

In dit hoofdstuk wordt aandacht geschonken aan het gehele voortbrengingsproces. Te beginnen met de verkoop van projecten, de planning, de productievoorbereiding, de productie en het product. Het is gezien de diversiteit van producten, die allemaal een eigen bewerkingsgang in het totale proces hebben, vrijwel onmogelijk om compleet te zijn. Niettemin is getracht om een breed inzicht te geven in die aspecten die voor de klant en de ontwerper nuttig zijn om te weten, zodat de communicatie tussen de diverse partijen, met allen hun eigen belangen, beter kan verlopen. Aan de producten en de productie daarvan wordt tevens aandacht besteed. Afsluitend komen KAM zaken aan de orde. KAM staat voor Kwaliteit, Arbeidsomstandigheden en Milieu.

*Auteurs: prof.ir. H.W. Bennenk, TU/e en Adviseur BELTON  
M.E.M.E. van Kuik, Dycore Verwo, deel Kwaliteit, ARBO  
E. Schoemaker, BFBN tot 2000, deel Milieu*

## 2 ORGANISATIE + WERKWIJZE VAN PREFAB BETON B.V.

### Inhoudsopgave

2.1	<i>Hoe organiseer je het om 'just in time' te kunnen leveren?</i> .....	3
2.1.1	Het voortraject	
2.1.2	De afdeling Verkoop	
2.1.3	De voorbereidingsfase	
2.1.4	De productievoorbereiding	
2.1.5	Het plannen van de productie van de elementen	
2.1.6	De rol van de productie in de voorbereidingsfase	
2.1.7	De rol van de productieafdeling in de aanbiedingsfase	
2.1.8	De rol van de productie in de engineeringfase	
2.1.9	De voorbereiding van de productie	
2.2	<i>De productieafdelingen en hun activiteiten</i> .....	19
2.2.1	De afdeling Werkvoorbereiding	
2.2.2	De afdeling Modellen	
2.2.3	De afdeling Wapeningvoorbereiding	
2.2.4	De afdeling Betonspeciebereiding	
2.2.5	De afdeling Inbouwen, storten en verharderen	
2.2.6	De afdeling Opslag en transport	
2.2.7	De afdeling Kwaliteitscontrole	
2.2.8	De afdeling Onderhoud	
2.3	<i>KAM, Kwaliteit, Arbo en Milieu</i> .....	53
2.3.1	KAM voor een productiebedrijf, zoals een prefab-betonbedrijf	
2.3.2	Kwaliteitssysteem	
2.3.3	Kwaliteitsbegrippen	
2.3.4	Kwaliteit en organisatie	
2.3.5	Kwaliteit en certificering	
2.3.6	Arbo	
2.3.7	Milieu	
Bijlagen	.....	72
I	Automatisering in de prefab industrie; heden en toekomst - <i>BELTON Magazine</i> , September 1997	
II	Bekisten: ambacht of high-tech? - <i>Cement</i> , 2000 nr. 1	
III	Flexibiliteit in prefabricage - <i>Cement</i> , 2001 nr. 8	

**Literatuurlijst**

- [2.1] Betontechnologie, Cement en Beton 1, een uitgave van BetonPrisma, onder eindredactie van ing. C. Souwerbren, 10de herziene druk, 1998.
- [2.2] Kwaliteitsmanagement, plannen, besturen, verbeteren, J.M. Juran, Kluwer, Deventer, 1992.
- [2.3] Quality, Productivity and Competitive Position, W.E. Deming, MIT Cambridge, USA, 1982.
- [2.4] Manager en productkwaliteit, F.A. Mulder, Kluwer, Deventer.
- [2.5] Certificering brochure en CE-merk brochure, Ministerie van EZ.
- [2.6] Handleiding Nederlandse Kwaliteit, Instituut Nederlandse Kwaliteit, 's-Hertogenbosch.
- [2.7] Handboek Integrale Kwaliteitszorg, Kluwer, Deventer.
- [2.8] Kwaliteitskosten, wat baat het?  
A. de Heer, C.T.B. Ahaus, Kluwer, Deventer.
- [2.9] ISO 9000-serie en kwaliteitshandboek,  
A. de Heer, C.T.B. Ahaus, Kluwer, Deventer.
- [2.10] Cursussen Betonvakman, Uitvoering Kwaliteitsborging Betonproducten-industrie, Integrale Kwaliteitszorg Betonproductenindustrie, BFBN, Commissie Opleidingen, Woerden.
- [2.11] Milieubeleid in de betonproductenindustrie, BFBN, Woerden.
- [2.12] ARBO-beleid in de betonproductenindustrie, BFBN, Woerden. Bijlagen

## 2.1 HOE ORGANISEER JE HET OM 'JUST IN TIME' TE KUNNEN LEVEREN?

In het eerste hoofdstuk is al aangegeven dat voor een tijdige toelevering van elementen uit een opdracht nogal wat stappen moeten worden gezet. Dit geldt voornamelijk voor specifieke of unieke producten, die worden vervaardigd volgens de specificatie van de klant. Dat is een geheel andere situatie dan voor de producent van standaardproducten, die op voorraad aanwezig zijn (foto's 2.001 en 2.002). Deze moet vooral zorgdragen voor het op peil houden van de voorraad. Hier gaan we verder met de producten op specificatie. Foto 2.003 toont korte en lange kanaalplaten conform de opgave van de klant.



Foto 2.001: Voorraad van buizen op het tasterrein; voorraadproducten



Foto 2.002a



Foto 2.002b

**Foto 2.002a: Voorraad van dwarsliggers, een standaardproduct, meer dan tienhoog gestapeld**  
**Foto 2.002b: In detail is nu de stapelwijze te zien. Tussen de dwarsliggers is een houten rib gelegd. De verbindingsmiddelen dwarsligger-rail zijn aangebracht als een montagehandeling in het productieproces, voordat de dwarsliggers per tien stuks automatisch worden gegroepeerd en per tien stuks automatisch worden gehesen en gestapeld op een lege, unieke positie, dus hervindbaar voor de kraan via de gekoppelde voorraad-software.**



*Foto 2.003a: Voorraad van gestapelde – korte – kanaalplaten met springen en schuine kopzijden. De platen liggen op overstek, met de stapelpunten recht boven elkaar!*



*Foto 2.003b: Voorraad van gestapelde – lange, hogere – kanaalplaten. De platen worden gestapeld op overstek om de toename van de opwaartse kromming door kruip te verminderen!*

In een prefab-betonbedrijf zullen tegelijkertijd meerdere opdrachten in uitvoering zijn. Het is de taak van de planner om de juiste volgorde van de productie van de elementen te plannen opdat deze na verharding en/of nabehandeling op tijd gereed liggen of staan voor transport. Daarvoor zijn goedgekeurde tekeningen noodzakelijk. Maar omdat er meerdere projecten tegelijk in uitvoering zijn en de productiecapaciteit een bovengrens heeft, moet de planning op de beschikbare middelen en mensen als geheel worden afgestemd.

Ook dient er voor te worden gezorgd dat de benodigde halfproducten tijdig besteld en aanwezig zijn, of deze nu in huis of elders worden vervaardigd. Om deze te kunnen bestellen dienen weer tekeningen en/of specificaties beschikbaar te zijn, die moeten zijn goedgekeurd door of namens de opdrachtgever.

De tekeningen, die de producent voor zijn productie vervaardigt, worden afgeleid van de gegevens en tekeningen van alle bij de bouw betrokken partijen; de architect, de constructeur, de installateurs en/of adviseurs van de leidingen, gas, water, riolering, klimaatbeheersing etc. en adviseur of installateur van elektrische installaties en communicatie.

Het verstrekken en verkrijgen van de juiste gegevens op het juiste tijdstip is geen eenvoudige taak voor alle partijen betrokken bij dit proces. Maar het is wel essentieel voor de beheersing van het totale proces binnen het prefab-betonbedrijf om de juiste elementen 'just in time' op de bouw te kunnen toeleveren.

Een apart aspect, dat slechts wordt aangestipt, is het inkoopbeleid van de aannemer. Die zal voor producten, die makkelijk zijn te verkrijgen, voornamelijk op prijs inkopen, door meerder offertes aan te vragen en deze naast elkaar te leggen. Zodra het beschikbaar hebben van elementen kritisch wordt voor zijn project, zal de aannemer meer geneigd zijn om, naast de prijs, de leveringsbetrouwbaarheid van het bedrijf in beschouwing te nemen. De aannemer kan, als de beschikbaarheid van elementen van het grootste belang is, besluiten om met de prefab-toeleverancier een 'co-makership' aan te gaan. De aannemer krijgt dan de beschikking over de expertise van de toeleverancier en kan tevens het tijdstip van de toelevering onder controle houden en afstemmen op de andere activiteiten.

## 2.1.1 Het voortraject

Een traditioneel bouwproces, met *een scheiding tussen ontwerp en uitvoering* en een unieke samenstelling van bouwpartners, geeft veelal aanleiding tot de opbouw van spanning op de toelevering van gegevens aan het prefab-betonbedrijf in de eerste fase van het project. De ene partij heeft de gegevens nog niet ter beschikking, omdat hij ook afhankelijk is van toelevering van gegevens van derden, terwijl de andere partij - de producent - zonder deze gegevens geblokkeerd of gehinderd wordt in de voorbereiding.

Meestal leidt dit ook tot het moeten doen van extra inspanningen van de toeleverancier, de producent. Het inzetten van meer mallen, het nemen van risico's bij het bestellen vanaf voorlopige tekeningen, om het proces maar in gang te zetten etc., leidt tevens tot het verhogen van de kosten bij de toeleverancier.

Een goede opzet van de detaillering en het opbouwen van de benodigde gegevens kan ook in het ontwerpproces reeds geschieden. Voor partijen die ervaring met prefab beton hebben, is dat zeker niet ongewoon. Een keuze voor het toepassen van prefab beton heeft die noodzaak tot vroegtijdige besluitvorming over details in zich. Het eerder inschakelen van een prefab-betontoeleverancier kan het proces van voorbereiding vereenvoudigen. Maar laten we het totale proces voor een wat groter prefab-betonbedrijf, dat voornamelijk op specificatie elementen levert en in staat is een project volledig te realiseren, eens stap voor stap doornemen.

## 2.1.2 De afdeling Verkoop

De afdeling Verkoop van het prefab-betonbedrijf ontvangt, net als zijn collega-producenten in dat marktsegment, de vraag een offerte voor een project te maken. Die aanbieding wordt gebaseerd op de toegeleverde bestekgegevens en eventueel aanvullende specificaties, welke meestal slechts een deel van het totale projectbestek omvat.

Bij voornoemde gegevens is gebruikelijk een globaal werkplan van de aannemer voor de gehele bouw bijgevoegd. In veel gevallen komt de offerte-aanvraag van meerdere aannemers voor één project vrijwel tegelijk binnen.

De afdeling Verkoop tracht dan - door navraag te doen - de noodzakelijk geachte extra gegevens te verwerven om daarmee de afdeling Voorontwerp en Calculatie de goede gegevens voor een adequate offerte aan te reiken. Zo nodig vindt er intern en extern overleg plaats over techniek, tijd, specifieke zaken etc. Het maken van de offerte is als het ware *het simuleren van het te doorlopen project in tijd, kwaliteit en kosten*.

De offerte wordt opgesteld met daarin de omschrijving van de te leveren elementen in aantal en uitvoering, de startdatum van levering en de verdeling van de levering in fasen, de prijs en de voorwaarden waaronder die prijs geldt of zal blijven gelden. Veelal wordt ook de datum van de beschikbaarheid van gegevens genoemd. De verkoopvoorwaarden van de toeleverancier vormen een vast onderdeel van die offerte.

In de gevallen waarbij het aanbieden van een alternatieve levering, op basis van een variant ontwerp, de kansen van de toeleverancier vergroot, zal dat alternatief tevens worden aangeboden. Bij de sector Bouwelementen, de BELTON, is dat aan de orde van de dag. Er gaat bijna geen enkele offerte meer de deur uit zonder dat één of meer alternatieven zijn bijgevoegd.

De aannemer, die veelal de aanvrager is, zal de offertes analyseren en zondig aanvullende informatie vragen. Dan zal hij een keuze maken uit de voorgelegde offertes op basis van prijs, kwaliteit, tijd en eerdere ervaringen met het desbetreffende bedrijf. De onderhandelingen over een opdracht kunnen dan beginnen. Van de zijde van de leverancier is er veel aan gelegen om de betrokkenheid van de aannemer bij de voorbereiding van de productie te peilen en vast te leggen en de haalbaarheid van de opgestelde begroting in tijd en kosten van de (deel)leveringen af te schatten. Een schema van gegevensverstreking, tekening-routing, leveringsdata alsmede specificaties, goedkeuringsprocedures en betalingsvoorwaarden zijn vaak onderdeel van het contract. Een uitgebreide discussie kan ontstaan over de voorwaarden waaronder gewerkt wordt. In figuur 2.004 is een deel van de BELTON-leveringsvoorwaarden te zien. De prefab leverancier wil leveren onder zijn verkoopvoorwaarden, de aannemer wil kopen conform zijn inkoopvoorwaarden. Een niet onbelangrijk aspect, dat veelal door de grotere opdrachtgevers in hun voordeel wordt beslist; zij kopen in. De onderhandelingen worden gevoerd door de inkoper van de aannemer, die scherp wil inkopen en qua planning, tijd voor levering, de neiging heeft om zekerheden in te bouwen en meer naar voren schuift dan noodzakelijk. Voor belangrijker projecten is het om vele redenen noodzakelijk dat zowel de projectmanager van de aannemer als de projectmanager van de toeleverancier bij het afsluiten van de overeenkomst betrokken zijn.

Voor de aannemer is naast de prijs, de kwaliteitsborging en de betrouwbaarheid van levering van belang, zoals voorgaand al is aangegeven.

Voorafgaand aan het afsluiten van de overeenkomst, dient een interne check bij de toeleverancier uit te wijzen, dat één en ander qua inzet van middelen en mensen - denk bijvoorbeeld aan het aantal aan te schaffen en in te zetten bekistingen, mallen, of vrije banen met de vereiste spancapaciteit - is te realiseren, naast de reeds met andere partijen, opdrachtgevers, eerder aangegane leveringsverplichtingen. Een zo reëel mogelijke schatting van het proces - in tijd en inspanning - is dus van wezenlijk belang.



Foto 2.004: Verkoopvoorwaarden van de prefab branche

### 2.1.3 De voorbereidingsfase

De interne overdracht van gegevens van de afdeling Verkoop naar de afdeling Engineering, Planning en Productie kan plaatsvinden. Het is van belang dit zo compleet mogelijk te doen. Een projectverantwoordelijke, de Projectmanager, zal het gehele proces nu verder gaan begeleiden en zondig (bij)sturen.

Bij de toeleverancier zal een eerste productie-analyse worden uitgewerkt op basis van het overeengekomen tijdschema. Dat voorbereidings- en productieschema zal tevens wordt overlegd aan de opdrachtgever, de klant, veelal de aannemer. In de verkoopfase is tevens aangegeven in welke volgorde de bouwdelen of onderdelen nodig zijn. Navraag is veelal noodzakelijk omdat de inkoper van de aannemer een ander belang kan hebben dan de projectmanager en de betreffende uitvoerder van de aannemer. Bij het afstemmen van de productieruimte bij het aangaan van een opdracht gaat men uit van het overlegde leveringschema. Als dat verschuift - naar voren of naar achteren - kan dat nogal wat consequenties voor de bezettingsgraad hebben. Het is dan ook vaak beter dat belangrijke opdrachten niet alleen met de inkoper van de aannemer worden afgesloten, maar met de inkoper en de projectmanager van de aannemer.

Deze laatste moet ook zorgdragen voor de gegevensverstrekking in de aanloop van het project. Er dient een balans te zijn tussen de noodzaak gegevens te verstrekken en de druk op de architect, constructeur en installateurs. Een zekere flexibiliteit moet er binnen een productiebedrijf zijn, maar vertragingen van de start van een werk of een andere leveringsvolgorde kunnen tot onderbezetting leiden, hetgeen voor de producent nogal wat onverwachte, niet ingecalculeerde, kosten met zich meebrengt die moeilijk zijn te verhalen, terwijl die onderbezetting tevens kan leiden tot een tijdelijke overbezetting op een ander tijdstip. Het producerende bedrijf moet immers streven naar een volledige bezetting; een 100% bezettingsgraad. Tevens kan de start van de levering op onderdelen niet meer haalbaar zijn.

De uitwerking op onderdelen kan beginnen. Voorbereidingen van bestellingen kunnen worden opgestart.

De aannemer verstrekt de uitgangstekeningen, de sparingen, instortvoorzieningen etc., en coördineert het rondsturen van de tekeningen van de toeleverancier en draagt zorg voor het goedkeuren van de vorm, aantal en details. Hiervoor bestaat per project een tekeningen-routing, een schema met alle stappen en de volgorde van handelen om de tekeningen compleet goed gekeurd te krijgen. Foto 2.005 laat daarvan een voorbeeld zien. Berekeningen en wapeningstekeningen dienen zowel namens de opdrachtgever als door Bouw- en Woningtoezicht te worden goedgekeurd of in ieder geval voor 'gezien' te worden afgetekend. De afstemming van alle toelieferingen in het bouwproject is de zorg van de aannemer.

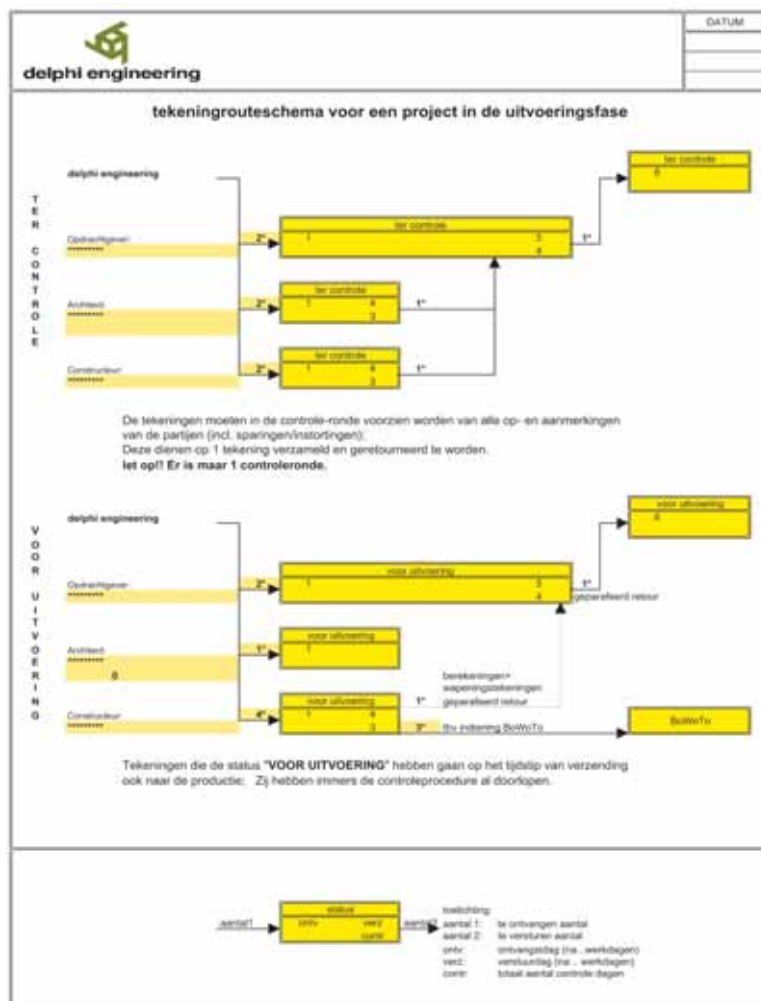


Foto 2.005: Tekening-routing

Door de afdeling Engineering van de prefab leverancier wordt gestart met het maken van overzichtstekeningen, doorsneden en het detailleren van de verbindingen om de vorm en de specificatie van de elementen van die bouwdeelen, die het eerst in de planning staan voor toelevering, vast te leggen, tenzij voor andere onderdelen hele lange besteltijden aan de orde zijn. In dat geval hebben deze elementen prioriteit bij het uitwerken. Het tekenen met CAD-systemen is gebruikelijk geworden; het uitwisselen van gegevens en tekeningen in digitale vorm neemt toe. De systematiek van tekeningopbouw, lagen, kan echter nog wel verschillen, maar daar zijn afspraken over te maken.



Tussen de verschillende partijen - architect, adviseurs en producenten - kan nog niet vanuit een centrale database worden gewerkt. De afsprakenstelsels die daarvoor nodig zijn, zijn zeer complex. Bovendien is de bouw een amorf geheel, zodat óf enkele grote aannemers het voortouw moeten nemen óf de overheid tezamen met andere opdrachtgevers.

Zodra de overzichtstekeningen en details een goed niveau hebben en de vormtekening van afzonderlijke elementen gereed en bij voorkeur al goedgekeurd is, kan een mal, een bekisting worden besteld, of de verbouwing van een bestaande mal worden voorbereid of tijdig worden uitgevoerd.

In veel gevallen wordt niet gewacht op de goedgekeurde tekening omdat de levering van bijvoorbeeld mallen best eens 4 tot 8 weken na de besteldatum kan liggen.

De constructieve gegevens van een project worden vaak in de vorm van een hoofdberekening door de hoofdconstructeur ter beschikking gesteld. Dit omvat een gewicht- en stabiliteitberekening. Alle verdere berekeningen worden bij de toeleverancier of in zijn opdracht door een gespecialiseerd ingenieurbureau gemaakt. Dat bureau dient kennis te hebben van de productiewijze in het bedrijf inzake het betreffende product.

Op basis daarvan worden de elementen gewapend en / of voorzien van voorspanwaping. Deze wapeningstekeningen worden tezamen met de berekeningen ter goedkeuring naar de aannemer gezonden. Zowel de hoofdconstructeur als de Dienst van Bouw- en Woningtoezicht zal de berekening inzien en / of beoordelen, veelal voor 'gezien' tekenen, zoals eerder al is aangegeven.

De verantwoordelijkheid wordt daarmee feitelijk bij de constructeur of het toeleverende bedrijf teruggelegd. Dit heeft alles te maken met capaciteit en geld; het beperken, minimaliseren, van de opdracht van de constructeur van het project. Die constructeur moet in concurrentie de opdracht verwerven en schrijft gedetailleerd op wat hij wel en niet doet binnen de overeenkomst.

Soms wordt de gehele constructie door de toeleverancier van prefab beton ontworpen, vervaardigd en gemonteerd, zoals bij een bruggenproject of een parkeergarage veelal het geval is. De prefab leverancier treedt dan op als 'system supplier'. Dit in tegenstelling tot het toeleveren van enkel elementen, men spreekt dan van een 'element supplier'. De te nemen verantwoordelijkheid voor de constructie als geheel of voor een toe te leveren element, dat door de klant is voorgeschreven, is van een geheel andere orde.

Het belang van de actieve aanwezigheid van een hoofdconstructeur bij een project is evident. Iemand moet de onderdelen op elkaar afstemmen, zeker wanneer er meer toeleveranciers bij een bouwwerk zijn betrokken!

De dagelijkse praktijk is helaas anders.

De gegevens voor de wapening, voorspanning alsmede de constructief in te storten onderdelen, komen vaak in fasen ter beschikking. De planning van de toeleveringen kan per fase worden ingevuld en zodoende meer definitief worden gemaakt.

## 2.1.4 De productievoorbereiding

De productievoorbereiding start met het plannen op hoofdlijnen van de productie van elementen, de te vervaardigen onderdelen en de inkoop van onderdelen. Dit gebeurt door de afdeling Planning, vaak ook wel Bedrijfsbureau genoemd. De tekeningen zijn de unieke dragers van informatie. Het geheel van tekeningen omvat: de overzichtstekeningen, de details, de elementtekeningen - vorm en wapening, de uitgetekende onderdelen en lijsten en / of specificaties, maar ook de gegevens over te toe te passen kwaliteit beton, wapening, voorspanning en de wijze van afwerken, zoals aangegeven in het renvooi van de tekening (figuur 2.006).

1001	HIJSANKER FRIMEDA 0.7T LG=110		2	sterkteklasse : B65  Staalkwaliteit: $\phi$ FeB 220 $\phi$ FeB 500  dekking : 30 mm $\pm$ 5  inhoud : 3,78 m3 gewicht : 9261 kg  mengselcode : milieuklasse : 2	—= sierbewerk. vgl's monster ▽ stortzijde niet afwerken ▽B stortzijde vlak en strak ▽A stortzijde vlak strak en glad ▽AR stortzijde gerold ▽R stortzijde opgeruwd Z▽ stortzijde zichtbeton ▼M malzijde vgl's monster Z▼ malzijde zichtbeton  maatafwijkingen conform norm: NEN 2889
1032	DEHA H-A 6000 5.0T LG= 120		5		
2051	DEMU 1980-P M16*75 EVZ		2		
7401	HAF INBOUWDOOS H=50 3/4		1		
aantal: 1 als getekend 1 spiegelbeeld			L=: 5400 mm B=: 200 mm H=: 3500 mm		

*Figuur 2.006: Het renvooi van een werktekening*

Zodra de werktekeningen en gegevens na één of meerdere controleronden definitief worden, zullen alle voorgenomen acties t.a.v. mallen, wapening, in te storten en / of te vervaardigen onderdelen worden geëffectueerd.

De productievolvergorde volgt in hoofdlijnen de levering, maar vanwege de effectiviteit van de inzet van mallen, de noodzaak mallen tussentijds te verbouwen, respectievelijk aan te passen, of het maken van series, wordt daarvan afgeweken. Foto 2.007 toont een 'voorbereide' malaanpassing. De in te bouwen maldelen zijn vooraf gereed gemaakt. Het is aantrekkelijk om zo min mogelijk keren een mal te veranderen.



*Foto 2.007: Malaanpassing om verschillende elementen – merken – in een basismal te kunnen maken en elk element binnen een cyclus van 24 uur te kunnen vervaardigen*



*Foto 2.008: Stapel geproduceerde bekistingplaat; deze worden zo kort mogelijk in opslag gehouden, omdat de rekening pas uit kan als er is geleverd*

Daarentegen is het onaantrekkelijk om voor langere tijd elementen op het tasterrein op te slaan, die daar ruimte en geld kosten, omdat de elementen vaak pas worden betaald nadat ze op de bouw zijn toegeleverd (foto 2.008). De afdeling Modellen bereidt de modellen voor of draagt zorg dat modellen, mallen, worden ingekocht en op tijd gereed zijn om te worden ingebouwd. De plaats van de mallen in de productiehhal vraagt in die situaties waar geen vaste opstellingen aanwezig zijn, om afstemming, waarbij voldoende opstellen en werkruimte aanwezig moet zijn (foto 2.009).



*Foto 2.009: Een verplaatsbare mal; een mal voor een kolom met consoles*

Verder moeten materialen en beton kunnen worden aangevoerd en het element later kunnen worden ontlast en afgevoerd. Bereikbaarheid met de kraan en het hijsvermogen van de kraan of meerdere kranen tezamen, kunnen daarbij van belang zijn. Bij vaste baanopstellingen ligt dat anders, hetgeen nader aan de orde komt bij de productie zelf.

De afdeling Wapening maakt buigstaten en maakt prefab wapeningsnetten of wapeningskooien of ingeval van een voorgespannen balk soms alleen maar een serie - veelal - gelaste beugels. De wapening wordt op de kruispunten gelast in verband met de vormvastheid en maatnauwkeurigheid van balk-beugels, maar ook voor de wapeningskooi die moet worden opgeslagen, getransporteerd en ingebouwd en perfect moet passen (foto 2.010).



*Foto 2.010: Wapening voor een kolom met consoles, ingebouwd in de mal. Vormvastheid en maatnauwkeurigheid van de wapeningskooi zijn vereist. Daarom worden de kruispunten van de staven gelast*



*Foto 2.011: Een compleet net wordt aangevoerd. Dekkingringen moeten nog worden aangebracht*

Dit wordt afgestemd op de wijze waarop de wapening in de mal zal worden gesteld en of de in te storten onderdelen vóór of na het inbrengen van de wapening in de mal worden gefixeerd. De afstemming daarvan is vaak kritisch zodat er in de tekenfase extra op moet worden gedetailleerd (foto 2.011).

Indien het beton aan een bepaalde - niet alledaagse - specificatie moet voldoen, zal men de vereiste materialen voor die betonspecie op voorraad moeten hebben en zondig met geschiktheidproeven moeten aantonen dat aan de specificatie kan worden voldaan. Soms moet in geval van kleurtoepassingen in het beton, een speciaal uiterlijk door de bekisting te profileren, tegels in te storten of bij speciale nabewerkingen vooraf middels profelementen worden aangetoond dat de verlangde specificatie inderdaad kan worden geleverd. Vaak worden deze profelementen of monstertegels tevens gebruikt als referentie om de komende producties te toetsen op gelijkheid van uiterlijk (foto 2.012).



Foto 2.012: Monstertegels voor keuze en beoordeling van het uiterlijk van het beton

De budgetten voor de productieafdelingen, in tijd - manuren - en geld, kunnen dan definitief worden gemaakt op basis van de goedgekeurde gegevens.

## 2.1.5 Het plannen van de productie van de elementen

Het plannen van de productievolgorde van elementen is in alle gevallen sterk projectgebonden, maar de aard van het product speelt daarbij een rol van betekenis. Bij het vervaardigen van funderingspalen met vaste doorsneden, maar een variabele lengte of van vloerelementen met een vaste breedte op een lange baan, is er sprake van een heel ander uitgangspunt, dan bij het vervaardigen van bijvoorbeeld unieke gevelementen of balken waarvoor unieke mallen of malaanpassingen noodzakelijk zijn. De mate waarin er 'industriëel' gewerkt kan worden, speelt dus een belangrijke rol bij het plannen van de productie.

Bij de productie, producten en hun toepassingen zal dat onderwerp daar specifiek aan de orde worden gesteld.

Het beheersen van voorgaand op hoofdlijnen beschreven proces kan men *Logistiek Management* in het proces van realisatie van een opdracht noemen.

Het begeleiden en sturen van het gehele proces van initiatief tot en met oplevering is het gelegen binnen het *Projectmanagement*.

### **2.1.6 De rol van de productie in de voorbereidingsfase**

Het vooraf vervaardigen van betonelementen kan zowel in een fabriek als op een terrein op of nabij de bouwplaats geschieden. Deze laatste mogelijkheid wordt veelal slechts verkozen als het transport naar de bouwplaats vanwege het gewicht of de omvang van de elementen bijzonder lastig is. Te denken is aan tunnelmoten, bijzondere zware brugliggers, pijlers etc. Deze productiewijze wordt hier niet verder aan de orde gesteld, maar met het oog op een aantal grote infrastructurele werken die in 2001 in uitvoering zijn gegaan, is een productiewijze van prefabriceren op de bouwplaats niet uitgesloten. Voor de Westerschelde Oeververbinding is zo'n veldfabriek ingericht. Maar ook dan vindt in Nederland de productie van geprefabriceerde elementen plaats in een daarvoor ingerichte fabriek. In het buitenland wordt soms letterlijk buiten geproduceerd of hooguit alleen door middel van een dak vrijgehouden van directe regen en zoninstraling.

In dit deel zal eerst de rol van de productieafdelingen in de gehele voorbereiding van het proces aan de orde worden gesteld alvorens in te gaan op de productie zelf.

### **2.1.7 De rol van de productieafdeling in de aanbiedingsfase**

Bij het aanbieden van een project, het uitbrengen van de offerte, zal er veelal reeds overleg hebben plaatsgevonden met de productieafdeling.

Eenzijds kan dat zijn met de centrale planner om na te gaan of er in de gevraagde termijn productiecapaciteit ter beschikking is en anderzijds met iemand van de productie wanneer het een bijzondere productie betreft en er technische of capaciteitsbeslissingen zijn te nemen.

Tevens moet in die fase al worden nagegaan of er modellen of voorzieningen moeten worden ingekocht, die bepalend zijn voor de doorlooptijd van het project, de duur van de productie. Het aantal in te zetten modellen is van belang in verband met tijd en kosten. Bovendien kan een mal een aantal keren worden ingezet, alvorens het oppervlak moet worden bijgewerkt. Voor een stalen dan wel houten mal is het aantal keren gebruik, zonder correcties, verschillend.

Een goede informatieoverdracht bij en na het opmaken van het contract is van essentieel belang. Vooral omdat de verdere uitwerking door anderen geschiedt, namelijk bij de aannemer door de projectleider in plaats van de inkoper en bij het prefab bedrijf door een constructeur en/of tekenaar en de projectmanager in plaats van de verkoper.

## 2.1.8 De rol van de productie in de engineeringfase

Bij het uitwerken van een project is er over de eerdere genoemde aspecten:

- tijd;
- maakbaarheid, monteerbaarheid;
- kwaliteit;
- inzet van productiemiddelen;
- bestellingen;
- kosten etc.;

nader overleg met productie gewenst of noodzakelijk.

Bij een groter bedrijf zal dat structureel zijn vastgelegd omdat het gescheiden afdelingen betreft, zoals de Offertevoorbereiding / Verkoop, de Engineering en de Productie, die op zichzelf weer uit verschillende afdelingen bestaan.

De *tekeningen* zijn dé unieke dragers van de productie-informatie.

Op de vormtekening vindt men:

- de vorm van het element;
- de in te storten voorzieningen;
- de te realiseren sparingen en/of doorvoeren;
- de zijde waarvan gestort wordt;
- de gevraagde afwerking;
- het gewicht;
- de specificatie van het beton;
- de ontkist- of spansterkte;
- de 28-daagse sterkte;
- de plaats van de hijsvoorzieningen;
- de wijze van ondersteunen op het opslagterrein;
- de wijze van ondersteunen bij het transport;
- de lijst met onderdelen en hun specificatie.

Voor onderdelen en afwerkingen zijn coderingen vastgelegd tussen de producenten en de KIWA. Elk element is traceerbaar en uniek.



*Foto 2.013: Element met een unieke aanduiding; werknummer, merk, opdrachtgever, gewicht, productiedatum, paraaf kwaliteitscontroleur zijn op de label van de producent aan te treffen.*

*De productie wordt onder KOMO-keur geleverd*

Daarnaast is de wapeningtekening, met specificatie, al of niet voorzien van een buigstaat direct op de tekening. Indien de buigstaat niet door de tekenaar of het tekensysteem wordt samengesteld, moet de buigstaat door de wapeningafdeling zelf uit de tekening worden afgeleid. De buigstaten omvatten de gegevens van alle staven, zoals de diameter, de kniplengte, de buigvorm en daarnaast het aantal voor een element. Het gewicht van het wapeningstaal is per staaf berekend en totaal per element gesommeerd.

Benodigde hulpwapening zal separaat worden aangegeven.

Eventueel is de verbruikte hoeveelheid wapeningstaal in een project verrekenbaar boven een in het bestek aangegeven aantal kilogrammen per m<sup>3</sup> beton, maar soms is het in het geheel niet verrekenbaar, zodat de toeleverancier zelf een schatting moet gaan maken in het offertestadium. Voor voorgespannen elementen vermeldt de tekening de gegevens ten aanzien van het voorspanstaal en de aan te brengen voorspankrachten en zonodig ook voorspanvolgorde.

Soms is er sprake van een combinatie van voorspannen en naspannen, welke spanactiviteit, zoals het woord aangeeft, op een later tijdstip wordt uitgevoerd. Men doet dat onder meer in die gevallen waarbij de totaal benodigde voorspankracht te hoog is voor het, alleen nog door eigen gewicht belaste, voor te spannen element. Meestal is dan de betondrukspanning of de buigtrekspanning in de eindzone van het element maatgevend, zodat het spannen in fasen middels het voorspannen met nagerekt staal een goed alternatief kan zijn voor andere ingewikkelde bewerkingen met de voorgerekte stangen, zoals sterk onthechten of opvoeren in de hoogte van de strengen in de einddoorsnede. Tevens doet men het meermalen om de zeegontwikkeling van het element onder controle te houden. Minder extreme druk- en trekspanningen in de doorsnede bij zeer jong beton levert minder zeeg!

Elk uniek element is van een merk voorzien. Indien het element in dezelfde mal wordt vervaardigd, zal het vaak een gekoppeld of een verwant merk krijgen (foto 2.013). Soms worden de elementen per bouwlaag genummerd. Op overzichtstekeningen en montagetekeningen worden deze merken vermeld.

### 2.1.9 De voorbereiding van de productie

Een belangrijk facet is het inkopen van modellen, in te storten onderdelen en voorzieningen. Het aantal in te zetten modellen / mallen, hangt af van:

- de vorm van het element en de vormverschillen;
- het aantal keren dat een model moet worden ingezet;
- het tijdstip dat de vormtekeningen definitief kunnen zijn;
- de tijd die nodig is tussen het bestellen en het opstellen van het model;
- de beschikbare productietijd;
- de beschikbare productieruimte.

Elders is al gewezen op het feit dat vooral voor de *minst geïndustrialiseerde producten* het verkrijgen van de definitieve gegevens van essentieel belang is, hetgeen bovenstaand nog eens is geïllustreerd. Voor min of meer gestandaardiseerde producten, die het bedrijf op de markt brengt, speelt het intern of extern bestellen van in te storten voorzieningen op zich een rol, maar ligt er minder nadruk op de mallen. Er wordt dan niet gesproken van *standaard producten*, maar van *standaard mallen*, die behoren bij een bepaalde elementdoorsnede, denk aan type brugliggers van een bepaalde hoogte. De kunst is die mallen zodanig door inzetonderdelen te kunnen aanpassen, dat afwijkende doorsneden toch met die mal kunnen worden gerealiseerd.



Indien er sprake is van gekleurd of sierbeton zal men de vereiste materialen in huis moeten hebben. Dat kan bijvoorbeeld zijn:

- toeslagmateriaal op kleur en structuur;
- bijzondere cementsoort;
- pigmenten.

Deze materialen worden voor de gehele levering tegelijk aangekocht om kwaliteits- en kleurverschillen zo veel mogelijk te voorkomen. In foto 2.014 is een beeld gegeven van materialen.

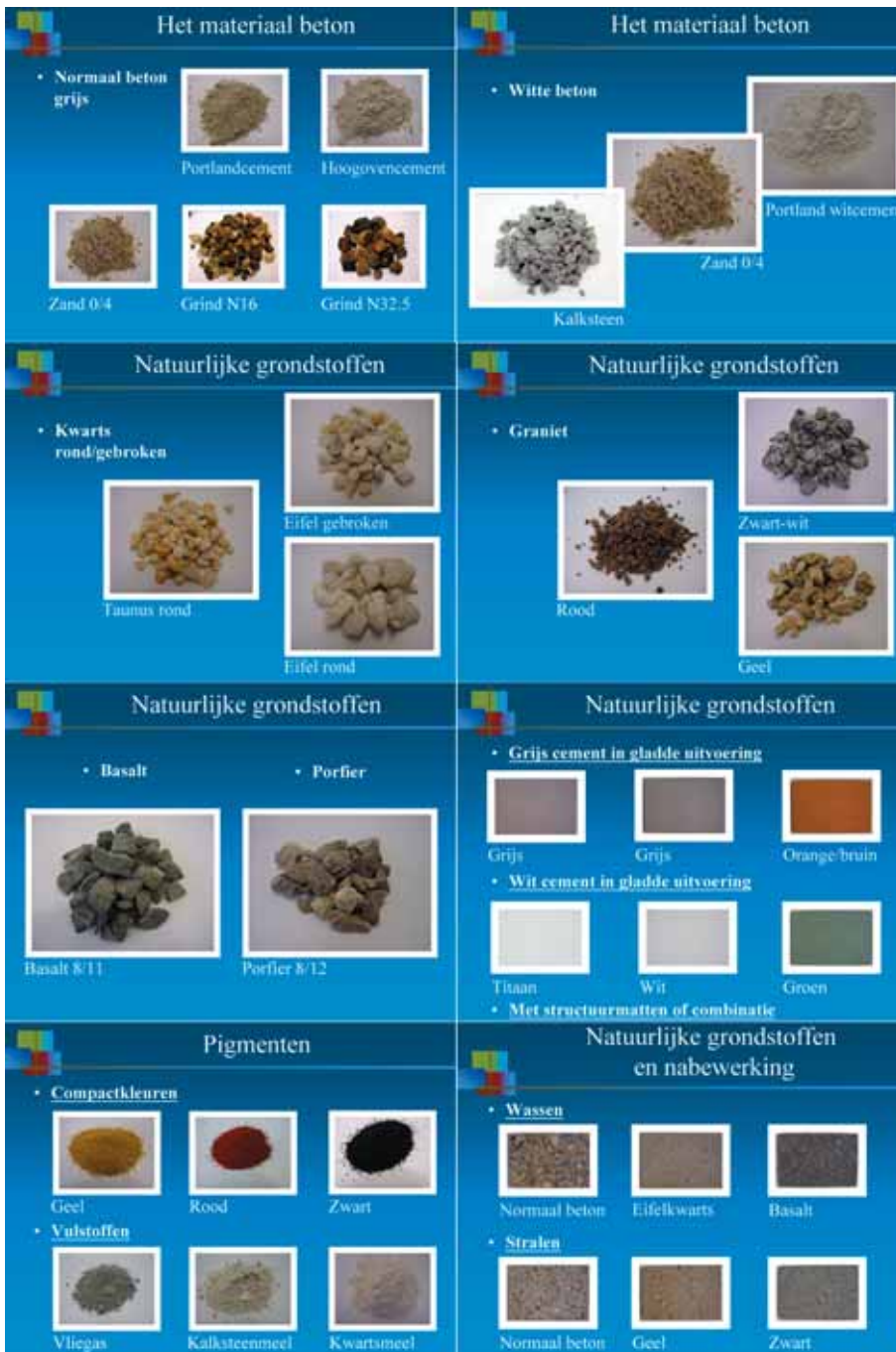


Foto 2.014

*Plannen* is dus een belangrijke bezigheid binnen het bedrijf. Het beheersen van de stroom van informatie en goederen - *de logistiek* - is een voorwaarde om op tijd alles gereed te hebben voor transport naar de bouwplaats. Er zijn gebruikelijk meerdere projecten tegelijkertijd in voorbereiding en productie. De planning moet er op gericht zijn om voor *alle projecten* te kunnen voldoen aan de gevraagde levertijd.

Bedrijfstechnisch moet men er naar streven om voor de productieafdelingen een zo gelijkmatig mogelijke bezetting van mensen en middelen te krijgen; 'equal loading'. Pieken en dalen leiden tot ongewenste, onvoorziene kosten. Voorwaar een niet eenvoudige taak, omdat er externe invloeden zijn, die niet altijd te beheersen en te voorzien zijn, zoals:

- Het niet op tijd beschikbaar zijn van de vereiste gegevens, zodat een geplande bestelling of productie moet worden uitgesteld.
- Er kunnen wijzigingen optreden, die gevolgen hebben voor tekeningen en elementen.
- De bouwvolgorde wordt aangepast. Dit kan gevolgen hebben voor het afvoerschema en daarmee wijzigt ook de productievolgorde en de toelevering van onderdelen.
- De bouwwerkzaamheden kunnen voor- of achterlopen op de bouwplanning door interne of externe factoren, zodat elementen eerder of later nodig zijn.

Dit alles kan slechts in een *flexibele productieomgeving* worden gerealiseerd.

## 2.2 DE PRODUCTIEAFDELINGEN EN HUN ACTIVITEITEN

De wijze waarop de productie is georganiseerd is sterk afhankelijk van het product dat wordt vervaardigd en de grootte, de omvang van de productie van het bedrijf.

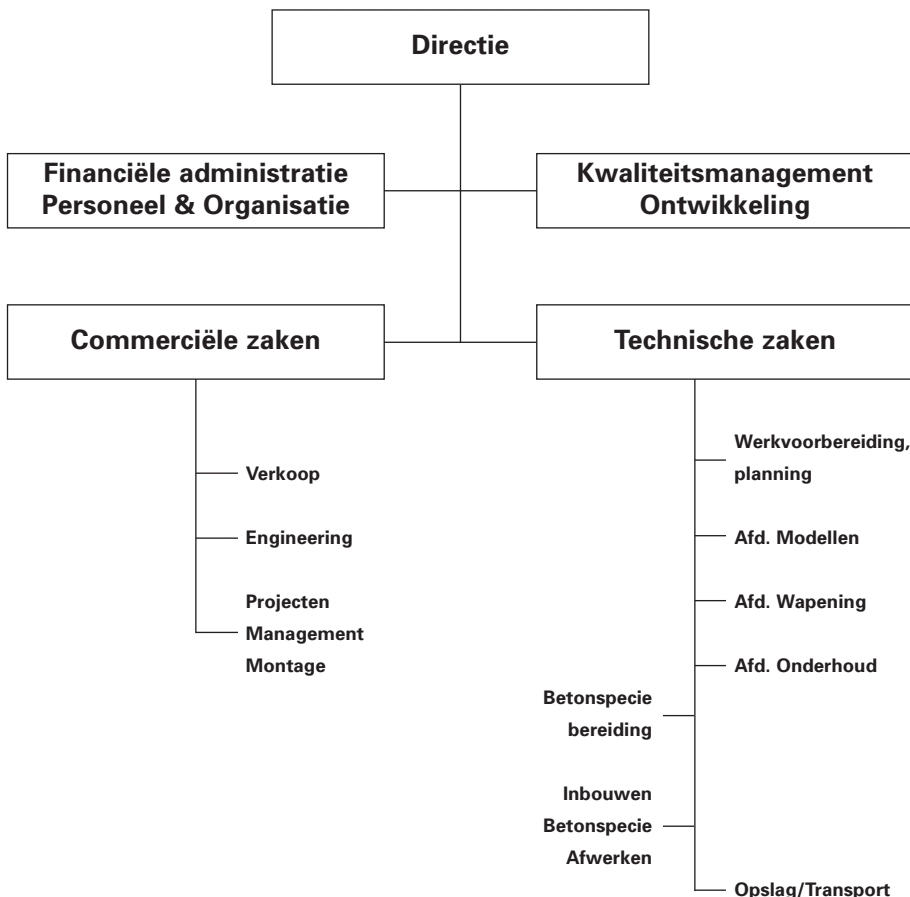
In kleinere bedrijven loopt de communicatie over het algemeen veel gemakkelijker en directer en kan men volstaan met een productie leider voor de gehele productie.

In grotere bedrijven zijn het vaak afdelingen met een eigen expertise en een eigen directe leiding, die verantwoording afleggen aan de bedrijfsleider of het hoofd van de productie.

De productie kan dan bestaan uit:

- de afdeling Werkvoorbereiding, voorraadbeheer;
- de afdeling Modellen;
- de afdeling Wapeningvoorbereiding;
- de afdeling Betonspeciebereiding;
- de afdeling Inbouw en storten;
- de afdeling Opslag en transport;
- de afdeling Kwaliteitscontrole;
- de afdeling Technisch onderhoud.

Het denkbeeldige bedrijf Prefab Beton B.V. dat hier wordt besproken, heeft een organisatie zoals in het figuur 2.015 is weergegeven.



Figuur 2.015: Organigram van het voorbeeldbedrijf Prefab Beton B.V.

### 2.2.1 De afdeling Werkvoorbereiding

De werkvoorbereiding is al in 2.1.1 tot en met 2.1.9 uitgebreid aan de orde gekomen. Deze afdeling beheerst de overall - planning en de detailplanningen per afdeling. Immers, *de capaciteit van alle afdelingen is richtlijn voor de capaciteit van het geheel*. Met een flexibele inzet van deskundige werknemers kan men de capaciteitsproblemen van de maatgevende afdeling in het proces oplossen; deskundig inleenpersoneel is zelden voorhanden.

### 2.2.2 De afdeling Modellen

Deze afdeling maakt modellen en past deze aan bij vormveranderingen van de elementen binnen een serie of wanneer er onderhoud aan de mal moet worden gepleegd na een aantal producties in die mal. De mal kan ook worden ingekocht. Er zijn nogal wat gespecialiseerde bedrijven op de markt voorhanden voor het vervaardigen van houten of stalen mallen. Het gebruik van zowel het woord model als mal voor de bekisting van een te storten element is niet ongewoon.

Een model kan, zoals eerder genoemd, zijn vervaardigd van staal of hout. Men zal voor staal kiezen als men deze mal veel keren kan inzetten, omdat de kosten voor het vervaardigen van een stalen mal niet onaanzienlijk zijn.

#### Stalen mallen

Een langdurig gebruik geeft een lage afschrijving per geproduceerd element, zoals bij min of meer gestandaardiseerde producten: brugbalken, T-platen etc. Een stalen mal is zeker aangewezen voor elementen waar een grote maatnauwkeurigheid geëist is, zoals bij de vervaardiging van segmenten voor een boortunnel; de toleranties liggen daarbij in de orde van 0,5 mm.

Een stalen mal zal men minder snel kiezen als men veel verbouwingen, transformaties, moet gaan maken voor een serie.

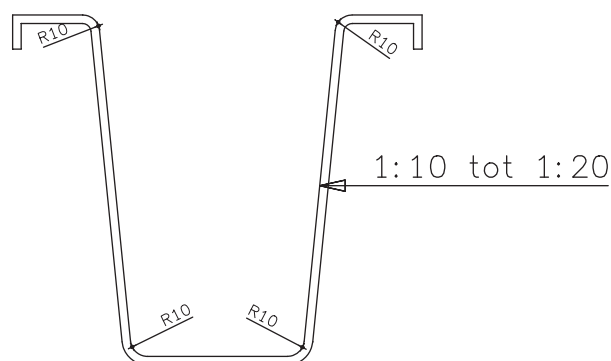
Houten mallen worden gebruikt voor een groot aantal elementen, waarbij de vrijheid om te verbouwen, de mal aan te passen voorop staat, of de serie-grootte laag is.



*Foto 2.016: Houten mal voor een kolom in een hellingbaangarage. De plaats van de console verschilt per kolom. De hellingbaan gaat via de ene console omhoog, via de andere naar beneden*

De nauwkeurigheid die men bij stalen mallen kan bereiken, kan men tevens bereiken met houten mallen, maar niet voor langdurige producties. Ook bij stalen mallen ziet men na enige malen gebruik in het strijklicht de aftekeningen van de verstijvingribben op de stalen platen en dus op het oppervlak van het element, bijna ongeacht de dikte van de stalen huid van de mal; voor langdurig in te zetten mallen 8 tot 12 mm, mede afhankelijk van de speciedruk. Bij mallen met een grotere hoogte is de speciedruk globaal hydrostatisch aan te nemen, maar met een vloeistofdruk van 2,0 tot 2,4 keer de stijghoogte. De stort snelheid, de hoeveelheid verdichtingsenergie die toegepast wordt, speelt daarbij een rol. Voor Zelfverdichtend Beton zijn proeven uitgevoerd, waaruit blijkt dat de vloeistofdruk alleen lager ingezet kan worden bij lage stort snelheden, wegens het ontbreken van de verdichtingsenergie. In de praktijk zal men zich daardoor alleen niet laten verleiden tot het lichter maken van de mallen, maar wel is van belang dat de trilmotoren, die veelal op de mal zijn gemonteerd, nu afwezig zijn. Maar de vermoeiing van het staal en de lasverbindingen is aanzienlijk afgenomen, waardoor men de mallen wel lichter zal kunnen uitvoeren. Stalen mallen lenen zich minder tot frequent aanpassen, omdat daarmee het staaloppervlak door schuren en bewerken, een andere structuur krijgt. Dat zie je altijd, want het oppervlak van het beton is een spiegel van de oppervlakte-eigenschappen van de mal.

Het vervaardigen van stalen mallen is een apart vak, dat moet worden geleerd. Voorbeelden van de vervaardiging zijn te zien op de foto's 2.018a t.m. d, 2.019a t.m. e, 2.020a en b en 2.021.



**Figuur 2.017: Principe van een mal die wordt uitgezet uit een plaat; het element kan hierbij door de schuine zijden direct worden ontlast en er zijn geen lekkende naden. Meer kwaliteit en veel minder arbeid**

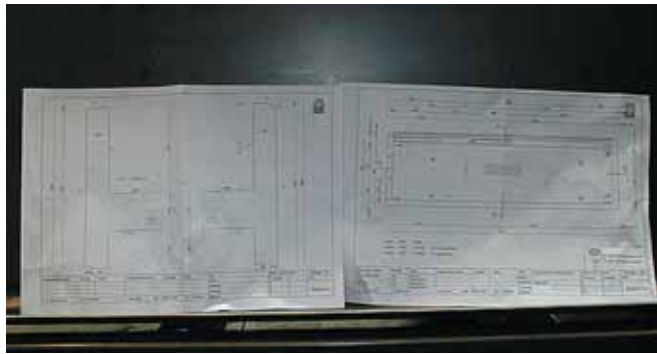


Foto 2.018a: Tekening van een stalen mal

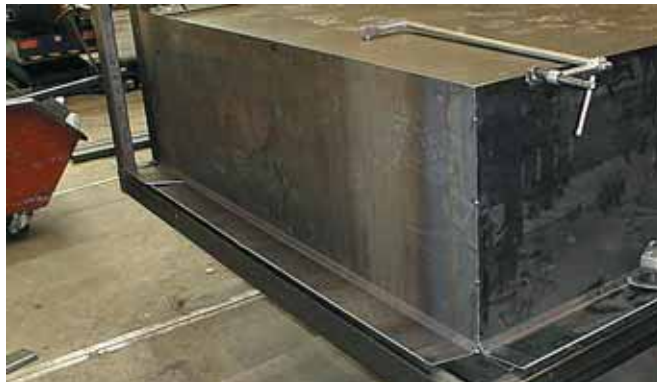


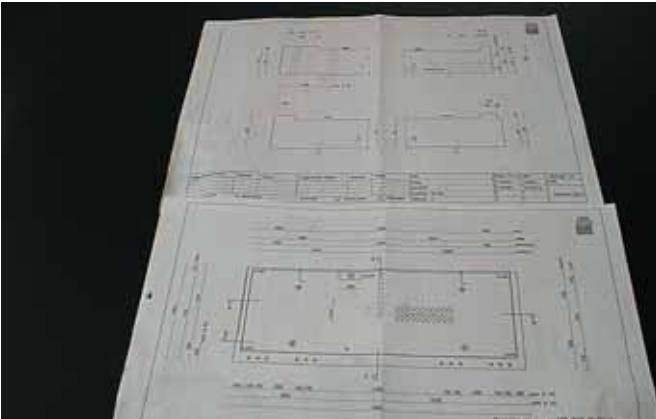
Foto 2.018b: Malonderdelen in bewerking



Foto 2.018c: Hechtlassen aangebracht



Foto 2.018d: Opbouw mal goed waarneembaar



*Foto 2.019a: Maltekening galerijplaat*



*Foto 2.019b: Het plaatsen van een zijshot*



*Foto 2.019c: Tijdelijke fixatie zijshot*



*Foto 2.019d: Aangebrachte rand*



Foto 2.019e: Vloer wordt gecoat om loopweerstand te vergroten

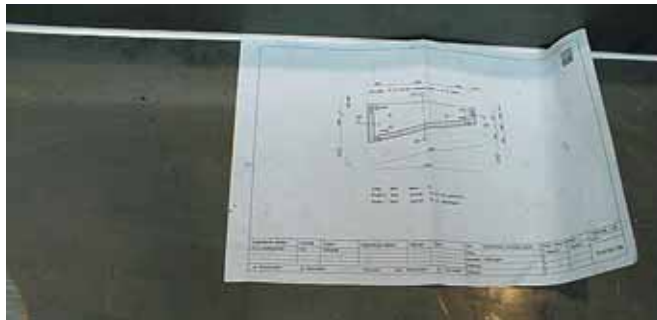


Foto 2.020a: Mal voor plaat met verdieping, driehoekige vorm



Foto 2.020b: Mal in bewerking; let op de hechtlassen vanwege de vormvastheid tijdens het vervaardigen van de stalen mal



Foto 2.021: Vakmanschap is meesterschap



### Houten mallen

De houten mal wordt opgebouwd uit gelijmde sandwichplaten, bestaande uit triplex of spaanplaat, een houten vulling van naaldhout en weer triplex of spaanplaat, alles volledig symmetrisch opgebouwd (foto 2.022). Dit om het kromtrekken te voorkomen en de stijfheid van de bekisting te vergroten. Een goede houten mal kan 20 - 50 maal worden ingezet. De contactlaag met het verse beton wordt gelakt om indringing van vocht in het plaatmateriaal te voorkomen. Wanneer er plaatselijk meer absorptie optreedt, betekent dat een plek op het element met een afwijkende kleur. Kritisch is en blijft het aansluiten van de maldelen. Men kan tussen de contactvlakken een schuimbandje opnemen, maar als er speciewater weg kan lopen, ziet men de tekening op de rand. Daarom is het van belang om altijd na te gaan of het element en dus de mal niet zodanig vorm kan worden gegeven, dat de mal uit één stuk kan worden gemaakt, bijvoorbeeld door balken of kolommen in het zijvlak een helling van 1:10 of 1:20 te geven. De kwaliteit van het uiterlijk gaat met sprongen vooruit, het ontkisten kan in één handeling gebeuren en het schoonmaken van maldelen en het samenstellen van de mal kan achterwege blijven. Voor gordingen met stalen mallen wordt deze handelwijze veelvuldig toegepast, maar verder helaas niet zo veel.

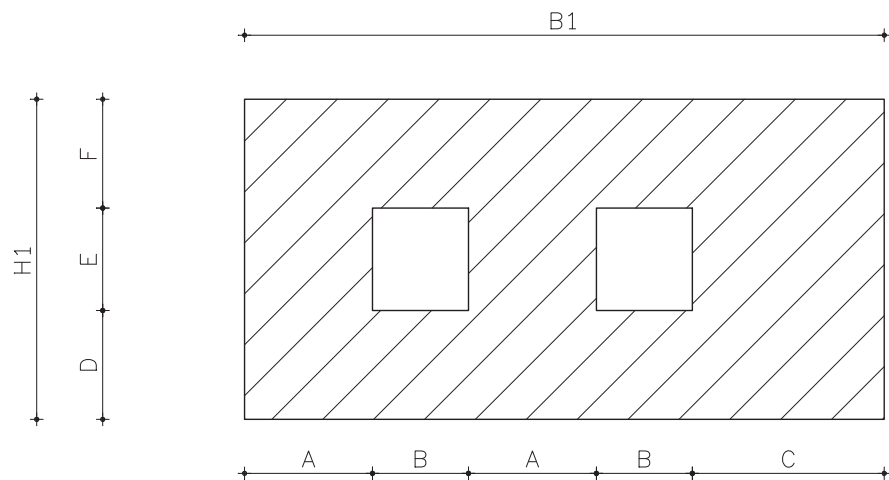
Bij de toepassing van ZVB blijkt de viscositeit - de taatheid of stroperigheid - van het mengsel voldoende te zijn om bij de naden niet te gaan lekken. Het betekent overigens niet dat men de naden niet zorgvuldig moet laten aansluiten en een schuimbandje in de naad kan vergeten. Dit betekent een grote stap voorwaarts in de visuele kwaliteit, geen lekplekken en tevens scherpere randen.

Voor mallen, die veelvuldig moeten worden aangepast, kan men beter houten mallen dan stalen mallen inzetten, zie eerdere opmerkingen. Houten mallen bouwt men terug van groot naar klein, opdat de gevolgen van de verandering niet meer in het zichtvlak komen, maar daarbuiten (fig 2.023a en b). De mal moet strak van vorm zijn en dat ook blijven, vandaar dat deze voor de prefab industrie met relatief zware zijden wordt uitgevoerd, in tegenstelling tot bekistingen op de bouwplaats. De koppeling van de opstaande zijde ten opzichte van elkaar en het afschoren op de basis om de zijde verticaal te houden kan op meer manieren plaatsvinden.

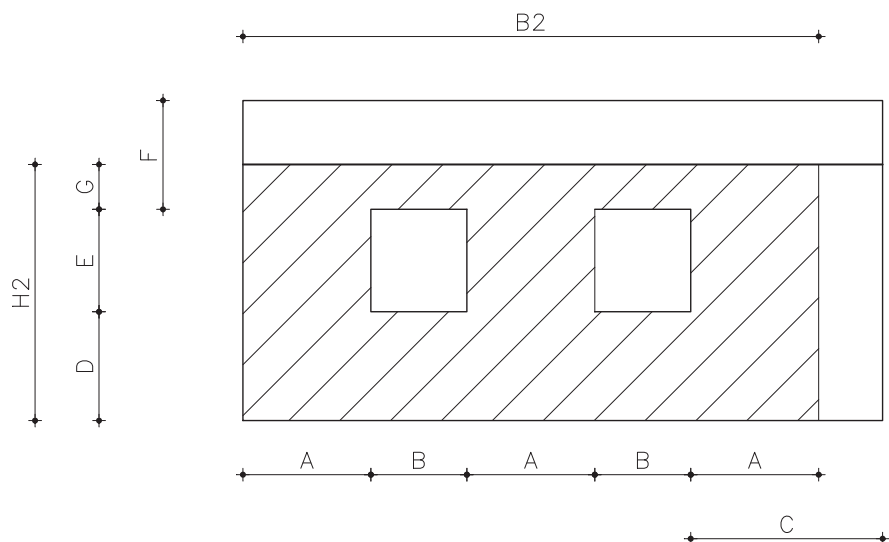


*Foto 2.022: Op de linkerkant van de foto is duidelijk te zien dat de zijde van de mal is opgebouwd uit een laag triplex, een vulling van naaldhout en weer een triplexlaag; al deze lagen zijn onderling gelijmd. De stijfheid wordt daardoor hoger, zodat de strakheid van het element is gewaarborgd bij voldoende verstijvingen*

De productie van dragende binnenspouwbladen wordt soms op stalen tafels uitgevoerd. Men ziet dan op het oppervlak van het betonelement de schuurplekken terug. De randen worden tegenwoordig vaak met magneten gefixeerd, zodat deze niet behoeven te worden gelast, hetgeen weer tot schuren zou leiden, na het verwijderen van de las. Ook maakt men houten mallen bovenop de stalen tafel, zodat men een goede strakke ondergrond heeft en de mallen snel kan wisselen. Men kan een goed uiterlijk van het element aan de malzijde behouden door het bewerken van de houten mal; schuren, plamuren, schuren en aflakken. Kozijnsparingen in dragende binnenspouwbladen worden wel iets taps opgebouwd, waardoor deze niet los behoeven te worden gemaakt bij het ontkisten. Ook dan meer kwaliteit en minder arbeid.



**Figuur 2.023a: Eerst het grootste element vervaardigen in de mal**



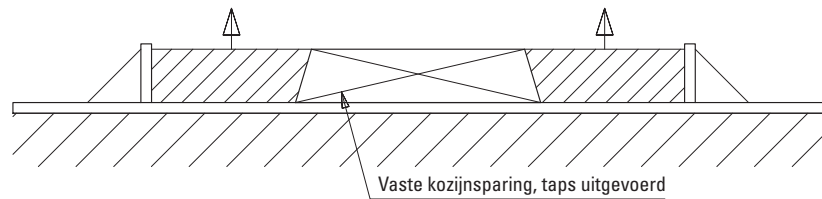
**Figuur 2.023b: Mal in maat terugbouwen van groot naar klein vanwege 'aftekening' op het element aan de malzijden**



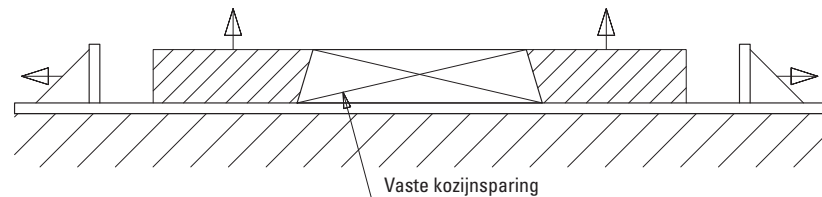
*Foto 2.024: Houten mal voor een kolom waarbij de zijden zijn afgeschoord middels driehoeken van triplex. Daarmee is de haaksheid van de mal te handhaven*

De modelmakers zijn echte vakmensen; apart opgeleid. Ze zijn in staat vanaf de tekening de mal in contravorm te bouwen zodanig, dat rekening wordt gehouden met de wijze van storten en ontkisten en op een wijze die tevens is afgestemd op de uit te voeren verbouwingen voor verwante merken.

Omdat men de tijd om een mal te verbouwen vaak zo kort mogelijk wil houden om de mal weer dezelfde dag voor productie ter beschikking te hebben, heerst er vaak een relatief hoge werkdruk in zo'n afdeling. In het geval dat niet lukt, wordt er niet geproduceerd, hetgeen - indien die productie wel was gepland - een verliespost is, en een dag vertraging, waardoor de levertijd in gevaar kan komen. Per dag moet men als productie een aantal elementen scoren; als dat om een of andere reden niet lukt, is dat puur verlies, want inhalen is meestal uitgesloten.



**Figuur 2.025a:** Een tapse sparing is tijdsbesparend en voorkomt lekkage bij de naden, omdat de sparing niet hoeft te worden verwijderd voor het ontkisten



**Figuur 2.025b:** Minimaal aan twee zijden van de vier moeten de randkisten worden losgemaakt om het element te kunnen ontkisten

### 2.2.3 De afdeling Wapeningvoorbereiding

In deze afdeling worden de buigstaten gemaakt of toegeleverd via de tekeningen. De wapening wordt verwerkt tot wapeningsnetten, beugels, wapeningskooien etc. In sommige bedrijven wordt de buigstaat reeds automatisch op de wapening tekening gegenereerd, zodat deze gegevens ook ter beschikking zijn in digitale vorm voor verdere bewerkingen of het aansturen van machines.

De beugels, kooien en wapeningnetten worden veelal gelast uitgevoerd om de maatnauwkeurigheid constant te houden. Het net wordt in de afdeling geassembleerd en getransporteerd naar het tasterrein voor een tijdelijke buitenopslag, of naar de mal of naar een plaats nabij de mal of inbouwplaats in een carousel-systeem. Dit is geheel afhankelijk van het logistieke systeem dat hoort bij het bedrijf en het product. In ieder geval dient de wapening er te zijn op de inbouwplaats als men er aan toe is, nadat de mal gereed is voor de inbouw van de wapening. Omdat veel voorzieningen zodanig van afmeting zijn, dat ze apart moeten worden aangebracht, vaak nadat het wapeningnet al is gesteld, wordt daartoe een aantal staven in het geassembleerde net weggelaten om werkruimte voor de inbouwers te creëren. De weggelaten staven worden na het inbouwen van de voorzieningen handmatig aan het net toegevoegd.

Het betreft dan vaak in te storten staalplaten met aangelaste staven voor gelaste verbindingen, omhullingsbuizen voor stekken of zeer zware bouthouders. De inbouwtijd moet worden geminimaliseerd. Als men ter plaatse staven bijvlecht moet de inbouwer multifunctioneel zijn.

Een belangrijk aspect is de maatvoering van de staven. Deze mogen niet botsen met de in te bouwen voorzieningen. De tekeningen moeten hierop zijn afgestemd. Als de wapeningnetten handmatig worden samengesteld wordt de maatvoering, de hart-op-hart-afstand van de staven, met krijtstrepen op de werktafel aangegeven. In een modernere uitvoering worden de vorm en de voorzieningen in het element digitaal ingevoerd in een lasersysteem, dat de contouren van het element en de plaats en ruimte voor in te bouwen voorzieningen op de tafel projecteert.

Dus dan geen maatvoering meer door de man, dus een aanzienlijke tijdswinst in het proces van wapeningvoorbereiding en geen verschil meer met de tekening. Het kan dus alleen in praktijk mis gaan als de tekening onvolkomenheden bevat.

Vlakke wapeningmatten, voor bijvoorbeeld bekistingplaatvloeren, worden veelal volledig automatisch gefabriceerd. Van de digitale input van de wapening in het systeem, wordt elke langsstaaf van de juiste diameter op de juiste lengte geknipt en dan naar een positie geleid via een opvoersysteem, zodat de staaf op de juiste plaats in het raster valt. De hart-op-hart-afstand van het raster kan 25 mm zijn of een veelvoud daarvan. Als alle langsstaven aanwezig zijn, ook die welke vanwege een te maken sparing in twee of meer delen wordt aangevoerd, wordt de eerste dwarsstaaf in het raster geschoven. De tafel met het raster schuift dan de hart-op-hart-maat van de dwarsstaaf op en de eerste dwarsstaaf wordt door laskoppen, die op alle mogelijke rastermaten kunnen lassen, gelast. Daarna wordt dit proces voortgezet tot alle staven geknipt, gepositioneerd en gelast zijn.

Men werkt met moderne knip- en buigmachines die kunnen worden aangestuurd en/of geprogrammeerd. Ook lasrobots hebben hun intrede gedaan. Het wapeningnet moet zijn geformeerd op een wijze dat de voorzieningen vooraf of in de mal nog kunnen worden ingebouwd. Er zijn uiterst moderne - volledig automatische - productiesystemen voor wapeningnetten voor bekistingplaten in gebruik in Nederland.



*Foto 2.026: Knip-, strek- en buigmachine. De wapening van de coil wordt verwerkt tot staven, beugels of haarspelden. Diameter, ontwikkelde lengte, vorm en aantal kunnen worden geprogrammeerd*



Foto 2.027: Wapeningcoils voor de voeding van de knip-, strek- en buigmachine



Foto 2.028: Automatisch lassen van alle kruisingen van staven voor een wapeningsmat.  
Deze productie is CAD-CAM-gestuurd

#### 2.2.4 De afdeling Betonspeciebereiding

Het hart van het prefab-betonbedrijf wordt gevormd door de betoncentrale. De aanvoer van zand en grind gebeurt nog vaak per schip (foto 2.029); de overslag met een kraan (foto's 2.030 en 2.031) of bandtransport (foto's 2.034 en 2.035).

De opslag van de diverse materialen, grind, zand, andere toeslagmaterialen, heeft plaats in gescheiden vakken zonder afdak, bij voorkeur met een afwaterende verharde bodem (foto 2.029). De opgeslagen materialen zijn dan wel gevoelig voor de opname van regenwater, maar overtollig water wordt afgevoerd.

In deze opslagwijze ontstaat een evenwichtsvochtgehalte met de omgeving, totdat het weer gaat regenen. Bij het vullen van de voorraadsilo's, de dag-bunkers, zal het vochtgehalte van het materiaal dat daarin nog aanwezig is, een wijziging ondergaan. Overmatig vocht zal zich onderin de silo verzamelen. De uitlaat van de silo zit onderin, zodat het vochtgehalte nabij de uitlaat van de silo het meest onderhevig is aan variatie. Dit in het toeslagmateriaal aanwezige vocht moet op de totaal toe te voegen hoeveelheid water in mindering worden gebracht. Dus dat vochtgehalte moet men meten of via een 'kookproef' bepalen. Dit is het meest kritische aspect in de betonspeciebereiding.

Voor het cement en de vulstoffen zijn afgesloten silo's noodzakelijk. Fijne vulstoffen, zoals silica fume, worden ook wel als slurry - 50% vulstof + 50% water - verwerkt, vanwege de hoge hoeveelheid inadembare fijne stofdelen beneden de korrelgrootte van 1 µm, die schade kunnen veroorzaken aan de luchtwegen of longen.



*Foto 2.029: Aanvoer en opslag van zand, aangevoerd per schip. Gescheiden opslag van materialen is een voorwaarde. De opslag vindt plaats in vakken. Op de achtergrond de dagsilo's en de betonmenginstallatie*



*Foto 2.030: De kraan lost het schip*



Foto 2.031: Met de shovel wordt het grind bij elkaar gebracht. Met de knipper wordt het grind gelost



Foto 2.032: Cementwagen voert cement aan



Foto 2.033: Cementwagen pompt het cement in de silo





*Foto 2.034: De opvoerband om zand of grind van het opslagvak naar de dagsilo te transporteren*



*Foto 2.035: Detail van de aanvoerband en de opvoerband*



*Foto 2.036: Betonspecie wordt vervoerd met kleine open wagens naar de diverse productiehallen*



*Foto 2.037: Betontransport vanonder de betonmenginstallatie tot aan een betontransport in een hal. Het te transporteren volume is afgestemd op de charge van de menger*

De aanvoer van cement gebeurt per schip of per tankwagen (foto 2.032).

Het cement wordt onder druk in de silo geblazen (foto 2.033).

De opslag van plastificeerders vindt veelal plaats in tanks, die nabij de betonmolen zijn opgesteld en waarvandaan de vloeistof naar de doseervaten wordt overgepompt. De aanvoer van cement naar de doseerinstallatie vindt plaats via pijpen met wormen vanuit de cementsilo.

De toeslagmaterialen worden veelal via een transportband in een zogenoemde dagsilo gestort, die met regelmaat wordt bijgevuld (foto's 2.034 en 2.035).

De opslagcapaciteit kan enkele honderden m<sup>3</sup> omvatten.

Nabij de eigenlijke menger vindt het afwegen van de grondstoffen plaats.

Deze worden van grof naar fijn in de menger gestort, waarbij de hoeveelheid bij te voegen water niet altijd in een keer wordt toegevoegd. Met een meting van het vochtgehalte in het toeslagmateriaal nabij de uitloop van de silo en/of het meten van de geleidingsweerstand van de materialen in de menger en/of door het meten van het vermogen dat de mengtrommel moet leveren wordt de hoeveelheid water ook wel in twee fasen gedoseerd.

Eerst een grof deel van ca 80% en dan eventueel na correctie de rest van het bij te voegen water, met de gehele hoeveelheid plastificeerder.

De af te wegen hoeveelheden materiaal worden berekend naar de mengsamenstelling, die per product in hetzelfde bedrijf kan variëren. Voor de berekening van de mengsamenstelling wordt verwezen naar [2.1], het boek *Betontechnologie*. Daar is tevens veel meer informatie over de materialen en betonsamenstellingen te vinden.

De verschillende mengsels hebben per bedrijf een eigen code, die ook op tekening vermeld is en wordt gebruikt om betonspecie te bestellen. Ook de hoeveelheid betonspecie, die voor een element nodig is, staat op de tekening zodat na het invoeren van deze gegevens de software van de menginstallatie een nieuwe opdracht aan de rij opdrachten kan toevoegen.

Er bestaan vele typen mixers, maar meestal is er sprake van een horizontale menger met roterende armen voorzien van schoepen, zoals bij o.a. een dwangmenger het geval is.

Tijdens het mengen kan de rotatieweerstand van de motor een aanwijzing zijn voor de plasticiteit van het mengsel, zoals eerder vermeld, zodat op basis daarvan het laatste deel van het mengwater en de plastificeerder kan worden gecorrigeerd en toegevoegd. De mengmeester, die meestal werkt met een automatische installatie, dient via visuele waarneming de betonspecie met de gewenste verwerkbaarheid, te waarborgen. Anders komt er vanzelf een signalering vanuit de productiehal; te droog of te nat.

Vaak wordt als systeem in de menger tussen twee polen de elektrische geleiding gemeten, waarna via een programma de resterende hoeveelheid water, conform de opgave en/of meting wordt bijgevoegd.

Soms zit er een opnemen in de bodem van de mengtrommel. Omdat de hoeveelheid water in de toeslagmaterialen zal blijven variëren is het zaak de hoeveelheid bij te mengen water zo goed mogelijk te blijven bepalen.

Zo wordt er in sommige installaties al een vochtgehalte meting in de dagsilo's uitgevoerd als indicator.

Zowel de sterkte als de porositeit van het beton zijn afhankelijk van de water - cement factor. Men is in staat een grote variatie aan betonmengsels uiterst nauwkeurig te produceren. Een basisvoorwaarde voor het gewenste product. Indien men ook sierbeton mengsels draait zal men tevens een opslag en doseerinstallatie voor het pigment, in poedervorm of tegenwoordig ook vloeibaar beschikbaar, nodig hebben. Tevens heeft men dan een uitgebreidere serie opslagvakken nodig vanwege de reeds op kleur gekozen toeslagstoffen.

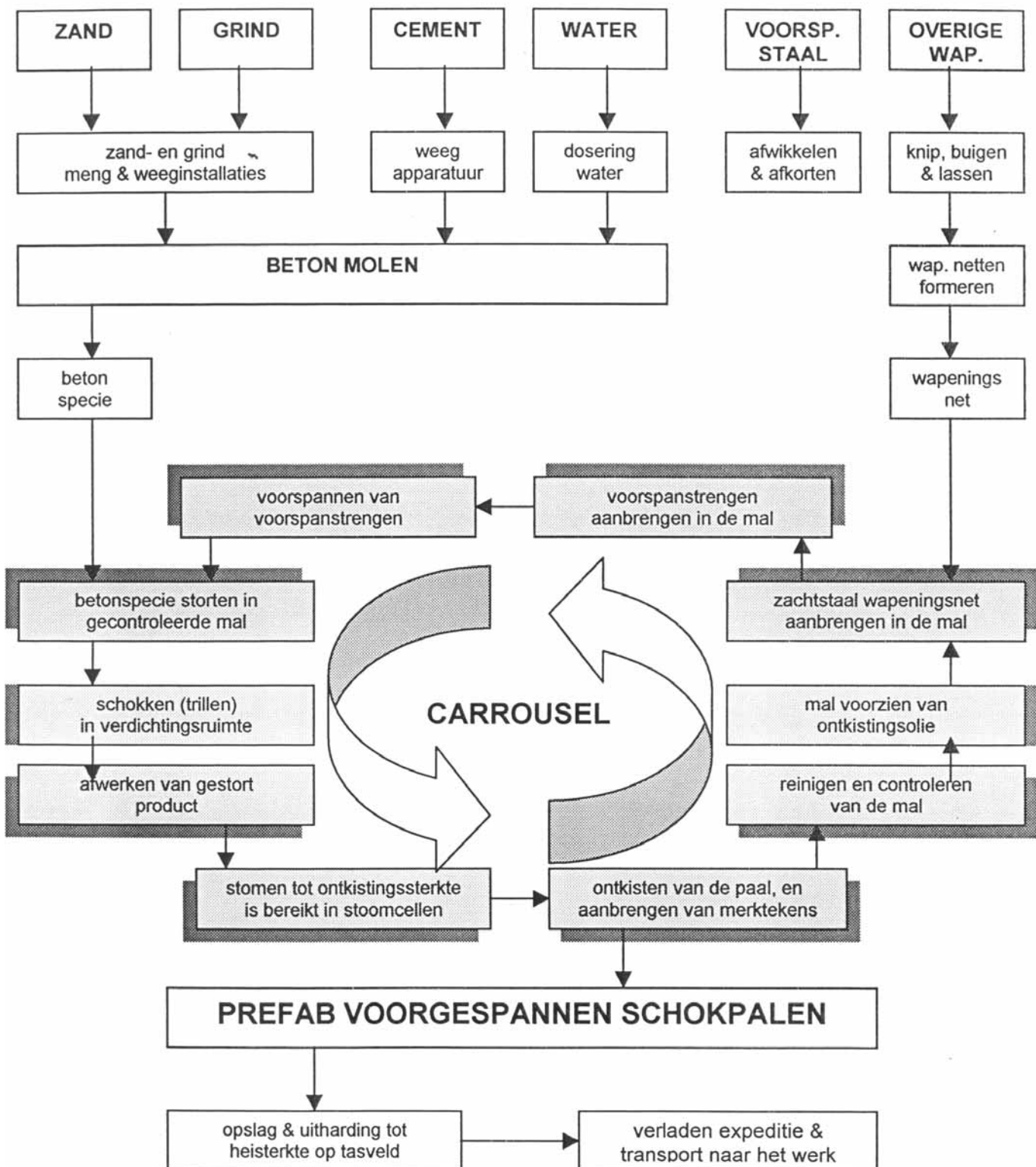
De menger heeft na circa 3 minuten het mengsel voldoende gemengd, zodat via de uitlaatopening de betonspecie in een kubel of een transportkubel kan worden uitgedraaid. De kubel kan dan op een kar naar de stortplek worden gebracht of naar een positie onder de kraan worden gereden. Dan hijst de kraan de kubel en wordt vanuit de in de kraan hangende kubel de betonspecie in de mal gestort, hetgeen dus beslag legt op de inzetbaarheid van deze kraan. Bij geautomatiseerd transport kan via het aanstuurprogramma van de transportkubel de betonspecie naar de betreffende hal en de positie stortkubel of betonsilo worden getransporteerd. Ter plaatse aangekomen, zal de kubel kantelen en de betonspecie in de stortkubel of betonsilo overstorten. In sommige bedrijven vindt het transport van betonspecie plaats met open transportwagens. Men kan dan verschillende hallen vanuit de betoncentrale bedienen (foto's 2.036 en 2.037).

### **2.2.5 De afdeling Inbouwen, storten en verharderen**

Tot nu toe was het voor de beschrijving niet echt relevant of de productie van de elementen in een stationair opgestelde of op een verplaatsbare productietafel plaatsvond. De mal is dus plaatsgebonden opgesteld (foto's 2.016 en 2.024) of is een onderdeel van een carrouselstelsel oftewel een omloopsysteem. Een schema van een carrouselstelsel is gegeven in figuur 2.038.

Na het ontkisten van het geproduceerde element wordt de mal schoongemaakt en de onderdelen van de mal weer samengebouwd. Voorzieningen, zoals schroefhuizen, bouthouders, lasplaten, randprofielen etc, worden daarna gemonteerd tezamen met het wapeningsnet. Dit net wordt op hoogte en breedte afgesteld om aan vereiste dekking te kunnen voldoen. Om de staven aan de zijden zijn kunststofringen geschoven, die de vereiste dekking buiten de staaf steken. Op de malbodem worden vaak vooraf grotere ringen neergelegd, voorzien van uitstekende punten, welke met een minimaal contactvlak op de malbodem rusten. Het net wordt dan vrij op deze ringen gelegd.

## Schematische weergave carrouselstelsel



Figuur. 2.038: Schema van een carrouselstelsel voor de productie van voorgespannen prefab-betonpalen



*Foto 2.039: Geleidesysteem met rollen voor de tafels, ook wel platforms genoemd. Op een aantal rollen is een motor bevestigd voor de voortstuwing van de tafel*



*Foto 2.040: De tafel kan ook uit de omlooproute worden weggehaald. De 'kamelen' of 'hondjes' zijn voorzien van vijzels, die de tafel van de rollen tillen. De tafel gaat dan dwarsuit naar een nieuwe positie buiten de route en kan later weer in de omloop worden ingevoegd*



*Foto 2.041: Tafel van een omloopsysteem. Op de tafel wordt ingebouwd*



Foto 2.042: De mal wordt zorgvuldig gereinigd. Zie ook het geplamuurde en gladde gelakte oppervlak



Foto 2.043: De start van het aangeven van de voorzieningen op de malranden



Foto 2.044: Aangeven van de plaats van voorzieningen voor een galerijplaatmal



*Foto 2.045: Even wrikken om het net precies te plaatsen ten opzichte van de in te storten voorzieningen. Zie de dekkingsringen om de staven. Voor in te storten voorzieningen in het bovenvlak, de afwerkzijde, moeten uithouders op de malrand worden bevestigd waardoor de invoeger op de juiste positie kan worden aangebracht, zowel in X-, Y-, als Z-richting*



*Foto 2.046: Een extreem aantal omhullingsbuizen is in het element aangebracht. Deze buizen dienen de ruimte te scheppen voor de stekken van het element op de laag daaronder gemonteerd. De omhullingsbuizen dienen dus bijzonder nauwkeurig te worden gesteld en moeten tijdens het storten plaatsvast blijven*

Na het afmonteren van de mal, indien nodig, wordt de betonspecie afgeroepen en kan men het element gaan storten en daarna afwerken. Veelal wordt een element daarna afgedekt met plastic of zeilen, maar het kan ook onbedekt blijven. Ook wel wordt het afgewerkte oppervlak van het element bespoten met 'curing compound', om vochtverlies en daardoor scheurvorming tegen te gaan. Die laag verdwijnt in de loop van de tijd.



*Foto 2.047: Storten van een vloerelement, hier met zelfverdichtend beton*



*Foto 2.048: Moderne stortmachine met te openen en te sluiten kleppen, waardoor de dosering van de betonspecie voor vlakke elementen nauwkeurig kan plaatsvinden. Ter plaatse van sparingen of schuine zijden wordt geen beton gestort; een of meer kleppen sluiten dan tijdelijk. Deze stortmachine is CAD-CAM-gestuurd*

### **Sterkteontwikkeling**

Voor een versnelde verharding wordt warmte toegevoerd. Het uitgangspunt in de prefab-betonindustrie is één productie per mal per etmaal of 2 producties per etmaal, waarbij dan in twee ploegen wordt gewerkt, die tezamen circa 17 uur productietijd hebben. De eerste ploeg begint om 06.00 uur, de volgende om 15.30 of 16.00 uur. Zeker in de laatst geschetste optie is het noodzakelijk om een goede specietemperatuur te hebben op het moment van het storten van die betonspecie en de zich tijdens het hydratatieproces ontwikkelende warmte niet verloren te laten gaan, dus het gestorte element afdekken en zonodig isoleren. Aan die eigen warmte kan warmte worden toegevoegd via verwarmingsbuizen onder of naast de mal.



Indien de productie met een carrouselstelsel plaatsvindt, zal het gestorte en afgewerkte element worden getransporteerd naar een verhardingskamer, waar de temperatuur en de relatieve vochtigheid kunnen worden geregeld. Alles met het doel om de volgende morgen het element te kunnen ontkisten en een element per dag per mal te kunnen maken.

De sterkte nodig om te ontkisten ligt voor een gewapend element zo rond de 20 - 25 MPa, voor voorgespannen elementen zo rond de 30 - 40 MPa.

In alle gevallen wordt de verharding afgestemd op de wijze van ontkisten en de cyclustijd van de productie. Het door middel van stoom in een verhardingsruimte een verhoogde temperatuur en vochtigheid creëren en zo de verharding van elementen versnellen, komt in Nederland niet veel voor, maar is in landen buiten West-Europa zeer populair.

De controle op de sterkteontwikkeling kan geschieden met een tijd-temperatuur registratie volgens een zogenoemde *rijpheidmeting*. Een aantal sensoren wordt in het element aangebracht, die de temperatuur met korte tussenpozen ter plekke registreren en doorgeven aan het aangekoppeld rijpheidprogramma. De rijpheidontwikkeling wordt zo per tijdeenheid vastgelegd.

Per type mengsel zal men de basisgegevens iets aanpassen. Voor zo een mengsel kan men de relatie rijpheid-sterkte kennen via een relatief eenvoudig uit te voeren proef. Het is dan mogelijk om aan te geven, dat de betondruksterkte na zoveel uur gelijk moet zijn aan een bepaalde rijpheid, die op de output van de rijpheidscomputer is af te lezen. Indien de computer verbonden is met de verwarminginstallatie zal de software de toe te voegen warmte doseren en de kleppen sluiten wanneer dat mogelijk is. Het programma extrapoleert dan de te bereiken sterkte vanuit de geregistreerde historie. Energiezuinig en 'veilig' voor het productieproces.

Het element, dat is gestort en verhard, zal na het ontkisten veelal gedurende een zekere tijd - een aantal uren - binnen in de hal een plaats moeten krijgen om de temperatuur van het element meer in overeenstemming te brengen met de omgevingstemperatuur. Het mag niet te snel afkoelen, vanwege scheurvorming in het oppervlak van het betonelement. De temperatuur van het element kan in de piek van de verharding oplopen tot 50 à 60 °C, afhankelijk van de duur van het verwarmen en de massa van het element.

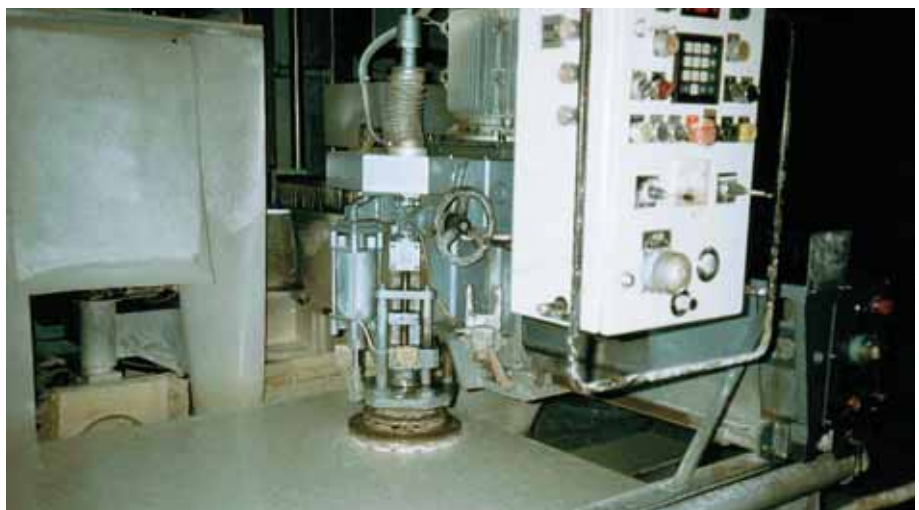
Inmiddels is het element op sterkte getest door het voor te spannen en te ontkisten en krijgt het veelal ter plekke nog een check op uiterlijk en op meetnauwkeurigheid. Kleine onvolkomenheden worden veelal meteen gecorrigeerd. Voor voorgespannen elementen is het tijdstip van voorspannen ten opzichte van de sterkte en stijfheid van het beton van belang voor de opbuiging van het element, de opwaartse zeeg, die ontstaat door de excentrische voorspanning. Het element gaat door het excentrisch voorspannen direct op de uiteinden rusten. De kruipontwikkeling loopt door in de tijd, totdat door het belasten de momentenlijn verandert en de kruip op een ander niveau zich verder ontwikkelt. Men kan door de wijze van opslag de opgetreden zeeg beïnvloeden. Door het toepassen van overstekken bij de opslag neemt het veldmoment af en wordt het voorspanmoment minder gereduceerd, zodat de zeeg verder toeneemt dan bij een opslag zonder overstek.

**Afwerken, nabewerken**

Het afwerken van het element kan geschieden direct tijdens of na de productie van het element. Men kan het oppervlak schuren, glad afspanen, rollen of de toplaag wegspoelen met water, zodat de toeslag aan het oppervlak komt. Men kan de mal ook insmeren met een verhardingvertrager, waardoor de huid niet verhardt en kan worden weggespoeld. Ook kan men de cementhuid later verwijderen door het stralen van het oppervlak. De diepte van het stralen is ter keuze. Het licht stralen van de huid, het zogenoemde wapperen, haalt alleen de gladheid van het oppervlak weg. Door langer te stralen verwijderd men cementsteen tussen de toeslagkorrels tot een dieper niveau. Door het stralen worden de toeslagkorrels geteisterd en verliezen ze hun natuurlijke glans. Een andere mogelijkheid is het polijsten van het oppervlak. Door het slijpen met schijven, bekleed met carborundem en voor de fijnere bewerkingen met industriediamant, worden de cementsteen en de toeslagkorrels laagsgewijs verwijderd. Eerst door een schijf met een grove structuur en dan met een steeds fijnere structuur (foto's 2.049 t.m. 2.051). Het sturen van de schijven gebeurt tegenwoordig automatisch via CAD-CAM-aansturing. Dit is geschikt voor zowel vlakke zijden als voor gebogen zijden. Na het polijsten wordt het gladde en vaak fraaie uiterlijk voorzien van een coating om kalkuittreding en weersinvloeden op het oppervlak te minimaliseren.



*Foto 2.049: Het polijsten van beton is een aloude bezigheid die nu modern wordt uitgevoerd met polijstmachines. Het slijpen, afschrappen van de lagen, van het betonoppervlak gebeurt in verschillende stappen, van grof naar fijn. De schuur schoen is uitgevoerd met een carborundem of industriediamant. Een aantal schoenen is hier zichtbaar*



*Foto 2.050: Het polijsten wordt machinegestuurd uitgevoerd. Ook gekromde vlakken polijsten is zeer goed mogelijk*



*Foto 2.051: Een beeld van de geleiding van de polijstmachine zelf*

### **Ontkisten en transporteren**

Om vlakke elementen uit de mal te halen kan men kiezen voor het werken met vacuümzuigers, waardoor geen hijsmiddelen behoeven te worden ingestort. In foto's 2.052 tot en met 2.055 is deze werkwijze aangegeven. Voor gemakkelijk beschadigbare elementen is dit een geschikte methode. Het element kan met een vacuümkantelzuiger in een verticale positie worden gebracht en zo worden neergezet. Ook voor het uit de mal halen van palen worden vacuümzuigers toegepast. Bij de productie van dragende wandelementen wordt gebruik gemaakt van kantelafels (foto's 2.056 t.m. 2.059). Soms wordt een mal met element met de kraan getransporteerd naar de kantelpositie en daar gedraaid en aan hijsstropen, die in de ingestorte hijsankers van het element worden gedraaid, opgetild en getransporteerd naar de opslagpositie in de hal. Doordat het element alleen vrij draagt als het verticaal is, is geen buigwapening ten gevolge van het eigen gewicht noodzakelijk. Dat kan veel verschil uitmaken. Men voorkomt daarmee tevens scheurvorming, die bij elementen die horizontaal worden ontkist of op de maltafel worden gelicht aan één zijde kan leiden tot het toepassen van een overmaat aan wapening.



*Foto 2.052: Vacuümzuiger voor het optillen van een vlak element. Door de aanwezigheid van meerdere zuigers worden de krachten in het element verdeeld en gespreid. Vooral voor gewapende elementen van belang om scheurvorming in het nog jonge beton te voorkomen*



*Foto 2.053: Het element is los van de mal en kan nu worden gekanteld. Dan kan het element in verticale positie worden opgeslagen op het tasveld. Het eigen gewicht speelt in verticale positie geen rol van belang meer. Elementen die horizontaal worden getransporteerd en opgeslagen dient men vaak extra te wapenen om scheurvorming te voorkomen of te minimaliseren*



*Foto 2.054: Het element is gereed voor rotatie. In de wandeling noemt men dit een vacuüm-kantelzuiger*



*Foto 2.055: Het element is nu gekanteld en zal nog een aantal uren in de hal verblijven om een geleidelijke afkoeling te ondergaan en veel vochtverlies te voorkomen*



*Foto 2.056: Een wandelement op een stalen tafel is geplaatst op een kantelframe, waardoor het wandelement in verticale positie wordt gezet en de wand niet behoeft te worden gewapend op het eigen gewicht + kleefkrachten tijdens het in horizontale stand hijsen. Dit scheelt nogal wat wapening. Het hijsmiddel, een stalen bout op de kritieke doorsnede, wordt tevens gunstig belast, namelijk op trek en niet op dwarskracht*



*Foto 2.057: Het element wordt nu in verticale positie gebracht*



*Foto 2.058: Het element wordt nu gelicht door de halkraan*



*Foto 2.059: De halkraan brengt het element naar een tijdelijke verblijfspositie binnen, om zonodig te worden nabewerkt ingeval van onvolkomenheden*

### 2.2.6 De afdeling Opslag en transport

Het naar het opslagterrein brengen van de elementen en daar ter plekke op in de juiste volgorde optassen is een belangrijke schakel in het proces. Het opslaan moet op de juiste wijze worden uitgevoerd. Zoals voorgaand is aangegeven kan men in de eerste periode een zeeontwikkeling beheersen of iets bijsturen door de wijze van opslag. Ondersteunt men een element aan de uiteinden dan zal het eigen gewicht de drukspanning door het voorspannen in de onderste vezels van het element doen afnemen en zal de kruipontwikkeling worden vertraagd. Door het element met overstekken van 0,1 L op te leggen minimaliseert men de toename of afname van de kruipontwikkeling, omdat het steunpuntmoment, ten gevolge van het eigen gewicht van het overstek, het veldmoment vermindert.



*Foto 2.060: Kokerbalken op het tasterrein opgeslagen in 3 lagen. De balken liggen met overstek om het moment tengevolge van het eigen gewicht in het midden van de balklengte te minimaliseren en zo de zeeontwikkeling niet te veel te beïnvloeden. De ligger wil in de tijd verder naar boven opbuigen*





*Foto 2.061: Detail van de ondersteuning, die verticaal boven elkaar moet liggen. De ingestorte hijsstropen zijn goed waarneembaar. Aan het einde steekt wapening uit voor de te maken buigslappe voeg in het brugdek bij de opleggingen. Verder zijn de in dwarsrichting van de balk de gaten voor de dwarsvoorspanning aangebracht. De dwarsvoorspanning is een naspanning, die na de montage wordt aangebracht, waarna het spankanaal wordt geïnjecteerd*



*Foto 2.062: Brugliggers voor de uitvoering van een massief dek. De gaten in het lijf zijn voor het doorvoeren van wapeningstaven in dwarsrichting van de brug. Voor de samenwerking van deze voorgespannen prefab balk en de in het werk te storten betonlaag, tussen en tot ca 150 mm boven de prefab balk, is het lijf aan weerszijden geprofileerd*



*Foto 2.063: De stapeling van de liggers 6 lagen hoog, maar wel met een gelijk overstek*



**Foto 2.064: Stapeling van brugliggers.**  
 Op deze liggers wordt, nadat verloren bekisting in het bovenvlak van de liggers is aangebracht, een dek gestort, zodat uiteindelijk de constructie bestaat uit een schakeling van I-vormige doorsneden. Ten behoeve van de schuifkrachtoverdracht in het contactvlak, brugligger en dek, steekt er beugelwapening uit. Een sponning bovenin is te zien, bedoeld voor het opleggen van de (verloren) bekisting



**Foto 2.065: Het hijsgat aan de kop van de liggers is duidelijk waarneembaar. Verder is de zijkant van de zool van de ligger geprofileerd om na het vullen van de voeg tussen twee liggers, een schuifkrachtoverdracht te kunnen realiseren. Gaat werken bij geval van het aanrijden van de brug**

Een goede opslag houdt verder in, dat rekening wordt gehouden met de volgorde van afvoer en de veiligheid, de standzekerheid van de stapel. De afvoer gaat in principe op afroep. Elk element heeft zijn eigen identificatie. Veelal is het afvoerschema in hoofdlijnen vroegtijdig vastgelegd, omdat deze invloed heeft op de productievolverde, de plaats en de volgorde van opslag.

Bij bedrijven, die vloeren produceren, is zelfs de gehele organisatie van het bedrijfsproces gestuurd vanaf de afvoer van elementen! Het tasterrein is dan in vakken ingedeeld, zodat er sprake is van een opslagplanning en combinatie met een afvoerplanning.

De elementen, die bij een vracht behoren, worden dan zoveel mogelijk op één dag gemaakt, om te voorkomen, dat men de stapels steeds weer moet herordenen. Men is ook verplicht de vracht op de wagen zo te stapelen, dat deze in legvolgorde op de bouw aankomt! Die logistieke beheersing is ver ontwikkeld en is mede oorzaak van het grote succes van de prefab betonnen vloersystemen.

Voor de ondersteuning van de elementen wordt hout gebruikt als het uiterlijk ter plaatse van het oplegvlak niet relevant is. Het hout dat het element ondersteunt, scheidt suikers af, die de vorm van de ondersteuning donker aftekent op het element. Indien het gaat om zichtelementen, gebruikt men kunststof plaatjes, die zijn voorzien van bolletjes. In het ondersteuningsvlak ziet men later alleen kleine puntjes, de contactpunten van beton en kunststof.

De elementen van een zekere maat worden alle onder een kraan opgeslagen. De aanvoer vanuit de hal kan via een kar, heftruck of kraan plaats vinden. Het maakt daarbij groot verschil of het gaat om een vloerelement of een kolom etc. Bij kanaalplaatvloerelementen van een niet al te grote lengte wordt geladen en gelost met een zelflosser, gemonteerd op de vrachtwagen.

Wordt de kanaalplaat te lang, dan wordt de stabiliteit van het element kritisch, omdat de grijpklaau maar een beperkte lengte heeft. De rest van de lengte is dan overstek. In de kanaalplaten zijn kleine voerspandraden bovenin de doorsnede aanwezig om een zeker overstekmoment te kunnen opnemen. Voor de langere platen wordt met de kraan geladen en gelost, met gebruik van een in lengte verstelbare evenaar waarop veiligheidsklemmen gemonteerd.

Zo wordt bij bekistingplaten wel een heel pakket elementen tegelijk met een heftruck geladen op de wagen. De belasting van de vrachtwagen combinatie dient onder de 35 ton te blijven. Getracht wordt altijd zo maximaal mogelijk te laden. De assen van het voertuig mogen tot 10 ton worden belast. Met een wagen met een eigen gewicht van over de 20 ton, blijft er zo'n ruime 30 ton over.

Wandelementen worden (bijna) verticaal in rekken gezet en gesteund. Ze worden vervoerd op wagens waarop frames, waartegen de elementen zijdelings leunen. Foto 2.066 toont een dieplader met wandelementen. De hoogte van de wandelementen neemt toe; de elementen moeten viaducten of bruggen van 4,20 m of 4,50 m doorrijhoogte passeren, zodat ze schuin moeten worden geladen en vervoerd. Hiervoor zijn frames op de wagen gemonteerd, waardoor het element iets kan kantelen en zo minder hoogte heeft.



*Foto 2.066: Wandelementen op dieplader arriveren op de bouwplaats. Zie de speciale frames om de wanden te kunnen vervoeren. Laadbaar links en rechts tegen het frame, dat wat hellende zijkanten kent, zodat het element altijd achterover blijft leunen*

Sommige producten kan men vooraf leveren, zodat de aannemer zelf kan bepalen wanneer hij gaat monteren. In veel gevallen is er sprake van een levering op tijd, zodat bij het aanrijden van de combinatie de elementen vanaf de wagen door de kraan direct in het werk kunnen worden gehesen en gemonteerd. Het zal hiermee tevens duidelijk zijn dat de montagehandelingen simpel uitvoerbaar moeten blijven, omdat anders zowel de kraan als de vrachtwagen langdurig worden geblokkeerd. Bovendien is de kraan met montageploeg nogal kostbaar.

Er wordt in bijzondere gevallen, bijzondere of lange elementen, onder politie-begeleiding getransporteerd door gemeenten, vaak buiten de spitsuren. De transportroute, welke wordt gekozen, dient te allen tijde gecontroleerd te worden op de minimale doorrijhoogte wanneer hoge elementen worden vervoerd. Er is een mogelijkheid om hogere elementen naast de wagen te laten doorsteken of een dieplader te gebruiken.

Voor de ontwerper van de elementen tevens een punt van overdenking; hoe dimensioneer ik mijn elementen, gezien maakbaarheid, transporteerbaarheid en montagebaarheid?

### **2.2.7 De afdeling Kwaliteitscontrole**

De kwaliteitscontroleur voert de controle van grondstoffen, mengsels en kuben uit in het bedrijfslaboratorium. Volgens het IKB schema - IKB = interne kwaliteit bewaking - worden de vereiste dagelijkse en periodieke proces- en ingang-controles uitgevoerd. Verder wordt in elke productieafdeling zorggedragen dat het af te leveren halfproduct voldoet aan de specificaties.

De ontvangende afdeling past daarom slechts een korte ingangcontrole toe. Uiteindelijk is de productieafdeling verantwoordelijk dat het product, dat naar het tasterrein wordt afgevoerd, voldoet aan de gestelde eisen.

In het proces worden door de kwaliteitscontroleur gegevens gecontroleerd en data vastgelegd. Zo krijgt elk element een identiteit en een 'geboortebewijs' zodat later nagegaan kan worden wat de historie van het element is geweest. Het controleren van materialen en elementen is een onderdeel van het kwaliteitsplan van het bedrijf.

Daarnaast moet men controleren op de specificaties van elementen conform het project - kwaliteitsplan zoals dat voor dat project is overeengekomen.

### **2.2.8 De afdeling Onderhoud**

Een prefab-betonbedrijf heeft tegenwoordig nogal wat technische middelen: mechanisch, hydraulisch, op lucht werkend, maar ook robots en machines, elektrisch en ook veel elektronisch aangestuurd. Preventief onderhoud dient de bedrijfszekerheid en bedrijfsveiligheid van de installaties te garanderen. Er is in het afgelopen decennium veel veranderd. De omzwaai van reparatie naar preventief onderhouden is één van de maatgevende veranderingen. Bedrijfszekerheid is een voorwaarde. Sommige bedrijven hebben een vrijwel volledig automatische productie, zodat verstoring door defecten direct productieverlies betekent, tenzij er buffers in het proces zijn ingebouwd.

## 2.3 KAM: KWALITEIT, ARBO EN MILIEU

### 2.3.1 KAM voor een productiebedrijf, zoals een prefab-betonbedrijf

Kwaliteit, arbeidsomstandigheden, veiligheid en milieu zijn zaken, die een onverbreekelijke eenheid vormen binnen het prefab-betonbedrijf. Kwaliteit betreft het geheel aan handelen van het bedrijf naar de interne klanten, de collegae, naar de externe klanten, de opdrachtgevers, en naar de maatschappij toe. Het verantwoord handelen van een bedrijf in het geheel van onze samenleving. Streven naar een duurzame samenleving, moet het handelen meer en meer bepalen.

In het eerste hoofdstuk is al aangegeven hoe belangrijk het continu verbeteren van de werkomstandigheden is, er van uitgaand dat de industrie jonge werknemers nodig heeft, in ieder geval met een toenemende graad van mechanisering en automatisering en ook andere, meer geschoolde, werknemers dan voorheen. Als de graad van technologie stijgt, moeten de arbeidsomstandigheden daaraan aangepast zijn of worden.

Het verstandig omgaan met onze natuurlijke bronnen en het hergebruik van zoveel mogelijk afvalmateriaal en gerecycled materiaal moet een tweede natuur zijn. Het verantwoord scheiden van afvalproducten of gebruikte producten is een noodzaak om het milieu niet verder te verontreinigen: afvalscheiding hoort.

Samenvattend zou men kunnen zeggen, dat het geheel een zaak van verantwoord handelen is, een zaak van mentaliteit van werkgever en werknemer. Het is dan ook een goede zaak, dat die drie genoemde grootheden vanaf het einde van 1999 vallen binnen een KAM-certificaat, dat wordt uitgereikt aan een bedrijf dat al zijn zaakjes op de drie onderdelen geïntegreerd heeft.

### 2.3.2 Kwaliteitssystemen

'Kwaliteit' is een begrip dat niet meer is weg te denken uit de moderne samenleving. Er is geen bedrijfstak, geen maatschappelijke instelling waarbij de begrippen 'kwaliteit', integrale kwaliteitszorg', 'kwaliteitsbeheersing', 'kwaliteitsborging', 'Total Quality' enz. niet aan de orde van de dag zijn. Kwaliteit is, zoals we zullen zien, echter 'van alle tijden'. In het begin van de mensheid zochten de mensen wat ze nodig hadden in de natuur, hun directe omgeving. Wat de natuur niet bood werd zelf gemaakt (kleding, gereedschappen enz.). Ook de gewenste kwaliteit bepaalden ze zelf binnen de stand van ontwikkeling en bekende mogelijkheden. Zodra er een vorm van arbeid en arbeidsverdeling kwam werd de kwaliteit van het product rechtstreeks tussen koper (opdrachtgever) en ambachtsman bepaald. Uiteraard konden verschillen van inzicht omtrent het begrip kwaliteit tussen ambachtsman en koper zich voordoen. In de middeleeuwen trachtte men dit op te lossen door het oprichten van Gilden. Normen voor vakmanschap werden gesteld (meester - leerling etc.) en de naleving ervan trachtte men te waarborgen door een waarborgzegel. Men kan dit dus beschouwen als een vroege vorm van certificatie.

In de voortgaande industriële revolutie werd de arbeid nog verder verdeeld in deelbewerkingen en -producten los van elkaar door verschillende mensen. Voorbeelden hiervan zijn de scheepsbouw en de bouw van grote projecten als kerken en paleizen. Hierdoor ontstond een grotere noodzaak iets te bedenken waardoor ook het eindproduct nog aan alle eisen voldeed.

In 1924 ontwierp de wiskundige W.A. Shewhart [2.1] hiertoe reeds regelkaarten om eigenschappen te registreren en tijdig te kunnen ingrijpen. De toepassing van deze techniek werd echter beperkt tot de kwaliteit van de uitvoering. De kwaliteit van het ontwerp werd hierin nog niet betrokken. Zo kon dus nog altijd een 'goede uitvoering' van een slecht ontwerp leiden tot een product dat niet geschikt was voor het doel waarvoor het was bestemd.

In figuur 2.067, ontleend aan het boek Global Quality van Mc Donald en Piggott [2.2] wordt de globale ontwikkeling van de kwaliteitszorg weergegeven zoals deze in de nu bijna afgelopen eeuw heeft plaatsgevonden.

Duidelijk kan men hierin de verruiming van het begrip kwaliteit vaststellen.

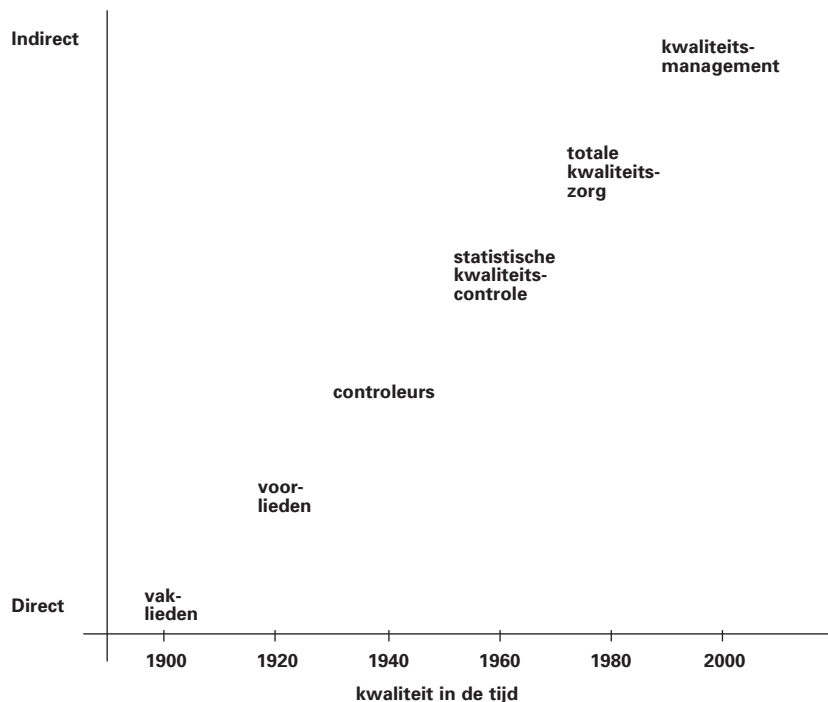
In grote stappen is de ontwikkeling van deze eeuw weer te geven als:

De productkwaliteit wordt direct beheerst door de vaklieden.

- 1920 De voorlieden worden verantwoordelijk gesteld voor de kwaliteit van de producten gemaakt door de aan hen ondergeschikte werknemers.
- 1940 Introductie van speciale kwaliteitscontroleurs. Grotere afstand dus van het directe werk.
- 1960 Statistische kwaliteitscontrole doet meer en meer z'n intrede. Vakspecialisme ontstaat, soms leidt dit tot situaties waarbij het hulpmiddel (statistiek) wordt verheven tot doel.
- 1980 Kwaliteit 'ontgroeit' de grenzen van uitsluitend productiekwaliteit. Ook de andere afdelingen in het bedrijf worden betrokken in de zorg om kwaliteit. Het begrip 'totale kwaliteitszorg' ontstaat.
- 1990 Meer en meer wordt ingezien dat kwaliteit niet een op zichzelfstaand fenomeen is. Kwaliteitszorg moet volledig geïntegreerd worden in het bedrijfsbeleid. In analogie worden ook veiligheid, gezondheid en milieu in toenemende mate geïntegreerd in het ondernemingsbeleid.

### Ontwikkeling in de kwaliteitszorg:

Verruiming van het begrip kwaliteit van Productkwaliteit naar Systeemkwaliteit



Figuur 2.067: De ontwikkelingen op de tijdschaal aangegeven

Mensen die in belangrijke mate hebben bijgedragen aan deze ontwikkelingen en die een omwenteling in het denken en doen met betrekking tot kwaliteit hebben teweeg gebracht zijn in eerste aanleg vooral de Amerikanen Deming [2.3] en Juran [2.2]. Opmerkelijk mag worden genoemd dat hun gedachtengoed het eerst in Japan werd opgevolgd. Andere bekende namen in deze ontwikkelingen zijn o.a. Ishikawa, Crosby, Feigenbaum en Taguchi.

## Waarde van kwaliteit

De waarde van kwaliteit is moeilijk te meten. Belangrijk hierin is de prijs-/kwaliteitsverhouding. Waar in het verleden bij het aankoopbeleid vooral gelet werd op de prijs, wordt in toenemende mate gelet op de kwaliteit van product of dienst. In de vrije markteconomie is de concurrentie groot en zijn de prijsverschillen vaak zeer klein en worden derhalve de verschillende kwaliteitsaspecten van steeds groter belang. Hierbij gaat het niet alleen om de directe productkwaliteit maar tevens om aspecten als leverbetrouwbaarheid, service en nazorg, advisering enz.

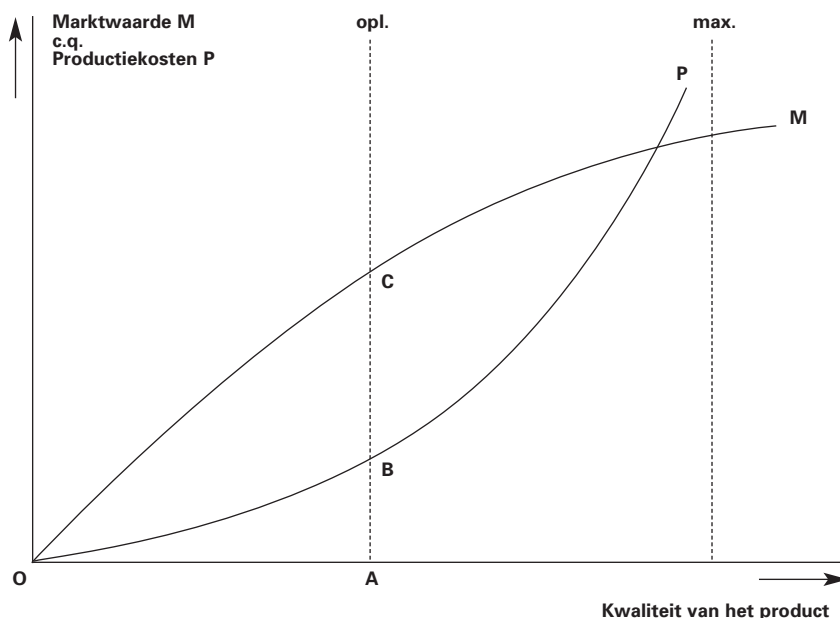
Benchmarking en klanttevredenheid zullen in de nabije toekomst van doorslaggevende betekenis kunnen zijn.

Doorgaans blijken producten met een hoge 'kwaliteitswaarde' meer winstgevend.

## Kwaliteitskosten

Het zal iedereen duidelijk zijn dat de kwaliteit van een product van invloed is op de prijs ervan. Maar ook het omgekeerde is waar: de prijs van een product is van invloed op de kwaliteit ervan. Als denkmodel voor de relatie 'marktwaarde en kwaliteit' wordt vaak onderstaand figuur 2.068 gebruikt.

De 'optimale' kwaliteit voor de producent ligt hierin bij punt A (verschil tussen marktwaarde en productiekosten het grootst).



Figuur 2.068: Kwaliteitskosten

Belangrijke vragen in dit verband zijn:

1. Welke prijs-/kwaliteitsverhouding steekt gunstig af ten opzichte van de concurrentie in de markt en wordt gewenst door de klant?
2. Welke zijn de optimale kostenverhoudingen om zo'n product te vervaardigen en op de markt te brengen?

In het kader van een enkele jaren voordien door het ministerie van EZ gelanceerd Kwaliteitsplan om de concurrentiepositie van het Nederlandse bedrijfsleven te verbeteren is in 1984 door de BFBN dit initiatief opgepakt om een Kwaliteitsplan Betonproductenindustrie te starten.

Dit plan bevatte een drietal fasen, te weten:

1. een kwaliteitskostenonderzoek;
2. een follow-up met opleidings- en actieprogramma's;
3. invoering en evaluatie van verbeterde kwaliteitssystemen op basis van de NEN-ISO 9000 normen.

Een kwaliteitskostenonderzoek is vaak een goed hulpmiddel om de zwakke en sterke kanten van een kwaliteitssysteem in een organisatie zichtbaar te maken en om van daaruit doelstellingen tot verbeteringen te formuleren en in gang te zetten.

Onder kwaliteitskosten worden alle kosten begrepen die gemaakt worden in verband met kwaliteit, door welk onderdeel van het voortbrengingsproces dan ook.

De kwaliteitskosten worden hierin veelal in twee hoofdgroepen verdeeld, welke op hun beurt ook weer in twee kostensoorten worden onderverdeeld, namelijk:

*Verspillingen:*

alle kosten die ontstaan doordat de beoogde kwaliteit van het product (of dienst), het proces of de organisatie niet wordt gerealiseerd, onderverdeeld in:

- interne faalkosten;
- externe faalkosten.

*Uitgaven:*

alle kosten van maatregelen om deze verspillingen te voorkomen of zo laag mogelijk te houden, onderverdeeld in:

- preventiekosten;
- beoordelingskosten (beheersingskosten).

Bij het onderzoek onder de BFBN-leden zijn destijds de volgende waarden gevonden [2.5 (3)].

**Tabel 2.1 Kwaliteitskosten uitgedrukt in % van de totale omzet**

	Gemiddelde praktijksituatie	Optimale situatie
Preventiekosten	1,5 %	1 %
Beoordelingskosten	3,5 %	2 %
Faalkosten (intern/extern)	6,0 %	3 %
Totale kwaliteitskosten	11,0 %	6 %

### 2.3.3 Kwaliteitsbegrippen

#### Kwaliteitszorg

De 'International Organisation for Standardization' (ISO) heeft internationale normen (standards) en richtlijnen (guides) opgesteld voor het opzetten en onderhouden van een integraal kwaliteitssysteem. Het omvat een serie normen en richtlijnen welke bekend zijn als de ISO 9000-serie. Europa en ook Nederland heeft deze normen aanvaard; derhalve zijn deze normen in Nederland bekend als NEN-EN-ISO 9000 serie. In de 'oude' norm 9000:1994 (welke nu in een overgangsfase verkeert) worden nog de begrippen 'kwaliteitszorg' en 'integrale kwaliteitszorg' gehanteerd. In de nieuwe normserie 9000:2000 zijn deze begrippen vervangen door 'kwaliteitsmanagement' en wordt in een



breder kader niet alleen naar de wensen en verwachtingen van de directe klanten, maar van alle belanghebbenden ('stakeholders') gekeken. De definitie van 'Kwaliteitsmanagement' volgens de nieuwe NEN-EN-ISO 9000: 2000 luidt: *"De gecoördineerde activiteiten om een organisatie te sturen en te beheersen met betrekking tot kwaliteit"*.

Kwaliteit wordt, naast andere managementdisciplines (Milieu, Arbo & Veiligheid, Financiën en Human Resources), in de moderne organisatiekunde gezien als belangrijk aspect voor het succesvol besturen van organisaties. Het continu willen verbeteren van de prestaties en het tevens gericht zijn op de behoeften van **alle** belanghebbenden ('stakeholders') vormen hierbij de uitgangspunten.

### Overgangperiode

Certificatie van kwaliteitsmanagementsystemen op basis van de 1994-normen blijft nog mogelijk tot drie jaar na het verschijnen van de nieuwe norm, dus tot 15 december 2003. Echter certificaten op basis van de 1994-versie zijn geldig tot uiterlijk drie jaar na de publicatie van de ISO 9000:2000-serie, dus ook tot 15 dec. 2003. Gezien echter ook de verbeteringen die in de nieuwe norm zijn gerealiseerd, mag verwacht worden dat bedrijven zullen besluiten nieuwe certificaten aan te vragen op basis van de nieuwe versie, en zullen reeds gecertificeerde bedrijven om dezelfde redenen van verbeteringen waarschijnlijk besluiten eveneens vroegtijdig hun kwaliteitsmanagementsysteem om te bouwen naar de eisen uit de nieuwe norm.

### Belangrijkste veranderingen

Naast het feit dat de structuur van de nieuwe norm veel overzichtelijker en gebruiksvriendelijker (beter leesbaar) is geworden, zijn vooral de volgende veranderingen op te merken:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. Klant staat centraal;    | duidelijk gericht op tevredenheid van de klant.   |
| 2. Grotere rol directie;    | meer directe verantwoordelijkheid en betrokkenheid van de directie.   |
| 3. Aandacht voor middelen;  | onderkennen van, en beschikbaarstelling   |
| 4. Procesmatige benadering; | processen en hun onderlinge samenhang.  |
| 5. Continue verbetering;    | integratie in het gehele managementsysteem, gericht op verhoging van de klanttevredenheid en verbetering van de efficiency. |

Hieronder wordt het model van een op processen gebaseerd kwaliteitsmanagementsysteem weergegeven. De opsomming laat duidelijk zien de rol van de klant bij het definiëren van eisen aan de inputzijde en de klanttevredenheid aan de outputzijde.

De nieuwe NEN-EN-ISO-9000:2000-serie omvat:

NEN-EN-ISO 9000	<b>Grondbeginselen en verklarende woordenlijst</b> (vervangt de NEN-EN-ISO 8402:1994 en NEN-EN-ISO 9000-1:1994)
NEN-EN-ISO 9001	<b>Eisen</b> (vervangt de NEN-EN-ISO 9001:1994; NEN-EN-ISO 9002:1994; NEN-EN-ISO 9003:1994)
NEN-EN-ISO 9004	<b>Richtlijnen voor prestatieverbeteringen</b> (vervangt NEN-EN-ISO 9004-1:1994)
NEN-EN-ISO 10011	<b>Audit en kwaliteitsmanagementsystemen</b> (wordt in 2002 vervangen door ISO 19011)

### **Acht Kwaliteitsmanagementprincipes**

In de nieuwe norm worden acht kwaliteitsmanagementprincipes onderscheiden die de directie kan gebruiken om de organisatie te leiden naar verbeterde prestaties.

- Klantgerichtheid
- Leiderschap
- Betrokkenheid van medewerkers
- Procesbenadering
- Systeembenadering van managen
- Continue verbetering
- Besluitvorming op basis van feiten
- Win-win-relaties met leveranciers

Deze acht kwaliteitsmanagementprincipes vormen de basis voor de kwaliteitsmanagementnormen binnen de ISO 9000-familie.

### **Kwaliteitsbeheersing**

*"Het aspect van kwaliteitsmanagement gericht op het voldoen aan kwaliteitseisen".*  
 Kwaliteitsbeheersing impliceert technieken en activiteiten die zowel zijn gericht op het controleren als op het uitschakelen van oorzaken welke leiden tot onbevredigende prestaties en dit voor alle stadia van de totale bedrijfsvoering (kringloop).

### **Kwaliteitsborging**

*"Het aspect van kwaliteitsmanagement gericht op het geven van vertrouwen dat aan kwaliteitseisen zal worden voldaan".*

Kwaliteitsborging kent zowel interne als externe oogmerken.

Intern; dat vertrouwen aan de leiding wordt gegeven dat producten (diensten) voortgebracht worden die aan de vooraf gestelde eisen zullen voldoen.

Extern; vertrouwen aan de klanten dat zij erop kunnen rekenen dat de producten zullen voldoen aan de kenbaar gemaakte eisen en vanzelfsprekende behoeften.

## **2.3.4 Kwaliteit en organisatie**

In 2.3.2 hebben we globaal de ontwikkeling van kwaliteitszorg gezien in deze eeuw. Het inzicht is gegroeid dat kwaliteit niet een afzonderlijk iets is dat tot stand komt door één of enkele medewerkers in een organisatie. Kwaliteit is het resultaat van het besef dat alle medewerkers in een bedrijf, ongeacht de plaats in de organisatie, zich verantwoordelijk weten dat slechts de gezamenlijke inspanning van allen kan leiden tot een efficiënte organisatie waarin kwaliteit niet een afzonderlijk aspect, maar een geïntegreerd onderdeel van het bedrijfsbeleid vormt. In een dergelijk klimaat kan 'kwaliteit' tot volle wasdom komen, in het belang van alle belanghebbenden te weten, klanten, het eigen bedrijf (eigenaren én medewerkers) en kwaliteit als maatschappelijk belang (milieu, duurzaamheid, kortom 'rentmeesterschap').

Al deze aspecten zijn opgenomen in de NEN-ISO 9000. In de nieuwe versie '2000' van deze norm wordt met name aan de aspecten klanttevredenheid, medewerkerstevredenheid en continue verbetering aanzienlijk meer belang gehecht. Men kan dit dus zien als een verdere groei van de eerder geschetste ontwikkeling.

Als de bedrijfsdoelstelling is, het voldoende rendement maken op het geïnvesteerde vermogen en hierbinnen de klant leveren wat hij verwacht te krijgen, zullen zij dus "ja" moeten zeggen tegen:

- tegen de prijs;
- tegen de levertijd en
- tegen de kwaliteit van het product (vertaald d.m.v. een specificatie).

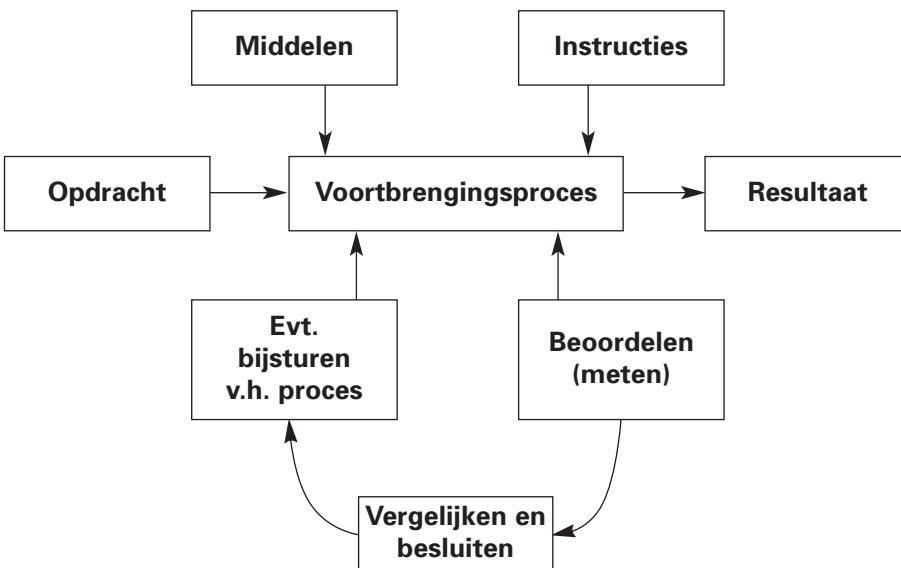
Dit is dan het RESULTAAT dat het bedrijf door gezamenlijke inspanning van alle medewerkers heeft bereikt.

Als we het realiseren van de bedrijfsdoelstelling zien als een OPDRACHT kunnen we e.e.a schematisch weergeven in figuur 2.069.



*Figuur 2.069: Van opdracht naar resultaat*

Het zal duidelijk zijn dat dit niet vanzelfsprekend tot stand komt. Er zullen elementen toegevoegd moeten worden om tot een goed resultaat te kunnen komen. In figuur 2.070 zijn deze elementen toegevoegd.



*Figuur 2.070: Voortbrengingsproces van opdracht tot resultaat*

Merk op dat 'Bedrijf' vervangen is door 'VOORTBRENGINGSPROCES', dit om tot uitdrukking te brengen dat het volledige bedrijfsproces met al zij onderdelen bedoeld wordt.

Onder 'MIDDELEN' moeten aspecten als: bouwterrein, gebouwen, machines en gereedschap in de ruimste zin worden begrepen.

Onder 'INSTRUCTIES' moeten alle zaken als specificaties, procedures, instructies, opleiding enz. worden begrepen.

Evident is echter dat de ingebouwde elementen 'BEOORDELEN / METEN', het vergelijken met vooraf gestelde normen en processpecificaties en het zonedig 'BIJSTUREN' van het (deel-)proces noodzakelijk zijn om een efficiënt voortbrengingsproces te realiseren, welk voorwaarde is om tot het gewenste 'RESULTAAT' te kunnen leiden.

Het hiervoor geschetste schema voor het totale voortbrengingsproces kan men uiteraard ook toepassen op alle deelprocessen (afdelingen) en eveneens op elke deelhandeling (taakomschrijving).

Het totale voortbrengingsproces kan dan ook worden gezien als het op efficiënte wijze aaneenknopen van vakmanschap, waarmee ieders betrokkenheid nogmaals wordt geaccentueerd.

Onder 'beoordelen / meten' dient men alle relevante procescontroles gestalte te geven. Uitgangspunt dient hierbij steeds te zijn, welke zijn de kritieke invloedsfactoren en waar kunnen bijstuur-acties het meest efficiënt ingericht worden. Controles mogen nooit een doel op zich zijn, zij zijn slechts middelen om de gestelde doelen te bereiken.

Zo zullen materialen (grondstoffen), bedrijfsprocessen (marketing/verkoop - ontwerpen - plannen - vervaardigen - opslag en distributie, nazorg enz.) en producten (van halfproduct tot eindproduct) elk beoordeeld moeten worden op het aspect beoordelen (meten), vergelijken (met gestelde norm) en beslissen (al dan niet corrigeren).

In de betonproductenindustrie zijn deze elementen terug te vinden in de zogenoemde BRL's (beoordelingsrichtlijnen) en de daarin opgenomen IKB-schema's (Interne kwaliteitsbewaking schema's).

### Productspecificatie

Essentieel om te kunnen leveren wat de klant vraagt of verwacht is een duidelijke afspraak hierover tussen betrokkenen.

De definitie van kwaliteit volgens de nieuwe NEN-EN-ISO 9000:2000 luidt: *"de mate waarin een geheel van eigenschappen en kenmerken voldoet aan eisen"*.

De definitie van kwaliteit kent een lange geschiedenis. Bekende definities in het verleden waren 'Quality is fitness for purpose' van de Amerikaanse Japan-goeroe Dr. Juran [5] en 'Quality is customer satisfaction'.

Belangrijk bij het maken van afspraken omtrent het te leveren product of dienst is dat **de afnemer moet weten wat hij wil** en dat **de leverancier (fabrikant) weet wat hij kan**. Zo te zien wellicht geen al te ingewikkelde opgave. In de praktijk blijkt echter al te vaak dat dit proces moeilijker is dan verwacht. Opdrachtbevestigingen zijn niet zelden (veel) te summier en onvolledig. Een directe bron voor een ontevreden klant !

Het is dus van het grootste belang om dit traject zeer zorgvuldig te doorlopen en af te ronden tot een eenduidige specificatie.

Vele aspecten dienen hierbij betrokken te worden:

Een product kent vele functies:

- Technisch/fysisch (constructieve sterkte, maatvoering, duurzaamheid, veiligheid)
- Esthetisch vormgeving, uiterlijk, kleur
- Sociaal milieubelasting van het product, wijze van produceren, recyclebaarheid
- Economisch juiste prijs/kwaliteit verhouding, concurrentie, continuïteit van de onderneming

Voor elk van de relevante aspecten moeten eenduidige afspraken met nominale streefwaarden en maximaal toelaatbare afwijkingen in de vorm van tolerantiegebieden worden afgesproken.

Voor niet of moeilijk meetbare aspecten, veelal esthetische eigenschappen, is normstelling en tolerantie vaak geen eenvoudige zaak, maar daarom niet minder belangrijk. Het overeenkomen en vastleggen met behulp van monsters (standaarden) en grensmonsters kan hierbij een zinvol hulpmiddel zijn.

## Kwaliteitsmanager

De betonproductenbranche wordt gekenmerkt door bedrijven met nogal uiteenlopende bedrijfsgrootte. Het is duidelijk dat dus geen eensluidend advies gegeven kan worden voor vorm en inrichting van de bedrijfsorganisatie.

Onafhankelijk van de bedrijfsgrootte kan wel uitgedragen worden dat iedereen binnen de organisatie **medeverantwoordelijk** is voor de zorg voor de kwaliteit van producten en diensten. Kwaliteit is immers ieders verantwoordelijkheid. Binnen deze algemene context kan men in een organisatie iemand belasten met de coördinatie, registratie en aansturing van activiteiten voor beheersing en verbetering. Blijft echter dat de directe verantwoording ligt bij elk van de onderscheidenlijke bedrijfsprocessen.

In grotere organisaties kent men vaak de functie van kwaliteitsmanager, meestal deel uitmakend van een managementteam. In een dergelijke organisatie zijn de verschillende managers direct verantwoordelijk voor het resultaat van hun bedrijfsdeel (deelproces). De kwaliteitsmanager is degene die de verschillende activiteiten voor kwaliteitsbeheersing en verbetering coördineert, bewaakt en aanstuurt.

Bij deze grotere organisaties wordt vaak een **Resultaat Gerichte Bedrijfsvoering** (RGB) gehanteerd. Duidelijke doelstellingen worden geformuleerd.

Bij het formuleren van doelstellingen dienen een aantal eisen vervuld te worden. Prof.ir. F.A. Mulder [2.4] stelt in zijn boek 'Manager en productkwaliteit' dat doelstellingen aan een achttal eisen dienen te voldoen, te weten:

- tijdsgebonden;
- meetbaar;
- output-gericht;
- op het juiste niveau (bevoegdheid);
- passen in het kader van hogere doelen of doelstellingen;
- specifiek;
- objectief realiseerbaar en
- subjectief zinvol.

Kwaliteitsbeleid ontwikkelt zich op deze manier van een afzonderlijk beleid tot een onlosmakelijk geïntegreerd onderdeel van het totale bedrijfsbeleid.

Evenzo worden ook aspecten als milieu en arbeidsomstandigheden meer en meer als een geïntegreerd deel van het totale beleid aanvaard.

Bij de beoordeling van de bedrijfsresultaten komt dan niet alleen het financiële ondernemingsresultaat maar ook zaken als klanttevredenheid, tevredenheid van het personeel en de positie van het bedrijf in de maatschappij aan de orde.

De periodieke evaluatie van het (kwaliteits-)beleid vormt een wezenlijk onderdeel in de zelfsturendheid van de onderneming. Bij deze interne audits wordt dwars door de organisatie een aantal toetsingsmomenten vastgesteld waarin wordt nagegaan of men 'op koers' ligt of dat bijsturing gewenst is. Hadden deze interne audits voorheen overwegend een 'controlerend' karakter, de laatste tijd ziet men hierin een verschuiving naar "hoe kunnen we zaken verbeteren". Hierdoor bevordert men ook de betrokkenheid van de medewerkers in de organisatie.

Indien het bedrijf besluit over te gaan tot certificatie op gebied van kwaliteit, milieu of Arbo dan zal de certificatie-instelling als onafhankelijke derde eveneens 'externe audits' hanteren als evaluatie.

### Opleiden

Zoals we in figuur 2.069 reeds opmerkten, wordt een goed resultaat niet vanzelfsprekend bereikt. Een belangrijke, zo niet doorslaggevende, factor hierin is de inzet van mensen. Naast het noodzakelijk invulling geven aan de overige aspecten 'middelen' en de 'regelkring': meten-vergelijken-bijsturen is het juist de factor 'mens' die in hoge mate het uiteindelijke resultaat bepaalt. Het spreekt derhalve voor zich dat alle medewerkers goed op de hoogte moeten zijn van het uiteindelijke doel en de wegen waarlangs dit bereikt zal moeten worden. Naast het besef van gemeenschappelijke verantwoordelijkheid is het van groot belang dat alle medewerkers goed zijn 'uitgerust' met kennis, inzicht en vaardigheden om hun taken op efficiënte wijze te kunnen uitvoeren. In dit kader dient men op structurele wijze te inventariseren wat voor elk van de verschillende functies de opleiding- en ervaringsbehoeften zijn voor continuering van het bedrijf. De mate waarin een bedrijf er in slaagt om de aanwezige menselijke potentie en inventiviteit te ontwikkelen en te bundelen zal in hoge mate het succes van de onderneming bepalen.

In de Betonproductenbranche wordt 'opleiding' reeds sedert lange tijd gezien als een van de speerpunten. Sedert 1963 worden vele cursussen ontwikkeld en verzorgd. Naast algemene kennis op gebied van betontechnologie, prefabricage van betonproducten, tekeninglezen en meten worden ook integrale kwaliteitszorg, arbeidsomstandigheden (Arbo), leidinggeven en andere belangrijke aspecten op branchespecifieke wijze aangeboden. Naast centraal in Woerden worden de cursussen ook regionaal en sedert enkele jaren ook bedrijfsintern verzorgd.

De Commissie Opleidingen is in directe samenspraak met de bedrijven voortdurend actief om in te spelen op nieuwe ontwikkelingen en behoeften en onderstreept daarmee het belang van 'human capital'.

## 2.3.5 Kwaliteit en certificering

### Productcertificering

Onder certificatie wordt het volgende verstaan:

*"Activiteiten op grond waarvan een onafhankelijke instantie kenbaar maakt dat een gerechtvaardigd vertrouwen bestaat dat een duidelijk omschreven onderwerp van certificatie in overeenstemming is met een bepaalde norm of met een ander eisenstellend document" [2.5].*

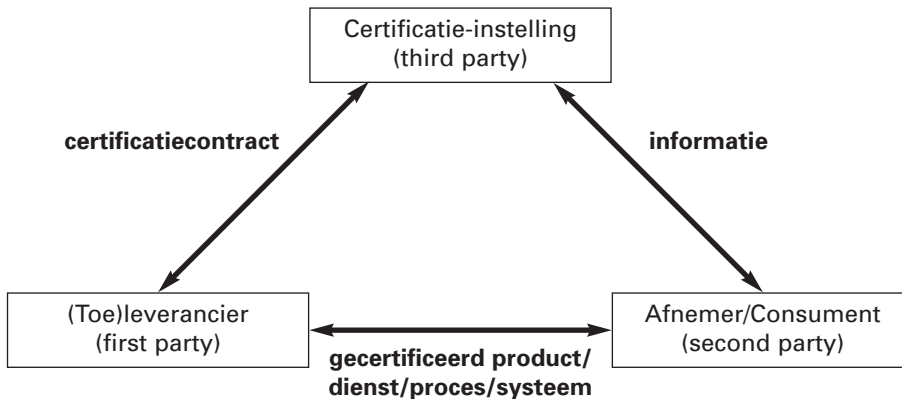
De onderwerpen die voor certificatie in aanmerking komen zijn:

- producten;
- diensten;
- processen;
- kwaliteitssystemen;
- vakbekwaamheid en
- opleidingen.

Een certificaat is dus een bepaald soort kwaliteitsverklaring.

Certificatie kent twee belangrijke aspecten, te weten:

- het vaststellen door onderzoek of keuring dat een product, dienst, proces of kwaliteitssysteem voldoet aan vooraf gestelde eisen;
- dat tijdens de geldigheidsperiode van het certificaat er door een onafhankelijke, onpartijdige en deskundige certificatie-instelling op toegezien wordt, dat aan de gestelde eisen blijvend wordt voldaan.



Figuur 2.071: Relatie tussen afnemer, leverancier en certificatie-instelling

Bij productcertificering worden de producteigenschappen vastgelegd en getoetst. Naast de controle van de kwaliteitseigenschappen van het product worden tevens de voornaamste aspecten van het productieproces gecontroleerd. Indien naast de controle op het gerede product en het proces tevens een uitspraak wordt gedaan omtrent de gebruikswaarde van de producten voor bepaalde toepassingen spreken we van 'attest-met-product-certificaat' (ampc).

### Systemcertificering

Kwaliteitssysteemcertificatie houdt in dat het stelsel van bedrijfskundige procedures, dat ten doel heeft te verzekeren dat een product (dienst, proces) wordt getoetst aan bepaalde, goed omschreven, voorwaarden en tevens wordt gecontroleerd, ook bij voortdurende gestand wordt gehouden. De voorwaarden, die hieraan ten grondslag liggen zijn vastgelegd in de internationaal aanvaardde ISO-9000 normserie betreffende kwaliteitsborging.

### CE-markering

Normen en certificatie kunnen leiden tot handelsbelemmeringen tussen landen. Dit staat haaks op de bedoelingen van een vrij verkeer van goederen en diensten binnen de Europese Unie. Om deze 'technische' handelsbelemmeringen tegen te gaan, zijn sinds 1985 nieuwe pogingen in gang gezet met als doel het harmoniseren van normen, testresultaten en certificaten.

De Europese Unie kent drie vormen van 'gemeenschappelijke wetgeving':

- EU-Verordeningen (Council Regulations)
- EU-Beschikkingen en (Council Decisions)
- EU-Richtlijnen (Council Directives)

In de 'Nieuwe Aanpak' (New Approach) is voor een brede categorie van producten een Europese Richtlijn vastgesteld. In de Richtlijn worden slechts de essentiële eisen ter bescherming van veiligheid, gezondheid, consumentenbescherming en milieubescherming opgenomen. Uitwerking van die eisen moet plaatsvinden in geharmoniseerde Europese normen (CEN-normen).

Als bewijs dat de producten voldoen aan de gestelde eisen worden zij voorzien van de CE-markering (Conformité Européenne).

In de Richtlijnen zijn niet alleen de essentiële eisen opgenomen, maar tevens is hierin aangegeven welke 'conformiteits'-procedure moet worden gevolgd om aan te tonen dat het product voldoet aan de eisen.

Hiertoe is een achttal samenhangende keuringsmodules (A t/m H) vastgesteld, afhankelijk van de risico's van de producten. Voor producten met weinig risico's wordt gekozen voor moduul A, d.w.z. een 'fabrikant-eigen-verklaring'.

Voor producten waarbij de risico's hoger worden ingeschat wordt gekozen voor een zwaardere keuringsprocedure, waarbij een onafhankelijke derde (third party) moet worden ingeschakeld. De modules B t/m H variëren van 'typekeuring' tot verplichte certificatie van het kwaliteitssysteem van ontwerp-, productie- en eindkeuring.

In het kader van het tot stand brengen van geharmoniseerde Europese normen voor de Bouw en meer specifiek de Betonproductenbranche zijn vele commissies actief. Ook Nederland levert hierin een belangrijke bijdrage.

Vele vertegenwoordigers uit diverse bedrijven vertegenwoordigen de Nederlandse belangen bij het tot stand komen van Algemene- en Productnormen. Belangrijke normen voor de bouw en de betonproductenindustrie zijn de zogenoemde Eurocodes 1 t/m 8 (ENV 1991 t/m ENV 1998).

In de Technische Commissie TC 229 wordt gewerkt aan vele geharmoniseerde Productnormen voor vooraf vervaardigde betonelementen.

De TC 229 is opgedeeld in een viertal werkgroepen, te weten:

- WG 1 Constructieve elementen
- WG 2 Gedeeltelijk-constructieve elementen
- WG 3 Niet-constructieve elementen
- WG 4 Niet genormaliseerde producten

Deze werkgroepen zijn weer onderverdeeld in vele taskgroepen (TG).

In iedere TG wordt gewerkt aan een specifieke Europese Productnorm.

#### **Nederlandse kwaliteitsprijs**

Voor ondernemingen die verder willen gaan dan het inrichten en laten certificeren van een kwaliteitssysteem is er in 1993 een richtlijn voor 'Continue Kwaliteitsverbetering' verschenen, te weten de NEN-ISO 9004-4.

In de richtlijn wordt meer aandacht besteed aan het ondernemerschap.

Niet alleen de beheersing van producten en processen maar ook aandacht voor marketing, efficiency, veiligheid en aspecten als motivatie en kwaliteitsbewustzijn worden hierin ruim belicht.

Gekoppeld aan het aantoonbaar resultaat op het gebied van kwaliteit zijn er diverse kwaliteitsprijzen te behalen. Naast de bekende Deming Award, de European Quality Award kennen we sedert 1993 ook de Nederlandse kwaliteitsprijs.

Bij de prijzen horen organisatiemodellen met daarin elementen van kwaliteit en criteria en methoden voor het scoren van de resultaten. Met behulp van een handleiding kunnen bedrijven hun eigen positie bepalen. Indien deze zelfevaluatie leidt tot een bepaald minimumniveau, kunnen zij de resultaten voorleggen aan een onafhankelijke beoordelingscommissie, die uiteindelijk tot de toekenning van de Nederlandse kwaliteitsprijs kan leiden.



## 2.3.6 Arbeidsomstandigheden

### Historische ontwikkeling

De geschiedenis van arbeidsomstandigheden in Nederland gaat terug tot de tweede helft van de 19de eeuw. In 1874 kwam het beroemde 'Van Houten kinderwetje' tot stand dat een einde maakte aan de beruchte kinderarbeid in Nederland. Daarna verschenen achtereenvolgens de Arbeidswet 1889 (Ruys de Beerenbrouck), de Arbeidswet 1911 (Talma) en vervolgens de bekende Arbeidswet 1919. Deze laatste wet heeft vele decennia de wetgeving met betrekking tot arbeid in Nederland bepaald.

Pas aan het eind van de vorige eeuw is nieuwe wetgeving tot stand gekomen, uitmondend in de Arbowet 1998. Deze nieuwe wetgeving is duidelijk geïnspireerd door Europese ontwikkelingen.

### Arbowet

De wet Arbeidsomstandigheden of kortweg Arbowet 1998 regelt de beginselen op gebied van:

- veiligheid;
- gezondheid en
- welzijn.

De wet is een zogenoemde 'raamwet' en betreft een zeer uitgebreide wetgeving. De invoering van de eerste fase dateert van begin 1983 en is feitelijk in werking getreden in 1990. Het is een wetgeving die voortdurend in ontwikkeling is en blijft.

De huidige wetgeving is gebaseerd op de Europese richtlijnen '*bevordering veiligheid en gezondheid op het werk*' en is daarmee **bindend voor alle lidstaten van de gemeenschap**.

De Arbowet kent de volgende structuur:

- |                     |  |
|---------------------|--|
| Arbowet 1998:       | - Algemene verplichtingen van de werkgever en werknemer<br>- Voorschriften voor samenwerking<br>- Toezicht op de naleving ervan      |
| Arbobesluit:        | geeft de materiële bepalingen met betrekking tot arbeidsomstandigheden   |
| Arboregeling:       | geeft nadere uitwerking indien het Arbobesluit onvoldoende handvatten biedt door zogenoemde 'ministeriële regelingen'                |
| Arbo Beleidsregels: | zijn bedoeld als 'houvast voor werkgever en werknemer' en regelen tevens de 'rol van de Arbeidsinspectie' als handhavende instantie. |

De doelstelling van de Arbowet kan worden gekenschetst als:

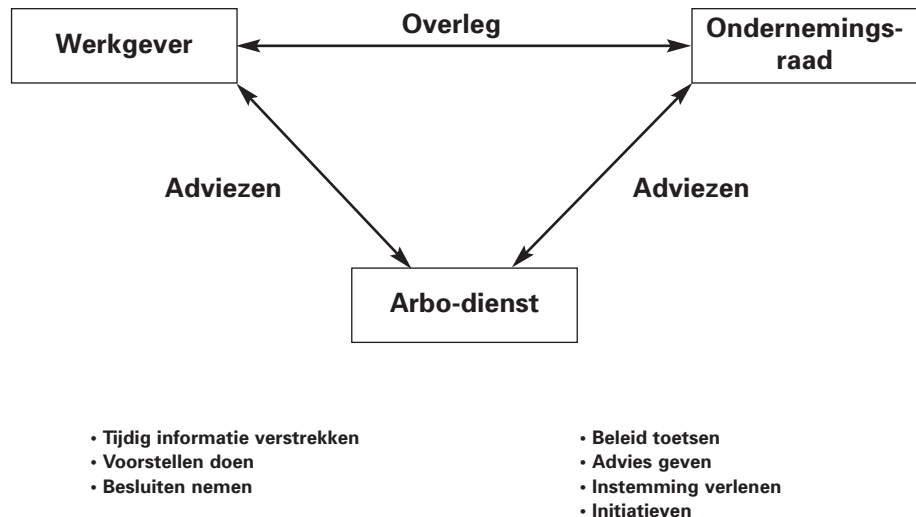
**'goede afstemming van het werk op de mens'**

en dus NIET omgekeerd!

Belangrijk in de wetgeving is de gedeelde verantwoordelijkheid voor werkgever én werknemer en de verplichting tot samenwerking en overleg.

### Uitvoering van de Arbowet

Zoals eerder vermeld verplicht de wetgeving tot samenwerking van de verschillende partijen. Deze samenwerking wordt weergegeven in onderstaande figuur 2.072.



Figuur 2.072

Belangrijke aspecten bij de invulling in de praktijk zijn:

- inventarisatie van de concrete risico's met betrekking tot 'Veiligheid, Gezondheid en Welzijn' (VGW), vormgegeven in de zogenoemde **Risicoinventarisatie en -evaluatie (RI&E)**;
- vaststelling en evaluatie met betrekking tot het Arbo-beleid;
- verzuimbeleid;
- bedrijfshulpverlening en bedrijfsnoodplan;
- vereiste kennis en vaardigheden;
- rapportage.

Belangrijk te weten is dat de overheid bij haar handhavingsbeleid het begrip 'redelijkerwijs' hanteert. Hiermee wordt bedoeld de afweging van de VGW-belangen tegen:

- technische haalbaarheid;
- operationele haalbaarheid (nieuwe risico's);
- economische haalbaarheid (kosten/effectiviteit).

De Arbeidsinspectie houdt bij haar beoordeling dus rekening met het kostenaspect en mogelijke verstoring van concurrentieverhoudingen. NIET ter discussie staat echter het niveau van de doelstellingen.

### Arbozorgsysteem

De betonproductenindustrie heeft tijdig het belang ingezien van goede arbeidsomstandigheden in haar branche. Zij heeft het initiatief genomen voor haar branche een specifiek Arbozorgsysteem (mei 2002) te ontwikkelen in nauwe samenwerking met de Arbodienst en de Arbeidsinspectie.

Als onderdeel hiervan is 'De virtuele fabriek' ontwikkeld.

Deze 'virtuele fabriek' bestaat uit zes verschillende prefab-betonfabrieken waarin de specifieke functies worden onderscheiden met daarbij een duidelijk overzicht van de diverse arbo-aspecten die van toepassing kunnen zijn.

### 2.3.7 Milieu

Is milieu relevant voor een (beton)producent? Ja. Vergunningtechnisch heeft een ondernemer er mee te maken. Uit maatschappelijk oogpunt wint het onderwerp nog dagelijks aan belangstelling. Maar ook afnemers laten hun keuze meer en meer bepalen door het milieu-imago van het betreffende product. Niettemin moet het laatste niet overtrokken worden. Prijs, kwaliteit, service en reputatie van producent en bedrijfstak zijn nog immer doorslaggevend. Niettemin wordt milieu(vriendelijkheid) van product en producent regelmatig in de overwegingen betrokken. Doorslaggevend is het echter nog niet. Dat neemt niet weg dat als een product /producent een minder goed imago heeft, deze ondernemer - in de eventuele gesprekken tussen afnemer en leverancier - geen enkele kans krijgt de voordelen van zijn product (bijv. een lage(re) prijs) onder de aandacht te brengen.

Was er in de jaren '80 en begin '90 de zorg voor product- en proceskwaliteit die hoofdzakelijk de agenda bepaalde van de Adviescommissie Kwaliteitsbeleid en milieuzorg; in de loop van de jaren negentig is de agenda nagenoeg volledig in het teken gekomen van het milieu. En milieu kent een grote diversiteit aan schakeringen, met duidelijke raakvlakken met terreinen als Arbo, kwaliteit en grondstoffen. Is het denken in milieutermen nog wel los te zien van het dagelijkse 'core business' op een op productie ingerichte organisatie? Inmiddels is dit een retorische vraag.

#### **Het Milieubeleidsadvies (MBA)**

Na twee jaar onderhandelen en tegelijkertijd hard werken aan de realisering van een werkboek met een zo groot mogelijke opsomming van milieumaatregelen per milieucompartiment hebben alle partijen hun handtekening gezet onder een meerjarenafpraak. Een vrijwillige afspraak, edoch niet vrijblijvend. Betrokkenen: VROM, EZ, V&W, alle provincies, gemeenten en waterschappen. Werktitel: het Milieubeleidsadvies betonindustrie. Doel: het terugdringen van de milieubelastende activiteiten in de betonindustrie. Dit ondanks het feit dat de beide betrokken bewindspersonen J. P. Pronk en drs. J. M. Netelenbos hebben erkend en in een circulaire aan alle betrokken overheidsinstanties aangegeven dat in vergelijking met andere bedrijfstakken de betonindustrie het milieu slechts in beperkte mate belast.

Deze meerjarenafpraak is een duidelijk voorbeeld van een zogenoemde maatregel BMP. Betonbedrijfsleven en overheden nemen kennis van alle mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden om emissies naar lucht, water, bodem, enz. tegen te gaan, zonder dat dit tot uiting komt in procentuele reductievereisten. Een maatregel is nuttig en wordt ingevoerd, of niet. De ondernemer bepaalt.

Dit neemt niet weg dat er op 2 september 1998 handtekeningen werden gezet en een start is gemaakt met het, door ieder bedrijf individueel, invulling geven aan de drie hoofdsporen, te weten:

- het per januari 2000 beschikken over een Bedrijfsmilieuplan;
- het per januari 2002 beschikken over een Milieuzorgsysteem;
- het per januari 2002 beschikken over een Energiebeheersysteem.

Een themabijeenkomst voor alle BFBN - leden werd op 9 september 1998 georganiseerd. Een regionaal vervolgttraject, waarin de afspraken met bedrijfsleiders werden gemaakt en milieucoördinatoren werden geïnformeerd over de details vond begin oktober 1998 plaats op 6 verschillende locaties in het land.

Een eerste ijkpunt in hoeverre de afspraken worden nagekomen was medio 1999; dan dienden alle bedrijven een ontwerpbedrijfsmilieuplan te hebben ingediend bij hun bevoegd gezag.

#### **Het Bouwstoffenbesluit**

In het Bouwstoffenbesluit worden eisen gesteld aan het uitlooggedrag van circa veertig bouwmaterialen, waaronder beton. In 1997 was het gelukt om de invoering van het Bouwstoffenbesluit met 1 jaar uit te stellen. Dit bood de overheid de tijd om beter na te denken over de vereisten in de handleiding, het handhavingstraject, enz. Het bood het bedrijfsleven de tijd om verder te studeren op een eenvoudige en een zo goedkoop mogelijke manier om aantoonbaar te maken voor opdrachtgevers dat beton voldoet aan de uitloogcriteria genoemd in het Bouwstoffenbesluit. De betonindustrie werkt er hard aan om door middel van uitgebreid uitloogonderzoek aan diverse betonmengsels aan te tonen dat beton, opgebouwd uit de gangbare bestanddelen, te allen tijde voldoet.

De water - cementverhouding in het beton (< 0,55) zou dan garant moeten staan voor de tussentijdse controles per werk. In 1999 zijn het voorstel en bijbehorende KIWA - beoordelingsrichtlijn voorgelegd aan de verantwoordelijke en toetsende instanties.

#### **Het Verpakkingsconvenant II**

Per 1 november 1997 is de Regeling Verpakkingen en Verpakkingsafval van kracht. Aan deze regeling dient het gehele Nederlandse bedrijfsleven te voldoen. Bedrijven die minder dan 50 ton verpakkingen toepassen per jaar om de producten te verpakken worden vrijgesteld van monitoren, mits zij participeren in een 'clusterorganisatie', die activiteiten ter reductie van verpakkingen coördineert. De BFBN fungeert als een dergelijke clusterorganisatie. Begin 1999 dient BFBN te rapporteren over aantallen en activiteiten.

Duidelijk is wel dat indien bedrijven individueel willen voldoen aan de Regeling dit een bedrijf al gauw enige duizenden tot tienduizenden guldens per jaar gaat kosten. Deelname via de BFBN kost het bedrijf niet meer dan het reguliere lidmaatschap.

#### **De voorgenomen heffing op oppervlaktedelfstoffen**

De heffing, een idee in het kader van de vergroening van het fiscaal stelsel, heeft tot doel door middel van een prijsprikkel (accijns) terugdringing van het gebruik aan primair (in het binnenland) gewonnen materialen als zand, grind en mergel te realiseren.

Nadat in het verslagjaar 1996 vele activiteiten waren ontplooid en diepgaande rapporten waren verschenen ter onderbouwing van de door de toeleverende industrie opgevoerde argumenten om ambtenaren en politiek te wijzen op de vele negatieve consequenties van deze voorgenomen heffing uit milieu-, economisch en sociaal oogpunt, leek de invoering van een heffing omstreden. Eind 1997 blijkt er 'low profile' opnieuw een initiatief binnen enkele samenwerkende ministeries te zijn ontstaan waarin onder meer de accijns op primaire gewonnen grondstoffen als mogelijk middel wordt aangegrepen om nationaal een begrotingsgat te dichten. Initiatiefnemer is het Ministerie van Financiën. In de loop van 1999 is duidelijk geworden hoe serieus dit initiatief genomen zal moeten worden.

**Respirabel kwartsstof in de betonproductenindustrie**

In 1998 heeft BFBN de conclusies en aanbevelingen als resultaat van onderzoek bij 10 bedrijven, naar de aanwezigheid van totaal stof, respirabel stof en respirabel kwartsstof, - zeer fijne stofdelen die vanwege de aard van het materiaal schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid - gecommuniceerd aan de achterban. Het onderzoeksrapport werd toegestuurd aan de leden en met een themamiddag in april 1998 werden het onderwerp, de problemen en mogelijke oplossingsrichtingen, uitgebreid voor het voetlicht gebracht.

Aanleiding was de aangescherpte norm voor respirabel kwartsstof. Deze was 0,15 mg/m<sup>3</sup> lucht en werd 0,075 mg/m<sup>3</sup> lucht. Voor de bouw een groot probleem, maar voor een bedrijfstak als de betonproductenindustrie zeker niet uniek en bovendien een 'te managen' probleem.

Bedrijven werden aangespoord om ook zo veel als mogelijk in het werk te stellen om aan ook de verscherpte norm voor respirabel kwartsstof te voldoen. Onderzoek had aangetoond, dat de bedrijven al voldeden aan de normen voor totaal stof en respirabel stof. Alleen werd op een aantal werkplekken nog niet aan de (verscherpte) normstelling voor respirabel kwartsstof voldaan, zo bleek uit het onderzoek.

**Software voor betonanalyses (DIK/LCA)**

Medio 1998 is eindelijk het gezamenlijk initiatief van de betonproducten-, betonmortel-, cement-, zand- en grindindustrie tot een afronding gekomen. In juli 1998 is er voor iedere belangstellende een uitgebreide database met milieukentallen beschikbaar gekomen. Eenieder met enige bekendheid op de computer mag in staat geacht worden de door de betonindustrie ontwikkelde software (gratis) te hanteren en binnen enkele minuten een levenscyclusanalyse voor een betonproduct uit te voeren. Cursussen worden gegeven via de Betonvereniging.

Meegewerkt aan de totstandkoming hebben de adviesbureaus DHV, INTRON en KEMA.

**Primaire grondstoffen versus secundaire grondstoffen**

In een bestuurlijk overleg tussen de minister van Verkeer & Waterstaat en het IPO (het Interprovinciaal Overleg) is besloten dat er, in nauwe samenwerking met het betrokken bedrijfsleven, een breed gedragen implementatieplan moet worden opgesteld met alternatieven voor de winning van beton- en metselzand uit locaties binnen de kustlijn. Afgesproken is tussen V&W en de provincies dat er voor de periode 1999-2008 gewerkt zal worden aan het stimuleren van alternatieven ter grootte van 50 miljoen ton. De totale landelijke behoefte is voornamelijk geraamd op 220 miljoen ton. Dit betekent dat er nog maar 170 miljoen ton beton- en metselzand de komende jaren gewonnen mag worden. De rest dient ingevuld te worden met alternatieven.

Onderscheiden worden de volgende mogelijkheden:

- meer inzet van secundaire grondstoffen ter vervanging van beton- en metselzand;
- minder zandwinning uit 'primaire' ontgroningen en meer uit 'secundaire' ontgroningen;
- toepassing van meer fijn(er) zand in beton;
- maximalisatie van de winning van beton- en metselzand in het Nederlands deel van de Noordzee;
- creëren van een breder draagvlak voor nieuwe winning van beton- en metselzand uit locaties binnen de kustlijn, omdat in de toekomst, zij het op beperkte schaal dergelijke winningen nodig zijn.

DE BFBN is sedert begin 1998 vertegenwoordigd in de projectgroep 'Implementatieplan alternatieve winning van beton- en metselzand' kortweg PIA genaamd.

Het eindrapport van PIA is in de loop van 1999 ter beschikking gekomen.

#### **Het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen**

In de reeks van DUBO - pakketten is eind 1998 het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen voor de Utiliteitsbouw verschenen. In 1999 wordt een Pakket voor de GWW-sector verwacht. Waar mogelijk blaast beton zijn partij mee in de specificatiebladen waarin voorkeuren worden uitgesproken voor de keuze in bouwmethoden en -materialen.

#### **Milieu Relevante Product Informatie(MRPI)**

Met MRPI wordt een afsprakenstelsel beoogd die ertoe moet leiden dat bouwproducten een label krijgen met milieurelevante informatie, gebaseerd op correct uitgevoerde LCA's. Medio 1998 is het (ontwikkel)traject MRPI, inclusief diverse pilot - projecten, afgerond.

In dit stadium participeren (nog) 16 verschillende branches in het MRPI - project. Inmiddels zijn de initiatieven genomen om, samen met VROM en EZ, financiering rond te krijgen voor de invulling van een *beheersorganisatie* op basis van de hoofduitgangspunten van een (door de deelnemers nog goed te keuren) concept bedrijfsplan.

Revenuen worden verwacht in de vorm van de afgifte van MRPI - bladen en erkenning van onderzoeksinstituten die LCA's kunnen uitvoeren.

#### **Radon**

Radon is in de discussie over gezondheid en materialen een lastig onderwerp. Beton zou meer straling veroorzaken dan andere materialen. Het Betonplatform is de vertegenwoordiger van de betonindustrie in de (nieuwe) NNI-commissie voor het opstellen van een Stralings Prestatie Norm (SPN). Medio 2001 zijn de eerste resultaten geboekt.



## Automatisering in de prefab-industrie; heden en toekomst

In de prefab-betonindustrie is automatisering voor bedrijfsvoering en aansturing van de bedrijfsmiddelen inmiddels niet meer weg te denken. Daarom lijkt het de schrijver een goed idee om te laten zien hoe onmisbaar automatisering op dit moment al is voor een prefab-betonbedrijf en in welke richting verdere ontwikkelingen zijn te verwachten. Heden en toekomst naast elkaar. Een toekomst waar deze industrie zeer bewust mee bezig is.

### Het heden

#### Uitgangspunten

Het heden wordt beschreven aan de hand van een denkbeeldig bedrijf, representatief voor de Belton-bedrijven, waarin het vervaardigen van elementen voor woningen en gebouwen centraal staat. Uiteraard is, afhankelijk van het type product dat in het bedrijf wordt vervaardigd en de inzichten van het management, een zeker verschil te constateren in de mate en wijze van automatiseren. Zie figuur 1, waar de organisatie, de acties en de stroom van informatie schematisch zijn weergegeven.

Een tweede uitgangspunt bij deze beschouwing is, dat er in het bedrijf een redelijke mate van integratie bij de automatiseringsaanpak is nagestreefd. Zie hiervoor figuur 2. Het hart van het

bedrijf wordt gevormd door de productie-afdelingen, die behoefte hebben aan een constante en tijdige aanvoer van tekeningen en gegevens voor de productie. Dit staat centraal in de organisatie en dus ook in de aanpak van de automatisering, zoals bij een nadere beschouwing ook

duidelijk zal blijken.

Wanneer een klant de stand van zaken wil weten, dient het bedrijf dit snel en compleet te kunnen verstrekken. Daartoe moet een element traceerbaar zijn in alle fasen van het proces: van start tekening tot en met de afvoer en montage. Ook dit vraagt om een integrale aanpak.

### Management

Voor het management is het van belang, dat de activiteiten en resultaten binnen het bedrijf snel en accuraat zijn te volgen en te waarderen ten opzichte van de doelstellingen. Hiervoor dienen alle

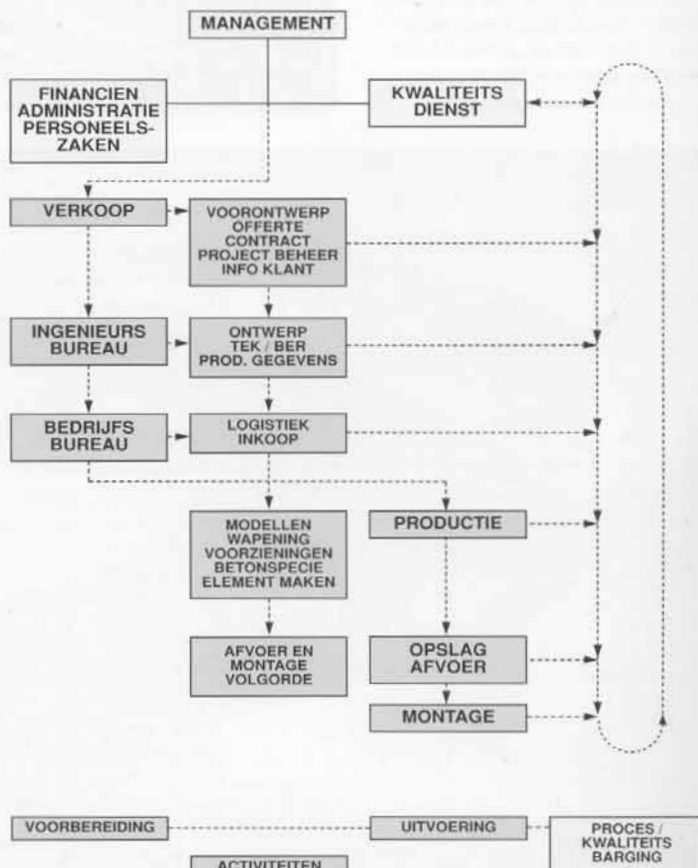


fig. 1: Organisatie, activiteiten en stroom van informatie in schema



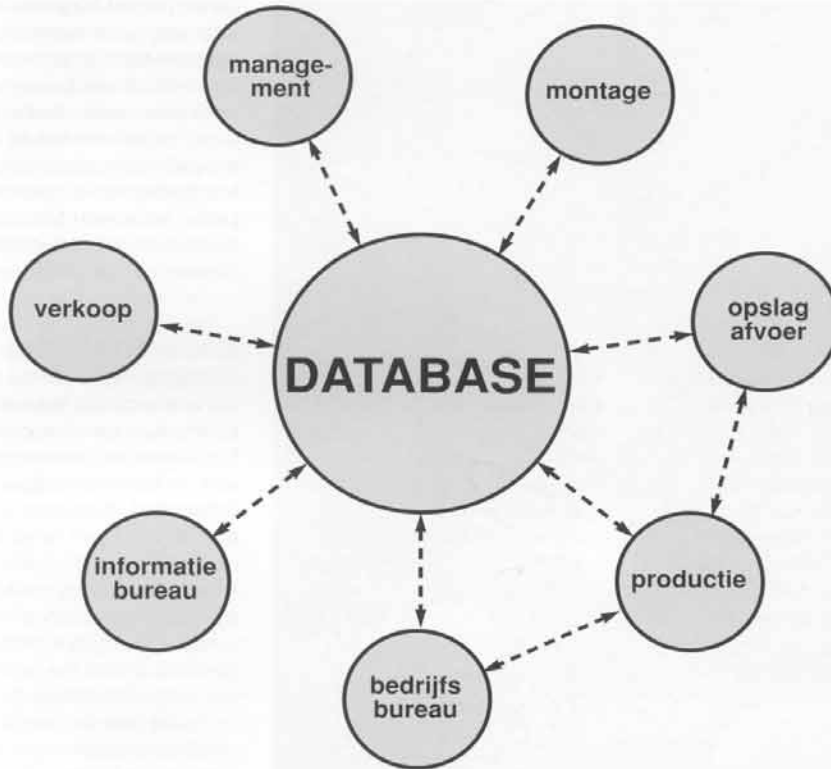


fig. 2: Integraal systeem

relevante gegevens up to date en on-line beschikbaar te zijn.

**Verkoop**

De verkoopafdeling ontvangt de aanvragen van de marktpartijen, maakt al dan niet een alternatief ontwerp, taxeert tezamen met het ingenieursbureau en het bedrijfsbureau de aspecten van productie, productiemiddelen en bezetting en brengt een offerte uit. Hoewel veelal een indicatie van de eerste leverdatum en leverduur is aangegeven, blijkt deze slechts zelden in overeenstemming te zijn met de werkelijkheid. Dit komt door diverse factoren die een rol spelen tijdens het inkoopproces bij de (mogelijke) klant, vaak aannemer. De gegevens van het project, de

offerte, zijn van belang en zullen daarom in het computersysteem worden opgebouwd om het offertebestand en de productieverplichtingen naast elkaar te kunnen houden. Op het moment dat de offerte wordt omgezet in een definitieve opdracht gaat alles binnen het bedrijf in de hoogste versnelling: het gevecht tegen de tijd is begonnen.

**Vorbereidingsfase, de engineering**

Het ingenieursbureau communiceert met de architect en de adviseurs om de gegevens te verkrijgen. Vaak zijn die nog niet beschikbaar op het gewenste detailniveau, zodat de overzichts-, detail- en werktekeningen van ele-

menten vaak in verschillende fasen tot stand komen. Het werken met een CAD-systeem is hierbij gebruikelijk. De aansluiting van CAD-tekeningen en materiaal-specificaties met de integrale bedrijfsautomatisering is vaak aanwezig. Nog niet overal sturen de gegevens van de CAD-tekeningen de productiemiddelen direct aan, maar binnen enkele jaren zal dit in alle bedrijven gebeuren. Het werkt in veel bedrijven zeer goed, zodat men beslist kan zeggen dat CAD-CAM zijn intrede heeft gedaan.

**Vorbereidingsfase, het bedrijfsbureau**

Het bedrijfsbureau moet vervolgens gaan inkopen en ▶

Bron:  
Spanbeton BV



plannen. De inkoop omvat onder andere de extern te vervaardigen modellen, de te treffen speciale voorzieningen, soms de gebogen, gevlochten en geassembleerde wapening, de in te storten materialen of de speciale toeslag voor de beton, ingeval van gekleurd beton of sierbeton.

Het plannen omvat onder andere het aantal in te zetten modellen, de productieplek, de elementvolgorde en de plaats op het tasterrein, in verband met de afvoervolgorde. Naarmate de gegevens meer definitief worden kan de planning harder worden gemaakt. De productie wordt ingepland voor alle objecten, die als opdracht tegelijk in productie zijn, volgens de optimale inzet van de beschikbare middelen en het tijdstip van afvoer.

Voor het plannen van de

inkoop, de productieplek, middelen, volgorde, opslag en afvoer zijn inmiddels geavanceerde programma's ontwikkeld, waarmee projecten met duizenden elementen overzichtelijk kunnen worden geanalyseerd en beheerst.

#### **Uitvoeringsfase, de productie**

De productie vraagt om voldoende voorbereidingstijd, dus het aanleveren van gegevens in een vroeg stadium. Het is niet ongebruikelijk dat deze voorbereidingstijd onder spanning komt te staan, zeker als het voor de opdrachtgever noodzakelijk is om op het laatste moment nog wijzigingen door te voeren. Wapeningstekeningen, die pas een dag voor de productie akkoord zijn gegeven, zijn geen uitzondering.

De registratie van gebruikte uren per werknemer per onderdeel van de productie is interessant als basis voor de voor- en nacalculatie. Met deze gegevens is het tevens mogelijk om de prestatie in het bedrijf en de stand van zaken voor een bepaald project van dag tot dag (financieel) te volgen.

#### **Kwaliteitsafdeling**

Alle gegevens van de productie, alsmede de onderdelen en elementen worden tegelijkertijd in het gegevensbestand van de kwaliteitsafdeling ingevoerd. Hierdoor kunnen afwijkingen van producten en productie worden geanalyseerd. De Belton-bedrijven zijn allen gecertificeerd en worden derhalve extern gecontroleerd op hun functioneren. Naast controle aan de hand van de gestelde certificeringsnormen is het niet alleen belangrijk om op productniveau te analyseren, maar tevens om middels audits (intern en extern) de procedures continu door te lichten bij geconstateerde afwijkingen.

#### **Productie**

Veel onderdelen van het huidige productieproces zijn gemechaniseerd, geautomatiseerd en gerobotiseerd. Alle betoncentrales kunnen volautomatisch alle verschillende soorten betonspecie in de gewenste hoeveelheid draaien. De specie wordt vanuit de menger gestort in het betontransportsysteem. Dit systeem wordt eveneens middels software aangestuurd. De kubel met beton wordt naar de verlangde plaats gestuurd en dan meestal overgestort in een andere kubel of in de stortmachine of in een ander verdeelinstallatie.

Tegenwoordig kunnen maatvoering, afschrijving, het maken van gaten, zagen, etc. via de voeding van tekeninggegevens eveneens automatisch plaatsvinden. De verhardingsvoortgang wordt via het meten van warmte, tijd en rijpheid berekend en gecontroleerd. Veel knip-, strek- en buigmachines worden eveneens vanuit een database aangestuurd. Robots zijn ingezet bij repetitieve handelingen en bij het wapeninglassen. Carousselsystemen worden volledig geautomatiseerd aangestuurd.

### Uitvoering

Voor de afvoer vanaf het bedrijf, de aanvoer op de bouwplaats en de montage is een goede planning noodzakelijk. Hiervan maken de beschikbaarheid van montage-materialen en een kraanplan deel uit.

### Van heden naar toekomst

Zoals uit het voorgaande blijkt, weet de prefab-betonindustrie goed gebruik te maken van automatisering en geavanceerde technieken om de bedrijfsprocessen en productieprocessen aan te sturen, te versnellen, te verbeteren en te beheersen. Hierdoor is het ook mogelijk om de tijd benodigd om het eerste element te maken, de leadtime, en de doorlooptijd van een project aanzienlijk te verkorten. Alles is inmiddels gericht op kleine series en Just-in-time leveringen. Het beschikbaar zijn van de benodigde gegevens voor de tekeningen staat centraal in het gehele proces. Geen gegevens? Dan ook geen tekeningen en dus geen elementen. Door de gebruikelijke



Bron:  
Spanbeton BV

scheiding tussen ontwerp en uitvoering zijn de benodigde gegevens veelal nog niet beschikbaar als het prefab-betonbedrijf moet starten met de productie. De druk op alle partijen wordt dan opgevoerd. De planning wordt op scherp gezet en er worden vaak hoge inspanningen geleverd en extra kosten gemaakt om toch op tijd te kunnen leveren.

Als we kijken waar er structurele verbeteringen noodzakelijk en mogelijk zijn, dan is dat juist in de fase van gegevensverstrekking.

Een goede eerste stap zou zijn het samenwerken van alle partijen in de markt om de binnen een project door één partij opgebouwde gegevens beschikbaar te krijgen voor de overige betrokken partijen. De mogelijkheden daartoe zijn in principe aanwezig, maar daarvoor dienen standaarden nog verder te worden ontwikkeld, zodat dit binnen afzienbare tijd, voor gebruik beschikbaar is.

Een tweede stap zou zijn om met ontwerpende, toeleverende en uitvoerende bedrijven gebruik te kunnen maken van één database. Daartoe moet nog veel worden vast-

gelegd en gedefinieerd.

De voor de partijen benodigde gegevens om ontwerp, uitvoering en beheer integraal te kunnen uitvoeren moeten wel éénduidig worden vastgelegd. Veel gegevens moeten door alle betrokken partijen worden aangereikt.

Het wetenschappelijk onderzoek is inmiddels aardig gevorderd: een combinatie van grote software leveranciers en grote bedrijven is inmiddels gestart met de verdere ontwikkeling van ideeën. Als dit is gerealiseerd zal de scheiding tussen ontwerp, uitvoering en beheer tot het verleden gaan behoren en kunnen alle bij de bouw betrokken partijen een optimale inbreng hebben waardoor veel energie, tijd en kosten worden bespaard.

Zoals u merkt, de prefab-industrie is begonnen met een verdere oriëntatie op de toekomst. Een toekomst waaraan ze zelf actief vorm wil en zal geven in samenwerking met andere marktpartijen.

Architectuur & ontwerp  
Utiliteitsbouw

*Creatief ontwerpproces staat voortdurend op gespannen voet met de wet van de grote getallen*

# BEKISTEN : AMBACHT OF HIGH-TECH?

*Beton heeft ten opzichte van andere bouwmaterialen het voordeel dat het in principe in iedere vorm te 'gieten' is. Een belangrijke beperking daarbij is het starre element bij de productie: de bekisting. In het verleden zijn verschillende, meer en minder succesvolle pogingen ondernomen om die bekisting flexibeler te maken. Een schets van de ontwikkeling tot dusver aan de hand van enkele voorbeelden.*

Tussen de begrippen 'vorm' en 'bekisting' zit een groot spanningsveld. Aan de ene zijde bevindt zich de ontwerper, de vormgever, die het liefst een onbeperkte vrijheid zou willen genieten. Aan de andere zijde bevindt zich de producent, de vormmaker, die met een eenmaal gekozen vorm zoveel mogelijk elementen zou willen maken. Een hoge repetitiefactor heeft namelijk een gunstige invloed op de prijsontwikkeling.



1 | Bekisting voor het langebanksysteem, met verplaatsbare malbodem en zijschotten



2 | Gekromde dakligger

## Serieproductie

In de loop der tijden is die productie van elementen van zowel gewapend als voorgespannen beton voor een groot deel in fabrieken ondergebracht. Rationalisatie van het bouwproces en verhoging van de kwaliteit zijn enkele belangrijke redenen hiervoor.

## Voorgespannen beton

Door de aard van het productieproces – veelal het langebanksysteem – kennen vooral de voorgespannen betonelementen een doorgaans weinig gevarieerde vormgeving. De ontwerper is gedwongen een keuze te

maken uit de catalogi van de diverse fabrikanten, die steevast een hoge mate van standaardisatie laten zien.

De vorm wordt bepaald door stalen modellen die bedoeld zijn om enkele duizenden malen te worden ingezet. De enige evolutie in de afgelopen dertig jaren is de schaalvergroting in de modellen, waardoor tegenwoordig in een standaardmodel tot 40 m lange elementen kunnen worden geproduceerd. De variatie beperkt zich verder tot het verplaatsen van zijschotten en malbodems (foto 1).



3 | Wapening in de mal van de dakligger van foto 2

4 | Bekisting voor horizontaal gebogen, voorgespannen liggers





5 | Spiltrapelement wordt ontkist



6 | Gebogen dakplaten met wafelstructuur



7 | Mal voor een kantoorgebouw in het project 'Broadgate' te Londen

Binnen deze randvoorwaarden is hier en daar toch geprobeerd enige vormvariatie aan te brengen. De foto's 2 en 3 laten een Italiaanse toepassing zien van een dakligger met een relatief speelse vormgeving. Voor elke afwijkende lengtemaat is echter een apart model noodzakelijk. Om economische redenen is het aantal standaardlengten daarom gering. Een doorbraak in Nederland was de introductie enkele jaren geleden van horizontaal gebogen liggers bij het project Ringlijn Amsterdam (foto 4). Dit product wordt inmiddels door verschillende fabrikanten geleverd.

#### *Gewapend beton*

In gewapend beton is meer variatie mogelijk. Foto 5 laat een voorbeeld zien van een spiltrap die in veel afmetingen verkrijgbaar is. Om onder meer de noodzakelijke variatie in op- en aantrede voor de spiltrap

te bewerkstelligen, zijn ruim twintig stalen standaardmodellen voorradig. De zijkanten hiervan zijn verstelbaar. De bovenzijde is stortzijde; voor de vormvrijheid een voordeel, voor de kwaliteit in afwerking een groot nadeel.

Foto 6 betreft een gebogen dakplaat, waarvan de onderzijde glad is en de bovenzijde een wafelstructuur heeft. Het element is zeer slank geconstrueerd; de minimumdikte ter plaatse van de wafels bedraagt 10 mm! Polypropyleenvezels zorgen voor de nodige sterkte.

#### **Bekistingsmaterialen**

De keuze voor het materiaal waaruit een bekisting is vervaardigd, hangt sterk af van de beoogde duurzaamheid van het model in relatie tot de kostprijs ervan. Stalen modellen kunnen tot enkele duizenden malen worden gebruikt, voor hout ligt de maximum inzet een stuk lager. Een houten mal is daarentegen een stuk goedkoper dan een stalen mal. Voor beide materialen geldt echter dat ze niet zonder meer herbruikbaar zijn en dus het nodige afval opleveren. Het maken van modellen in zowel hout als staal is daarbij zeer arbeidsintensief. Het modelmakersvak is dikwijls vergeleken met dat van een meubelmaker (foto's 7 en 8). Pogingen om het productieproces te vereenvoudigen richtten zich onder meer op het bekistingsmateriaal.

Voor het maken van een kunstwerk is geëxperimenteerd met polyester. Kunstenaars produceerden allereerst een model in gips. Daaromheen werd een polyester mal gespoten (foto 9). Groot nadeel van polyester was de hoge mate van krimp (tot 15%), waardoor de maatvastheid problemen opleverde. Door latere modificaties kon de krimp nog wel tot enkele procenten worden teruggebracht.

Ook met beton als materiaal zijn modellen gemaakt (foto 10). In dit geval was zeer grote aandacht voor het ontkisten vereist.

#### *Polyurethaan*

Meer succes hadden experimenten met polyurethaan, een soort kunsthar. Foto 11 laat een gevelfragment zien van een kantoorgebouw in Canary Wharf, Londen. De gevels van dit gebouw worden gekarakteriseerd door

Architectuur & ontwerp  
 Utiliteitsbouw



8 | Detail van een betonelement vervaardigd in de mal van foto 7



9 | Polyestermaal als resultaat van origineel in gips

**Architectuur & ontwerp**

Utiliteitsbouw



10 | Betonnen mal



11 | Gevelaanzicht gebouw FC2, Canary Wharf



12 | Bekistingsdetail in polyurethaan voor het gebouw van foto 11

13 | Polyurethaan hoofd-  
vorm in betonnen steunmal



diverse versieringen. In de fabriek zijn voor deze versieringen met polyurethaan deelmodellen ontworpen (foto 12). Dit materiaal is zeer elastisch en kan door de vloeibare verwerking alle vormen aannemen.

Allereerst wordt van de beoogde vorm een positief origineel gemaakt. Met het aanvankelijk vloeibare polyurethaan wordt vervolgens om dit origineel heen een model gevormd. Als het materiaal gestold is, wordt het aldus ontstane model van het origineel afgehaald en in een hard 'steunmateriaal' opgesloten.

Ook voor restauratieprojecten is dit materiaal goed bruikbaar. Met het model van foto 13 zijn in twee stortst enkele kruisbloemen voor een gotische kerk vervaardigd.

Het materiaal wordt door verschillende fabrikanten geleverd en kan zowel in de fabriek als op de bouw-

plaats worden verwerkt. Er bestaan variaties in hardheid, 'shore' genoemd. Hoe fijner de beoogde detaillering, des te lager de hardheid die moet worden gekozen. Een model van polyurethaan kan maximaal honderd maal worden gebruikt.

**Automatisering**

Aangezien de factor arbeid een steeds groter deel van de bekistingskosten voor zijn rekening ging nemen, ondernam het Finse concern Partek (inmiddels Addtek geheten) in het begin van de jaren negentig pogingen om (een deel van) de modelproductie te automatiseren. Het idee was aanvankelijk om op basis van de 3D-tekeningen van de architect volautomatisch mallen te produceren. De gegevens van de tekening zouden met een computerprogramma moeten worden omgezet in bewegingen van een freesrobot.

Het studieproject ging voorts uit van het gegeven dat voor ieder te produceren vorm een nieuwe mal zou moeten kunnen worden ontworpen. Het bekistingsmateriaal moest daartoe volledig kunnen worden hergebruikt. De keuze viel op het materiaal 'was'. Hete, vloeibare was werd in grote bakken gestort. Zodra het stollingsproces was voltooid, kon de robot het gewenste model frezen (foto 14). De fijnheid van de naald bepaalde daarbij de fijnheid van de structuur. Na de productie van het element werd de was weer gesmolten en opnieuw gebruikt.

De foto's 15 en 16 laten enkele structuren zien die volgens deze methode zijn vervaardigd

De veelbelovende experimenten mislukten vanwege:

- de hoge kostprijs (de mal moest na drie tot vier keer worden hersmolten);
- de traagheid van het systeem (als er veel moest worden weggefreesd, duurde het zeer lang vooraleer de bekisting gereed was);
- de hoge kosten van de benodigde apparatuur;
- het gecontroleerde, langdurige afkoelproces van de was (scheurvorming was niet gewenst);
- de grote benodigde malopslag;
- de intensieve bestudering vooraf van het bewegingstraject van de robot (om te voorkomen dat beschadigingen aan reeds gefreesde gedeelten van de mal zouden kunnen optreden bij ongecontroleerde bewegingen).

Geprobeerd is nog het project te redden door MDF in plaats van was te gebruiken (foto 17). Van het oorspronkelijke uitgangspunt van volledig hergebruik werd hiermee echter afgestapt.

**De naaldenmal**

Het ontwikkelen van een volledig geautomatiseerd bekistingsstelsel voor betonelementen blijft voornog onderwerp van onderzoek, waarbij behoefte is aan nieuwe, verfrissende ideeën. In het kader van een onderzoek aan de faculteit Bouwkunde van de

Technische Universiteit Delft introduceerde prof.ir. D.R.W. Martens in 1995 het idee van de naaldenmal. Deze mal bestaat uit een groot aantal naalden die in verticale richting kunnen bewegen. Voor de beweging zorgt een hydraulisch systeem, een pneumatisch systeem, een mechanisch systeem, een elektronisch systeem of een elektro-mechanisch systeem, dat rechtstreeks wordt gestuurd vanuit een CAD-systeem waarin de coördinaten van de verschillende punten van het bekistingsoppervlak zijn opgeslagen. Zo kan ieder willekeurig oppervlak worden opgebouwd.

Aan de bovenzijde van de mal is een (kunststof) membraan aangebracht. Nadat de naalden in de juiste positie zijn gebracht, wordt het membraan onder vacuüm tegen het naaldenoppervlak gespannen. Door een geschikte keuze van de stijfheid van het membraan en de grootte van de onderdruk, kan een glad bekistingsoppervlak worden gerealiseerd, waarbij de verticale wanden lichtjes schuin verlopen en waarbij de hoeken zijn afgerond. Het aldus gerealiseerde oppervlak kan fungeren als rechtstreekse bekisting voor het betonelement (fig. 18).

De naaldenmal zou eveneens kunnen worden gebruikt voor het vormgeven van de wapening.

Ten opzichte van de wasmal biedt de naaldenmal verschillende voordelen:

- volledige automatische sturing vanuit het CAD-systeem;
- snelle uitvoering (instelling van de bekisting binnen enkele minuten);
- geen aanvoer, opslag of afvoer van bekistingsmateriaal noodzakelijk;
- ook contramallen kunnen worden gemaakt;
- aanwending voor het vormgeven van de wapening;
- toepassingsmogelijkheden van eenvoudige vlakke gevelementen met raamopeningen tot ingewikkelde 3D-elementen;
- de naaldenmal kan worden opgebouwd uit aan elkaar gekoppelde modules, waardoor een uitbreiding van de mal eenvoudig te realiseren is.

Beperkingen zijn er ook:

- het aantal naalden bepaalt de fijnheid van de structuur;

- de bewegingsmogelijkheid is voorsnog een-dimensionaal;
- de naaldenmal wordt duurder naarmate het aantal naalden toeneemt.

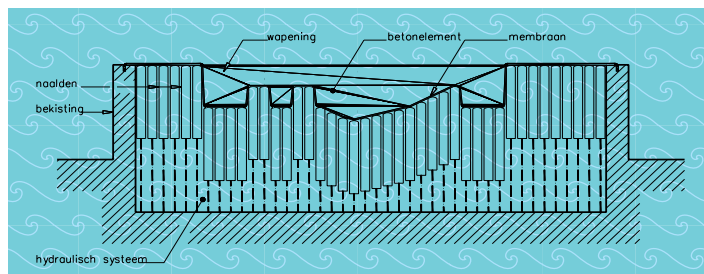
Voor het uittesten van de haalbaarheid van ideeën als de naaldenmal zullen nog vele proefprojecten moeten worden uitgevoerd.

### Stand van zaken

De kostprijs van bekistingen die bij het vormgeven van beton nodig zijn, bedragen een flink deel van de totale ruwbouwkosten.

De vormvrijheid vanuit het ontwerp staat daarom voortdurend onder druk. De positie van het materiaal beton in de moderne architectuur komt in het geding als aan de verdere ontwikkeling van de bekistingsproductie onvoldoende aandacht wordt geschonken. Automatisering van het (gehele) productieproces is daarbij een noodzaak. ■

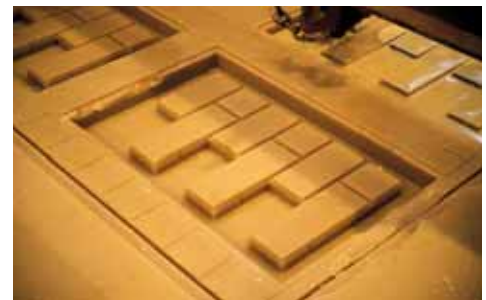
Henk Wapperom



18 | Het principe van de naaldenmal



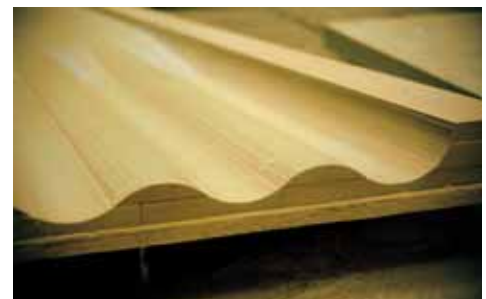
14 | Experimenten in was: freesrobot aan het werk op cannelure



15 | Experimenten in was: metselwerkstructuur



16 | Experimenten in was: driedimensionale lauwerkrans



17 | 'Scheluw' golfpatroon in MDF

Dit artikel is mede tot stand gekomen door de welwillende medewerking van: ir. A. Van Acker, Addtek en prof.ir. D.R.W. Martens, Technische Universiteit Eindhoven

Onderzoek & technologie

Prefabricage

# Flexibiliteit in prefabricage

ing. J.W. Roël, Heembeton

*De ontwikkeling van prefab bouwsystemen voor de woningbouw startte in de jaren '60. De productietechniek was gebaseerd op grote series gelijkvormige elementen. De magische kreet 'consumentgericht bouwen' leidde tot de vraag naar meer flexibiliteit. Om aan deze wensen van de toekomstige bewoner te kunnen voldoen, was een verregaande flexibilisering van het productieproces noodzakelijk.*



1 | Overzicht woningcasco's bestaande uit prefab betonelementen

2 | Montage prefab betonnen gevelement



Een van de producenten van prefab-betonelementen voor de woningbouw is Heembeton BV, met vestigingen in Lelystad, Hasselt (Ov.) en Beringe. De afzonderlijke productielocaties voor prefab-betonelementen van de vroegere aannemers Neduco en Vaneg zijn de basis geweest voor de huidige Heembeton-organisatie. Ook toen al werden complete betonnen woningbouwcasco's ontworpen, geproduceerd en gemonteerd. Series van meer dan tweehonderd tot driehonderd dezelfde woningtypes en dus betonelementen waren in die tijd niet ongebruikelijk.

Door de jaren heen is het aantal gelijksoortige woningen c.q. elementen drastisch teruggelopen, zodat een seriegrootte van 10 een zeldzaamheid is geworden.

De laatste jaren is ook een andere stroming op gang gekomen die het leven van een producent van prefab-betonelementen er niet gemakkelijker op maakt heeft. De consument wenst meer waar en inspraak voor zijn geld. De toekomstige bewoners nemen geen genoegen meer met de standaardvoorzieningen zoals deze worden aangeboden. Het aantal opties, zoals extra elektra-, telefoon- of computeraansluitingen, is nog maar het begin. Verschillende gevelvormen, alternatieve uitbouwen aan de voor- en/of achterzijde zijn tegenwoordig al vaste opties waaruit de klant kan kiezen. Het gevolg is dat de op het oog gelijkvormige woningen in detail unieke exemplaren zijn geworden.

Een ander aspect is het verkorten van de voorbereidingstijd. Naar aanleiding van deze ontwikkelingen heeft Heembeton besloten de bestaande productietechnieken drastisch te flexibiliseren.



**Automatisering productie breedplaatvloeren**

De eerste ervaringen met het flexibiliseren en automatiseren van de productie was het ontwikkelen en bouwen van een van de modernste breedplaatvloeren-productielocaties in Nederland. De uitgangspunten van deze productie-inrichting waren het kunnen produceren van breedplaatvloeren met een minimale personele bezetting, een maximale capaciteit en een maximale flexibiliteit, waaronder tot 24 uur voor productie nog wijzigingen kunnen aanbrengen in het product.

De elementtekeningen worden 24 uur voor productie digitaal vrij gegeven. Vervolgens wordt een optimale malbelegging bepaald. Een robot plaatst de randlijsten en geeft de plaats aan van sparingen en instortdelen. Op een tweede productielijn wordt door een wapeningsmachine een prefab wapeningsnet op maat samengesteld. Nadat dit net is geplaatst, wordt de mal geheel automatisch gevuld met beton, rekening houdend met sparingen en inkassingen.

De ervaringen met deze nieuwe productielijn waren zowel positief als ook negatief. Voor dit soort geautomatiseerde productiemethodieken is het kwalificatieniveau van de medewerkers meer gericht op proces technologie dan betonvakman! Het personeel kan dus niet 1 op 1 over van de bestaande productielijn naar de nieuwe lijn. Het is noodzakelijk veel te investeren in opleiding en training. Ook blijkt dat het totale bouwproces nog niet klaar is om met deze technieken om te gaan. Een van de uitgangspunten was om met een minimale voorraad op het tasveld te werken. Uiteindelijk moest het geplande tasveld drastisch worden vergroot.

De procesautomatisering heeft veel voeten in de aarde gehad. Maar een van de belangrijkste leerpunten van dit productieproces was de flexibiliteit. De lijn is

ontwikkeld in een carrouselstelsysteem. Dit systeem kent zowel voor- als nadelen. De procesflexibiliteit is afhankelijk van het aantal ingebouwde bufferstations of andere uitwijkmogelijkheden.

Het logistieke proces rondom de bewerkingposities is eenvoudiger dan bij een stationaire productie en het is mogelijk om bepaalde bewerkingen te automatiseren met robots. Het mengen van twee flexibele processen, de wapeningsrobot en de carrousel heeft de nodige afstemmingsproblemen veroorzaakt.

**De digitale tekening**

De tweede stap in de flexibilisering van het proces was het optimaliseren van de engineering fase. Gekozen is om in een 3D-tekenpakket de prefab betonnen woningbouwcasco's te gaan ontwerpen, met als doel de kwaliteit te verhogen en de gewenste digitale gegevens te kunnen genereren.

Het ontwerpen van een gebouw door een architect en dit vervolgens afstemmen met de constructeur en producent is een tijdrovende bezigheid. Het over en weer versturen van ontwerp tekeningen is een langdurig proces. In overleg met alle partijen is besloten te kiezen voor het 3D Speedikon-tekenstelsysteem. Dit tekenstelsysteem modelleert het ge-

bouwontwerp binnen de grenzen van wat bij Heembeton Casco constructief en productietechnisch mogelijk is. Het resultaat is dat de ontwerpfase en uitwerkingsfase een geïntegreerd traject is geworden dat veel efficiënter en effectiever verloopt. Het uiteindelijke resultaat is dat alle benodigde informatie digitaal wordt aangeleverd. Hiermee worden zowel de productie, de planning alsook de financiële administratie gevoed. Er is dus een directe digitale koppeling tussen alle functies in het primaire proces. De status van een gebouwontwerp kan dus tot op elementniveau gevolgd worden vanaf het eerste idee tot en met de montage van de prefab-betonelementen op de bouwplaats. Deze koppeling met een ERP-systeem maakt het mogelijk dat alle elementgegevens digitaal worden aangeleverd en vastgelegd, waardoor het gehele logistieke proces vanaf inkoop via productie en tasveld tot en met levering een beheerst proces wordt.

**Seriegrootte 1**

Het produceren van prefab-betonelementen is een traditioneel gebeuren. Vanaf een tekening worden de malafels opgebouwd en vervolgens worden de instortdelen aangebracht. In de ontwikkeling van de breedplaatvloerenfabriek in Hasselt is een start



3 | Seriegrootte 1: plaatsen van een magneetlijst met de manipulator

Onderzoek & technologie

Prefabricage

4 | Vastzetten magneetlijst met een magneet-veerconstructie



5 | Laserprojectie instortdelen

gemaakt met het toepassen van geautomatiseerde systemen. Doordat nu de elementtekeningen digitaal aan de productie worden aangeleverd, is het mogelijk geworden om met een geautomatiseerde productie-aansturing te gaan werken, de zogenoemde CAD/CAM-koppeling.

De elementtekeningen worden digitaal omgezet en ingelezen in de productiecomputer. In dit besturingssysteem wordt per 24 uur de optimale productievolgorde bepaald met als uitgangspunt de malbelegging. Een robot plaatst de magnetische randlijsten en geeft de positie aan van in te storten delen als sparingen en wapening.

In de productielocatie Lelystad is men nog een stap verder gegaan. Door het toepassen van intelli-

gente besturingssystemen is het mogelijk geworden de productie zo optimaal mogelijk te plannen. Er wordt rekening gehouden met de bewerkingstijden op de verschillende posities, waardoor de vertragingen in de productiecarrousel tot een minimum beperkt blijven.

De positie van de randlijsten en instortdelen wordt aangegeven door een laserstraal zowel voor als na het storten van het beton, zodat ook de positie van de spouwankers en schroefhulzen nauwkeurig wordt geprojecteerd. Hierdoor is het mogelijk om voor elke stort een nieuwe mal op te bouwen, dus met een seriegrootte 1 te werken.

Zelfverdichtend beton

Ook binnen de prefab-betonindustrie heeft de ontwikkeling van nieuwe betonsoorten zoals zelfverdichtend beton niet stilgestaan. Deze ontwikkeling heeft ertoe bijgedragen dat het toepassen van magneten voor de fixatie van mallen op een nog grotere schaal gaat plaatsvinden. De kans op maatafwijkingen, veroorzaakt door het trillen tijdens het verdichten, is hierdoor geminimaliseerd. Het werken met ZVB brengt ook nieuwe uitdagingen met zich mee, zoals de geautomatiseerde betonverdelers en de afwerking van de stortzijde zodat het betonelement aan twee zijden glad wordt afge-

werkt. Waarschijnlijk is het in de nabije toekomst mogelijk de elementen 'volume gestort' te gaan produceren (dwz. exact het theoretisch bepaalde volume wordt gestort) met als voordeel dat er maar met één lijsthoogte gewerkt hoeft te worden. Natuurlijk geldt de verbetering van de arbeidsomstandigheden voor de productiemedewerkers als de grootste winst.

Toekomstperspectieven

De prefab-betonindustrie heeft veel toekomstmogelijkheden in zich. Door een krappe arbeidsmarkt, een efficiënter proces en een flexibeler product moet het mogelijk zijn het product van de toekomst te worden. Een voorwaartse integratie, waarbij de producent een deel van het ontwerp-, reken- en tekenwerk op zich neemt, zal er zeker toe leiden dat de afstemmingsproblemen tussen de partijen tot een minimum gereduceerd gaan worden.

Door de verdere digitalisering van het verkoopsysteem bij de projectontwikkelaar is het nu reeds mogelijk dat de toekomstige bewoner virtueel door zijn toekomstige woning loopt. Eventueel opties kunnen dan gevisualiseerd worden. In de nabije toekomst moet het dan mogelijk zijn een directe koppeling met het tekenstelsel van de producent te realiseren, zodat de gewenste aanpassing direct te verwerken is in de productietekeningen.

Een verdere industrialisatie van het proces door het voor de stort aanbrengen van beglaasde en afgelakte kozijnen en de elementen na de stort te voorzien van prefab metselwerk met een spouw, zijn een verdere toegevoegde waarde aan het product. Dit zijn nog maar enkele van de nieuwe uitdagingen die voor ons liggen. ■