

TOOLKIT Slimbouwen®

Handvat voor samenwerking en integratie

VOORWOORD	5
1. INLEIDING OP SLIMBOUWEN®	6
2. GEBRUIK VAN DE TOOLKIT	7
3. DE VIJF BASISPRINCIPES	8
4. CASCOPRINCIPE	9
4.1 DRAGENDE ELEMENTEN IN GEBRUIKSRUIMTE	9
4.1.1 SCHIJVENPRINCIPE	9
4.1.2 KOLOMMEN- EN BALKENPRINCIPE	9
4.1.2.1 BETON	10
4.1.2.2 STAAL	10
4.1.2.3 HOUT	11
4.2 GEEN DRAGENDE ELEMENTEN IN GEBRUIKSRUIMTE	11
KEUZEMATRIX CASCOPRINCIPE	12
5. GEVELPRINCIPE	14
5.1 ENKELVOUDIG GEVELPRINCIPE	14
5.1.1 ENKELVOUDIG GEVELPRINCIPE ZONDER ZONWERING	14
5.1.2 ENKELVOUDIG GEVELPRINCIPE MET ZONWERING	14
5.2 DUBBEL GEVELPRINCIPE	15
5.2.1 KLIMAATRAAM	15
5.2.2 KLIMAATGEVEL	15
5.2.3 TWEEDE-HUIDFAÇADE	15
5.2.4 GEÏNTEGREERD GEVELPRINCIPE	15
KEUZEMATRIX GEVELPRINCIPE	17
6. KLIMAAT-, INSTALLATIEPRINCIPE	18
6.1 NATUURLIJK PRINCIPE	18
6.2 DUURZAAM PRINCIPE	19
6.3 GECONDITIONEERD PRINCIPE	19
6.4 COMBINATIEPRINCIPE	20
KEUZEMATRIX KLIMAAT-, INSTALLATIEPRINCIPE	21
7. INBOUWPRINCIPE	22
7.1 MONOLIETPRINCIPE	22
7.2 INBOUWPRINCIPE	22
7.3 SYSTEEMPRINCIPE	22
7.4 MEUBELPRINCIPE	22
KEUZEMATRIX INBOUWPRINCIPE	24



Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever (VMRG, Nieuwegein).

Hoewel aan de totstandkoming van dit werk met de grootste zorg is gewerkt, aanvaardt de VMRG geen enkele aansprakelijkheid voor de gevolgen van eventuele onjuistheden, fouten e.d., behoudens die welke te wijten zijn aan opzet of grove schuld.

8.	ORGANISATIEPRINCIPE	25
8.1	INLEIDING	25
8.2	ORGANISATIEVORM	26
8.3	EISEN AAN DE ORGANISATIE EN INSTRUMENTEN	26
8.4	SLIMBOUWEN® ALS CONTEXT VOOR SLIMBOUWEN	27
8.5	UITWERKING	28
	LITERATUURLIJST	29

VOORWOORD

De bouw maakt een veranderingsproces door. Dat is ook noodzakelijk, want de maatschappelijke schade die de bouw veroorzaakt is niet langer houdbaar. Of het nu om transport, CO₂-emissie, energieverbruik, afval of bedrijfsongevallen gaat; de bouw heeft er stevast een groot aandeel in. Als reactie daarop is Slimbouwen® ontwikkeld. Behalve het terugdringen van maatschappelijke schade is Slimbouwen® ook gericht op het realiseren van een efficiënter bouwproces en het beperken van bouwkosten en exploitatielasten. Om de bouw te winnen voor deze nieuwe aanpak is het noodzakelijk een instrumentarium te maken. Slimbouwen® is namelijk een strategie die sturing nodig heeft. De voor u liggende Toolkit Slimbouwen® is met name bedoeld om het ontwerpproces te ondersteunen en is dus van belang voor ontwerpers en voor bij de bouwvoorbereiding betrokken partijen. Het hart van de Toolkit vormt de keuzecirkel. Deze is toegankelijk, eenvoudig te raadplegen en verwijst naar de inhoud van de Toolkit.

De Toolkit Slimbouwen® is een groeiend instrument. Door het gebruik zal de Toolkit verbeterd worden en zal de waarde toenemen. De makers van de Toolkit staan open voor alle vormen van commentaar. Er wordt gestreefd naar een gebruiksvriendelijk instrument met zo veel mogelijk toegevoegde waarde voor alle gebruikers.

De Toolkit Slimbouwen® is tot stand gekomen door medewerking van onderstaande personen.

Mw. J. Batterink, VMRG

Dhr. Drs. J. Biesheuvel, Nehem KMC

Dhr. Ir. H.A.J. van Dartel, KCG

Dhr. Prof. Dr. Ir. J.J.N. Lichtenberg, Technische Universiteit Eindhoven

Dhr. Ing. G.J.J. Lieverse, VMRG

Dhr. Ir. F. van Nieuwamerongen, Boosting

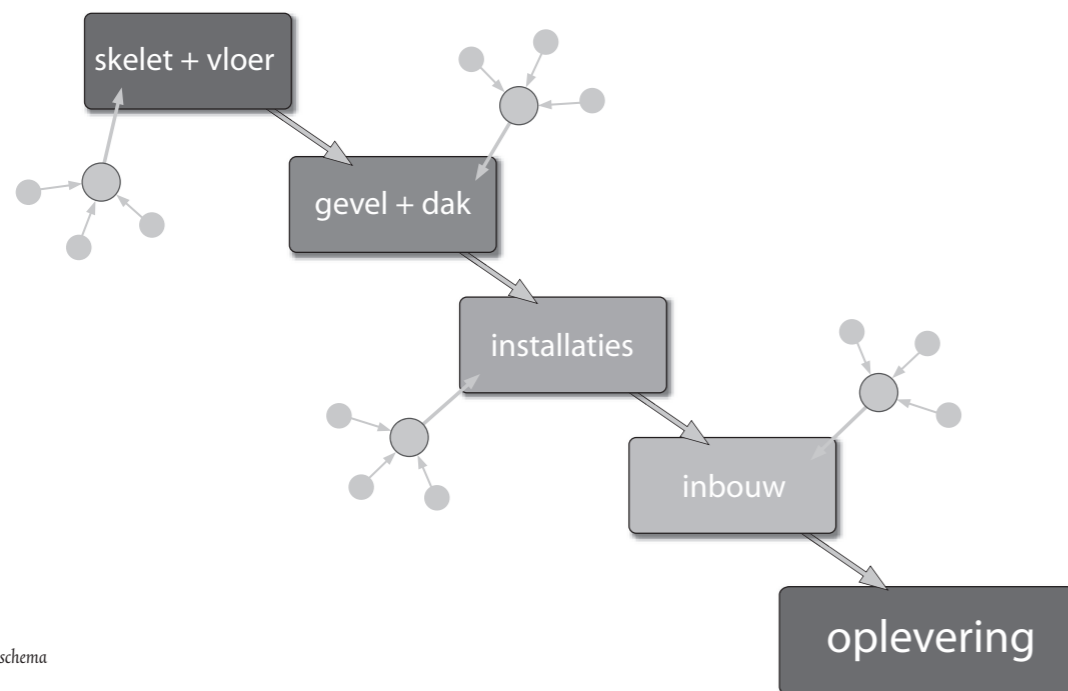
Dhr. Ir. O.T.H. van Panhuys, KCG

“Laat de Toolkit Slimbouwen® een handvat zijn voor samenwerking en integratie”

1 INLEIDING OP SLIMBOUWEN®

Slimbouwen® is geen systeem. Het is eigenlijk een strategie, een ontwerpbenadering, een denktrant. Slimbouwen® is gericht op ontrafeling en herordening van het bouwproces. In het traditionele bouwen zijn de leidingen dermate verknoopt met de bouwkundige delen, dat daardoor totaal niet meer gesproken kan worden van een efficiënt proces. De afbouw verloopt doorgaans chaotisch en de faalkosten kunnen daardoor hoog oplopen. Die verknoping leidt ook tot restricties ten aanzien van de flexibiliteit voor de gebouwgebruiker en gebouw eigenaar. Slimbouwen® is in het bijzonder gefocust op het ontkoppelen en heronderbrengen van leidingen. Door die ontkoppeling is het mogelijk het bouwproces te ontleden in bouwdeel gekoppelde subprocessen, zoals het casco, de omhulling, de installaties en de inbouw (figuur 1). Cruciaal hierbij is dat niet meer de ambacht georiënteerde organisatie (metselwerk, timmerwerk, vlechtwerk, etc.) leidend is, maar dat het bouwdeel centraal komt te staan.

De genoemde subprocessen zijn nog verder onder te verdelen. Zo kan bijvoorbeeld de omhulling worden verdeeld in dak en gevel en de installaties in E-installaties en W-installaties. De bouwdeel georiënteerde subprocessen kunnen elk als cluster worden uitbesteed aan één subcontractor. De organisatie daarbij is dusdanig dat deze subcontractor qua planning en uitvoering nagenoeg onafhankelijk is van de andere subcontractors. Daarnaast is een doelstelling van het Slimbouwen® om gebouwen met aanzienlijk minder materiaal en volumegebruik te realiseren. Dat levert geld op, maar is ook gunstig voor het milieu. Het streven is dus ook om lichter en slanker te bouwen.



Figuur 1: Stappenschema

De voordelen van het Slimbouwen® voor ontwerpers zijn:

- meer regie bij de ontwerper;
- meer controle over het bouwproces;
- afwijkingen op het ontwerp zijn in de voorbereiding besproken, daarna geen onaangename verrassingen en improvisatie;
- meer mogelijkheden door innovatie;
- meer ruimte en aandacht voor de vormbepalende elementen (gevel, afbouw);
- lagere bouwkosten door efficiency;
- meer kwaliteit en tevreden gebruikers en/ of opdrachtgevers;
- de ontwerper levert een wezenlijke bijdrage aan een duurzame gebouwde omgeving.

2 GEBRUIK VAN DE TOOLKIT

Bouwen is steeds complexer geworden met meer technieken en meer betrokken partijen. Veel van de keuzes voor techniek, structuur en uitvoeringswijzen worden voor een groot deel bepaald in de beginfase van het ontwerptraject. Slimbouwen® betekent een andere werkwijze met een andere samenwerkingsvorm dan de reguliere bouwpraktijk. Ontwerpers, architecten en constructeurs ontberen vaak de kennis of de behoefte om in dit vroege stadium naast de reguliere taken van ruimtelijke, functionele en financiële aspecten na te denken over techniek en bouwsystematiek. Ze zullen daarom moeilijk te verleiden zijn een andere werkwijze te gebruiken.

De Toolkit is bedoeld voor ontwerpers en ondernemers die de voordelen van Slimbouwen® onderkennen en in een vroeg stadium een praktische leidraad zoeken. De Toolkit geeft inzicht in de keuzemogelijkheden van bouwsystemen met de samenhangende disciplines. Met de Toolkit kan de ontwerper zijn ambities bepalen en kiezen uit een aantal basisprincipes. Aan deze basisprincipes is informatie gekoppeld over het systeem, de eigenschappen en de aandachtspunten. Op deze manier krijgt de ontwerper meer inzicht in de mogelijkheden en toepassingsgebieden van de te kiezen basisprincipes. Tijdens het maken van een gefundeerde keuze voor een basisprincipe of een onderdeel daarvan, zal hoogstwaarschijnlijk naast de Toolkit aanvullende informatie noodzakelijk zijn. De ontwerper zal zich dan moeten richten tot de desbetreffende discipline (installateur, gevelbouwer of constructeur) en op die manier zal samenwerking en integratie op gang komen. Naast ontwerpers kan de Toolkit ook zijn nut bewijzen voor de geïnteresseerde, professionele opdrachtgever.

Het hart van de Toolkit bestaat uit de keuzecirkel (figuur 2). Daarin staan overzichtelijk alle basisprincipes weergegeven. In één oogopslag zijn snel en eenvoudig keuzes te maken. De keuzecirkel dient vroeg in het ontwerpproces op tafel te worden genomen. De keuzes voor de toe te passen basisprincipes worden ondersteund door de Toolkit. Indien aan de hand van de keuzecirkel een keuze wordt gemaakt voor een bouwdeel is de Toolkit te gebruiken om extra informatie te weten te komen over de keuze die gemaakt is. De afzonderlijke principes zijn voorzien van karakteristieke eigenschappen en kengetallen, welke de keuzes dienen te vereenvoudigen. Na het vastleggen van de basisprincipes volgt uiteraard verdere uitwerking. Die laatste stap wordt met de Toolkit niet ondervangen.

3 DE VIJF BASISPRINCIPES

De opbouw van de Toolkit bestaat uit vijf basisprincipes;

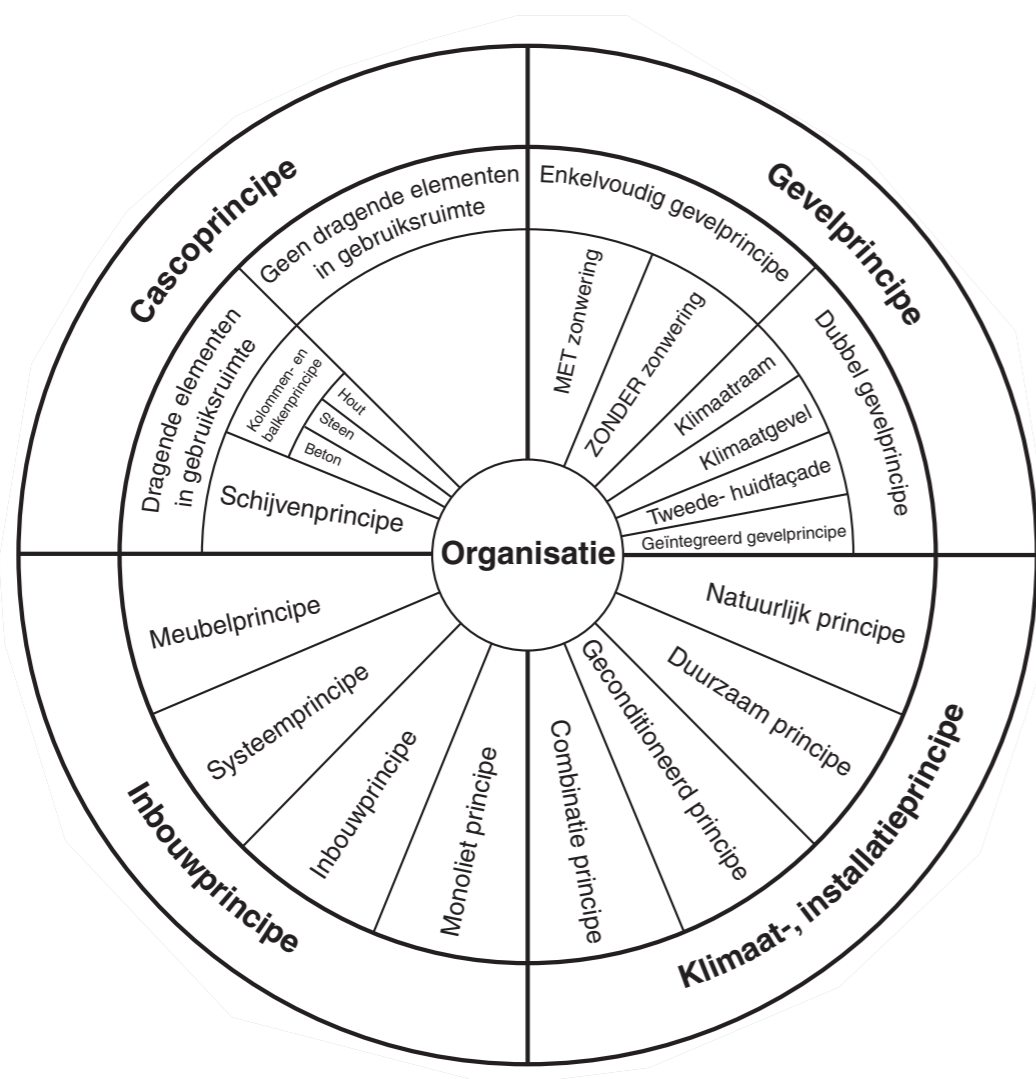
1. Cascoprincipe
2. Gevelprincipe
3. Klimaat-, installatieprincipe
4. Inbouwprincipe
5. Organisatieprincipe

De eerste vier principes komen overeen met het sequentieel processchema, zoals in figuur 1 is afgebeeld. Het organisatieprincipe betreft geen stap in het proces, maar heeft betrekking op de organisatie daarvan.

Tijdens het ontwerpen wordt meestal vertrokken vanuit een Programma van Eisen (PvE) en een schetsontwerp of voorlopig ontwerp (V.O.). Dit ontwerp bevat een ruimteplan en is deels afgestemd op de eerste uitingen en bevindingen van de opdrachtgever.

De eerste technische keuzes die worden gemaakt zijn gericht op het cascoprincipe, het gevelprincipe en het klimaat-, installatieprincipe. Deze drie principes hangen onderling sterk samen. Zo kan het casco de leidinginfrastructuur faciliteren en een bijdrage aan de klimatisering leveren door massa, maar ook door bouwdeelactivering. Dat gevel en klimaat samenhangen behoeft geen uitleg. De gevel is immers de scheiding tussen het buiten- en het binnenklimaat. Voor de keuzes bestaan geen standaard recepten die altijd opgaan. De te maken afwegingen zijn altijd afhankelijk van het specifieke project en het PvE van de opdrachtgever.

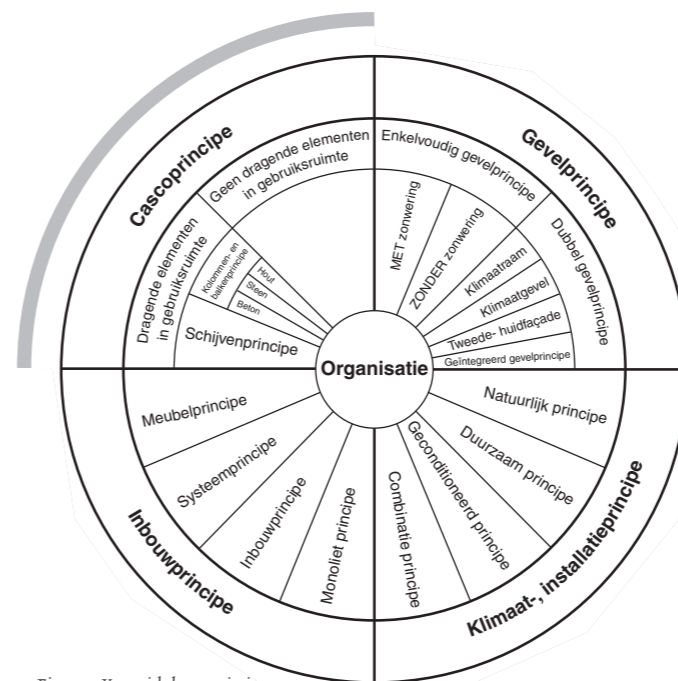
In onderstaande keuzecirkel (figuur 2) zijn de basisprincipes weer gegeven. Middels het combineren van deze principes kan men ontwerpen en ontstaat een integraal ontwerpproces. In de navolgende hoofdstukken staan de basisprincipes uit deze cirkel verwoord en worden de kenmerken en kengetallen gegeven. Dit vereenvoudigt de ontwerper bij het maken van de juiste keuzes. Voor de organisatie zijn echter geen duidelijke principes aan te geven. Dit onderdeel zal daarom in een apart hoofdstuk toegelicht worden.



Figuur 2: Keuzecirkel

4 CASCOPRINCIPE

Vanuit flexibiliteitsvragen is het van belang om het schetsontwerp te toetsen aan veranderingsscenario's. Dit kan door verschillende optionele plattegronden over elkaar te projecteren en daaruit te destilleren op welke plaatsen de permanente delen (bijvoorbeeld schijven, kolommen en ook leidingkokers) geplaatst mogen worden. In het algemeen geldt: hoe minder obstakels hoe flexibeler de plattegronden. We kunnen onderscheid maken in een tweetal basisprincipes met betrekking tot het casco van een gebouw. We onderscheiden het principe waarbij de dragende elementen zich in het gebruiksooppervlak bevinden en het principe waarbij er zich geen dragende elementen in het gebruiksooppervlak bevinden. Een groot verschil tussen beide principes is de mate van vrije indeelbaarheid van de plattegrond. In figuur 3 is zichtbaar welk deel van de keuzecirkel van toepassing is op dit hoofdstuk uit de Toolkit. Bovendien is aan het eind van dit hoofdstuk een tabel met kengetallen opgenomen.



Figuur 3: Keuzecirkel cascoprincipe

4.1 Dragende elementen in gebruikruimte

Indien gekozen wordt voor een constructie waarbij gebruik gemaakt wordt van dragende elementen in de gebruikruimte, heeft dit hoogstwaarschijnlijk consequenties voor de indeling van het gebouw. Niet alleen voor de indeling van de plattegrond, maar ook voor de wijze waarop de indeling van de installaties zal plaatsvinden. Deze manier van construeren kunnen we splitsen in een tweetal principes. Ten eerste een principe waarbij gebruik wordt gemaakt van dragende wanden, het schijvenprincipe. Ten tweede een principe met de toepassing van dragende kolommen

en balken, het kolommen- en balkenprincipe. Beide principes zullen in de volgende paragrafen verder uitgewerkt worden.

4.1.1 Schijvenprincipe

Het schijvenprincipe moet gezien worden als een cascoprincipe waarbij de stabiliteit gehaald wordt uit diverse schijven in verschillende richtingen. De schijven hebben vaak een duidelijke plaats in de plattegrond en kunnen een beperking van de vrije indeelbaarheid van de plattegrond tot gevolg hebben.



Karakteristieke eigenschappen

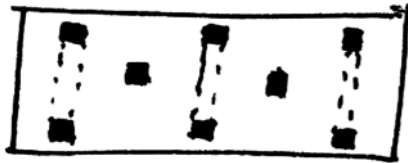
- veel constructief materiaal/ m²;
- beperkingen aan doorvoeringen van installaties i.v.m. reductie buigstijfheid;
- korte bouwtijd (prefab is een overweging);
- dragende wanden worden vaak geïntegreerd in vaste wanden in de plattegrond: naast trappenhuisen, rondom toiletgroepen, als eindgevels;
- stabiliteit loodrecht op de schijven niet vanzelf gewaarborgd;
- wanden kunnen samengevoegd worden tot een kern;
- minimaal 3 stabiliteitswanden toepassen; minimaal 2 stabiliteitswanden in de richting van de grootste windbelasting; de stabiliteitswanden mogen elkaar niet in één punt snijden;
- gewicht per m² vloeroppervlak is afhankelijk van de h.o.h. maat van de wanden en de dikte van wand en vloer.

Kengetallen

- minimale dikte: 150 mm;
- bij woningscheidende wand: dikte benodigd voor wettelijke geluidisolatie: ca. 250 mm;
- bij woningscheidende vloer: benodigde dikte: 300 mm of 200 mm + zwevende dekvloer. Dat kan met een massieve vloer, maar binnen die maat is binnen de geluidsnorm ook een leidingvloer te realiseren met een flexibel opgelegde topvloer.

4.1.2 Kolommen- en balkenprincipe

Het kolommen- en balkenprincipe bestaat altijd uit een combinatie van kolommen en vloeren, kolommen en balken en vloeren, maar kan ook uit portalen bestaan. De ontwerper kan iedere gewenste positie van de kolommen kiezen. In de huidige architectuur worden kolommen regelmatig op een onregelmatig grid geplaatst en niet direct boven elkaar. De vrijheidsmogelijkheden blijken hierin groot te zijn. Binnen dit principe is de keuze voor het materiaal erg belangrijk. In onderstaande paragrafen zullen de materialen beton, staal en hout nader bekeken worden.



4.1.2.1 Beton

Karakteristieke eigenschappen

- grote flexibiliteit in inrichting en installatie;
- gering materiaalgebruik constructie;
- kritische factoren voor dimensionering: knik en bezwijken op druk;
- kolommen momentvast verbonden met balken vormen portalen;
- in situ gestort met behulp van speciale of standaard bekistingen;
- prefab aangeleverd en gemonteerd in de bouw;
- grote overspanningen mogelijk;
- hoge thermische massa van de betonnen vloeren;
- bij prefabricage een snelle bouwtijd;
- onderhoudsgevoelig;
- grote constructieve afmetingen, groot eigen gewicht.

Kengetallen

- h.o.h.-afstand: 6-10 m² met uitschieters tot 20 m²;
- veel voorkomende vloerdikte of balkhoogte: bij een overspanning van 7,2 m² is de vloerdikte 240-280 mm en de balkhoogte 720 mm.

Tabel 1

Vloeren	Veel voorkomende dikte (mm)	Gebruikelijke overspanning (m ²)	Montagetijd (per m ²)
Massieve vloer	150 - 200	4,5 - 9	0,49 - 0,65
Kanaalplaatvloer	120 - 400	3,5 - 15	0,06 - 0,10
Ribcassette vloer	290 - 365	6 - 7,5	0,15
PS isolatie vloer	200 - 230	5 - 5,5	0,12
Staalplaatbeton -vloer	100 - 150	2 - 4	
Cellenbetonplaat -vloer	100 - 300	< 6	0,18
Infra+ vloer	180 - 470	4,5 - 14,4	
Bekistingplaatvloer	100 - 300	3 - 7	0,33

Rekenvoorbeeld

kolom 250 x 250 h.o.h. 7200 mm
 ligger 250 x 720 h.o.h. 7200 mm
 massieve vloer dik 250 mm
 gebouwdiepte 12 m².
 kolomhoogte 1880 mm
 = gewicht 740 kg/m²

Bouwproductvoorbeelden

Prefab betonkolom, hoogte 3000 mm, 4-zijdig schoonwerk

Tabel 2

Afmeting (mm) (vierkant)	Montage (manuren)
200	0,70
230	0,70
250	0,70
300	0,70

Gestorte kolom, hoogte 3000 mm, wapening 90 kg/m³, multiplex bekisting

Tabel 3

Afmeting (mm) (vierkant)	Montage (manuren)
200	5,88
300	6,69
400	7,95

Liggers

Tabel 4

Type	Afmeting (mm)
i.h.w. gestort	400x600
i.h.w. gestort	200x600

4.1.2.2 Staal

Karakteristieke eigenschappen

- grotere flexibiliteit in inrichting en installatie;
- gering materiaalgebruik constructie;
- beperkingen aan doorvoeringen van installaties i.v.m. reductie buigstijfheid;
- kritische factoren voor dimensionering: knik en bezwijken op druk;
- kolommen momentvast verbonden met balken vormen portalen;
- snelle bouwtijd;
- flexibel in gebruik, uitvoering en aanpassing;
- grote overspanningen met relatief kleine afmetingen;
- gering gewicht;
- grote mate van hergebruik materiaal en elementen;
- brandbeschermende maatregelen noodzakelijk (niet in alle gevallen);
- corrosie gevoelig;
- gevoelig voor temperatuurwisselingen;
- onderscheid in open en gesloten profielen;
- verbindingen bij open profielen zijn eenvoudiger te realiseren dan bij gesloten profielen;
- grotere torsiestijfheid bij gesloten profielen.

Kengetallen

- staalplaatbetonvloer: vloerdikte= 1/30 * overspanning;
- overspanning max. 7,5 m².

4.1.2.3 Hout

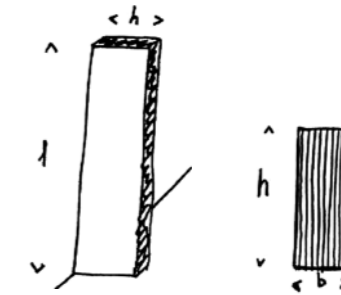
Karakteristieke eigenschappen

- grotere flexibiliteit in inrichting en installatie;
- constructie met grote afmetingen;
- beperkingen aan doorvoeringen van installaties i.v.m. reductie buigstijfheid;
- kritische factoren voor dimensionering: knik en bezwijken op druk;
- kolommen momentvast verbonden met balken vormen portalen;
- korte bouwtijd, weersafhankelijk (let wel op met vocht);
- milieuvriendelijk;
- licht van gewicht;
- onderhoudsgevoelig;
- grote weerstand tegen brand;
- grote overspanningen mogelijk met gelamineerde liggers;
- goede akoestische en thermische eigenschappen;
- kritische factoren: bezwijken op druk en knik.

Kengetallen

- gelamineerde kolom:
 - verhouding hoogte (h) en breedte (b) van de doorsnede van de kolom (afmetingen): ca. 2 à 3;
 - verhouding hoogte (h) en lengte (l) kolom (afmetingen): ca. 14 - 18;

- massieve houten kolom:
 - verhouding hoogte (h) en lengte (l) kolom (afmetingen): ca. 18 - 20.



Rekenvoorbeeld

hout (K17) = 550 kg/m³ & multiplex = 700 kg/m³
 gebouwdiepte 12 m
 h.o.h. afstand liggers 5 m².
 houten vloer (60 m²)
 houten balken: 1,166m³ 641 kg 10,7 kg/m²
 multiplex dik 22mm: 1,32 m³ 924 kg 15,4 kg/m²
 (gelamineerde) liggers 200 x 600 mm 792 kg 13,2 kg/m²
 kolommen 200 x 200 mm (hoogte 2 m.) 132 kg 2,2 kg/m²
 = gewicht 41,5 kg/m²

4.2 Geen dragende elementen in gebruikruimte

Indien gekozen wordt voor een constructie waarbij geen gebruik gemaakt wordt van dragende elementen in de gebruikruimte, heeft de constructie weinig consequenties voor de indeling van het gebouw. Niet alleen voor de indeling van de plattegrond, maar ook voor de wijze waarop de indeling van de installaties zal plaatsvinden. Ook installaties kunnen bij dit cascoprincipe met vrijwel ieder concept toegevoegd worden. De constructie zal zich bij dit principe moeten bevinden in de gevelzone van het gebouw en kan bestaan uit kolommen, schijven, dragend gevelelement etc. Alle constructieconcepten zijn mogelijk indien de gebruiksoverlappende maar vrij van constructie-onderdelen blijft. De consequentie hiervan is dat de vloer als regel zwaarder is gedimensioneerd en dat ook de kolommen of dragende gevels, minder in getal, zwaarder worden uitgevoerd.



Karakteristieke eigenschappen

- constructievrije vloeren;
- maximale vrijheid voor het interieur;
- beperkingen voor de gevelindeling;
- enkel- of dubbelschalige gevel;
- gevel kan horizontale stabiliteitsfunctie hebben;
- vaak combinatie van stalen kolommen met gevelvulling;
- kritische factoren voor dimensionering: knik, verbindingen, spanning t.g.v. transport en montage.

Rekenvoorbeeld

gewicht gewapend beton 2640 kg/m³

gebouwdiepte 12 m¹

verdiepingshoogte 3,5 m¹

een dragende gevel van 1,0 meter breed weegt:

2 (0,2 * 3,5 * 1) = 2 * 0,7 m³ 3696 kg 308 kg/m²

kanaalplaatvloer K400 (5 kN/m²) 6000 kg 500 kg/m²

= gewicht constructieprincipe 808 kg/m²

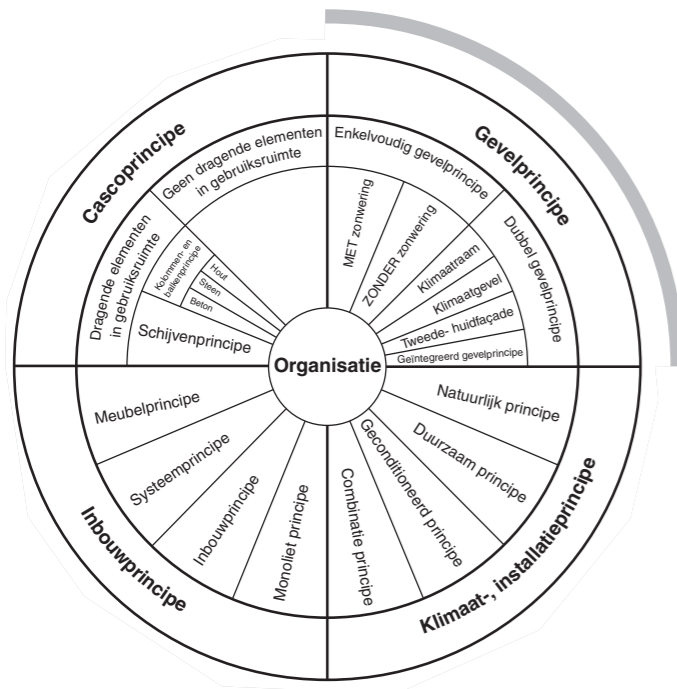
Opmerking: in het geval van woningen komt bij de kanaalplaatvloer een zwevende dekvloer of gaat het vloergewicht naar 800 kg/m².

Keuzematrix Cascoprincipe

Code	Omschrijving (verkorte aanduiding)	Gebruikelijke overspanning balken / vloeren		Gebruikelijke hoogte	Lengte-dikte vernouding kolommen	Gebruikelijke vloerdikte	Gebruikelijke balkhoogte	Hoogte-lengte vernouding vloer/ligger	Max. afmetingen	Prijsindicatie
		woningbouw	utiliteitsbouw							
4	CASCOPRINCIPE									
4.1	Dragende elementen in gebruikruimte	6 à 7 m (bijv. breedplaatvloer)	12 m (bijv. kanaalplaatvloer)	tot 4 m (vanden)	18 tot 25	240 - 280 mm				
	4.1.1. Schijvenprincipe	4 tot 12 m		tot 4 m (kolommen)	6 tot 20	l/h = 30 à 35	l/h,4 = h.o.h./26			
	4.1.2. Kolommen en balken principe	4 tot 12 m		tot 4 m (kolommen)	18 tot 28	100 - 150 mm	100 - 500 mm	h/l = 1/26 (ligger)		
		2 tot 5 m (gelamineerd 6 tot 15 m)		tot 4 m (kolommen)	14 tot 20	200 - 275 mm	200 - 275 mm	h/l 1/20 (ligger)		
4.2	Geen dragende elementen in gebruikruimten	3.6 - 7.2 m (max. 14.4)		2.8 tot 3.0 m		420 - 470 mm		h/l 1/25 (vloer)	tot 15 m (transport)	

GEVELPRINCIPE

In de V.O. fase bestaat er bij de ontwerper al een beeld over de gewenste uitstraling van de gevel. In ieder geval is er al onderscheid te maken tussen gesloten en transparante delen. De ontwerper kan daarbij al een keuze maken voor het gevelprincipe dat hij wil toepassen binnen het ontwerp. Het gevelprincipe dient benaderd te worden aan de hand van de combinatie-mogelijkheid met installaties. We maken daarbij onderscheid tussen gevelconcepten zonder installaties, gevelconcepten met klimaatinstallaties en gevelconcepten waarin alle installaties geïntegreerd zijn (zowel klimaatinstallaties als elektra/ data etc.). Deze verschillende principes zijn in figuur 4 in de keuzecirkel aangegeven en zullen in de volgende paragrafen toegelicht worden.



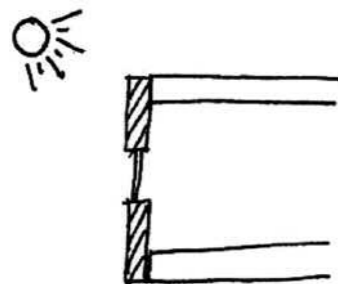
Figuur 4: Keuzecirkel gevelprincipe

5.1 Enkelvoudig gevelprincipe

Het enkelvoudig gevelprincipe kan worden gekenmerkt door een zeer beperkte mate van techniek en integratie van installaties. We kunnen binnen het enkelvoudig gevelprincipe onderscheid maken tussen een enkelvoudige gevel zonder zonwering en met zonwering. Deze beide principes zullen hierna toegelicht worden.

5.1.1 Enkelvoudig gevelprincipe zonder zonwering

- Karakteristieke eigenschappen
- eenvoudige constructie;
 - relatief goedkoop;
 - makkelijk om te openen ramen te integreren;



- diverse mogelijkheden in gevelbekleding/ uiterlijk;
- uitvoering mogelijk in diverse samenstellingen;
 - lichte gevel, frame en invulling principe;
 - lichte gevel, sandwichprincipe;
 - skeletbouw binnenblad met lichte buitenafwerking (timmerwerk, plaatmateriaal);
 - skeletbouw binnenblad met steenachtige buitenafwerking (baksteen, natuursteen, stuc);
 - zwaar binnenblad (steen, prefab beton) met lichte buitenafwerking (timmerwerk, plaatmateriaal);
 - zwaar binnenblad (steen, prefab beton) met steenachtige buitenafwerking (baksteen, natuursteen, stuc).

Kengetallen

- gewicht;
 - gewicht van glas: 2,5 kg/m²/mm dikte
- gebruikelijke dikte;
 - traditionele spouwconstructie: 320 mm
 - houten kozijn: ca. 67 x 114 mm
 - vliesgevel: ca. 70 - 250 mm

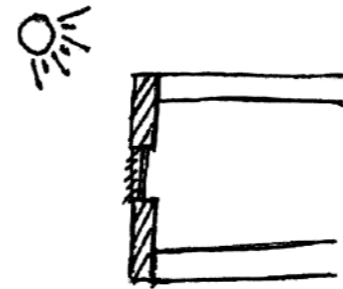
5.1.2 Enkelvoudig gevelprincipe met zonwering

- Karakteristieke eigenschappen
- zonwering kan zowel binnen, buiten en in de gevel toegepast worden;
 - te openen ramen te integreren;
 - klimaatscheidende functie (binnen vs. buiten);
 - diverse mogelijkheden in gevelbekleding/ uiterlijk;
 - uitvoering mogelijk in diverse samenstellingen;

- lichte gevel, frame en invullingprincipe;
- lichte gevel, sandwichprincipe;
- skeletbouw binnenblad met lichte buitenafwerking (timmerwerk, plaatmateriaal);
- skeletbouw binnenblad met steenachtige buitenafwerking (baksteen, natuursteen, stuc);
- zwaar binnenblad (steen, prefab beton) met lichte buitenafwerking (timmerwerk, plaatmateriaal);
- zwaar binnenblad (steen, prefab beton) met steenachtige buitenafwerking (baksteen, natuursteen, stuc).

Kengetallen

- gewicht;
 - gewicht van glas: 2,5 kg/m²/mm dikte
- gebruikelijke dikte;
 - traditionele spouwconstructie: ca. 320 mm
 - houten kozijn: ca. 67 x 114 mm
 - vliesgevel: ca. 70 - 250 mm

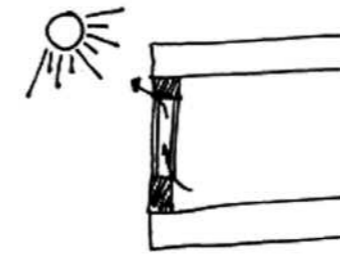


5.2 Dubbel gevelprincipe (met alleen klimaatinstallaties)

Een dubbele gevel kan in verschillende vormen uitgevoerd worden. Grofweg maken we onderscheid in drie soorten dubbele gevels; de tweede-huid-gevel, de klimaatgevel en het klimaatraam. Al deze typen zijn gebaseerd op het feit dat ze een klimaatregulerende functie hebben. Klimaatinstallaties worden vanaf het ontwerp meegenomen in het gevelconcept.

5.2.1 Klimaatraam

Een klimaatraam bevat een geïsoleerd buitenblad en een ongeïsoleerd binnenblad. Tussen het binnen- en buitenblad (ter plaatse van de doorzichtigdelen) bevindt zich een brede spouw waarin zonwering is aangebracht. De spouw wordt verbonden met de luchttoevoer en afzuiging. In de winter zorgt de warmte uit de afgezogen vertrekruimte voor een kunstmatige verhoging van de temperatuur van het binnenspouwblad (hetgeen comfortabel is). De meeste klimaatramen hebben voorzieningen om convectieve zonnwarme opnieuw te gebruiken. De lucht wordt afgezogen en langs een warmtewisselaar geleid. Een belangrijk kenmerk van een klimaatraam is dat er geen verwarmingseenheid bij de gevel nodig is.



Karakteristieke eigenschappen

- dubbel raam, waarbij het raam onderdeel is van de luchtinstallatie (meestal afvoerkanaal);
- geïsoleerd buitenblad, ongeïsoleerd binnenblad;
- zonreguleringsvoorziening in luchtspouw;
- geen koudeval;
- warmteterugwinning mogelijk;
- te openen ramen moeilijk realiseerbaar;
- exploitatiekosten kunnen lager zijn dan passieve gevels.

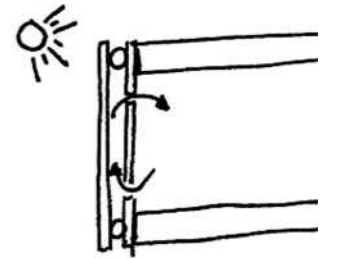
Kengetallen

- de oppervlakte temperatuur van het binnenraam dient gelijk te zijn aan de vertrektemperatuur met een maximale afwijking van 4° C.

5.2.2 Klimaatgevel

Een klimaatgevel bevat een geïsoleerd buitenblad en een ongeïsoleerd binnenblad. Tussen het binnen- en buitenblad (ter plaatsen van de doorzichtigdelen) bevindt zich een brede spouw waarin zonwering is aangebracht. De spouw wordt verbonden met de luchtinvoer en afzuiging. In de winter zorgt de warmte uit de afgezogen vertrekruimte voor een kunstmatige verhoging van de temperatuur van het binnenspouwblad (hetgeen comfortabel is). De meeste klimaatgevels hebben voorzieningen om convectieve zonnwarme opnieuw te gebruiken. De lucht wordt afgezogen en langs een warmtewisselaar geleid. Een belangrijk kenmerk van een klimaatgevel is dat er geen verwarmingseenheid bij de gevel nodig is (geen koudeval)

- Karakteristieke eigenschappen
- dubbele gevel, waarbij de spouw onderdeel is van de luchtinstallatie (meestal afvoerkanaal);
 - geïsoleerd buitenblad, ongeïsoleerd binnenblad;
 - geen koudeval;
 - zonreguleringsvoorziening in luchtspouw;
 - warmteterugwinning mogelijk;
 - te openen ramen moeilijk realiseerbaar;
 - exploitatiekosten kunnen lager zijn dan passieve gevels.



5.2.3 Tweede-huidfaçade

Opgebouwd uit een binnenconstructie met blank isolatieglas, waarin voorzieningen zijn opgenomen voor zonregulering en een buitenconstructie met enkelglas. De luchtspouw vormt de buffer tussen het buiten- en binnenmilieu.

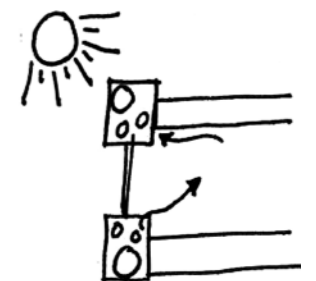


Karakteristieke eigenschappen

- te openen ramen in binnengevel, ook op grote hoogte;
- klimaatdempende luchtspouw (buffer tussen buiten- en binnenmilieu);
- in de meeste gevallen wordt een vorm van zonwering toegepast;
- buitenblad uitgevoerd in enkelglas;
- geringe klimaatinstallatie;
- overige installaties worden elders in het gebouw ondergebracht (bijv. elektra en data in vloer en/of binnenwanden);
- geschikt voor situaties met hoge geluidsbelasting;
- levensduur is materiaalafhankelijk;
- dubbele gevel.

5.2.4 Geïntegreerd gevelprincipe (met alle installaties)

Het geïntegreerd gevelprincipe is een principe waarbij alle installaties in de gevel(zone) geïntegreerd zijn. Dit kan zonwering en verwarming zijn, maar ook ventilatie, elektra, data, etc. Het geeft een bepaalde mate van vrijheid aan de indeling van de plattegrond van een gebouw, maar kan ook een beperking opleveren doordat alle installatievoorzieningen zich aan de rand van het gebouw bevinden. Over dit gevelprincipe is nog relatief weinig bekend. De afgelopen jaren wordt steeds meer onderzoek



gedaan naar dit type gevels. Het afstemmen van de gevel op de installaties is van groot belang. Doordat er weinig gerealiseerde projecten zijn met dit gevelprincipe is gekozen om de eigenschappen en de kengetallen te bepalen aan de hand van een afstudeeronderzoek dat gedaan is aan de Technische Universiteit Eindhoven in samenwerking met de VMRG.

Karakteristieke eigenschappen

- vrije indeelbaarheid plattegronden, doordat men niet gebonden is aan installaties;
- “dikke” gevels;
- geen verlaagde plafonds of verhoogde vloeren nodig;
- “plug and play”-gevel;
- goede bereikbaarheid van de installatievoorzieningen noodzakelijk;
- snelle montage;
- korte bouwtijd;
- minder transport;
- kleinere bouwplaats;
- minder faalkosten.

Kengetallen

- eigengewicht gevelement: ca. 200 kg;
- oppervlakte element: ca. 11,5 m²;
- gewicht gevel per m²: 17,4 kg;
- gewicht inductie-unit: 20 kg.

Keuzematrix Gevelprincipe

Code	Omschrijving (verkorte aanduiding)	Gebruikelijke gevellengte		Gebruikelijke gevelhoogte		Gebruikelijke dikte van de gevel	ZTA-waarde	U-waarde	Prijsindicatie
		woningbouw	utiliteitsbouw	woningbouw	utiliteitsbouw				
5	GEVELPRINCIPES								
5.1	Enkelvoudige gevel								
	5.1.1 Enkelvoudige gevel zonder zonwering	5,4 m	7,2 m	2,8 - 4,0 m	3,0 - 4,0 m	ca. 300 mm	enkelglas: 0,8 dubbelglas: 0,65		
	5.1.2 Enkelvoudige gevel met zonwering	5,4 m	7,2 m	2,8 - 4,0 m	3,0 - 4,0 m	ca. 300 mm			
	dubbelglas binnenzonwering	5,4 m	7,2 m	2,8 - 4,0 m	3,0 - 4,0 m	ca. 300 mm	0,20 - 0,55		
	dubbelglas buitenzonwering	5,4 m	7,2 m	2,8 - 4,0 m	3,0 - 4,0 m	ca. 300 mm	0,08 - 0,25		
	zonwerend dubbelglas (absorbtie)	5,4 m	7,2 m	2,8 - 4,0 m	3,0 - 4,0 m	ca. 300 mm	0,30 - 0,45		
	zonwerend dubbelglas (reflectie)	5,4 m	7,2 m	2,8 - 4,0 m	3,0 - 4,0 m	ca. 300 mm	0,25 - 0,45		
5.2	Dubbel gevelprincipe (met alleen klimaatinstallaties)								
	klimaatraam	nvt	ca. 3600 mm (transport afhankelijk)	nvt	verdiepingshoog	buitennut: 8-18 mm binnennut: 6 mm spouwdiepte: 600-200 mm	0,11 - 0,23	ca. 0,6 - 1,35 W/m ² K	
	klimaatgevel	nvt	ca. 3600 mm (transport afhankelijk)	nvt	verdiepingshoog	spouwdiepte: 600-200 mm	< 0,15	ca. 0,6 - 1,35 W/m ² K	
	tweede huid-façade	nvt	ca. 3600 mm (transport afhankelijk)	nvt	verdiepingshoog	spouwdiepte: ca. 600 mm	< 0,15	ca. 1,2 W/m ² K	
5.2	Geen dragende elementen in gebruikruimten	nvt	ca. 3600 mm (transport afhankelijk)	nvt	verdiepingshoog	590 mm (spouwdiepte: 200 mm)			

6 KLIMAAT-, INSTALLATIEPRINCIPE

In dit stadium is het van belang een beeld te vormen van het leidingverloop. Enerzijds heeft dat te maken met het type installatie, maar in meer algemene zin is er bij alle leidingsystemen aan de ene zijde sprake van een bron (ketel, meterkast, luchtbehandelingsunit, etc.) en aan de andere zijde een gebruikers interface (radiator, wandcontactdoos, TV aansluiting). Wat betreft dimensionering zijn luchtkanalen en rioleringen dominant, maar ook de andere leidingsystemen moeten op gebruikersniveau beschikbaar zijn. Die mogen dus niet buiten beschouwing blijven. Breng daarom alle noodzakelijke leidingsystemen in samenhang met de installatiekeuze eerst in kaart. Zie het als een boom (figuur 5),



Figuur 5: Boomstructuur

die aan de bron naar boven een stam vormt en van daaruit via takken en twijgen steeds verder vertakt. Vanuit de bron worden de leidingen in de regel (niets staat vast) in een schacht gebracht (=stamniveau) of door een horizontale verdeling (kelder of technische laag) over meerdere schachten (stammen) verdeeld. Die schachten kunnen overal in de plattegrond worden geplaatst. In het midden, in de gevel, bij de trappen en liften. De keuze hangt samen met hoe de horizontale verdeling (van schachten naar gebruikers interface) is geregeld. Voorts geldt: des te meer schachten des te slanker zijn de kanalen op takniveau. Vanuit de schacht worden de verdiepingen bediend (takniveau).

De vloer biedt op zich een voor de hand liggend middel daarvoor. Alle gebruikers zijn immers altijd kort bij de vloer en elke ruimte grenst eraan. In het traditionele bouwen is het veelal de ruimte onder de vloer die als distributieruimte wordt

gebruikt. Deze oplossing staat op gespannen voet met Slimbouwen®. Allereerst, omdat het merendeel van de installaties vloergebonden is en niet plafondgebonden: Ten tweede omdat het plafond met alle maatregelen om te compartimenteren extra materiaalgebruik en dus kosten met zich meebrengt. Ten derde omdat aldus een onnodig hoog vloerpakket en dus een groot bouwvolume wordt verkregen. De hoogte van de vloer werkt namelijk door in de gevel, de trappen, de leidingen, kortom; in de gehele hoogte van het gebouw met de daarbij horende extra materialen.

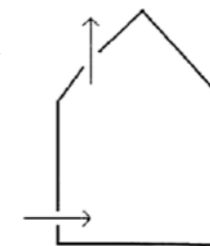
Afhankelijk van de vorm van het gebouw, de functie en de gewenste flexibiliteit kan als alternatief of ter aanvulling ook de gevel als distributiemedium dienst doen. De gevel kan met name aantrekkelijk zijn waar het gevelgebonden installatiedelen betreft, zoals klimaatinstallaties, beveiligingen, etc. De mate waarin de leidingen bij de gebruiker kunnen worden gebracht (twijgniveau) is belangrijk bij de keuze voor hoe de leidingen horizontaal moeten worden verdeeld (takniveau). Het lijkt een uitwerking die in de besteksfase pas hoeft te worden gemaakt, maar het is juist van belang om daarvan in de V.O. fase reeds een beeld te verkrijgen. Een principekeuze van de andere bouwdeelen hangt daar immers mee samen. Om dit beeld op te bouwen is het van belang het installatieprincipe te kiezen. Daarbij zijn de klimaatinstallaties en is de wijze van klimaatbeheersing leidend. We hebben het dan over ventilatie, verwarming en koeling. In de volgende paragrafen worden de volgende principes verder toegelicht: het natuurlijk principe, het duurzaam principe, het geconditioneerd principe en het combinatieprincipe (figuur 6).



Figuur 6: Keuzecirkel klimaat-, installatieprincipe

6.1 Natuurlijk principe

Bij het natuurlijk principe dient zo min mogelijk gebruik gemaakt te worden van extra hulpmiddelen om in een gebouw (woning- of utiliteitsbouw) een prettig klimaat te realiseren. Het is een principe waarbij erg weinig installaties en leidingen noodzakelijk zijn.



Karakteristieke eigenschappen

- te openen ramen of ventilatieroosters;
- gering aantal, relatief kleine, luchtkanalen;
- weinig installaties;
- individuele regeling in de winter;
- binnentemperatuur in de zomer kan oplopen;
- vaak verwarmingselementen in het zicht;
- stralingscompensatie aan de gevel;
- toetreding ongefiltreerde lucht;
- individueel of centraal regelbaar;
- mogelijkheid tot gebruikmaken van bouwdeelactivering;
- niet geschikt voor hoge (woning)gebouwen;
- minder geschikt voor utiliteitsbouw;
- lage investeringskosten;
- geen energierugwinning.

Kengetallen

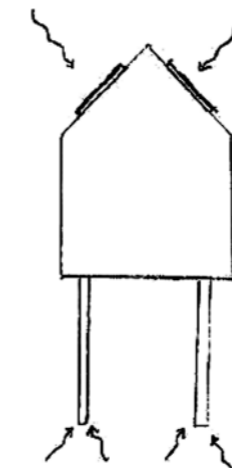
- geschikt voor laagbouw: tot ca. 15 m²;
- geschikt voor een beperkte gebouwdiepte: tot ca. 15 m¹;
- omvang technische ruimte;

Tabel 5

B.v.o. gebouw	Ventilatie	Breedte x Diepte
400 – 4000 m ²	Nee	0,45 x 0,9 m ¹
4000 – 5500 m ²	Ja	0,45 x 0,9 m ¹
5500 – 9500 m ²	Ja	0,95 x 1,35 m ¹
9500 – 16000 m ²	Ja	1,15 x 1,55 m ¹
16000 – 30000 m ²	Ja	3,20 x 1,85 m ¹
Ketelopstellingsruimte	Ja	0,9 – 1,5 ⁰ /100 b.v.o

6.2 Duurzaam principe

Bij duurzaam bouwen wordt gestreefd naar een evenwicht tussen het gebruik en de opwekking van energie. Om energie op te wekken wordt vaak gebruik gemaakt van de natuur. Bronnen zoals de zon en de wind worden al sinds menscheugenis aangedaan. Ook het opslaan van energie valt onder dit principe.



Karakteristieke eigenschappen

- actief en/ of passief gebruik maken van duurzame energie;

- in ontwerp rekening houden met duurzame energie;
- toepassing van zonneboilers;
- winnen van aardwarmte;
- gasloos uitvoeren is mogelijk (energie-o);
- mogelijkheid tot buffering/ bouwdeelactivering;
- individueel of centraal regelbaar;
- wind is niet rendabel;
- natuurlijke ventilatie door schacht/ onderdruk;
- bodemopslag;
- warmteterugwinning;
- bouwkundige opzet maakt deel uit van energieprincipe;
- kanalen kunnen sterk gereduceerd worden.

Kengetallen

Zonne-energie

Actief

- zuid-oriëntatie met een helling van 35 tot 40 graden;
- energetisch rendement van ca. 9% (tot 18%);
- benodigd oppervlak: 34 m² per gemiddeld huishouden;
- kostenopbouw: 68% modules; 11% convactor; 21% installatie;
- onderhoudskosten: 1% van de investering per jaar;
- fabrieksgarantie ca. 20 tot 25 jaar.

Passief

- benodigde ruimte voor voorraadvat: 60 x 160 cm + evt. naverwarmer;
- besparingen: energiekosten voor tapwaterverwarming ca. 4 GJ;
 - t.o.v. aardgas combiketel, 200 m³ gas;
 - t.o.v. elektrische boiler, 1300 kWh.

Warmtepomp

- coëfficiënt of performance: 3 tot 5 (120 tot 200%), COP > 2,5 om energie te besparen;
- gasgestookte warmtepomp heeft een rendement van 120 tot 140%; 11 tot 31% beter dan een HR-ketel;
- investering terug te verdienen in goed geïsoleerde woning.

Aardwarmte

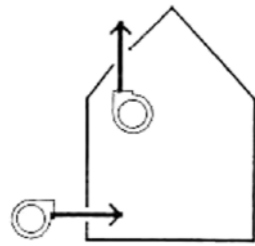
- stijging van de temperatuur is 35 °C per kilometer;
- water op 2 km diepte kan direct gebruikt worden;
- investeringskosten voor een aardwarmtesysteem in Nederland liggen 10 x hoger dan kosten van fossiele brandstoffen (bijv. een gasketel);
- vooral rendabel bij grootschalige projecten.

Energieopslag bodem

- besparing: gas (verwarming) en elektriciteit (koeling) zorgt voor een reductie van CO₂-emissie;
- economisch rendabel als de koudevraag minimaal 100 kW bedraagt;
- 25% lagere exploitatiekosten;
- terugverdientijd vijf jaar (incl. subsidies).

6.3 Geconditioneerd principe

Het geconditioneerde principe heeft als doel het leef- en/of werkklimaat binnen een gebouw optimaal te beheersen. Daarbij is niet alleen het klimaat in de vorm van temperatuur of luchtverversing van belang. Ook dient aandacht besteed te worden aan de wijze waarop de gebruiker van het gebouw het klimaat kan aanpassen naar eigen behoeften.



Karakteristieke eigenschappen

- geen te openen ramen;
- mechanische ventilatie;
- gebalanceerde ventilatie mogelijk;
- ophoping van stof en moeilijke reiniging;
- meer en grotere luchtkanalen;
- temperatuur onder alle omstandigheden exact in te stellen;
- aanvullende geluidwering nodig bij geluidbelaste gevels;
- warmteterugwinning mogelijk;
- onbalans tussen luchttoevoer en -afvoer is niet te voorkomen;
- individuele regeling in winter en zomer;
- vorstbeveiliging noodzakelijk;
- gasloos uitvoeren is mogelijk (energie-o);
- mogelijkheid tot bouwdeelactivering;
- met behulp van water en/ of lucht.

Kengetallen

- afmeting en maximale volumestroom door kanaal;

Tabel 6

Kanaal	Aftakking naar ventiel of rooster (dm³/s)	Hoofdkanaal (dm³/s)
rond 80 mm	7	14
rond 100 mm rechthoekig 70-175 mm	14	28
rond 125 mm rechthoekige variant	21	42
rond 150 mm rechthoekige variant	35	70

Rekenvoorbeeld:

Uitwendige maten van de luchtbehandelingskast

600 x 327 x 1189 = 900 m³/uur

2890 x 3890 x 3440 = 30.000 m³/uur

ventilatie-opstellingruimte:

kantoren voorzien van 2-voudige ventilatie

0,4 – 0,9% b.v.o. ruimte

kantoren voorzien van 4-voudige ventilatie

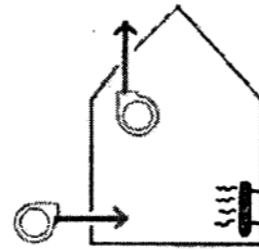
0,6 – 3,5% b.v.o. ruimte

ruimte voor inductiesystemen langs de gevel

3,8 – 5,8 % b.v.o. ruimte

6.4 Combinatieprincipe

Het combinatieprincipe is een principe dat kan bestaan uit diverse verschillende eerder genoemde principes. In dit principe wordt de ontwerper vrijgelaten voor de keuze van installatieprincipes en installatietechnieken. Het is dan ook erg lastig om éénduidige kengetallen te geven bij dit combinatieprincipe.



Karakteristieke eigenschappen

- ventilatie geheel geregeld;
- hoofdverwarming/ koeling via cv, bijverwarming via lucht (eventueel met warmteterugwinning);
- individuele regeling in de winter;
- vorstbeveiliging noodzakelijk;
- natuurlijke ventilatie en mechanische verwarming/ koeling;
- mechanische ventilatie en mechanische verwarming/ koeling;
- gasloos uitvoeren is mogelijk (energie-o);
- mogelijkheid tot bouwdeelactivering;
- individueel of centraal regelbaar.

Kengetallen

- geluid van de installaties in de ruimte: 35 – 40 dB(A);
- ruimtebeslag aan de gevel: ca. 0,1 – 0,2 m²;
- ruimtebeslag in het plafond: ca. 0,3 m².

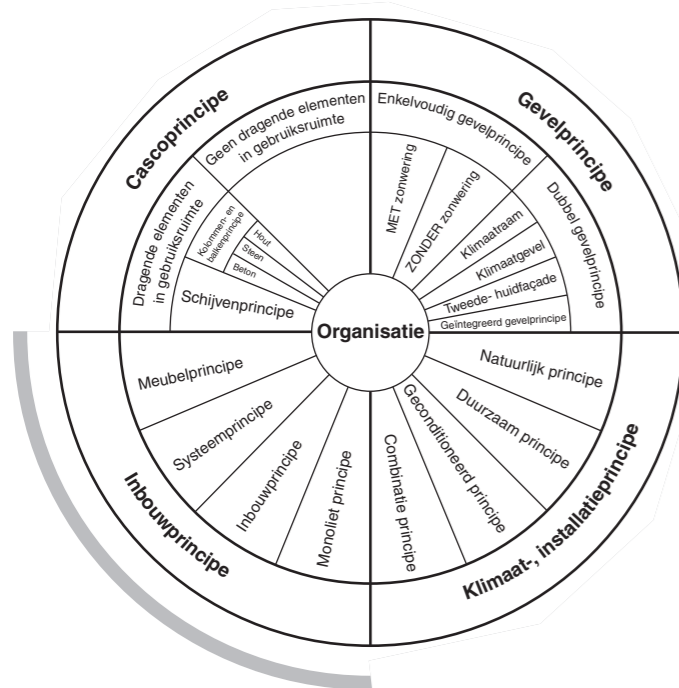
Keuzematrix Klimaat-, installatieprincipe

Code	Omschrijving (verkorte aanduiding)	Ruimtebeslag aan de gevel	Gebruikelijke hoogte	Geluidsbelasting	Afmeting	Rendement	Prijsindicatie
6	KLIMAAT / INSTALLATIEPRINCIPE						
6.1	Natuurlijke principe	ca. 0.2 m	ca. 0.3 m	< 56 dB(A)	0,001 m² per dm³/s		
6.2	Duurzaam principe				34 m² per huishouden 600 x 1600 mm (voorraadvat)	ca. 9% 120 - 140 % hoog bij grootschalige projecten	
	zonne-energie (actief)						
	zonne-energie (passief)						
	warmtepomp						
	aardwarmte						
	energieopslag in bodem						
6.3	Geconditioneerd principe	ca. 0.2 m	ca. 0.3 m	35 - 40 dB(A)			
6.4	Combinatie principe	ca. 0.2 m	ca. 0.3 m	35 - 40 dB(A)			

7

INBOUWPRINCIPE

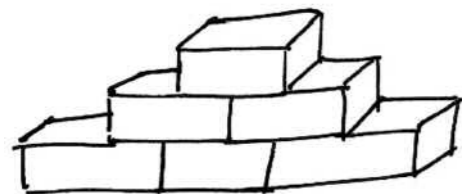
De inbouw moet vooral verplaatsbaar of in ieder geval verwijderbaar zijn. Derhalve wordt een integratie van leidingen zoveel mogelijk vermeden. Toch zijn bijvoorbeeld wandcontactdozen net boven tafelhoogte of bij de plint vanuit het gebruik regelmatig gewenst. Het gaat dan bij voorkeur alleen om leidingen op twijg-niveau, die aan de periferie, bij aansluitingen zoals vloer, gevel of in een specifiek overgangselement (zoals een plint), aan hoofdleidingen (takniveau) zijn gekoppeld. De overbrugging naar die koppeling kan bestaan uit opdek (bijvoorbeeld wandgoot) of inbouw (bijvoorbeeld holle ruimtes in de binnenwanden). Het kan ook zijn dat de plint zelf volstaat als distributie element. In figuur 7 is aangegeven welk gedeelte van de keuzecirkel van toepassing is op het inbouwprincipe.



Figuur 7: Keuzecirkel inbouwprincipe

7.1 Monolietprincipe

Het monolietprincipe karakteriseert zich door de toepassing van steenachtige materialen voor de inbouw. Onder inbouw worden wanden, vloeren en plafonds verstaan.



Karakteristieke eigenschappen

- zwaar;
- inflexibel;
- meestal aparte afwerking noodzakelijk;
- interne leidingen (frezen, boren, hakken);
- invullingen in wanden of plafond aparte handelingen;
- arbeidsintensief;
- opdekleidingen hebben lage waardering;
- accumulatievermogen;
- zelfdragend, kan ook constructief uitgevoerd worden maar maken dan onderdeel uit van het casco.

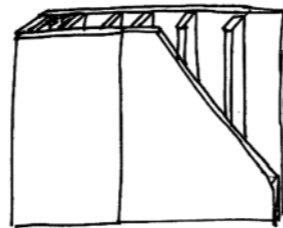
Kengetallen

Tabel 7

Type	Gewicht/ m ²	Dikte (mm)
Cellenbeton	70 - 100 kg/m ²	70
Gipsblokken	90 kg/m ²	70
Gipsblokken	90 kg/m ²	100
metselwerk (vuil)	160 kg/m ²	100
Poriso		70-100
KZ steen		100

7.2 Inbouwprincipe

Het inbouwprincipe is een principe dat bestaat uit stijl en regelwerk wat éénmalig gemonteerd wordt in een gebouw. Vaak bevat dit principe holle kamers waar eenvoudig de installaties in aangebracht kunnen worden. Doordat dit principe vaak van een afwerklaag wordt voorzien is het in een later stadium moeilijk aan te passen en/ of te verplaatsen. Ook verlaagde plafonds worden onder dit principe gerekend.



Karakteristieke eigenschappen

- niet modulair/ matige flexibiliteit;
- niet herbruikbaar;
- licht van gewicht;
- goedkoop;
- installaties met weinig handelingen te integreren;
- moeilijk om installaties aan te passen (niet of nauwelijks bereikbaar);
- invullingen in wanden (bijv. ramen en deuren) aparte handelingen;
- zelfdragend, kan ook constructief dragend zijn, maar maakt dan onderdeel uit van het casco (bijv. hout- of staalskeletbouw).

Kengetallen

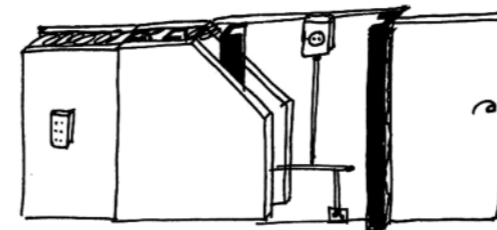
- gewicht/ m²; wand met houten regelwerk: 27 - 65 kg/m² (afhankelijk van de uitvoering).

Tabel 8

Type	Dikte (mm)	Manuren per m ²
Isolatie wand gipsplaat	100	1,4
Separatiewand met gipsplaatafwerking	54	0,45
Separatiewand met gipsplaatafwerking	70	0,45
Metalen profielen gips (enkel)	100	1,4

7.3 Systeemprincipe

Het systeemprincipe is een principe dat compleet modulair opgebouwd is. Het kan gebruikt worden voor plafonds, wanden en vloeren. Het principe kenmerkt zich door een grote mate van flexibiliteit. De wanden, plafonds en vloeren die met dit principe opgebouwd zijn, kunnen eenvoudig aangepast worden aan een wijziging in de plattegrond of de positie van situaties.



Karakteristieke eigenschappen

- integratie tussen wand en invullingen;
- herbruikbaar;
- weinig sloopafval op de bouwplaats;
- installaties gemakkelijk onder te brengen;
- installaties gemakkelijk bereikbaar en uit te bereiden;
- licht van gewicht;
- verplaatsbaar en eenvoudig uit te bereiden;
- plattegrond eenvoudig te veranderen;
- past bij systeembouw.

Kengetallen

- gewicht: ca. 30 kg/m²;
- dimensies: standaard modules = 600 mm of 1200 mm breed;
- economisch concurrerend indien systeem minimaal drie tot vijf keer verplaatst wordt.

Tabel 9

Type	Dikte (mm)	Montagetijd (per m ²)
Verplaatsbare binnenwand naadloos	100	
Verplaatsbare losse plaatwand	100	
Verplaatsbare binnenwand (industrieel)	70	
		Montagetijd (manuren per element)
6-delige fineer panelenwand 4800x2800 mm		2,5
9-delige fineer panelenwand 7200x2800 mm		3,5
2-delige kunstleren vouwwand 4500x2500 mm		2,5
Verplaatsbare losse plaatwand	100	

7.4 Meubelprincipe

Het meubelprincipe is een principe dat zich karakteriseert door een maximale vrijheid voor de indeling van de plattegrond. Het meubelprincipe kenmerkt zich door de makkelijke aanpasbaarheid aan de posities van installatievoorzieningen.



Karakteristieke eigenschappen

- op het laatste moment te plaatsen;
- licht van gewicht;
- plug-ins;
- flexibel, vrij te plaatsen in de ruimte;
- mee-verhuisbaar;
- decentralisatie;
- aanpasbaar aan veranderingen binnen een gebouw;
- indeling blijft open;
- dienen een eigen stabiliteit te hebben, autonome objecten;
- goed te combineren met een leidingschacht of een leidingvloer.

Kengetallen

- gebruikelijke hoogte: 210 - 260 mm (los van het plafond), kleiner behoort ook tot de mogelijkheden;

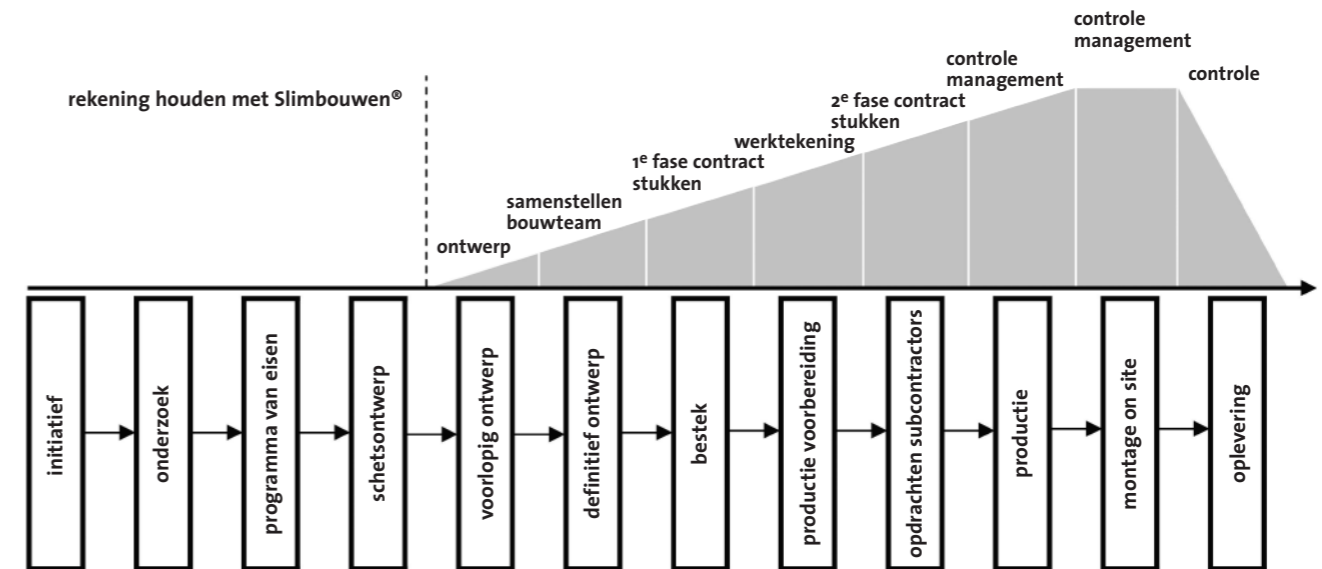
Keuzematrix Inbouwprincipe

Code	Omschrijving (verkorte aanduiding)	Gebruikelijke hoogte (wanden)		Gebruikelijke dikte (wanden)		h.o.h. afstand stijlen	Prijsindicatie
		woningbouw	utiliteitsbouw	woningbouw	utiliteitsbouw		
7.1	INBOUWPRINCIPE Monoliet principe	2,6 m	4,0 m	70 mm	100 mm	nvt	
7.2	Inbouwprincipe	2,6 m	4,0 m	70 mm (min. 54 mm)	70 mm (min. 54 mm)	300 - 600 mm	
7.3	Systeemprincipe	2,6 m	3,0 - 9,0 m	100 mm (min. 54 - 70 mm)	100 mm (min. 54 - 70 mm)	300 - 600 mm	
7.4	Meubelprincipe	2,1 - 2,6 m	2,1 - 2,6 m				

8 ORGANISATIEPRINCIPE

8.1 Inleiding

Om tot Slimbouwen® te komen is een organisatie van het bouwproces noodzakelijk (figuur 8). De organisatie van Slimbouwen® wijkt op verschillende punten af van het traditionele bouwproces.



Figuur 8: Organisatieschema

De voornaamste redenen waarom de traditionele manier van bouwen niet aansluit aan het Slimbouwen® zijn:

- er is onvoldoende kennis van de uitvoering;
- de uitvoering is gescheiden van het voortraject;
- de verschillende fases in het traditionele bouwproces zijn gescheiden en er vindt geen terugkoppeling plaats;
- er is onvoldoende transparantie;
- er is te weinig waardering voor ieders bijdrage, the winning team wordt aan de dijk gezet;
- te weinig respect voor de kennis en de bijdrage van een ander;
- er is een gebrek aan coördinatie;
- het ontbreekt aan exploitatie-denken;
- het bouwproces is niet efficiënt, deelaanbestedingen zijn niet gewenst;
- er wordt te weinig geïnvesteerd in de voorfase;
- mededingingsregels.

Vanzelfsprekend is dan de vraag te stellen hoe het ontwerpproces er dan wel uit moet zien. Wat zijn de eisen die gesteld worden aan het Slimbouwproces? De eisen aan de organisatie van Slimbouwen® kunnen als volgt geformuleerd worden:

- de partners moeten in een vroeg stadium open staan voor elkaar, elkaar accepteren en kennis willen delen;
- er moet ruimte zijn voor georganiseerde creativiteit met projectmanagement;

- er mag geen dominante partner aanwezig zijn;
- het hele proces moet beheersbaar zijn in stappen met creativiteit in beheer en proces;
- de ervaring van de deelnemende partijen dient benut te worden;
- beslissingsmomenten moeten naar voren worden geschoven in het proces, op het einde moet de toegevoegde waarde door exploitatiedenken vermarkt worden;
- het team is verantwoordelijk voor de beslissingen;
- oplossingen en opties moeten vroegtijdig bijeengebracht worden;
- alle partners zijn gelijkwaardig;
- men dient gebruik te maken van het voortschrijdend inzicht om daarmee tijd, geld, informatie, organisatie en kwaliteit te beheren;
- de rol van de opdrachtgever moet afgesproken worden;
- de verantwoordelijkheden moeten afgebakend worden.

De belangrijkste eisen aan het Slimbouwproces staan nu vast. Nu dient er vorm te worden gegeven aan de eisen die gesteld worden aan de partners die deelnemen aan deze nieuwe vorm van organisatie. We maken daarbij onderscheid tussen een Slimbouwen® -programma en een Slimbouwen®-projectteam. Het Slimbouwen® -programma bestaat uit een groep van bedrijven die allen achter het Slimbouwen® staan en willen

participeren in Slimbouwen®-projecten. De eigenschappen van dit Slimbouwen®-programma zijn:

- het is een POOL van bedrijven;
- deze bedrijven dienen projectonafhankelijk te werken;
- er dient sprake te zijn van een standaard contractbeheer;
- er moet sprake zijn van voldoende marketing en promotie, dit heeft voordelen voor de opdrachtgever;
- er moeten spelregels opgezet worden met betrekking tot het eigendomsrecht, het gedrag, etc.;
- men dient de wettelijke regels te bewaken;
- men moet bij het resultaat rekening houden met financiën, efficiency, transport, etc.;
- bedrijven moeten open staan voor innovatie en vernieuwing.

Het Slimbouwen®-projectteam wordt per project samengesteld en bestaat uit een team van bedrijven die het aangenomen project gaat uitvoeren. De voorwaarden voor de deelnemende bedrijven aan dit Slimbouwen®-projectteam zijn:

- de bedrijven dienen gedreven en betrokken te zijn met het thema van Slimbouwen®;
- er moet een Slimbouwen®-checklist beschikbaar zijn;
- het belang van de opdrachtgever moet uitgelegd, gemotiveerd en gecommuniceerd worden;
- er moet vakmanschap op niveau aanwezig zijn;
- de coördinator moet neutraal zijn;
- de opdrachtgever moet in het team aanwezig zijn;
- het team beslist;
- men moet de wil hebben om Slim te bouwen, alle neuzen moeten dezelfde kant uit wijzen;
- de pakketeisen van Slimbouwen® moet gedefinieerd zijn;
- de verantwoordelijkheid dient omschreven en vastgelegd te worden.

8.2 Organisatievorm

De organisatie van Slimbouwen® heeft een bijzondere vorm. Er wordt namelijk uitgegaan van samenwerking vooraf. Door in een vroeg stadium samen te werken wordt de flexibiliteit in een later stadium beperkt, terwijl men vooral de indruk wekt dat er juist sprake is van flexibiliteit door beslissingen naar de toekomst te verplaatsen.

Eigenlijk wordt de vrijheid om goed te kiezen steeds beperkter, omdat de vorige stappen steeds minder ruimte laten voor de volgende. Het is juist deze schijnvrijheid om pas heel laat beslissingen te nemen, soms op de valreep, die het reguliere bouwproces kenmerkt.

Bouwpartners hebben er belang bij om beslissingen te nemen op een moment dat het hen goed uitkomt. Zo breekt een projectleider wel eens, als het proces al gevorderd is, een bestaande afspraak met een leverancier open, omdat hij ontdekt heeft dat er goedkopere alternatieven beschikbaar zijn. Ook komt het voor

dat ontwerpers te laat en stuksgewijs onderdelen van het project uitwerken.

Mede hierdoor is integratie met eerdere onderdelen niet meer goed mogelijk. Bij Slimbouwen® moet de organisatie van het bouwproces antwoord bieden op de belangenstrijd in engere zin. Daarbij moet Slimbouwen® wijzen op de voordelen van samenwerking in een ruimere zin en deze verankeren in een werkbaar organisatievorm. Bovendien moet de organisatie recht doen aan een evenwicht tussen de directe bedrijfsbelangen, projecten en commerciële activiteiten en moet het een garantie bieden aan het collectieve belang van de samenwerking tussen de in de Slimbouwen®-formule deelnemende bedrijven.

8.3 Eisen aan de organisatie en instrumenten

a. Waardenstatuut voor samenwerking

De deelnemers moeten partners willen zijn. Dit houdt in dat men moet willen samenwerken en dat men samen de verantwoordelijkheid voor de resultaten wil dragen. Men dient elkaar te respecteren en te waarderen. Elke schakel in het Slimbouwen®-proces is nodig, verdient aandacht en respect. Er dient dus een positieve en op samenwerking gerichte grondhouding bij iedere partner aanwezig te zijn. Het tot stand brengen van deze voorwaarden dient gericht te zijn op continuïteit, ook al werkt men veelal op projectbasis. Deze vorm van samenwerking kan veranderen en iedere partner zal in verschillende combinaties met andere partners moeten werken. Ook dan dient aan deze voorwaarden te worden voldaan. Belangrijk is de constructie van een zogenaamd “waardenstatuut”. Dit statuut, dat iedere partner en iedere groep samenwerkende partners en alle partners tezamen maken, geeft aan hoe de belangen van de partners zijn gelegen en hoe de prioriteitstelling daarvan is. Dit waardenstatuut dient ook voor de afzonderlijke ondernemingen te worden opgesteld, zodat de waarden, die zij belangrijk vinden, duidelijk gemaakt en gecommuniceerd worden in gezamenlijk verband.

b. Intake en gezagsverhoudingen

De samenwerkingsverbanden dienen zich afzijdig te houden van machtsmisbruik. Dominantie is bij gedreven personen en functionarissen onvermijdelijk. Het gaat er hierbij om dat deze dominantie geaccepteerd wordt en dat de dominantie als gereedschap op beheerste wijze gebruikt wordt. Het kan geen kwaad om op te zien tegen zeer deskundige partners en van hen te leren. In de situatie van samenwerking dient een ieder, op basis van gelijkwaardigheid, te opereren en staan de partners als het ware een zekere dominantie op bepaalde terreinen toe. Deze terreinen dienen bepaald te zijn, de deskundigheidsgebieden besproken en de gezagsverhoudingen beschreven. Hier is dus geen sprake van een juridisch opgestelde richtlijn, maar van een sociaal-psychologische helderheid. Afhankelijk van de deelnemers aan het samenwerkingsverband dienen de gezagsverhoudingen en

de relaties onderling zo flexibel mogelijk te worden gehouden. Een document dat informeert over de deskundigheidsgebieden en gezagsituaties is een begin. Een intakegesprek om elkaar te leren kennen is een vervolg. In zo'n intakegesprek dienen de waarden vanuit elk statuut aan de orde te komen.

c. De procesbeheerder

De organisatie van de samenwerking dient te voldoen aan de eisen van procesbeheersing. Ook bij de creativiteitsessie die veelal bij ontwikkelactiviteiten aan de orde komt, dienen deze principes gehanteerd te worden. Er dient dus een organisatie per activiteit van Slimbouwen® te worden opgezet. Met deze organisatie wordt het proces van Slimbouwen® bewaakt en gereguleerd. Een projectleider van een bouwwerk dat volgens de methodieken van Slimbouwen® wordt uitgevoerd, heeft dus een dubbeltaak; enerzijds de procesbeheersing van het bouwwerk (o.a. financiën, kwaliteit, tijd, logistiek, informatie en communicatie, organisatie) en anderzijds de procesbeheersing van de samenwerking van Slimbouwen®. Veel bouwprocessen worden ten onrechte uitgevoerd vanuit de gedachte dat het eerste automatisch het tweede inhoudt. De functie van de procesbeheerder dient dus geformuleerd te worden.

d. Beslissingen in het programma

Om de samenwerking ook in bouwtechnische zin te optimaliseren is het zaak een analyse te maken over de noodzakelijke beslissingen en hun deadlines. Deze beslissingen dienen in een gezamenlijk verband erkend en ruimer perspectief te worden gezien. Dit ruime perspectief wordt gevormd door het totaal van het proces en het totale ontwerp van het gebouw dat gemaakt moet worden. De ontvlechtingen dienen vroegtijdig te worden overdacht en onderkend. De beslissingen voor een Slimbouwen®-proces worden vooraf in een beslissingschema geprogrammeerd. Hierbij wordt erop toegezien dat recht wordt gedaan aan de principes van Slimbouwen®.

e. Denken in eindwaarden

Het is noodzakelijk dat gedacht en gewerkt wordt met het einddoel voor ogen, namelijk de tevreden gebruiker. Het gaat daarbij om de waarde die men weet te bieden in gebruik en exploitatie van de gevel. Dit brengt met zich mee dat iedere betrokkene een hoge mate van klantgerichtheid in beeld moet hebben en dat een ieder dit in zijn bijdrage aan het totaal dient te brengen. Uiteindelijk zal de meerwaarde door de organisatie verkocht moeten worden. Slimbouwen® zal zichzelf hier verkopen. Je verkoopt immers niet de productie, maar de resultaten van het gebouw in de praktijk. Hier geldt dus dat in de teams aandacht moet zijn voor het aspect marketing en promotie alsmede voor duurzaamheid en economische gebruikscriteria.

f. Rol van de opdrachtgever

De opdrachtgever kan deel uitmaken van een team. Er dient dan te worden bepaald welke rol en functie de opdrachtgever heeft.

Ook kan hij zich laten vertegenwoordigen. Beslissingen kunnen immers op verschillende manieren worden genomen. Het verdient de voorkeur dat de producerende en ontwerpende partijen de verschillende stappen, deelontwerpen en deelbeslissingen voorleggen aan de opdrachtgever. Deze dient bij de voorbereiding van zo'n beslissing deel uit te maken van het team. Allerlei varianten zijn hierbij denkbaar. Ook hierbij geldt weer dat de noodzakelijke beslissingen waarbij de inbreng van de opdrachtgever noodzakelijk is, in een beslissingschema dienen te worden aangegeven. Dit schema is onderdeel van het contract dat voor het betreffende project gesloten gaat worden. De rol van de opdrachtgever staat in principe los van die van coördinator. Het doel moet zijn: de opdrachtgever een zo zorgeloos mogelijk proces te laten meemaken waarbij hij het gevoel krijgt dat zijn wensen worden gerealiseerd en dat hij daar een maximale invloed op heeft. Het kan dus zo georganiseerd worden dat de coördinator van het Slimbouwen®-proces een onafhankelijke, bijna facilitaire rol vervult.

g. Verantwoordelijkheden

Net zoals het geval is bij de deskundigheidsgebieden en gezagsverhoudingen verdient het aanbeveling helder vast te leggen hoe de verantwoordelijkheden zijn geregeld.

Het gaat daarbij om:

- de primaire verantwoordelijkheid voor de taak en functie,
- de verantwoordelijkheid voor het collectief (coördinatie, aansluiting bij anderen, meedenken en samenwerken),
- de verantwoordelijkheid voor het uiteindelijke functioneren en exploiteren in de praktijk,
- de verantwoordelijkheid voor de verdere ontwikkeling en innovatie, voor beheer en marketing van het principe en voor de organisatie van Slimbouwen®.

8.4 Slimbouwen® als context voor Slimbouwen

Slimbouwen® wordt door bedrijven in een professionele omgeving uitgevoerd. De bovenstaande eisen gelden ook voor een professionele organisatie. De professionaliteit ontstaat niet als men niet overtuigend, experimenteel of incidenteel aan de slag gaat. Een hoogwaardig en intelligent bouwproces dat op een project van Slimbouwen® wordt toegepast, stelt zware eisen en vraagt grote inzet van de betrokken deskundigen en bedrijven.

De context dient dus duurzaam te zijn. De context dient zich verder te ontwikkelen, gestimuleerd door de deelnemende bedrijven en door de eisen die vanuit de daadwerkelijke projecten komen. Hiervoor is het goed als er een organisatie met een duurzaam karakter wordt ontwikkeld. Dus geen projectmatige, maar één waarbinnen projectmatige organisaties kunnen worden opgezet en weer kunnen worden ontmanteld. De pool van bedrijven dient minimaal te voldoen aan de algemene spelregels en vereisten die hiervoor besproken zijn en bovendien

is het goed intenties aan te geven. Deze intenties zijn bijvoorbeeld: bereid projectgebonden mee te doen en mee te denken, bereid zijn in specifiekere contracten zich te laten binden en anderen te binden, initiatieven en innovatie aan te bieden.

Welke vorm er ook gekozen wordt, er dient altijd een ondernemingsplan te worden opgesteld. Daarin moet onder andere de visie, het doel op de korte en lange termijn en de organisatie worden beschreven. Voor deze context denken we aan meerdere vormen die met elkaar aan alle eisen kunnen voldoen. We stellen een drievoudige organisatievorm voor, bestaande uit:

1. een stichtingsconstructie: Stichting Slimbouwen®; waarin de basisideeën en basisprincipes en basiswaarden van Slimbouwen® zijn ondergebracht. De bedrijven die actief zijn met Slimbouwen® zijn deelnemers.
2. een B.V. constructie: Slimbouwen® B.V.; in deze B.V. is de stichting de enige aandeelhouder.
3. een V.O.F. constructie; die per activiteitengroep of project wordt opgezet en waarin de B.V. naast de betrokken bedrijven participeert.

8.5 Uitwerking

a. Stichting Slimbouwen®

De Stichting heeft tot doel: het bevorderen van de toepassing van het gedachtegoed van Slimbouwen®, het beheren en zorgen voor verdere exploitatie, marketing en ontwikkeling ervan. Een tweede doel is het bieden van een duurzame en effectieve samenwerking tussen de verschillende bedrijven die werkzaam zijn met Slimbouwen®. Een derde doel is het voor de markt verzorgen van een betrouwbaar en gedegen forum dat ten dienst staat aan hun bouwbelangen. Het bestuur wordt samengesteld uit een vertegenwoordiging van de deelnemende bedrijven. Alle bedrijven zijn deelnemer in de stichting.

b. Slimbouwen® B.V.

De B.V. heeft tot doel: het verzorgen van contracten met bedrijven en andere rechtspersonen mede namens de stichting Slimbouwen®, waarin de wederzijdse verplichtingen met de marktpartijen zijn aangegaan. Ook wordt er een risicovoorziening geconstrueerd zodat er een scheiding blijft tussen de risicodragende activiteiten van de B.V. en de meer algemene en ideële activiteiten van de stichting.

Ook kan via participatie van de B.V. in de uitvoerende activiteiten (zie V.O.F.) een afdracht plaatsvinden naar de stichting Slimbouwen® waardoor het algemeen belang wordt geïntroduceerd in de feitelijke private transacties. Hierdoor is het mogelijk dat bedrijven participeren vanuit algemeen belang in Slimbouwen® en daarin investeren en verdienen en al of niet betrokken zijn bij de feitelijke uitvoerende activiteiten in projecten. Ook wordt van hieruit een Slimbouwen® procesbeheerder geleverd voor de daadwerkelijke activiteiten in de markt.

c. Slimbouwen® project of product V.O.F.

Deze rechtspersoon, waarvan er meerdere tegelijk kunnen bestaan, dient voor de daadwerkelijke transacties. Zo kunnen producten worden gepromoot, verkocht, etc. Bedrijven kunnen al dan niet met het meeleveren van die producten deelnemen in bouwprojecten. Bedrijven in deze V.O.F. nemen risicodragende projecten aan of brengen risicodragende activiteiten of producten in de markt. Het construeren van de V.O.F. gebeurt in samenspraak met de Slimbouwen® B.V. die altijd een aandeel heeft in een dergelijke V.O.F.

LITERATUURLIJST

- Aerts, J.C. e.a. (2004):
"Polyinstallatie zakboekje",
Doetinchem.
- Bone, A.H.L.G. e.a. (2000):
"Tabellenboek Bouwkunde",
Houten.
- Briede, K.J. & Blok, R. (2000):
"Tabellen voor bouw- en waterbouwkunde",
Utrecht, Zutphen.
- Dartel, H.A.J. van (2005):
"Slimbouwen: het integraal ontwerpen van gevel en installatie",
Afstudeeronderzoek Technische Universiteit Eindhoven.
- Herwijnen, van F. & Blok, R. & Martens, D (2000):
"Constructief ontwerpen 1",
Dictaat Technische Universiteit Eindhoven.
- Kamerling, J.W. & Kamerling, W.H. (1997):
"Jellema Hogere Bouwkunde, Utiliteitsbouw (deel 9)",
Leiden.
- Kuhlmann, W.H. & Messink B.H.M. & Waeter, van de F.J.J. (2005):
"Bouwkosten 2005",
Doetinchem.
- Olst, K. van. (1997):
"Vuistregels voor installatiekosten",
Deventer.
- Reijnders, J. (2005):
"Bumec Leefstijlmethode",
Eindhoven.
- Zeiler, W. (2005):
"Reader Handboek Installatietechniek",
Dictaat Technische Universiteit Eindhoven.

