn diverse mogelijkheden om de vloerplaten te bevestigen op de Infra+ vloer:

- Het plaatmateriaal wordt geschroefd op omega profielen of houten regelwerk
- Cementgebonden vezelplaat met messing en groef

Bij toepassing in natte ruimten moet er een waterdichte coating worden aangebracht, bijvoorbeeld bij badkamers.



Cementgebonden vezelplaat



Zwaluwstaartvloer met anhydriet

6.6.3 Keuze topvloer

In Nederland is men gewend om bij een vloer dat het uiterlijk heeft van een betonvloer ook het gevoel te krijgen dat men op een betonnen vloer loopt, denkend aan de klank en het niet doorbuigen van de vloer. In andere landen waarbij men bijvoorbeeld gebruik maakt van houtskeletbouw accepteert men de eigenschappen van dit systeem.

Bij een topvloer met cementgebonden vezelplaat spelen deze aspecten een belangrijke rol; over het lopen van dit type topvloer is er de kans dat je een hol geluid hoort bij elke stap die men zet. Ook kan het voor komen dat er een lichte trilling waarneembaar is, die overigens niks te maken heeft met het niet voldoen van de constructieve eigenschappen van de vloer.

Om de gebruiker tegemoet te komen en de vloer een hoge kwaliteit aan belevingswaarde mee te geven is het wenselijk om bij toepassing in een woonfunctie de toepassing van een zwaluwstaart met een afwerklaag van beton of cementdekvloer te kiezen. Door deze topvloer zal een bewoner geen onderscheid kunnen maken of zij op een massieve betonvloer loopt of over een Infra+ vloer.

De keuze van een topvloer met een zwaluwstaartvloer brengt wel een grotere beperking met zich mee omtrent de flexibiliteit. Dit onderwerp wordt in hoofdstuk 11 van dit verslag besproken.

(De topvloer wordt beschreven in hoofdstuk 6 van de bijlagen)

7 Installaties

7.1 Leidingen

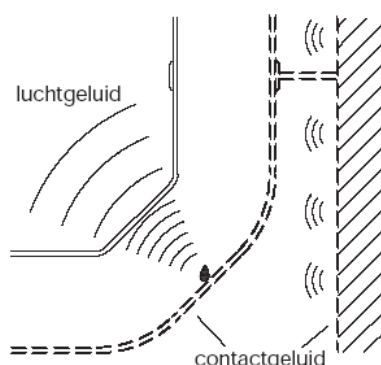
De sparingen in de Infra+ staalprofielen hebben een beperkte grote vanwege de grote van de staalprofielen en de constructieve eigenschappen van het staal. De grote en locatie van de sparingen zijn bij naast elkaar gelegen vloerelementen zo gedimensioneerd dat deze gelijk zijn aan elkaar. De grote van de sparing bij een waterafvoerende leiding is groter dan de leiding zelf omdat in het ontwerp rekening gehouden dient te worden met het afschot van de leidingen.

Het afschot van de leidingen vindt plaats in het leidingverloop en niet in een hoogte verschil in boven en onderzijde van de sparing in het staalprofiel. De hoogte van de sparingen in de stalen profielen is in het vloerveld gelijk aan elkaar.

Het hoogte verschil van de rioolleiding kan op twee manieren door de sparingen lopen; door middel van beugels of door middel van materiaal onder de leidingen te leggen.

In geval van de beugels moeten er beugels worden toegepast die ervoor zorgen dat eventuele trillingen niet af worden gevoerd naar de Infra+ stalen profielen. Bij toepassen van materiaal onder de leidingen kan men gebruik maken van het akoestische materiaal wat zich tussen de staalprofielen en topvloer bevindt: rubbergranulaat van bijvoorbeeld een leverancier als Mavotrans.

In het werk La Fenêtre heeft men gebruik gemaakt Wavin AS geluidsarme afvoersysteem leidingen; deze buizen zijn opgebouwd uit polypropyleen met mineralen verzwakt en hebben een dikte van 4 tot 6,2 mm met een buitendiameter van 58 mm. tot 200 mm, met een gewicht van 1,4 kg/meter en respectievelijk 7,5 kg/meter. De beschikbare lengten lopen tot 3 meter.



Ontstaan geluid bij staande leiding; luchtgeluid en contactgeluid. Waarbij het luchtgeluid wordt beperkt door de grotere massa van de leiding en het contactgeluid wordt onderbroken door een akoestische ontkoppelende beugel.

7.1.1 Afschot leidingen

Lengte liggende leiding closetpot

Gesommeerde richtingsverandering max. 135°

Bij lozingstoestel $\geq 0,75$ l/s geen beperking voor lengte

Afschot bij in de lengte liggende closetpot bv. lozingstoestel $< 0,75$ l/s

Lengte	Afschot	Afschot in mm / m1	Hoogte verschil max. lengte
L max. 5 m	1 : 200	5 mm / m1	25 mm
L max. 8 m	1 : 100	10 mm / m1	80 mm
L max. 12 m	1 : 50	20 mm / m1	240 mm

Lengte liggende leiding met één lozingstoestel

Lozingstoestel is geen closetpot en maximale lengte bedraagt 12 meter.

Rioleringsleidingen doorgaans $\varnothing 110$ mm.

7.1.2 Doorvoer hoogte

De volgende doorvoerhoogten zijn mogelijk:

Woning

Beuk 5400 mm, IPE 200, ruimte doorvoer profiel – 8 cm; dit is in het midden van de overspanning.
IPE 200: hoogte is 200, $200 - 80 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$ ruimte voor doorvoer van leidingen

Kantoor

Beuk 7200 mm, IPE 270, ruimte doorvoer profiel – 8 cm; dit is in het midden van de overspanning.
IPE 270: hoogte is 270, $270 - 80 \text{ mm} = 190 \text{ mm}$ ruimte voor doorvoer van leidingen

7.1.3 Flexibele leidingen

Een ontwikkeling waar in we in de toekomst meer zullen van gaan horen is de toepassing van flexibele leidingen, deze leidingen kunnen toegepast worden voor de aanvoer van koud en warm water voor sanitaire voorzieningen maar ook bijvoorbeeld als toepassing voor betonkernactivering. De flexibele leidingen kunnen uitgevoerd worden met een isolatie.

Bij het opnieuw indelen van een ruimte/verdieping/gebouw kunnen deze leidingen makkelijk gerecycled worden omdat ze makkelijk verplaatsbaar zijn.

De voordelen van deze leidingen zijn dat ze: licht zijn, gering materiaal verbruik door werken vanaf een rol, de buizen zijn flexibel, verbindingen zijn makkelijk uit te voeren zonder speciaal gereedschap, geen branders nodig en levert een tijdsbesparing op door het installatiegemak.

Een voorbeeld van een leverancier is Arnomij met het Hep2O kunststof leidingsysteem waarbij de leidingen de eigenschap hebben dat ze vanaf de rol niet hun oude opgerolde vorm weer aannemen maar recht gelegd kunnen worden.

8 Betonkernactivering

8.1 Wat is betonkernactivering?

Een belangrijk doel voor elk bouwplan is het creëren van een comfortabel binnenklimaat. Om het hele jaar door een hoog intern comfort te bereiken, is het koelen van de ruimte vaak net zo belangrijk als het verwarmen ervan. Daarbij is het verhogen van de temperatuur van de betreffende ruimte vaak vele malen gemakkelijker dan het verlagen ervan.

De toepassing van moderne technologieën op het gebied van communicatie en apparatuur heeft de laatste jaren tot een constante stijging van het stroomverbruik en de interne warmtelast geleid. Samen met de warmteafgifte van verlichting, van mensen en van de zon via grote ramen, kan deze vorm van warmte op hete zomerdagen alleen met adequate koelmiddelen afgevoerd worden. Aangezien met ook in de zomer naar een aangename temperatuur streeft, wordt in veel gevallen het zwaartepunt bij de bouw van gebouwen in toenemende mate verlengd van verwarming naar koeling.

Betonkernactivering is het beïnvloeden van de temperatuur van de bouwmassa, het doel hiervan is met een minimaal energieverbruik een aangenaam binnenklimaat te creëren.

8.2 Thermisch comfort

8.2.1 Luchttemperatuur

Bij ruimte temperaturen van ongeveer 20 a 30 °C presteren mensen het beste. Zowel te hoge als te lage ruimtetemperaturen leiden tot een snelle afname van de werkprestaties. Zonder verkoelende maatregelen kan de ruimtetemperatuur in het bijzonder bij gebouwen met veel glasoppervlak, door de straling van de zon en door de intern geproduceerde warmte, oplopen tot 30 °C en hoger. Dit doet aanmerkelijk afbreuk aan het comfort en dus aan de prestaties van mensen.

Door de toepassing van bouwdeelactivering kan de ruimtetemperatuur naar gelang de beschaduwing van de ramen, op een niveau van 24 °C tot maximaal 28 °C gehandhaafd worden. Deze temperaturen worden bij een overeenkomstig hoge buitentemperatuur nog als aangenaam ervaren.

8.2.2 Oppervlaktetemperatuur

De ideale oppervlaktetemperatuur van de omringende oppervlakten ligt tussen de 23 – 25 °C. Bij het ontwerp moet erop gelet worden dat de temperatuur van betreffende oppervlakten niet lager dan 19 °C en hoger dan 23 °C wordt. Bij mensen die zittend werk doen, mag de oppervlaktetemperatuur van de vloer niet minder dan 20 °C bedragen.

Wanneer er warmtevraag is, is het van belang dat verlies door kou bij de ramen zo veel mogelijk vermeden wordt. Daarvoor moeten er ramen met een geringe warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) gemonteerd worden. In extreme gevallen (bij grote ramen), moeten de koude zones met andere verwarmingssystemen gecompenseerd worden. Deze moeten met een aparte verwarmingsgroep, die een hogere temperatuur heeft worden verwarmd. Om de straling van de zon (warmte inbreng) door de ramen te verhinderen, moet bij het ontwerp van het gebouw rekening worden gehouden met ramen met een lage totale energiedoorlatingsfactor (g-waarde).

8.2.3 Luchtvochtigheid

Om de eventueel aanwezige vochtigheid en de verbruikte lucht, die schadelijke stoffen bevat, uit de ruimte te verwijderen, is luchtventilatie noodzakelijk. Aangezien zowel de koeling als de verwarming van de ruimte door middel van de thermische bouwdeelactivering plaatsvindt, kan een ventilatiesysteem ontworpen worden met een lager vermogen. Daardoor ontstaan er slechte geringe luchtbewegingen in de ruimten. Toch, extra warmte-inbreng op hete zomerdagen of overmatig energieverlies in de wintermaanden door open ramen en de daaraan gerelateerde verlies van comfort worden zo vermeden.

8.3 Afgiftesysteem

In Nederland worden de verwarmingssystemen nog steeds vaak ontworpen met een aanvoertemperatuur van 90°C en een retourtemperatuur van 70 °C. Zo'n hoge watertemperatuur is echter niet nodig om het warm en behaaglijk in huis of op kantoor te krijgen

Deze systeemontwerpen zijn het gevolg van een ingesleten gewoonte en van onbekendheid met alternatieve verwarmingssystemen. De traditionele systemen worden "Hoge Temperatuursystemen" genoemd. Om in vertrekken een gewenste temperatuur van 20 °C te bereiken, is een ontwerp-temperatuur die maar liefst 70 °C hoger ligt absoluut niet nodig.

Een Laag Temperatuursysteem (LT-systeem) is een systeem met een maximale aanvoertemperatuur van 30 – 55 °C. Een voorwaarde voor een LT-systeem is een grote oppervlakte zoals vloer- of wandverwarming. Een LT-systeem is op zijn beurt een voorwaarde voor een warmtepomp, omdat de warmtepomp maximaal een temperatuur van 55 °C kan "leveren".

De hoge temperatuur van het verwarmingselement veroorzaakt, met name boven en rondom radiatoren, hogere lichtsnelheden. Hierdoor worden meer en ook zwaardere stofdeeltjes meegenomen. Vloer- en wandverwarming kennen door de lagere lichtsnelheden minder stofcirculatie.

Wand-, vloer- en luchtverwarmingssystemen zijn veilige systemen, met name voor kinderen en ouderen. Al vanaf 40°C kunnen bij aanraking met de huid verbrandingsverschijnselen optreden. Radiatoren zijn bovendien obstakels waaraan mensen zich, door vallen of stoten, kunnen verwonden.

Door de steeds betere isolatie van woningen en het benutten van direct invallende zonne-energie neemt het risico van te hoge temperaturen in de woning ("oververhitting") in de zomer toe. Om dit te voorkomen kan men aanvullende voorzieningen treffen zoals (buiten)zonwering, extra ventilatie en natuurlijke koeling. LT-systemen zijn goed inzetbaar om in de zomer in koeling te voorzien.

8.4 Akoestiek

Een aandachtspunt bij de toepassing van betonkernactivering is dat er door het vervallen van het verlaagde plafond problemen op kunnen treden met de akoestiek. Om dit probleem op te lossen kan men gebruik maken van akoestische panelen die aan het plafond worden bevestigd. Echter de warmte en koude overdracht van betonkernactivering verloopt door straling waardoor de straling de ruimte niet zal bereiken. Uit onderzoek is gebleken dat bij aanbrengen van panelen tot 30 % van het plafond oppervlak, dat de luchttemperatuur nog binnen de comfortgrenzen valt.

8.5 Regelbaarheid

Een nadeel van betonkernactivering is dat individueel regelen van een ruimte niet mogelijk is, men spreekt ook wel van een gebouwklimaat en niet van een ruimteklimaat. De regelbaarheid van betonkernactivering heeft beperkingen in zich; reactietijd is traag door de gebouwmassa, temperatuur is persoonlijk gebonden waardoor niet iedereen tevreden is.

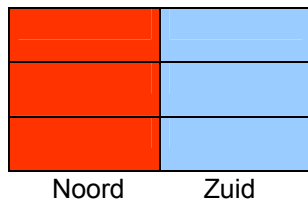
Er zijn een aantal factoren die betrekking hebben op de binnentemperatuur;

- De gemiddelde temperatuur van de aanvoer- en retourtemperatuur van het circulatiewater
- De onderlinge afstand van de buis
- De geleidbaarheid van de afwerklaag- en toplaag
- Jaargetijde en soort belasting
- Buitenluchttemperatuur
- Vrijgeven en afsluiten van warmte- en koelingopwekkers
- Looptijd circulatie pompen van de leidingen

Het is mogelijk om een gebouw in te delen in diverse temperatuur zones en zelfs in één en dezelfde ruimte kan men variabele temperaturen bereiken door:

- meer en minder verdichte legpatronen naast elkaar toe te passen
- de hoogste temperatuur (aanvoer) langs de koude vlakken te leggen
- meerdere groepen toe te passen met onderling verschillende watertemperaturen

Echter omdat betonkernactivering niet alleen naar beneden zijn temperatuur afstaat maar ook naar de bovengelegen ruimtes, zullen deze zones boven elkaar gesitueerd moet worden. Omdat de zuid zijde van een gebouw een veel hogere warmtebelasting van de zon zal krijgen zou je bijvoorbeeld het gebouw in kunnen delen in een noord en zuid zone.



Aan noord zijde een hogere temperatuur van het water dan aan de zuid zijde, waardoor er twee temperatuur zones ontstaan die apart kunnen inspringen op de invloed van de zon.

Een ander probleem dat optreedt met het regelen van het klimaat met betonkernactivering is niet het systeem zelf maar de gebruiker ervan. De regelbaarheid voor de gebruiker moet begrensd worden.

Bijvoorbeeld;

Een gebruiker vindt het te warm in het gebouw, deze zet de temperatuur op een lagere temperatuur. Het gevolg; de temperatuur daalt en 's avonds is het koud in het gebouw, de gebruiker zet de thermostaat een stuk hoger maar doordat de constructie al erg is afgekoeld komt het systeem niet meer op temperatuur. Niet alleen zal het klimaat niet erg aangenaam zijn in het gebouw maar de energie die hierdoor verspeeld wordt brengt de nodige kosten met zich mee.

De thermostaat moet begrensd worden dat de temperatuur bijvoorbeeld nooit lager dan 19 °C kan worden en bijvoorbeeld nooit hoger dan 23 °C. Dit zorgt ervoor dat extremen qua temperatuur niet voorkomen en het systeem sneller kan reageren.

8.6 Kosten betonkernactivering

Energieopslag in de bodem is met succes toegepast bij ziekenhuizen, kantoorgebouwen, winkelcentra, enzovoort. De techniek is interessant bij nieuwbouw of renovatie van gebouwen waarin koeling is of wordt opgenomen. Om rendabel gebruik bij renovatie, vervanging of uitbreiding mogelijk te maken, is over het algemeen een iets grotere gebouwinhoud vereist.

Een algemene vuistregel is dat de toepassing economisch rendabel is als de koudevraag minimaal 100 kW bedraagt. Voor een doorsnee kantoorgebouw komt dat overeen met circa 1500 à 2000 m² bruto vloeroppervlak.

De besparing op installatiekosten wordt voornamelijk veroorzaakt door het feit dat er een kleiner luchtbehandelingsysteem geïnstalleerd hoeft te worden dan bij een volledige luchtkoeling- en verwarming.

Besparing op verwarmingsenergie

Door een betere warmteverdeling en een hogere stralingstemperatuur kan met een lagere luchttemperatuur worden volstaan, dit geeft een lager transmissie verlies. Door de lage watertemperatuur wordt een hoog opwekkingsrendement bereikt.

Besparing koelenergie

Er kan vrij worden gekoeld vanuit een koude bron of er kan actieve nachtkoeling worden toegepast tegen een laag elektriciteitsstarief.

De bouwkundige meerkosten vallen weg tegenover de minder benodigde bouwhoogte bij vervallen van de verlaagde plafonds. De installatiekosten liggen voor een gemiddeld kantoor ongeveer 30 % lager in vergelijking tot een installatie die bestaat uit een luchtkoeling en verwarming door middel van radiatoren langs de gevel.

De tabel onder deze tekst is een voorbeeld van een kostenindicatie voor installaties per bruto m² kantoor oppervlak, daaruit blijkt dat de kostprijs voor de installaties € 48,- per m² goedkoper is.

Traditioneel	Prijs per m ² x 1000	Betonkernactivering	Prijs per m ² x 1000
Luchtkoeling en radiatoren			
Koudeopwekking	€ 20,00	Warmtepomp warmte en koude opw.	€ 24,00
Warmteopwekking	€ 9,50	Hoodverdeling koude en warmte	€ 4,00
Hoofdverdeling koude	€ 3,00	Betonkernact. leidingen en toebehoren	€ 47,00
Hoofdverdeling warmte	€ 1,40	Luchtbehandelingskast	€ 13,00
Luchtbehandelingskast	€ 19,00	Luchtkanalsysteem roosters ed.	€ 16,00
Leidingnet en radiatoren	€ 37,00	Meet- en regeltechniek	€ 10,00
Kanalsysteem roosters ed.	€ 58,00	Opslagsysteem bv. bron	€ 3,00
Meet en regeltechniek	€ 17,00		
Totaal	€ 165	Totaal	€ 117

In het Haarlemmer Lyceum te Hoofddorp wordt betonkernactivering toegepast met mechanische luchttoevoer. De extra kosten voor het betonkernactivering systeem zijn na 3,5 jaar terugverdiend.

Vergelijkingsaspect	Zoals uitgevoerd Mechanische luchttoevoer	Conventioneel Geoptimaliseerde natuur-
Dimensionering:		
<i>luchthoeveelheid</i>	34.000 m ³ /h	34.000 m ³ /h
<i>warmteverlies</i>	270 kW	480 kW
<i>verwarmingsvermogen</i>	180 kW	460 kW
Globale investeringskosten:		
<i>ventilatie</i>	€ 215.000	€ 130.000
<i>verwarming</i>	€ 110.000	€ 160.000
Subsidie:		
<i>LT-verwarming en warmte-terugwinning</i>	€ 18.000	n.v.t.
Meerinvestering:	€ 17.000	n.v.t.
Jaarlijkse exploitatiekosten: (energie en onderhoud)	€ 19.000	€ 24.000
Jaarlijkse kostenbesparing:	€ 5.000	n.v.t.
Terugverdientijd:	3,5 jaar	n.v.t.
Besparing primaire energie	circa 40%	n.v.t.
Reductie CO2 uitstoot	64 ton per jaar	n.v.t.
Reductie op EPC	maximaal 67%	n.v.t.
Bij toepassing van het omschreven alternatief in combinatie met een warmtepomp en bodempslag. Alle bedragen zijn exclusief BT, advieskosten en bouw kundige kosten.		

8.8 Toepassingsgebied

De thermische bouwdeelactivering kan in bijna alle bouwtypes toegepast worden. Kantoren, scholen en administratieve gebouwen, industriële gebouwen, jaarbeurshallen, grote magazijnen en ook meer-gezinswoningen en woonzorgcentra vormen een breed scala voor de toepassing van een verwarming- en koelsysteem.

Thermische bouwdeelactivering kan echter niet gecombineerd worden met een individueel regelsysteem voor elke ruimte apart. Het gaat om een klimaatsysteem voor een gebouw en niet voor een ruimte. Thermoactieve bouwdeelsystemen vertonen daarbij een bepaalde traagheid met betrekking tot regelinvloeden.

Bij toepassing van een bronnensysteem speelt de grote van het gebouw een grote rol. Het is niet rendabel om een bronnensysteem te kiezen voor een enkele woning, echter een blok van woningen is wel rendabel om hen te voorzien van warmte en koude uit de bodem.

Betonkernactivering kan worden toegepast in betonwanden en vloeren, bijvoorbeeld; kanaalplaatvloer, breedplaatvloer, de Wingvloer, prefab en in het werk gestorte betonwanden, Infra+ vloer etc.

Toepassing als verwarmingselement voor het sneller uitharden van het beton na het storten is niet aan te raden in verband met ontstaan van scheuren in beton. Het is zelfs zo dat het systeem pas na enkele weken aangezet mag worden.

8.9 Voordelen en nadelen betonkernactivering

8.9.1 Voordelen

- Verwarming en koeling in één systeem
- De bouwdelen dienen als bufferreservoir en zwakken de pieken in de vraag naar koeling af
- Het opslaan van warmte in bouwdelen maakt het nachtelijke free-cooling bedrijf mogelijk, waarbij de lage buitenluchttemperatuur als verkoeling van de gebouwen gebruikt wordt.
- Het ventilatiepercentage van de lucht kan worden teruggebracht tot een hygiënisch verantwoorde waarde. Bij de huidige toepassing van airconditioning worden de transportleidingen voor lucht gebruikt om gekoelde lucht rond te blazen welke bij betonkernactivering komt te vervallen; kostenverlagend
- Water is voor het transport van warmte en koeling wegens de hoge warmtecapaciteit geschikter dan lucht.
- Transportleidingen en installatieruimte worden tot een minimum teruggebracht.
- Hoog comfort door de evenwichtige oppervlaktetemperaturen in de bouwdelen
- Kortere installatie bouwtijd, aangezien de verwarming- en koelelementen al in de ruwbouwfase worden aangebracht.
- Matige investeringskosten
- Een rendabel systeem voor verwarming en koeling van het gebouw.
- Geen stofcirculatie; voor toepassing in de gezondheidszorg een voordeel
- Goed te combineren met warmtepompen en koude- en warmteopslag in de bodem
- Gelijkmatische oppervlakte temperatuur in het bouwdeel
- Geen verlaagd plafond nodig, hierdoor wordt een extra ruimtelijk effect gecreëerd. In de gangzones kunnen wel verlaagde plafonds worden opgenomen voor de ventilatie installatie.
- Subsidies mogelijk op het systeem
- Ontbreken van zichtleidingen
- Geschikt voor duurzame energiebronnen omdat het systeem gebruikt maakt van lage temperatuursverwarming en hoge temperatuurskoeling
- Onderhoudsvrij (garantie loopt echter maar 10 jaar)

8.9.2 Nadelen

- Beperkte regelbaarheid van het klimaat per ruimte
- Langere uitvoeringstijd bij toepassing van niet prefab elementen waarbij de leidingpakketten in de ruwbouw worden aangebracht
- Geen verlaagde plafonds in verblijfsruimten
- Bij het niet verwerken van de installaties in de vloer komen deze in het zicht te liggen. (oplossing door deze in het plafond van de gang te verwerken)
- Door vervallen van verlaagd plafond maatregelen nemen ten aanzien van de akoestiek
- Het systeem reageert trager dan traditionele systemen
- Bronnensysteem is niet overal mogelijk in Nederland; afhankelijk van watervoerende lagen.
- Voornamelijk bedoeld voor utiliteitsprojecten

(Betonkernactivering is beschreven in hoofdstuk 8 van de bijlagen)

8.10 Koelmogelijkheden en verwarmingsmogelijkheden van de Infra+ vloer

De eigenschappen van het Infra+ vloersysteem en in het bijzonder de beschikbare verwarming- en koelvermogens in combinatie met de beschikbare thermische massa, zijn van grote invloed op het klimaat in de ruimte. Het systeem beïnvloedt namelijk zowel de luchttemperatuur als de stralings-temperatuur in de ruimte.

Koelen met de Infra+ vloer

Bij een gemiddelde watertemperatuur van 17 °C en een ruimteluchttemperatuur van 24 °C bedraagt het beschikbare vermogen aan de onderzijde circa 35 W/m² plafondoppervlak. Bij een ruimteluchttemperatuur van 26 °C zal het koelvermogen toenemen tot circa 45 W/m² plafondoppervlak. Het koelvermogen aan de bovenzijde zal bij de genoemde ruimteluchttemperaturen tussen 5 en 10 W/m² liggen.

Om een vergelijkbaar resultaat door middel van de toevoer van gekoelde ventilatielucht (17 °C) te verkrijgen, dient de ruimte ruim 5-voudig te worden doorspoeld. Hierdoor zal veelal een ongewenste luchtbeweging in de ruimte ontstaan. Bij de Infra+ vloer kan de aan de ruimte toe te voeren gekoelde luchthoeveelheid beperkt blijven tot circa 2 - 2,5-voudige luchtwisseling.

Daarnaast heeft het koelen door middel van de plafondconstructie als voordeel dat de gemiddelde stralingstemperatuur in de ruimte lager ligt. Een lagere stralingstemperatuur leidt gedurende de koelperiode tot een lagere gevoelstemperatuur (gemiddelde van luchttemperatuur en stralingstemperatuur). Anders geformuleerd, uitgaande van een vergelijkbare gevoelstemperatuur, zal het energieverbruik bij plafondkoeling geringer zijn dan bij koeling door middel van gekoelde lucht. De toepassing van plafondkoeling sluit goed aan bij het thermisch comfort uitgangspunt "warme voeten en koel hoofd".

Verwarmen met de Infra+ vloer

De verwarmingscapaciteit van de vloer aan de onderzijde bedraagt bij een gemiddelde watertemperatuur van 30 °C en een ruimteluchttemperatuur van 21 °C circa 30 W/m². Uit oogpunt van het voorkomen van ongewenste stralingsasymmetrie dient het verwarmingsvermogen beperkt te blijven tot circa 20 W/m². Aan de bovenzijde van een ongeïsoleerde vloer zal circa 10 W/m² worden afgegeven. Voor een standaardkantoor van 3,6 x 5,4 m² kan hiermee in totaliteit circa 600 W aan verwarmingsvermogen worden geleverd.

Aangezien in de utiliteitsbouw als gevolg van verbeterde thermische isolatiewaarden en hogere interne warmtelasten steeds meer behoefte aan koelvermogen en minder behoefte aan verwarmingsvermogen bestaat, biedt de Infra+ vloer als koelend en verwarmend systeem goede toepassingsmogelijkheden.

Het Infra+ vloersysteem heeft in vergelijking met een massieve vloerconstructies het voordeel dat de beschikbare thermische massa op een meer efficiënte wijze benut wordt. De beschikbare thermische massa is bij een massieve vloerconstructie groter, doch staat niet in verhouding tot de beschikbaarheid van warmte- en koude energie die via de ingestorte kunststof leidingen kan worden afgevoerd. Hierdoor

reageert het Infra+ vloersysteem sneller en beschikt het over een groter koel- en verwarmingsvermogen.

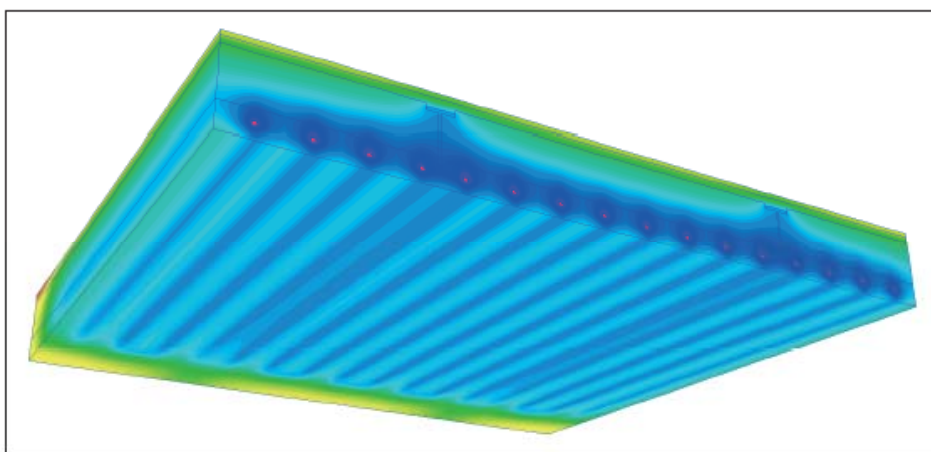
Een eigenschap van betonkernactivering is dat het klimaatsysteem slechts beperkt regelbaar is. De mogelijkheid ontbreekt om het af te geven vermogen direct te sturen. De aanwezige massa en het sterk zelfregelend karakter van het systeem leiden echter tot een stabiel binnenklimaat.

Mede vanuit psychologisch oogpunt is het aan te raden om de ruimteluchttemperatuur onder verwarmingscondities door middel van individueel regelbare lokale verwarmingselementen te beheersen. Het verwarmen door middel van vloerverwarming, en zeer zeker door middel van plafondverwarming, wordt **niet** aangeraden door K+ adviesgroep. In de woningbouw levert de toepassing van vloer/wandverwarming minder problemen op.

De technische ruimten in kantoorgebouwen nemen circa 5% van het bruto vloeroppervlak van het gebouw in. Daarnaast wordt in nagenoeg elk kantoorgebouw een verlaagd plafondsysteem toegepast. Het is niet uitzonderlijk dat 15% van het netto bouwvolume boven het verlaagd plafond te vinden is. Eén kruising van twee grote luchtkanalen kan voor een gehele verdieping maatgevend zijn. Het overgrote deel van het plafondplenum is echter leeg.

De toepassing van het principe van thermisch actieve betonkoeling maakt het mogelijk om de omvang van de traditionele luchtbehandelingsinstallatie nagenoeg te halveren. Door water als energiedrager te gebruiken kan per volume-eenheid aanzienlijk grotere energie (warmte of koude) worden getransporteerd.

In de Infra+ vloer kunnen zowel luchttransportkanalen, leidingen, rioleringsbuizen, kabels, en ICT in de vloer worden geïntegreerd. In de traditionele breedplaatvloeren kunnen ventilatiekanalen met een afmeting van 70*170 mm² worden ingestort. In het Infra+ vloersysteem kunnen luchtkanalen die ruim 15 maal zo groot zijn, worden weggewerkt. Als gevolg hiervan zijn verlaagde plafondsysteem niet langer een noodzakelijkheid voor architecten. Dit betekent een aanzienlijke hoogtebesparing (10% - 15%) in de kantoorruimten en op de totale gebouwhoogte. Tevens zijn kleine technische ruimten en minder grote schachtruimten vereist.



Grafische weergave koelvermogen Infra+ vloer

9 Omgekeerde toepassing Infra+ vloer

In een voorbespreking omtrent het afstuderen bij Ballast Nedam werd mij de vraag gesteld of de Infra+ vloer ook omgedraaid toegepast kon worden; de betonschil aan de bovenzijde en de stalen liggers aan de onderzijde. Binnen de Ballast Nedam groep valt het bedrijf *Haitsma Beton*, welke een type vloer heeft ontwikkeld die het principe van de Infra+ vloer deelt. Echter het verschil is dat de betonschil boven ligt en de stalen constructie er onder, de vloer heet de 'framevloer'.

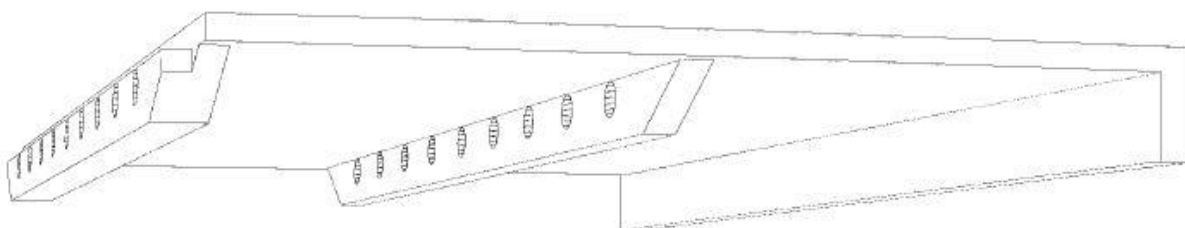
Bij toepassing van de stalen vakwerkligger in een proefwoning was er een trilling te voelen als men over de vloer liep. Om de stijfheid van de vloer te verhogen en de brandveiligheid, en de daarbij hogere kosten van het beschermen van het staal, te verbeteren werd ervoor gekozen om de stalen vakwerkligger te vervangen door een betonnen rib.

9.1 Opbouw framevloer

De framevloer bestaat uit 2 dragende prefab hoofdcomponenten van 100 mm¹ dik en is voorzien van een geïntegreerde randbalk met een hoogte van 450 mm. Tussen deze twee hoofdcomponenten bevinden zich losse middenstroken ter plaatse van de trapzone van eveneens 100 mm¹ dik.

De hoofdcomponenten hebben een afmeting van 3620 x 6900 mm. Vanwege het 2-zijdig opgelegde systeem en de grote vrije overspanning is de vloer voorzien van twee betonnen ribben in de lengte richting van de vloer.

Er worden 9 middenstroken van 600 x 2500 mm toegepast. Dit houdt in dat de bewoner kan bepalen waar de trap en het trappengat in de woning komt. Deze middenstroken overspannen in de andere richting dan de hoofdcomponenten van de vloer. De middenstroken worden aan de hoofdcomponenten



Frame vloer met betonnen liggers

gekoppeld zodat deze meewerken aan de schijfwerking van de vloer.

Het gewicht van de middenstroken zal zo'n 400 kg zijn. De hoofdcomponenten wegen elk ongeveer 8000 kg. Beide hoofdcomponenten zullen voorzien zijn van een geïntegreerde randbalk.

De randbalk heeft 3 hoofdtaken, namelijk:

1. Voor het bevestigen van een balkon. (indien de bewoner dit wenst)
2. Voor de proefwoning, worden de randbalken aan korte stabiliteitswanden gekoppeld zodat deze, inclusief de meewerkende breedte van de vloer, deelnemen aan de stabiliteit van de woning.
3. Belastingen vanuit de dakconstructie zullen voornamelijk via de randbalk naar de wanden worden afgedragen.

9.2 Specificaties framevloer

Maximale overspanning	ca. 9.000 mm. (9 meter)
Standaard lengte	6.900 mm.
Standaard breedte	3.670 mm excl. hoekstaal
Gewicht	8000 kg per hoofdcomponent
Constructiehoogte bij overspanning 6.9 m	325 mm.
Oplegging	Op prefab beton wand met vilt
Betonkwaliteit	B 60

9.3 Voor- en nadelen framevloer

Voordelen van de framevloer

- Door het toepassen van de frame vloer is het voor toekomstige gebruikers/kopers van de woning mogelijk hun woonwensen in te vullen ook wanneer het casco reeds staat. Hierdoor kan de bouw van de woning, ook wanneer deze nog niet is verkocht, toch doorgaan.
- Snel en eenvoudige aanpassing van de ruimten is mogelijk omdat de installaties flexibel zijn te verplaatsen. De locatie van de trap is tussen de framevloer verplaatsbaar.
- Zeer snelle bouwtijd door toepassen van grote elementen en boutkoppelingen.
- Geen druklaag of cement dekvloer benodigd.
- Weinig materiaal verbruik. (milieu)
- Bij sloop is er de mogelijkheid om gecontroleerd te slopen: vloerdelen af te voeren en extern te slopen of gereed te maken voor recycling.

Nadelen van de framevloer

- In aanschaf hogere prijs van de vloer t.o.v. traditionele vloersystemen. Voordeel van de framevloer komt naar voren bij wijziging van de woningindeling.
- De framevloer is minder stijf dan traditionele vloeren.

Aandachtspunten

- Tijdens het produceren van de vloer wordt de vloer op een kantelafel gekanteld: de aansluiting van de vloer en rib is kwetsbaar.
- Maattoleranties: veelvoudig controle tijdens de productie en uitvoering
- Stort procedure: eerst betonschil storten en niet te vroeg/laat beginnen met storten van de opstaande ribben.

9.4 Toekomstwaarde framevloer

Haitsma beton is momenteel niet intensief bezig om de framevloer op te markt te zetten omdat ze denkt dat de vloer daarvoor nog niet rendabel genoeg is. De vloer zal nog verder ontwikkeld moeten worden om de mogelijkheden van de vloer toe te passen. Bij een hogere productie zal de kostprijs van de vloer ook aanzienlijk dalen. Momenteel is er nog geen passende tool ontwikkeld om het huidige productieproces te verbeteren.

Momenteel zijn er geen lopende projecten waarbij de framevloer toegepast zal gaan worden maar er is wel interesse in de vloer bij een andere woningstichting.

Een mogelijke ontwikkeling in de framevloer bij toepassing in de utiliteitsbouw is dat de framevloer met voorgespannen wapening wordt geproduceerd om een grotere overspanningen mogelijk te maken met een niet al te hoog pakket.

9.5 De omgekeerde Infra+ vloer

Zoals al is aangegeven in dit hoofdstuk is men bij de ontwikkeling van de framevloer afgestapt van het idee om deze te voorzien van een stalen vakwerkligger. De redenen hiervoor waren de trilling die optrad bij belopen en de beperkte weerstand bij brand. Om deze vraagstukken op te lossen heeft men ervoor gekozen om de stalen vakwerkligger te vervangen van een betonnen rib, welke breder is dan de stalen vakwerkligger.

Als men zou overwegen om de Infra+ vloer omgedraaid toe te passen zullen dezelfde afwegingen genomen moeten worden die men destijds bij *Haitsma Beton* heeft gedaan. Niet alleen zullen de hogere kosten van bescherming van de staalprofielen afgewogen moet worden maar ook het wegvallen of verminderen van de verwachte voordelen van de Infra+ vloer. Mijns inziens moet de Infra+ vloer niet omgedraaid toegepast worden.

9.5.1 Toepassing van omgekeerde Infra+ vloer

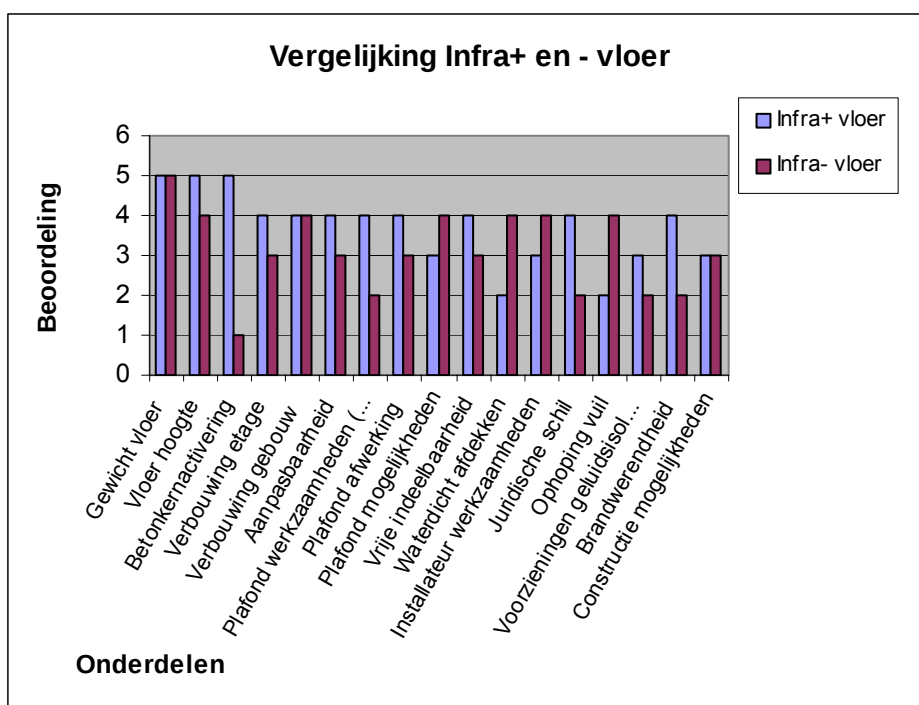
Hier wordt aangegeven wat de voor- en nadelen kunnen zijn als de Infra+ vloer omgekeerd toegepast zal worden.

Voordelen

- Lichtere vloeren door minder gebruik te maken van beton, wat resulteert in een lichtere constructie.
- Vloerpakket zal minder hoog zijn dan traditionele vloeren omdat de leidingen nu tussen de staalprofielen opgehangen kunnen worden.
- Verlichting kan worden opgenomen in verlaagd plafond.
- Installateurs van E en W installaties zullen op een voor hun bekende methode te werk kunnen gaan. Werkzaamheden volgens de traditionele manier.
- Geen voorzieningen nodig om contactgeluid van leidingen te beperken
- Tijdens de bouw geen ophoping van vuil
- Mogelijkheid om vloer (tijdelijk) waterdicht af te dekken tijdens de bouw

Nadelen

- De leidingen komen te hangen onder de vloer waardoor de nul activiteiten weer toe zullen gaan nemen. Denkend hierbij aan het op- en aflopen van trappen etc. Het aantal mensen wat de bewerkingen uitvoert zal ook hoger zijn.
- E-kabels dienen opgehangen te worden, waardoor zij in kabelgoten dienen geplaatst te worden
- De stalen profielen zullen beschermd moeten worden tegen brand door middel van brandwerende beplating, brandwerende verf of brandwerend spuitwerk.
- Toepassing van betonkernactivering is niet meer mogelijk vanuit de betonschil omdat deze niet meer direct in lagergelegen ruimte zal zijn. Men zal dus het klimaat moeten gaan beheersen door airconditioning wat weer grotere leidingen met zich mee brengt voor het transport van de lucht.
- Plafond zal afgewerkt moeten worden met gipskartonplaten of met een systeemplafond ipv. een pleister
- Vrije indeelbaarheid niet meer zo makkelijk doordat de leidingen onder de vloer komen te liggen en bij verbouwingen zal de onderliggende ruimte ook nadelen ondervinden van de verbouwing.
- Juridische schil ligt nu in onderliggende ruimten, niet wenselijk bij appartementen.
- Extra kosten door stilleggen/verhuizen/verplaatsen onderliggende ruimte bij verbouwing bovenliggende ruimte.
- Mogelijk akoestische problemen omdat de beloopbare vloer niet meer ontkoppeld is van de constructie. Voorzieningen zullen getroffen moeten worden, denkend hierbij aan een zwevende dekvloer of geluidsisolatie.



10 Kosten Infra+ vloer

10.1 Kosten vergelijking

Om een beeld te geven van de Infra+ vloer ten opzichte van traditionele vloeren heb ik een berekening opgezet, deze berekening is ter indicatie en de kosten zijn bouwwerk / ontwerp / constructie / installatietechnisch gebonden en kan niet alleen van deze berekening worden uitgegaan.

In de berekening heb ik de eigenschappen van het lagere vloerpakket en het vervallen van het verlaagde plafond meegenomen ten opzichte van de andere vloeren.

In de berekening heb ik niet het lagere gewicht, wat zorgt voor een lichtere constructie en lagere kosten, meegenomen. Ook het feit dat er minder hoogte overbrugd moet worden met liften, installaties, trappen en installaties zijn niet meegenomen. Bij toepassing van betonkernactivering in de betonschil van de Infra+ vloer kan de grote van de klimaatinstallaties sterk worden verminderd ten opzichte van airconditioning. De vermindering van de installaties is niet meegenomen in mijn berekening; echter wel in de berekening van Vitruvius. (Hoofdstuk 13.4.4)

Als voorbeeld heb ik een kantoor gebouw met een afmeting van 20,1 x 48,9 meter met 6 verdiepingen traditioneel tegen 7 verdiepingen met Infra+ uitgezet. Ik heb dit verschil in etages opgenomen vanwege het feit dat de Infra+ vloer een lager vloerpakket heeft. Het voordeel van een extra etage speelt dus niet bij een gebouw met minder verdiepingen, waarbij de winst per etage benut kan worden voor een extra etage.

Bruto vloeroppervlak etage:	1069,2 m ²	
Netto vloeroppervlak etage:	1016,99 m ²	(20,1 x 48,9 meter – 2 maal liftschacht)
Lengte gevel:	138 meter	(2 x 20,1 + 2 x 48,9)
Vrije hoogte verdieping:	2,6 meter	

Oppervlak gevel

Opp. gevel Kanaalplaat:	2608,2	Lengte gevel x afstand bovenkant vloer tot onderkant plafond
Opp. gevel breedplaat:	2608,2	
Opp. gevel Infra+:	2569,56	

Buitenspouwblad

Opp. gevel Kanaalplaat:	2878,68	Lengte gevel x afstand maaiveld tot dakplint
Opp. gevel breedplaat:	2878,68	
Opp. gevel Infra+:	2978,04	

Hoogte vloerpakket

Kanaalplaat + verl. plafond:	790 mm
Breedplaat + verl.:	790 mm
Infra+ vloer:	395 mm

Materiaal en arbeid:

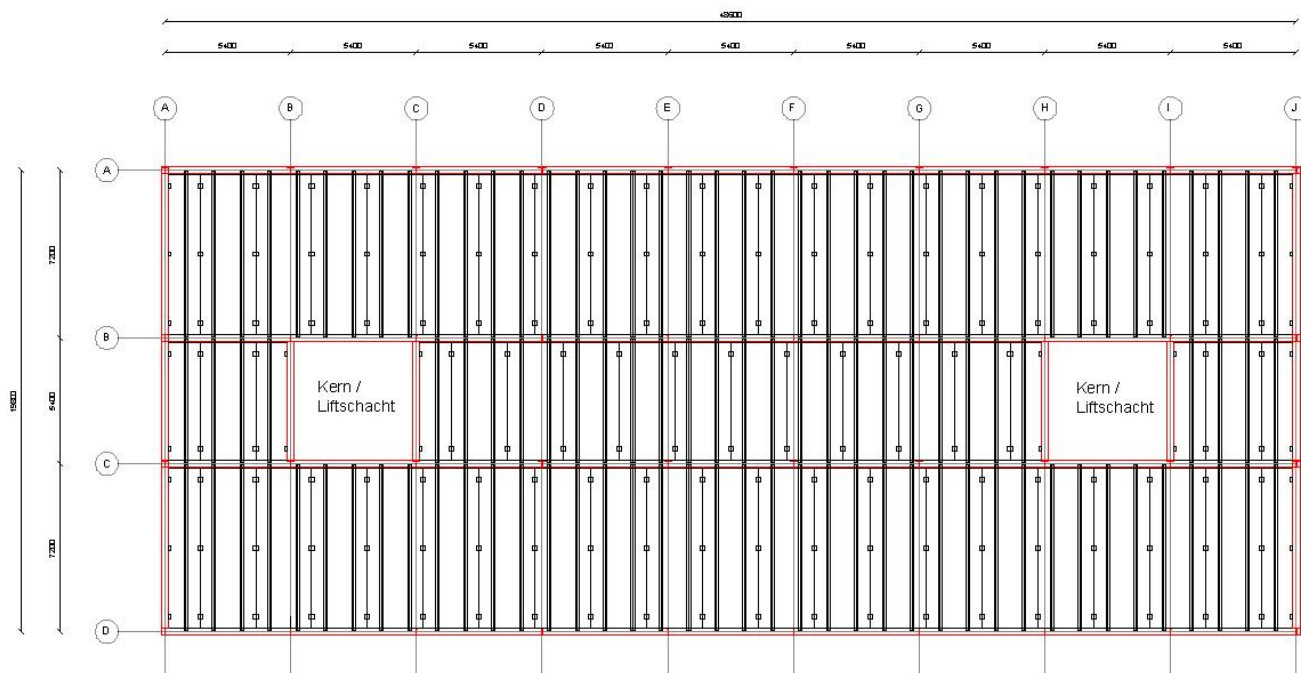
Kanaalplaat, dikte 240 mm:	€ 45,- / m ² voor verdiepingsvloer en € 47,- / m ² voor geïsoleerde begane grond kanaalplaatvloer 100 mm isolatie
Breedplaat, dikte 240 mm:	€ 60,- / m ² voor verdiepingsvloer en € 47,- / m ² voor geïsoleerde begane grond kanaalplaatvloer, 100 mm isolatie
Infra+ vloer, dikte 395 mm:	€ 74,- / m ² en € 76,- / m ² voor geïsoleerde begane grond Infra+ vloer
Zwaluwstaartvloer+ anhydriet:	€ 35,- / m ²
Sputpleister:	€ 10,- / m ²
Systeemplafond:	€ 35,- / m ²
Cementdekvloer:	€ 9,- / m ²
Buitenspouwblad:	€ 90,- / m ²
Binnenspouwblad:	€ 100,- / m ²

Tabel met globale berekening van vergelijking Infra+ met breedplaat- en kanaalplaat vloer:

Let op: het aantal m² Infra+ vloer is 1017 m² hoger door de extra etage!!

	Kanaalplaat		Breedplaat		Infra+ vloer	
Onderdeel	m ²	Kosten	m ²	Kosten	m ²	Kosten
Geiso. beg. Grondvloer	1017	€ 47.798,53	1017	€ 47.798,53	1017	€ 77.291,24
Buitenspouwblad	2879	€ 259.081,20	2879	€ 259.081,20	2978	€ 268.023,60
Binnenspouwblad	2608	€ 260.820,00	2608	€ 260.820,00	2570	€ 256.956,00
Verdiepingsvloeren	6102	€ 274.587,30	6102	€ 366.116,40	7119	€ 526.800,82
Cementdekvloer	6415	€ 57.736,80	6415	€ 57.736,80		
Zwaluwstaart + anhydriet					7484	€ 261.954,00
Systeemplafond	6415	€ 224.532,00	6415	€ 224.532,00		
Spuitleister					7484	€ 74.844,00
Totaal		€ 1.124.555,83		€ 1.216.084,93		€ 1.465.869,66
Totaal / m² BVO		€ 150,25		€ 162,48		€ 171,37

In bovenstaande tabel zijn voor de begane grond van het kanaalplaat- en breedplaatvloer systeem beiden een geïsoleerde kanaalplaat toegepast.



Plattegrond gebouw, 2 kernen, horizontale stramien 7200 / 5400 / 7200 mm en de verticale stramien op 5400 mm van elkaar.

10.2 Kostenverlagend

- Het lagere gewicht tov. een breedplaatvloer of kanaalplaatvloer, 300 kg tov. 600 kg / m², heeft gevolgen voor de zwaarte van de draagconstructie. (zie verwijzing onderstaand artikel)

In het NVBK nummer april/mei 1998 heeft David Meijer gepubliceerd over het toen nieuwe Infra+ vloerconcept. In de bouwkosten vergelijking van een standaard kantoorgebouw werd een verlaging van de bouwkosten berekend van meer dan 10 % ten opzichte van de traditionele concepten.

In dit onderzoek zijn meegenomen; gewichtsbesparing draagconstructie en fundering, geen verlaagd plafond nodig, betere bruto/netto verhouding kantoren, minder geveloppervlakte en binnenwanden

- Geen verlaagde plafonds aanbrengen; systeemplafond is duurder dan een spuitplafond
- Het lagere vloerpakket door het ontbreken van een verlaagd plafond heeft tot gevolg dat het aantal vierkant meters gevel verminderd kan worden.
- Het lagere vloerpakket zorgt ervoor dat het totale vloerpakket per etage met 50 cm verminderd kan worden. Dit houdt in dat een gebouw dat met traditionele vloeren en verlaagd plafond per 6 etages een extra etage bij een Infra+ vloer kan worden opgenomen. Dit zorgt ervoor dat het bruto verhuurbaar oppervlak toeneemt, uitgaande dezelfde gebouwhoogte.
- De Infra+ vloer kan met zijn stalen profielen bijdragen aan de stijfheid van een gebouw door deze met de hoofddraagconstructie te koppelen. Dit gebeurt door middel van lassen.
- Activiteiten waarbij boven het hoofd wordt gewerkt wordt verminderd, waarbij ook de nulactiviteiten worden verminderd. (nulactiviteiten houdt onder andere in het op en aflopen van trappen om aan het plafond te werken)
- Het herindelen van een gebouw is minder ingrijpend dan het slopen van een gebouw; niet relevant voor een aannemer maar wel voor de opdrachtgever/eigenaar!!
- Bij eventuele sloop is het staal volledig recyclebaar en kan het staal worden verkocht, de hoeveelheid beton is ook beperkt tov. traditionele vloeren. De hoeveelheid puin dat afgevoerd moet worden resulteert in lagere transportkosten en recyclekosten.

10.3 Kostenverhogend

- Hogere aanschafkosten Infra+ vloer
- De topvloer is qua materiaal duurder dan een cementdekvloer
- Akoestische maatregelen moeten genomen worden; rubbergranulaat tussen stalen profielen en topvloer, ont koppeling tussen woonfuncties.
- Brandwerende maatregelen moeten genomen worden om de betonschil brandwerend te maken
- Voorbereiding qua installaties en constructie vergt de nodige coördinatie en zal kostenverhogend werken.

11 Toepassing Infra+ vloer

11.1 Ontwerp en werkvoorbereiding

De Infra+ vloer kenmerkt zich door het feit dat de installaties zich in de vloer bevinden waarbij de leidingen naast en door de stalen profielen lopen. De consequenties van dit systeem zijn dat zowel de installaties als de constructie op elkaar zijn afgestemd; de één heeft invloed op de ander.

Tijdens het ontwerp van de vloerconstructie en draagconstructie moet er bekend zijn met welke installaties men te maken heeft, denkend hierbij aan; type, grote, hoeveelheden, locatie, lengte, ventilatie, afschot van de leidingen.

De stalen profielen kunnen maar een bepaalde grote sparing opnemen in het lijf opnemen in verband met de constructieve eigenschappen van het staal.

Tijdens het ontwerp van de installaties en de constructies zal er tussen de constructeur van de hoofddraagconstructie, de constructeur van de vloerenleverancier en de installatie adviseur uitvoerig overleg gepleegd moeten worden zodat de partijen de ontwerpen op elkaar kunnen afstemmen.

Het is aan te raden dat de installatieadviseur de gehele installatie compleet uittekent in de plattegronden; denkend hierbij aan de ventilatie, riolering, water en elektra leidingen. Bij het ontwerp moet voorkomen worden dat de installatie leidingen elkaar kruisen ivm. de beperkte hoogte in de holle ruimte.

Het ontwerp van de installatie en de stalen profielen moet zo worden opgezet dat de sparingen in de profielen in naastgelegen vloer elementen aan elkaar gelijk zijn. Zo kan ervoor gezorgd worden dat de sparingen in de staalprofielen in serie geproduceerd worden, want zou er per vloerveld een andere sparing grote en locatie gehanteerd worden dan brengt dit extra kosten met zich mee.

Een belangrijk item is niet alleen het verloop in Infra+ vloer maar ook het verdere verloop van de leiding: doorvoer door de hoofddraagconstructie en beton/liftkern van een gebouw.

Niet alleen moeten de constructeur en de installateur in het voortraject al nauw betrokken worden met de Infra+ vloer, het is ook aan te raden om het constructie bedrijf, dat de constructie fabriceert en/of uitvoert in het werk, te betrekken bij de voorbereiding. Een constructie bedrijf heeft de nodige know-how over staal en ziet problemen waar de andere partijen niet aan hebben gedacht. Hiermee doel ik op de constructieve kanten zoals de schijfvorming maar ook de uitvoeringsaspecten van de voorzieningen die opgenomen moeten worden. Denkend hierbij aan het akoestisch loskoppelen van naast elkaar gelegen woningen en de detaillering van deze knooppunten tussen de balken en kolommen van de draagconstructie met ontmoeting van de Infra+ vloer.

Er kan worden gesteld dat een hoog en rank gebouw met een aparte vormgeving meer werkvoorbereidingstijd vergt dan een recht toe recht aan gebouw waarbij de stramienmaten niet afwijken. Bij een hoog en rank gebouw heb je te maken met andere aspecten die optreden zoals onder andere windbelasting en stabiliteitseisen.

Samenvatting

- Installatie adviseur, constructeur en constructiebedrijf al bij het schetsontwerp betrekken in het ontwerpproces.
- Installaties volledig uittekenen in het voorlopige ontwerp zodat er een wisselwerking optreedt tussen installateur, constructeur, leverancier van de Infra+ vloer elementen en het montagebedrijf.
- Akoestische ontkoppeling van de hoofddraagstructuur en de Infra+ vloer.
- Eigenschappen van het staal in toepassing bij schijfwerking vloer niet onderschatten.
- Ontwerp van installaties en vloer zo uitvoeren dat er een seriematigheid ontstaat in profielen en sparingen waarbij de grote en locatie van de sparingen over de het Infra+ vloerveld gelijk is.
- Problemen oplossen in het voortraject en niet tijdens de uitvoering.

11.2 Uitvoering

Om een beeld te schetsen van de uitvoering zal ik hier de handelingen aangeven die per etage uitgevoerd zullen worden:

1. Infra+ vloer elementen aanpikken vanaf de vrachtauto. Vrachtwagen is geladen op legvolgorde van de elementen; productie in fabriek ook hierop aangepast.
2. Infra+ vloer elementen plaatsen op stalen draagconstructie, waarbij de elementen niet onderstempelt hoeven te worden.

Vanwege brandveiligheidseisen zullen de naden tussen de vloer elementen dichtgezet moeten worden, dit kan in dit stadium worden bewerkstelligd door middel van een brandwerende band aan te brengen op de zijde waar de platen elkaar raken.

3. Voorzieningen plaatsen om veilig en snel over de vloer te kunnen lopen, denkend hierbij aan plaatmateriaal zoals spaanplaat.
4. Stalen kolommen hoofdconstructie plaatsen, stalen kolommen schoren
5. Stalen liggers hoofdconstructie plaatsen
6. Staal van hoofdconstructie koppelen (bouten of lassen)
7. Koppeling Infra+ vloer elementen onderling dmv. stalen plaat lassen, eventuele stalen strippen aanbrengen om kip te voorkomen. Het lassen van de verbindingen heeft de voorkeur tov. de natte methode omdat het lassen sneller is er minder verschillende handelingen uitgevoerd worden.

Bij laagbouw zal men ervoor kiezen om eerst het gehele casco te plaatsen en het dak dicht te leggen om erna te beginnen met de gevel. Echter bij hoogbouw kan men beslissen om bij bijvoorbeeld drie onderliggende lagen al te beginnen met het plaatsen van de gevelelementen.

8. Materiaal voor de topvloer en binnenwanden in het werk hijsen, te plaatsen op platen/planken op een locatie waar men weinig of geen leidingen aan moet brengen. Materiaal zo verpakken dat er geen schade optreedt door vocht of regen.
9. Voorzieningen aanbrengen voor koppeling gevelelementen aan vloer of draagconstructie
10. Gevelelementen aanpikken vanaf de vrachtauto
11. Plaatsen gevel elementen
12. Naden Infra+ vloer elementen brandwerend afwerken: met een brandwerende kit of een vezelversterkte mortel.
13. Leidingen plaatsen (CV, water en riolering, ventilatie, elektra, communicatie)

Ideaal zou zijn om de leidingen evenwijdig aan de Infra+ IPE profielen te leggen, echter zullen vele leidingen door de IPE profielen heengevoerd moeten worden. Tijdens de uitvoeringsfase zal het risico optreden dat de leidingen beschadigd worden doordat mensen over de leidingen lopen.

Over het aanbrengen van de leidingen moet van tevoren goed over nagedacht zijn, er zijn diverse methoden om dit uit te voeren:

Vanuit de fabriek

De leidingen vanuit de fabriek aanbrengen op de vloerelementen, zodat deze in het werk aan elkaar gekoppeld worden. Per gevel element zal de installatie uitgetekend moeten worden en zal de installateur de leidingen op de elementen aan moeten brengen. Dit zou je kunnen vergelijken met de automobiel industrie waarbij de gehele elektra van een auto in de vorm van een complete kabelboom in de auto geplaatst wordt. Ik denk dat deze methode alleen kan werken als het leidingverloop in de vloerelementen gelijk is aan elkaar, met name voor ventilatie en rioleringsleidingen zouden op deze methode geplaatst kunnen worden.

Vanaf de vrachtauto

Een andere mogelijkheid is om leidingen in segmenten op te delen en deze bij het aanpikken van de vrachtauto op de vloerelementen aan te brengen. Dit vergt een coördinatie waarbij per element bekend moet zijn waar welk onderdeel komt te liggen. Tevens moet de installateur alle benodigde leidingen in de juiste lengte op voorraad hebben of zelf op lengte moeten maken. Het coördineren en plaatsen zal verlopen onder de nodige tijdsdruk omdat de elementen zo snel mogelijk in het werk geplaatst moeten worden, deze tijdsdruk kan leiden tot fouten en dus vertraging.

Van buitenaf

Op de begane grond kan je ervoor kiezen om de leidingen in zijn geheel door de openingen in de IPE profielen te schuiven. Op hogere etages is dit ook mogelijk mits men ook de mogelijkheid heeft om veilig op deze hoogte de leidingen door te schuiven, denkend aan: vaste steiger of een hefsteiger. Een voordeel van dit systeem is dat je het aantal koppelingen in de leidingen vermindert en dus ook de risico's op lekkage vermindert.

Leidingen in segmenten

Een methode die veel gebruikt wordt is dat leidingen worden aangevoerd in kleinere segmenten. De segmenten worden door de openingen in de IPE profielen geschoven en onderling met elkaar verbonden. Bij een hart op hart maat van 600 mm zullen de segmenten kleiner zijn dan hoh. Maat van 1200 mm.

Een aandachtspunt zou kunnen zijn dat men nadenkt over een eventuele lekkage; bijvoorbeeld ervoor zorgen dat de diverse vloervelden niet met elkaar in verbinding staan zodat bij lekkage niet de holle ruimte van de Infra+ vloer van een volledige verdieping onder water komt te staan.

Het is aan te raden om rioleringsleidingen uit te voeren in dikkere kunststof leidingen, tov. PVC leidingen, en deze op akoestisch materiaal te leggen ivm. contactgeluid.

14. Akoestisch materiaal op IPE's plaatsen, bv. rubbergranulaat.
15. Ruimte tussen de IPE profielen schoonmaken; vooraf afspraken maken met de diverse onderaannemers/installateurs.
16. Topvloer aanbrengen, hier geef ik twee opties aan omdat je hier te maken hebt met een droge en een natte variant:

Droge variant

- Omega profielen aanbrengen
- Cementgebonden vezelplaat aanbrengen
- Gaten doorvoeren topvloer aanbrengen

Natte variant

- Zwaluwstaartplaten aanbrengen; veiligheidsvoorzieningen treffen vanwege de scherpe randen van deze platen.
- Gaten doorvoeren zwaluwstaartvloer aanbrengen
- Gaten en kieren afdichten door bv. PUR schuim bij toepassing van anhydriet
- Anhydriet of cementdekvloer aanbrengen. Bij toepassing van anhydriet moet men ervoor zorgen dat de samenstelling van de vloer niet te sterk wordt; kans op scheurvorming vanwege doorbuiging stalen hoofdconstructie en Infra+ vloer. Bij constatering van scheurvorming moet men overwegen om de vloer uit te voeren in een mindere sterkteklasse.

17. Leidingen en elektra door de gaten van de topvloer voeren
18. Stellen binnenkozijnen
19. Metal stud frames aanbrengen

Een voordeel van metal stud wanden is dat men ervoor kan kiezen om niet gelijk de hele woning/ruimte scheidende wand dicht te zetten. Het is aan te raden om openingen te houden zodat het uitvoerend personeel van ruimte naar naastgelegen ruimte kan lopen. Dit zorgt ervoor dat er geen tijd verloren gaat met omlopen en dat materiaal van

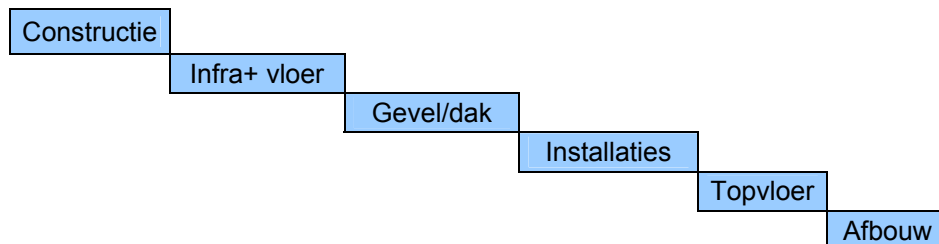
Een aandachtspunt is wel dat het frame van de metal stud wanden niet geheel geplaatst wordt, er zal namelijk niet alleen over het frame heen gelopen worden maar ook erop. (bv. La Fenêtre, Den Haag)

20. Voeg metal stud frames tussen wanden en kolommen brandwerend afdichten
21. Isolatie plaatsen in metal stud frames
22. Elektra voorzieningen in wanden opnemen
23. Plaatmateriaal metal stud wanden aanbrengen
24. Verlichtingsarmaturen aanbrengen
25. Brandwerend aftimmeren
26. Overig aftimmerwerk

11.2.1 Interval

De afbouw kan pas plaatsvinden nadat de installaties in de vloer zijn aangebracht en daarop volgende de topvloer dichtgelegd is. In de planning moet de installateur ook daadwerkelijk de tijd en ruimte krijgen om zijn werkzaamheden te kunnen voltooien.

Globale weergave bouwproces, daarbij gezegd dat de gevel geen dragende functie heeft, anders volgt eerst de gevel en dan de Infra+ vloer elementen.



Het interval van de installaties kan worden verkort tov. het plaatsen van de Infra+ vloer door al een aantal leidingen in de vloerelementen te plaatsen, rioleringsleidingen zullen bijvoorbeeld weinig invloed ondervinden van slechte weersomstandigheden en kunnen nog voor het plaatsen van de gevel-elementen in het werk geplaatst worden. Daarbij rekening houdend dat deze niet worden beschadigd door uitvoerend personeel.

Overzicht handelingen per fase:

Onderbouwfase	Inrichten bouwterrein Bouwput ontgraven Heipalen aanbrengen Funderingsbalken aanbrengen Begane grondvloer: Infra+ vloer elementen plaatsen Looproute voorzieningen leggen Koppeling vloerelementen onderling
Bovenbouwfase	Stalen kolommen draagconstructie plaatsen Stalen balken draagconstructie plaatsen Koppeling draagconstructie lassen/bouten Infra+ vloer elementen plaatsen Looproute voorzieningen leggen Infra+ vloer elementen lassen aan draagconstructie Koppeling vloerelementen onderling (Stappen herhalen per etage)
Gevel/dakfase	Dakopbouw Isolatie en dakbedekking leggen Voorzieningen gevelementen Gevelementen plaatsen, incl. glas Gevelbekleding aanbrengen (Stappen herhalen per etage)
Afbouwfase	Leidingen aanbrengen: elektra, water, riolering, ventilatie, CAI, etc Akoestisch materiaal aanbrengen Topvloer aanbrengen: Omega profielen + cementgebonden vezelplaat leggen Zwaluwstaart icm anhydriet of cementdekvloer Binnenwanden monteren incl. elektra Brandwerend aftimmeren Wandafwerking Overig afimmerwerk Plafondafwerking (Stappen herhalen per etage)

11.2.2 Veiligheid

Uitvoering

Het aanpakken van de Infra+ vloer elementen kan men vergelijken met het leggen van een breedplaatvloer. Verschil is dat de Infra+ vloer elementen opgehesen worden aan de IPE profielen ipv. de tralieligger van de breedplaatvloer. Net zoals bij andere bouwsystemen mag er niet direct boven de verdieping gewerkt worden waar andere werkzaamheden worden uitgevoerd, twee verdiepingen lager kan met wel aan het werk.

Valbeveiliging

Bij het leggen van de Infra+ vloer elementen moet het uitvoerend personeel veilig kunnen werken. Aan de gevelzijde zullen valhekken geplaatst moeten worden die verbonden zijn met de draagconstructie of de vloer. Het personeel moet door middel van een harnas gezeurd zijn aan de vaste constructie zodat men niet te pletter kan vallen.

Beloopbaarheid

Na het leggen van de Infra+ vloerelementen moet men zo snel mogelijk voorzieningen treffen op het gebied van de beloopbaarheid. Het is af te raden om van ligger naar ligger te lopen vanwege blessures aan de knieën en bij een eventuele misstap kan men vallen en ernstige verwondingen oplopen.

Daarom zal er een vlakke beloopbare vloer gerealiseerd moeten worden; de toepassing van steigerplanken is af te raden omdat deze te smal zijn en onderling kunnen bewegen. Plaatmateriaal heeft hier de voorkeur, waarbij de platen haaks op de IPE profielen komen te liggen.

Brandgevaar

Tijdens de uitvoering van de Infra+ vloer zullen er laswerkzaamheden uitgevoerd moeten worden. Tijdens deze fase zijn er weinig brandgevoelige materialen op de bouwplaats aanwezig maar men zal voor de veiligheid een brandblusser in de directe omgeving van de werkzaamheden beschikbaar moeten hebben.

Arbeid

Een nadeel die optreedt bij de toepassing van de Infra+ vloer is dat de werkzaamheden die eerst boven het hoofd werden uitgevoerd nu op de vloer plaatsvinden. Het uitvoerend personeel moet zich hiervan bewust zijn en er ligt een taak bij de werkgever om bijvoorbeeld buk en til cursussen te geven om kwetsuren te voorkomen.

12 Flexibiliteit

In de bouw is men steeds meer bewust van het feit dat gebouwen, die qua constructie nog voldoen aan de eisen, gesloopt worden omdat ze niet meer voldoen aan de huidige eisen qua uitstraling, functie, werkomstandigheden of omdat het gebouw meer geld kost dan het oplevert.

Voorbeelden van redenen sloop:

Uitstraling	Kantoorgebouw met betonnen gevel elementen en bruine trespa plaatdelen, gebouw niet representatief voor bedrijf.
Functie	Uitbreidingsmogelijkheden niet aanwezig, leegstand oud kantoorgebouw.
Werkomstandigheden	Daglicht toetreding beperkt, sick building syndroom, asbest, klimaat installatie, sociale omstandigheden.
Rendabel	Onderhoudskosten hoger dan inkomsten, kosten verbouwing niet rendabel.

In het begin van de jaren negentig was de economie bloeiende en werden er overal kantoorpanden uit de grond gestampt, terwijl aan het eind van de jaren negentig de groei in de economie begon te dalen en kantoorpanden leeg kwamen te staan. Echter was er wel grote behoefte aan woningen voor onder andere starters en studenten, met als resultaat dat beiden partijen met een probleem zaten.

Om deze problemen te ondervangen zou je eigenlijk gebouwen moeten kunnen bouwen die in de loop der tijd van functie en uiterlijk kunnen veranderen zonder dat er in het gebouw drastische verbouwingen plaats vinden. Waarbij de kosten van de verbouwing/aanpassing lager zijn dan realisatie van een nieuw gebouw.

Zo zouden leegstaande kantoorpanden kunnen worden omgebouwd tot woningen voor starters of studenten.

12.1 Eisen flexibiliteit

Om dit te kunnen doen moet het gebouw voldoen aan een aantal eisen:

- De draagconstructie moet hergebruikt kunnen worden.
- De draagconstructie moet een open structuur hebben: zoveel mogelijk gebruik maken van kolommen en de toepassing van dragende wanden beperken.
- Indeling van de constructie moet de mogelijkheid hebben om diverse indelingen mogelijk te maken
- De gevel moet gemakkelijk gestript kunnen worden.
- De binnenwanden moeten gemakkelijk verwijderd kunnen worden.
- Installaties moeten aangepast kunnen worden aan een andere indeling/functie.
- Gebruik maken van duurzame materialen voor hergebruik zodat het milieu zoveel mogelijk wordt ontzien.
- Het gebouw moet zo worden opgezet dat er niet alleen volgens de huidige eisen van het bouwbesluit wordt gebouwd maar ook rekening houden met toekomstige eisen.
- Mogelijkheid van toekomstige uitbreiding opnemen in de constructie: constructie zwaarder uitvoeren voor bijvoorbeeld een extra etage.
- Koppeling van de bouwelementen moet zo worden uitgevoerd dat deze op een later tijdstip gemakkelijk uit elkaar kan worden gehaald: droge verbinding.
- Flexibiliteit kunnen toepassen op een onderdeel van een gebouw zodat de werkzaamheden op andere etages of bouwdelen door kunnen gaan.



Met de Infra+ vloer is het mogelijk om tegemoet te komen aan de eisen die hierboven zijn gesteld.

Draagstructuur

Een stalen draagstructuur maakt grote overspanningen mogelijk, de stalen kolommen zorgen voor een vrije indeelbaarheid. Wel rekening houdend met windverbanden die opgenomen moeten worden.

Constructief

Met de Infra+ vloer is het mogelijk om de vloer samen te laten werken met de hoofddraagconstructie.

Binnenwanden

Door toepassing van metal stud wanden kan men snel de binnenwanden verplaatsen en aanpassen, waarbij het gewicht van deze wanden voordelig is.

Koppeling

De Infra+ vloer wordt door middel van lassen aan het staal of betonnen constructie gekoppeld en kan naderhand makkelijk ontkoppeld worden door middel van een snijbrander.

Installaties

Omdat de installaties bij de Infra+ vloer open in de vloer liggen kunnen de leidingen aangepast worden tijdens een verbouwing. Aanpassing: loop van de leidingen, hoeveelheden en diverse soorten leidingen.

Duurzaam

Mocht een gebouw met toepassing van een Infra+ vloer gesloopt worden dan kan het staal in de vloer volledig gerecycled worden. Het volume aan betongranulaat uit de betonschil is vele malen minder dan bijvoorbeeld een breedplaatvloer.

12.2 Conclusie oment flexibiliteit

12.2.1 Topvloer

Ondanks dat er wordt gesteld dat de leidingen gemakkelijk aangepast kunnen worden door verwijdering van de toplaag heeft dit meer voeten in aarde. Bij toepassing van een zwaluwstaartvloer met de daarbij horende anhydrietlaag of cementdekvloer zal men eerst deze laag moeten verwijderen; dit werk is behoorlijk ingrijpend en zal naar mijn mening alleen plaats vinden als een gehele etage wordt verbouwd. Bij toepassing van een cementgebonden vezelplaat zullen de plaatdelen op de omega-profielen gemonteerd worden waardoor deze ook niet gemakkelijk verwijderd kunnen worden. Om toch flexibel te kunnen zijn moeten er verwijderbare stroken in de toplaag worden opgenomen die gemakkelijk verwijderd kunnen worden om leidingen aan te passen. Het is verstandig om gebruik te maken van loze leidingen om kabels voor bijvoorbeeld dataverbindingen door deze leidingen te trekken.

De flexibiliteit kan worden verbeterd door de dataleidingen bijvoorbeeld op de IPE profielen te liggen in een kabelgoot. Bij toepassing van een cementgebonden vezelplaat die ligt op omegaprofielen kan men de kabelgoten in de hoogte van rubber + omegaprofiel situeren. Bij een zwaluwstaart met afwerkvloer kunnen de kabelgoten tussen de zwaluwstaartplaten gelegd worden.

12.2.2 Vloerbedekking

De vloerbedekking die over de topvloer komt te liggen zal ook de mogelijkheid in zich moeten hebben om bij de openingen in de topvloer te komen, hierbij kan men denken aan vloerbedekking bestaande uit tapijttegels.



12.2.3 Toekomstige aanpassing

Naar mijn mening zou een gebouw dat wordt uitgerust met een Infra+ vloer al de mogelijkheid in zich moeten hebben dat er extra leidingen in de toekomst kunnen worden doorgevoerd. Dit houdt in dat er extra openingen in de Infra+ vloer moeten worden opgenomen om toekomstige leidingen te kunnen herbergen. Een nadeel van dit idee is dat de constructeur extra voorzieningen moet opnemen om de krachten afdracht te laten verlopen: hogere profielen of een versterking opnemen rondom de opening. Ik denk dat de opdrachtgever hier niet op zit te wachten omdat dit extra kosten met zich meebrengt, echter zou het niet verstandig zijn om te denken dat men in de toekomst alleen maar gebruik kan maken van de bestaande openingen.

Een tweede aandachtspunt betreffende de toekomstige aanpassing is de in de toekomst geldende eisen van het bouwbesluit. Dit kunnen scherpere eisen zijn over brandveiligheid, geluid, gezondheid en milieu eisen. Tegenwoordig bouwt men volgens de eisen die gesteld worden aan het bouwbesluit, dit heeft als groot nadeel dat een gebouw niet zal voldoen aan de eisen die men in een toekomstig bouwbesluit zal stellen. Een opdrachtgever/aannemer zal dit punt moeten inzien en zich moeten afvragen hoe men met dit punt om zal gaan. Het is niet realistisch om een gebouw te ontwerpen voor de regels die men eventueel over 20 jaar zal stellen, het is echter wel goed om in het bestek zwaardere eisen aan het gebouw te stellen dan het huidige bouwbesluit stelt.

12.2.4 Ontwikkelingen in de ICT

In de ICT branche zijn er de afgelopen jaren grote verbeteringen opgetreden in draadloze verbindingen en in de toepassing van glasvezel verbindingen. In de toekomst zal het gebruik van deze technieken een toevlucht vinden en de huidige kluwen van kabels vervangen.

Deze technieken hebben een grote invloed op de toepassing van flexibele vloersystemen omdat deze systemen misschien wel de noodzaak van deze vloeren teniet doen. Het is moeilijk om hierover een voorspelling te doen want de gevolgen van draadloos verkeer voor de mens is nog onvoldoende bekend. Het zou kunnen zijn dat het draadloze verkeer een negatieve invloed heeft op de mens en zal men weer overstappen op dataverkeer door middel van bekabeling.

12.2.5 Vergelijking

Het beeld wat nu geschetst wordt is dat de vloer beperkt flexibel is, echter in vergelijking met de traditionele vloersystemen (de breedplaatvloeren, de kanaalplaat vloeren, de staalplaatbeton vloeren) is de Infra+ vloer veel flexibeler qua leiding verloop. Bij de traditionele vloeren is het bijna onmogelijk om veranderingen aan te brengen in de leidingen die in de vloer zijn meegestort.

Bij onder andere utiliteitsgebouwen werkt men veel met een verlaagd plafond waarbij de installaties tussen de vloer en het verlaagde plafond liggen, bij een verbouwing worden de leidingen hier ook weer toegepast. Bij deze werkzaamheden komen de zogenaamd nulactiviteiten voor: werknemers zijn boven hun hoofd aan het werk en veel tijd gaat verloren met het op en aflopen van trappen om bij de leidingen te komen.

Bij traditionele systemen kan je elementen van de Infra+ vloer overnemen door ervoor te kiezen om leidingen bovenop de vloeren te leggen. Dit verhoogt de flexibiliteit net zoals bij toepassing van de Infra+ vloer, echter zal het vloerpakket aanzienlijk in hoogte stijgen. De voordelen van de beperkte hoogte van de Infra+ vloer en het lagere gewicht zijn groter dan de toepassing van een verhoogde vloer bij traditionele vloersystemen.

12.2.6 Behoeft flexibiliteit

Vanuit de diverse informatiebronnen, onder andere van Prefab Limburg, kreeg ik het gevoel dat de flexibiliteit van de Infra+ vloer een doorslaggevende eigenschap was om te kiezen voor dit systeem. Ik zie in dat de flexibiliteit van de Infra+ vloer een belangrijk item is voor de keuze van de vloer maar er zijn meerdere factoren die meespelen in de keuze voor de vloer. De toekomstige flexibiliteit van een gebouw is moeilijk te verantwoorden aan een aannemer omdat deze een werk aanneemt en bouwt en daarmee aan zijn verantwoordelijkheden heeft voldaan. Echter bij een opdrachtgever die een gebouw voor langere tijd zal gebruiken/beheren is het aantrekkelijker om een hoge flexibiliteit te hebben zodat het gebouw langer rendabel is.

Tijdens mijn onderzoek heb ik ontdekt dat de meningen sterk uiteen lopen om die flexibiliteit al op te nemen in een gebouw waarvan niet zeker is of dat men gebruik zal maken van deze mogelijkheid. De bouwwereld is zeer behoudend en wil bouwen zoals men dat gewend is. Een nadeel voor de Infra+ vloer is dat de vloer relatief nieuw is; mensen zijn vaak niet bekend met de vloer, het systeem is het tegenovergestelde van wat men gewend is en de vloer heeft zijn flexibiliteit nog niet bewezen.

Een voorbeeld van een werk waarbij de flexibiliteit niet de doorslaggevende keuze is geweest is het de woontoren La Fenêtre in Den Haag. Het project, dat bestaat uit 115 woningen over 17 bouwlagen, verrijst aan de achterkant van het Algemeen Rijksarchief vlak bij het Centraal Station. Het gebouw staat op ca. 20 meter kolommen bovenop een parkeergarage en reikt tot een hoogte van maar liefst 70 meter. Daarmee wordt het gebouw een markant punt in Den Haag. Naar verwachting zal La Fenêtre in september 2005 opgeleverd worden. *(voor meer informatie zie hoofdstuk 14.1 van de bijlagen)*

De keuze van de Infra+ vloer heeft te maken met de vorm en locatie van het gebouw, het gebouw is smal en hoog en de onderbouw moest open zijn vanwege een verkeersroute. De keuze van de draagconstructie kwam uit op een stalen draagconstructie. Bij toeval kwam men bij de Infra+ vloer vanwege het lage gewicht en de mogelijkheid om het staal van Infra+ vloer te koppelen aan de stalen hoofdconstructie. De Infra+ vloer draagt bij aan de schijffunctie van de vloer.

De opdrachtgever, Vesteda, was niet geïnteresseerd in de flexibiliteit van de Infra+ vloer en heeft dit voordeel dan ook niet toegepast in het gebouw. Deze beslissing is kortzichtig en onverstandig geweest naar mijns inziens, vooral als men pretendeert met dit gebouw te bouwen volgens het IFD systeem (Industrieel, Flexibel en Duurzaam/Demontabel bouwen).

De rol van de overheid zal in de toekomst een grote rol kunnen hebben in de manier van bouwen en dus ook voor vloersystemen zoals de Infra+ vloer. Er zijn plannen om, net zoals voor auto's en elektrische apparaten, een verwijderingsbijdrage te verplichten voor bouw afval. Vanuit eerdere onderzoeken is gebleken dat van de hoeveelheid afval in Nederland 25% van de bouw afkomstig is.

Uit een onderzoek blijkt dat van elke tien woningen die je bouwt, je er één zou kunnen bouwen die van het afval afkomstig is.

13 Toepassingsgebied

De Infra+ vloer is tot nu toe al toegepast in een aantal kantoren, een vrijstaande woning, in rijtjeswoningen, een woontoren, een school en wordt nu toegepast in een brandweergarage.

13.1 Toepassing in woningbouw

Je zou je bij woningbouw kunnen afvragen wat de toekomstige bewoners voor meerwaarde hebben aan de mogelijkheid om de woning opnieuw in te delen. Bij verbouwingen van bijvoorbeeld de badkamer wordt alleen het interieur vaak vervangen door modernere elementen, de wanden en leidingen blijven vaak op hun plaats liggen. Echter heeft de woning wel een meerwaarde gekregen als bij verkoop wordt besloten om door de nieuwe eigenaar de indeling van de woning wordt veranderd.

De eigenschappen van het systeem met betrekking op Industrieel, Flexibel en duurzaam/demontabel bouwen spelen echter ook een belangrijke rol bij sloop en recyclen van bouwmaterialen. Deze woning kan met subsidie worden gebouwd waardoor er bij de opdrachtgever de extra kosten worden verminderd ten opzichte van traditionele woningen. De nieuwe en zwaardere eisen van de EPC norm zal ervoor zorgen dat er zuiniger om moet worden gegaan met energie. De toepassing van warmtepompen en lage temperatuur verwarming en hoge temperatuur koeling kunnen ook bij de Infra+ vloer worden toegepast door leidingen in de betonschil op te nemen om 's zomers de woning te koelen.

13.2 Toepassing in utiliteitsbouw

In de utiliteitsbouw kan er op meerdere punten een voordeel worden behaald met de Infra+ vloer. Bij de utiliteitsbouw willen opdrachtgevers een gebouw dat een solide en architectonisch verantwoorde uitstraling heeft, dit bereikt men onder andere door middel van een mooi gevel. Gevelsystemen zijn echter kostbaar; door de toepassing van de Infra+ vloer ontstaat er een lager vloerpakket dan traditionele vloeren met een verlaagd plafond. Dit betekent dat een lager vloerpakket ook inhoudt dat de hoeveelheid vierkante meters verminderd kunnen worden.

Een ander voordeel van het lagere vloerpakket resulteert in het aantal etages dat toegepast kan worden. Uitgaande van een winst van ongeveer 400 mm per etage kan je stellen dat er per 7 lagen Infra+ vloer een verdieping extra is opgenomen ten opzicht van traditionele vloeren met installaties onder de vloer en een verlaagd plafond. Bij een maximale gebouw hoogte kan het bruto verhuurbaar oppervlak worden vergroot omdat verhuurbaar oppervlak van het gebouw oppervlak kan worden vergroot.

Een moeilijk te verdedigen voordeel van de Infra+ vloer is de flexibiliteit, besproken in deze scriptie, die voor opdrachtgevers een beslissende factor kan zijn om te kiezen voor de Infra+ vloer.

Een aannemer heeft als opdracht om een gebouw snel, prijs verantwoord en volgens de eisen van het bouwbesluit te bouwen. Door de hogere kostprijs van de Infra+ vloer wordt een aannemer hierop afgerekend terwijl er niet verder wordt gekeken naar de besparingen in de zwaarte van de constructie en de fundering.

Een opdrachtgever moet zichzelf afvragen wat zijn toekomstplannen zijn; wil ik groeien, wil ik mijn indeling van het gebouw kunnen veranderen, hoe zal de markt zich in de toekomst ontwikkelen, wil ik voor een langere tijd op deze locatie in dit gebouw mijn werkzaamheden uitvoeren, wil ik milieu bewust bouwen, wil ik gebruik maken van betonkernactivering om mijn gebouw te koelen, wil ik bij verkoop een meerwaarde kunnen bieden en wil ik bij de verbouwing of sloop van het gebouw zo min mogelijk kosten hebben. Kortom een hoop afwegingen waarover nagedacht moet worden.

Een sector die de afgelopen jaren onderhevig geweest is aan grote veranderingen is de zorgsector waarbij zaken zoals privacy steeds meer een grotere rol spelen. Door toepassing van een flexibel vloersysteem kunnen leidingen makkelijk verlegd worden en kunnen er zodoende andere indelingen worden opgezet. Om verspreiding van ziektekiemen en virussen te beperken kan men ervoor kiezen om geen gebruik te maken van airconditioning maar van betonkernactivering. Dit systeem heeft als nadeel dat de regelbaarheid beperkt is en dat er bewoners zullen gaan klagen dat het te koud is terwijl andere vinden dat het te warm is.

Een aandachtspunt bij grote vlakken beton plafond is de weerkaatsing van het geluid in die ruimte. Er zullen maatregelen genomen moeten worden; denkend aan akoestisch pleister, secties aan het plafond voorzien van akoestische platen.

13.3 Toepassing in restauratie/renovatie

De Infra+ vloer heeft zijn toepasbaarheid in de renovatie al eens bewezen in een uitgebrand kantoorpand van Witteveen & Bos te Deventer waarbij de complete binnenwanden en vloeren werden vervangen. De Infra+ vloer is in dit project gekozen vanwege zijn lage gewicht; hierdoor kon er gebruik worden gemaakt van de bestaande fundering. Een ander voordeel biedt de akoestische eigenschappen van de vloer waardoor aan de huidige eisen van het bouwbesluit kan voldaan met oudere gebouwen.

13.4 Functie verandering

Voor bestaande kantoorgebouwen, of andere functies, die in hun huidige functie leeg zijn komen te staan en waarvoor voor de huidige functie voorlopig geen verhuurders of kopers zijn, zouden de mogelijkheid moeten hebben om het gebouw op een relatief eenvoudige wijze om te vormen naar een andere functie. Men kan denken aan de huidige problematiek van studentenhuisvesting waarbij de afgelopen jaren is gebleken dat hier grote vraag naar is terwijl kantoorgebouwen leeg stonden.

Het veranderen van functie is niet iets waar licht over gedacht moet worden bij toepassing van de Infra+ vloer maar deze optie is wel aantrekkelijker ten opzichte van andere systemen vanwege het behouden van het lagere gewicht en het compacte vloerpakket. Door het verwijderen van de topvloer komen de leidingen in het vloerpakket bloot te liggen en kunnen aangepast of vernieuwd worden naar de eisen van de nieuwe functie/indeling.

14 Conclusie Infra+ vloer

De Infra+ is een vloersysteem dat in steeds meer projecten wordt toegepast, deze projecten kenmerken zich veelal door de uitgangspunten van het Industrieel, Flexibel en Duurzaam / Demontabel bouwen.

Bij het kiezen voor dit type vloer moeten de voor- en nadelen tegenover elkaar uitgezet worden en de opdrachtgever moet een visie hebben wat hij in de toekomst met zijn investering wil gaan doen.

Om een keuze te kunnen maken heb ik de voor- en de nadelen van de Infra+ vloer aangeven.

14.1 Voordelen Infra+ vloer

Gewicht

- Lichtere vloerconstructie in vergelijking met andere vloersystemen.
- Lager gewicht heeft een positief effect op zwaarte fundering en draagconstructie.

Hoogte

- Lager vloerpakket in vergelijking met andere vloersystemen.
- Door lagere vloerpakket is er een kosten besparing in de hoeveelheid geveloppervlak.
- Lager vloerpakket kan tot een extra verdieping leiden bij een maximaal gestelde hoogte van een gebouw.

Brand en geluid

- Brandwerendheid van 145 minuten.
- Eigenschappen geluidsisolatie Infra+ vloer Luchtgeluid + 10 dB en Contactgeluid $\geq + 10$ dB.

Installaties

- Installaties bereikbaar van bovenaf
- Doordat de installaties tussen dragende staalprofielen liggen wordt er op de vloer gewerkt; bij huidige bouwsystemen wordt er bij installeren van de installaties boven het hoofd gewerkt waardoor er tijd verloren gaat door het op en aflopen van trappen.

Uitvoering

- Vloerelementen hoeven niet onderstempelt te worden tijdens ruwbouw
- Vloer draagt bij aan stabiliteit gebouw door koppeling van vloerveld met draagconstructie.
- Productie vloer onder geconditioneerde omstandigheden
- Koppeling elementen door droge knooppunten

Kosten

- Toename van de effectiviteit van het bouwvolume vanwege het ontbreken van loze ruime boven verlaagd plafond.
- Kostenbesparing door vervallen van verlaagd plafond.

Flexibiliteit

- Hogere flexibiliteit gedurende de gebruiksfase.
- Levensduur van gebouw wordt vergroot door mogelijkheid herindeling of verandering van functie waarbij de draagconstructie en vloer wordt hergebruikt.
- Juridische schil ligt gelijk aan de betonschil

Milieu

- Hergebruik van elementen mogelijk door de droge koppeling.
- Bij sloop wordt het afval beperkt; staal in de vloer kan volledig gerecycled worden.

14.2 Nadelen Infra+ vloer

Vorbereiding

- Bij voorlopig ontwerp al de constructeur, installatie adviseur en staalleverancier betrekken zodat de partijen op elkaar in kunnen spelen. Installaties aan de hand van vuistregels opzetten en inpassen in de constructie
- Installateur adviseur zal de volledige installatie uit moeten tekenen om knelpunten te detecteren.
- Relatief nieuw product; de vloer is nog in ontwikkeling en er is nog weinig ervaring opgebouwd.

Brand en geluid

- Door lager gewicht kan er geen voordeel uit de massa gehaald worden omtrent de gestelde geluidseisen vanuit het Bouwbesluit; oplossing door akoestische ontkoppeling.
- Naden tussen vloerelementen moeten worden voorzien van brandwerende kit of mortel
- De staalconstructie moet worden voorzien van brandwerende bekleding, kolommen indien mogelijk vullen met beton.

Installaties

- Beperkte hoogte van de installaties door sparingen in de staalprofielen
- Installatie leidingen zullen in segmenten in de vloer aangebracht moeten worden.
- Mechanische ventilatie geschiedt vanuit de vloer naar boven; afwijkend systeem.
- Contactgeluid moet voorkomen worden, door bv, geluidsisolerende beugels.

Uitvoering

- Koppeling vloerelementen onderling en koppeling aan draagstructuur zorgt voor een grote hoeveelheid laswerkzaamheden
- Afbouw kan pas beginnen als de leidingen en de topvloer in de vloer gemonteerd zijn;
- Installateur moet ruimte en tijd krijgen om zijn werkzaamheden te voltooien.
- Voorzieningen treffen om veilig en snel over de stalen profielen te kunnen lopen door een looproute aan te brengen van plaatmateriaal.
- Bij toepassing klimaatplafond in betonschil rekening houden met de leidingen.
- Bij toepassing van de zwaluwstaartvloer in combinatie met een anhydriet afwerklaag zullen alle sparingen en gaten dichtgezet worden om te voorkomen dat de holle ruimte van de vloer vol loopt.
- Over het ophopen van vuil en het opruimen ervan moeten goede afspraken gemaakt worden met de betrokken partijen.

Kosten

- Kostprijs vloer is hoger dan traditionele vloersystemen.
- Prefab Limburg is de enige partij die de vloer aanbiedt op de markt waardoor er de prijs vaststaat.
- De topvloer, zwaluwstaart of cementgebonden vezelplaat, heeft een hogere kostprijs dan een cementdekvloer bij toepassing van een breedplaatvloer.
- Akoestische maatregelen; loskoppeling stramienen en topvloer zijn kostenverhogend.

Flexibiliteit

- Bij toepassing van een zwaluwstaartvloer kun je niet meer zo makkelijk bij de installaties komen
- Cementgebonden vezelplaten worden vastgeschroefd op omega profielen; te openen stroken opnemen om in de vloer te komen
- De flexibiliteit is nog niet bewijzen in de praktijk

14.3 Conclusie Infra+ vloer

De Infra+ vloer voldoet met toepassing van akoestische middelen en brandbescherming aan de eisen van het bouwbesluit. De vloer heeft een lager gewicht, ten opzichte van bv. de breedplaat- en de kanaalplaatvloer, wat een voordeel kan zijn voor de zwaarte van de draagstructuur en fundering.

Het geringe vloerpakket verlaagt de kosten voor het geveleppervlak, de kostprijs van de vloer zelf is echter hoger dan traditionele vloeren wat een terughoudendheid oplevert om de vloer toe te passen.

De toepassing van de Infra+ vloer draagt bij aan een langere levensduur van een gebouw door hergebruik van de draagconstructie en bij sloop is het toegepaste staal volledig recyclebaar.

In mijn ogen heeft de vloer een toekomst als toepassing in de utiliteitsbouw, de sociale woningbouw en kantorengebouwen waar bedrijven groeimogelijkheden of veel verbouwingen voorzien. De opdrachtgever moet wel de intentie hebben om de toepassingen van de vloer te benutten en bereid zijn om een hogere kostprijs te betalen.

Echter het feit dat de vloer nog niet volledig ontwikkeld is en zijn mogelijkheid tot flexibiliteit nog niet voldoende bewezen heeft ben ik van mening dat er meer terugkoppeling van de opgedane ervaringen moet komen. Deze terugkoppeling moet ertoe leiden dat de inpassing van de installaties in de vloerconstructie eenvoudiger wordt door een vloer aan te bieden met een vast patroon met standaard oplossingen. Om toekomstige leidingen en nieuwe indelingen een plaats te geven in de vloer zullen er extra sparingen en ruimte opgenomen moeten worden. Met een seriematig opgezet sparingspatroon zijn loze sparingen aanwezig en kunnen de productiekosten van de vloer worden verlaagd.

De personen en bedrijven die ik bij mijn interviews heb betrokken hebben de vloer toegepast bij bijzondere projecten waarbij niet alleen de vloer gold als noviteit, maar ook de toepassing van nieuwe systemen zoals; volledige prefab gevels, IFD bouwen, woontoren opgebouwd met staal en betonkernactivering. Deze elementen zijn allemaal in ontwikkeling waarbij de toepassing in deze projecten bij zullen dragen aan het leerproces van deze systemen.

Om de flexibiliteit van de vloer te benutten moeten er verwijderbare stroken in de vloer worden opgenomen om het leidingverloop aan te passen. Leidingen kunnen in kabelgoten bovenop de staalprofielen worden aangebracht met erboven een uitneembaar luik waarbij de vloerbedekking niet in de weg mag zitten.

De echte flexibiliteit van de vloer komt pas naar boven bij een volledige herindeling van een etage of een compleet gebouw waarbij de volledige topvloer wordt verwijderd om het leidingverloop aan te passen. Bij kleinere verbouwingen kunnen de traditionele systemen een gelijkwaardig resultaat behalen.

De keuze om te kiezen voor de Infra+ vloer heeft als voorwaarde dat de opdrachtgever of aannemer zich onderscheidt van de massa en zich bewust is van het feit dat men duurzamer moet bouwen. Men zou er verstandig aan doen om de Infra+ vloer nog een paar jaar te tijd te gunnen om zich verder te ontwikkelen en te bewijzen. De ervaringen die in deze periode worden opgedaan in combinatie met eerdere ervaringen zullen bijdragen aan een vloeiend verloop van voorbereiding en uitvoering van de Infra+ vloer.