

Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

Ir. P. G. A. Bus

1.	Inleiding	Y5005- 3
2.	Kostencategorieën	Y5005- 3
2.1.	Directe projectkosten	Y5005- 3
2.2.	Indirecte projectkosten	Y5005- 4
2.3.	Gebruikskosten (cost of ownership)	Y5005- 4
3.	Functionaliteit van een meet-, regel- en besturingssysteem	Y5005- 5
3.1.	Besturingshiërarchie	Y5005- 5
3.2.	Kwantiteit	Y5005- 7
3.3.	Complexiteit	Y5005- 7
4.	Projectaanpak en projectactiviteiten	Y5005- 8
4.1.	Algemeen	Y5005- 8
4.2.	Fasering	Y5005- 9
4.2.1.	Analysefase (haalbaarheidsstudie)	Y5005-10
4.2.2.	Voorproject	Y5005-10
4.2.3.	Investeringsproject	Y5005-13
4.2.4.	Gebruiksfase	Y5005-16
5.	Overzicht directe projectkosten	Y5005-17
5.1.	Hardware van het meet-, regel- en bestu- ringssysteem	Y5005-18
5.2.	Standaard software	Y5005-18
5.3.	Hardware engineering	Y5005-18
5.4.	Applicatie engineering	Y5005-19
5.5.	Additionele engineering	Y5005-19
5.6.	Installatie, testen en inbedrijfstellen	Y5005-20
5.7.	Algemeen	Y5005-20
6.	Samenvatting	Y5005-20
	Bijlage 1. Karakterisering van batchpro- cessen	Y5005-22

1. Inleiding

Het begroten van real-time meet-, regel- en besturingssystemen volstaat, met de huidige functionaliteit van deze digitale systemen, niet meer met het optellen van ingangs- en uitgangssignaalkaarten, processoren en beeldschermapparatuur. De begroting vergt een diepgaand inzicht in de vereiste functionaliteit van het systeem, een uitgewerkte projectaanpak en een visie op de exploitatie- of gebruiksfase van het systeem.

Alleen op basis hiervan kan een begroting worden gemaakt en kan de opdrachtgever (eindgebruiker) een afgewogen beslissing nemen omtrent de investering in het meet-, regel- en besturingssysteem. In deze tekst zal, aan de hand van een te realiseren meet-, regel- en besturingssysteem in zijn meest uitgebreide functionele vorm, worden ingegaan op de kostencomponenten. In het bijzonder zal de gefaseerde afloop van deze realisatie, inclusief de uit te voeren verscheidenheid aan activiteiten en de te produceren (tussen)resultaten worden toegelicht.

Het ligt niet in de bedoeling een kwantitatieve benadering te presenteren, maar de belangrijkste kostenfactoren te noemen opdat de lezer aan de hand hiervan en gebaseerd op zijn eigen kentallen en tarieven een begroting kan produceren.

2. Kostencategorieën

De kosten, die gemaakt worden tijdens de levensfasen van een meet-, regel- en besturingssysteem, kunnen worden onderscheiden in de directe en indirecte projectkosten, na acceptatie en overname van het systeem door de eindgebruiker gevolgd door de gebruikskosten (cost of ownership).

2.1. Directe projectkosten

Deze betreffen de kosten voor:

- het opstellen van de uitgangspunten en een programma van eisen;
- hardware van het meet-, regel en besturingssysteem;
- software zoals „operating system” en standaard-applicatiepakketten;
- projectcoördinatie;
- hardware engineering;
- software applicatie engineering;
- afnametesten;

Y5005-4 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

- montage, montagesupervisie en het ter plaatse testen en inbedrijfstellen van het systeem;
- additionele kosten inclusief de engineering voor bijvoorbeeld bouwkundige-, klimaatbeheersings- en elektrotechnische voorzieningen.

Daar de aandacht hier uitsluitend gericht wordt op het meet-, regel- en besturingssysteem zal de gerelateerde veldinstrumentatie en alle hierbij horende signaalverbindingen tussen systeem en veldinstrumentatie buiten beschouwing worden gelaten.

2.2. Indirecte projectkosten

De indirecte kosten hebben voornamelijk betrekking op de kosten, die de eindgebruiker dient te maken om zijn organisatie in te richten voor en voor te bereiden op een efficiënt en effectief gebruik van zijn nieuwe systeem. Deze kosten omvatten:

- het formuleren van de uitgangspunten oftewel het programma van eisen;
- het participeren in het vastleggen van de functionele eisen, al dan niet in samenwerking met het ingenieursbureau;
- de training voor onderhouds- en bedienend personeel;
- de organisatie aanpassingen en het voorbereiden hierop door het formuleren van onderhouds- en bedieningshandleidingen en het eventueel reviseren van taakomschrijvingen;
- het participeren in de afnametesten van het systeem al dan niet in samenwerking met het ingenieursbureau;
- het uit bedrijf zijn van de produktie-installatie in verband met het installeren, testen en inbedrijfstellen van het nieuwe systeem.

2.3. Gebruikskosten (cost of ownership)

Gedurende de gebruiksfase van een meet-, regel- en besturingssysteem worden kosten gemaakt voor:

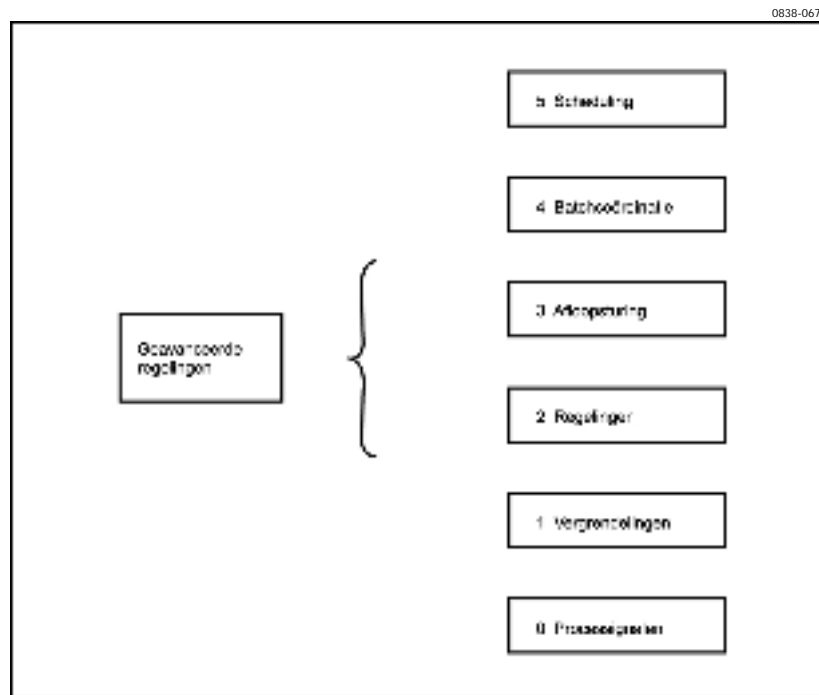
- het hardware-onderhoudscontract;
- het software-onderhoudscontract;
- de software-licenties;
- het hardware-onderhoud in eigen beheer;
- het applicatie-software onderhoud in eigen beheer;
- het op peil houden van de reservedelen;
- het op peil houden van de kennis en vaardigheden van het onderhouds- en bedienend personeel.

3. Functionaliteit van een meet-, regel- en besturingssysteem

Zoals gezegd zijn de functionele mogelijkheden van de digitale meet-, regel- en besturingssystemen sterk toegenomen in de laatste decennia en zeker ten opzichte van de conventionele apparatuur zoals die heden ten dage nog in vele procesinstallaties in gebruik is.

3.1. Besturingshiërarchie

Een digitaal systeem voor bijvoorbeeld de besturing van een batch-proces in de jaren negentig kan de in de besturingshiërarchie van figuur 1 gepresenteerde functionaliteit omvatten.



Figuur 1. Besturingshiërarchie.

Op het *laagste nr. 1-niveau* van de hiërarchie bevindt zich de handmatige bediening, die een bedieningsman de mogelijkheid geeft om rechtstreeks in te grijpen in het proces. Het systeem verzamelt en presenteert de procescondities en de actuatoren, zoals kleppen, kunnen handmatig worden bediend.

Om ongewenste situaties te vermijden is het noodzakelijk om *vei-*

Y5005-6 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

ligheidsmaatregelen te treffen via automatische *vergrendelingen*, die niet kunnen worden gepasseerd.

Daarboven op *niveau 2* bevinden zich de automatische *regelingen* van continue procesvariabelen. Continue regelingen betreffen het meten van procesvariabelen en/of condities en het op een bepaalde (set-point) waarde regelen door middel van zogenaamde PID-regelaars in al zijn variëteiten. Traditioneel te regelen procesgrootheden zijn druk, temperatuur, debiet, niveau etcetera.

De introductie van deze regelaars noodzaakt absoluut de implementatie van vergrendelingen om ongewenste over- of onderschrijdingen van procescondities te voorkomen of te corrigeren.

Naast de hierboven genoemde functionaliteit kunnen op het regel-niveau nog geavanceerde meet- en regeltechnische *technieken* worden toegepast zoals: modelvorming en simulatietechnieken, identificatietechnieken en multiple in- en multiple uitgangsregelingen (MIMO's).

Op *niveau 3* bevindt zich de *afloopsturing*. Deze is typisch voor batch-processen, indien de opstart c.q. afregelsequentie en de complexere vergrendelingen van continue processen buiten beschouwing gelaten worden.

Boven het afloopsturingniveau op niveau 4 positioneert men het *batch-coördinatie niveau*. De batch-coördinatie of batch-managementfunctie selecteert een generiek recept en transformeert dit naar een uitvoerbaar recept voor een productieopdracht. Deze functie coördineert de noodzakelijke middelen voor de uitvoering van een produkt-batch en start en houdt toezicht op de uitvoering. Deze functie verzamelt en beheert eveneens de procesdata die betrekking hebben op een produkt-batch. De complexiteit van de functie is sterk afhankelijk van de batch-proceskarakteristieken zoals: type receptuur, aantal produkten, type apparatuur, karakter van een fabriek, de route die een produkt-batch volgt door een fabriek etcetera.

Op *niveau 5* is de *scheduling* gepositioneerd. De scheduling-functie is een activiteit die op basis van een master productie plan en gebaseerd op scheduling-algoritmen of gebaseerd op de ervaring van de werkvoorbereider (planner) een productie-schedule ontwikkelt. Het productie-schedule bevat normaliter de produkt-batches en hoeveelheden, die geproduceerd dienen te worden. Daarnaast de te gebruiken procesapparatuur, de doelstelling voor de produktietijden, de bijprodukten en de beperkingen in de middelen.

De hierbovenliggende of buiten de besturingshiërarchie gelegen niveaus zijn onderdeel van de management-informatiesystemen waarmee het meet-, regel en besturingssysteem gekoppeld kan worden.

Bovenstaande geeft in een notedop de functionaliteit aan, die actueel (medio 1995) beschikbaar is in meet-, regel- en besturingssystemen.

3.2. *Kwantiteit*

Naast de functionaliteit, die beschikbaar moet zijn binnen een systeem is ook de kwantiteit van deze functies van belang voor een correcte begroting. Voor een aantal functies, die als standaard hardware- en software bouwstenen aanwezig zijn in een systeem volstaat een telling hiervan. Typische voorbeelden hiervan zijn in- en uitgangssignalen, regelaars, displays, rapporten, alarmen. In de praktijk blijkt, dat de „telbare” functionaliteit is samengesteld (configureerbaar) uit standaard bouwstenen en zich meestal bevindt in de onderste lagen van de besturingshiërarchie van figuur 1.

3.3. *Complexiteit*

Naast de functionaliteit is ook de complexiteit van de functionaliteit van grote invloed op de kosten van de systeemrealisatie. Deze complexiteit wordt in het algemeen geïntroduceerd in de hogere lagen van de besturingshiërarchie en voornamelijk op batch-besturings- en scheduling-niveau en de geavanceerde regeltechnische toepassingen. Complexiteit is een begrip dat kwalitatief van aard is, toch kan men een gevoel ontwikkelen voor de complexiteit van een meet-, regel- en besturingsapplicatie en in het bijzonder een besturings- of software-applicatie voor een batch-proces, door voor verschillende aspecten een oplopende graad van complexiteit te definiëren, zoals in figuur 2 is aangegeven.

De definitie van de terminologie is bijgevoegd in appendix 1.

Een karakterisering van het te besturen proces op de in figuur 2 aangegeven wijze zal een leverancier, maar ook de procesautomatiseerder een redelijk inzicht in de graad van *complexiteit* van het beoogde meet-, regel- en besturingssysteem kunnen geven. Het moge duidelijk zijn dat, naarmate de complexiteitsgraad van de diverse aspecten stijgt, de projectkosten met name de software-applicatie ontwikkelingskosten stijgen, het benodigde kennis en ervaringsniveau van de procesautomatiseerders stijgt, de projectlooptijd en in het bijzonder de testtijd langer wordt en de functionele inhoud van het te realiseren systeem stijgt.

Y5005-8 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

0838-0671

Aspect	Complexiteitsgraad
Continue proces Proces uitvoering	Laag
Batch proces Proces uitvoering	<ol style="list-style-type: none"> 1. Single batch 2. Multiple batch 3. Multi batch/multiple stage
Recept type	<ol style="list-style-type: none"> 1. Single procedure/single formulae 2. Single procedure/multi formulae 3. Multi procedure/multi formulae 4. Multi purpose
Plant layout	<ol style="list-style-type: none"> 1. Single unit 2. Multi unit 3. Common equipment 4. Common equipment/common units
Routing	<ol style="list-style-type: none"> 1. Single stream 2. Exception routes 3. Multi stream
Scheduling	<ol style="list-style-type: none"> 1. No unit scheduling 2. Common unit scheduling
	Hoog

Figuur 2. Complexiteitsmatrix.

4. Projectaanpak en projectactiviteiten

4.1. Algemeen

Om een meet-, regel- en besturingssysteem te realiseren dat aan de klanteneisen voldoet, zal men de noodzakelijke hardware en standaardsoftware moeten aanschaffen. De op de markt beschikbare systemen bevatten voorgeprogrammeerde bouwstenen waarmee de procesautomatiseerder het overgrote deel van de software-applicatie uit de onderste twee lagen van de besturingshiërarchie kan samenstellen (configureren, parametriseren). Voor de bovenliggende niveaus in de besturingshiërarchie bestaan standaardpakketten, die de procesautomatiseerder een structuur geven waarbinnen de applicatie, veelal met behulp van software-gereedschappen, gebouwd kan worden. In schaars voorkomende gevallen dient nog geprogrammeerd te worden om de vereiste functionaliteit te bouwen.

Naast de hardware en standaard-software is een inspanning nodig met betrekking tot het hardware-ontwerp en de samenstelling uit basiscomponenten, de software-applicatieontwikkeling, eventuele bouwkundige-, utilitaire en elektrotechnische voorzieningen en de montage, montagetoezicht en het ter plaatse testen en inbedrijfstellen van het systeem. Deze leveringen, ontwerpactiviteiten, constructie en testactiviteiten zijn alle vereist om tot een werkend geheel te komen.

Om tot een beter inzicht te komen in deze activiteiten en met name in de *applicatie software engineering* inspanning verdient het aanbeveling de complexiteit te verlagen door het project in fasen op te delen. Deze fasen worden onderscheiden door duidelijke en te verifiëren mijlpalen en tussenprodukten. Per fase dienen daarnaast de betrokkenen te worden geïdentificeerd (opdrachtgever, ingenieursbureau, leverancier, eindgebruiker) en hun verantwoordelijkheden. De onderlinge communicatie, de informatiedragers en de inhoud en de toe te passen (automatiserings) gereedschappen dienen eveneens te worden vastgelegd.

In het onderstaande wordt een blauwdruk voor een projectafloop gepresenteerd. Als kanttekening vooraf dient men zich te realiseren, dat de functionele inhoud en de complexiteit van die functionaliteit grotendeels de toepasbaarheid van (delen van) deze blauwdruk bepalen.

4.2. *Fasering*

De levenscyclus (life cycle) van een meet-, regel- en besturingssysteem bestaat uit de volgende fasen:

- analysefase;
- functioneel ontwerpfasen;
- technisch ontwerpfasen;
- implementatiefase;
- testfase;
- gebruiksfase.

Hieronder volgt een nadere uitwerking van deze fasen met betrekking tot de bovengenoemde aspecten. Deze uitwerking is gebaseerd op een drie partijen opzet namelijk de opdrachtgever c.q. eindgebruiker, het ingenieursbureau als opdrachtnemer en ontwerpverantwoordelijke partij en de leverancier van het meet-, regel- en besturingssysteem als derde partij.

De projectaanpak is gebaseerd op het in eerste instantie uitvoeren van een *haalbaarheidsstudie* inclusief de definitie van een globale scope en een kostenraming.

Y5005-10 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

Op basis van de studieresultaten kan besloten worden een *voorproject* uit te voeren. Dit voorproject dient te resulteren in een globale functionele omschrijving en een begroting met een hoge nauwkeurigheid (bijv. -5% – $+10\%$). Op basis van de voorprojectresultaten wordt besloten of een *investeringsproject* wordt doorgezet. Dit betekent, dat het functionele ontwerp en het technisch ontwerp worden gesplitst in een globaal (voorproject) deel en een gedetailleerd (investeringsproject) deel met als doel de engineering-inspanning in een voorproject te minimaliseren.

4.2.1. Analysefase (haalbaarheidsstudie)

In deze fase wordt het toepassingsgebied geanalyseerd en de context van het meet-, regel- en besturingssysteem gedefinieerd. De uitgangspunten worden bepaald door de opdrachtgever eventueel geassisteerd door een procestechnoloog en een procesautomatiseerder van het ingenieursbureau (zie fig. 3). De vraag in deze fase luidt: „*Waar gaat het over?*”

Resultaten

De resultaten in deze fase zijn een globale omschrijving van het project, inclusief de procesinstallatie en de produkten. Daarnaast een procesbeschrijving, een inschatting van de complexiteit van het proces vanuit besturingsoogpunt, een mogelijke systeemconfiguratie inclusief bedieningsmogelijkheden, een kostenraming en een voorlopig plan voor de volgende fase(n).

Deelnemers

De opdrachtgever, de procestechnoloog voor de uitvoering van de haalbaarheidsstudie en de procesautomatiseerder voor de bijdrage met betrekking tot een mogelijke besturingsoplossing.

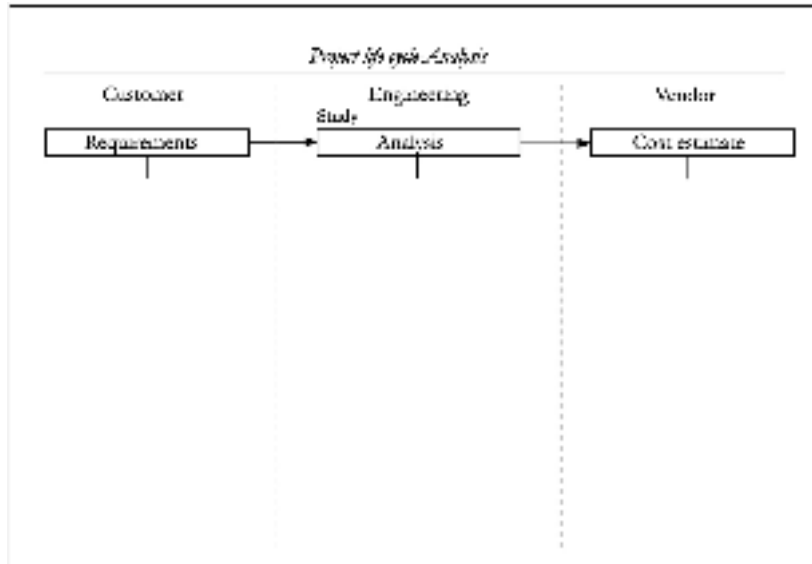
4.2.2. Voorproject

4.2.2.1. Globaal functioneel ontwerpfase

Tijdens deze fase worden de uitgangspunten vertaald naar een globaal functioneel ontwerp (zie fig. 4). De vraagstelling in de fase is: „*Wat zijn de systeemfuncties?*”

Resultaten

De resultaten van deze fase zijn een globaal functioneel ontwerp inclusief een globale omschrijving van de meet-, regel- en besturingsfuncties, de bedieningsfuncties, werkwijzen, systeemeisen en een globaal ontwerp van de installatie. De nadruk ligt op een definitie van



Figuur 3.

functies en een kwantificering hiervan en een kwantificering van apparatuur. Deze kwantificering van functies is de basis voor een begroting met een nauwkeurigheid van 5 à 10%. Als resultaat van deze fase kan een kosten- en batenanalyse worden gevraagd door de opdrachtgever en wat zeker toegevoegd dient te worden is een projectplan voor de volgende fasen.

Deelnemers

De opdrachtgever, de procestechnoloog en de procesautomatiseerder van het ingenieursbureau en mogelijk de leverancier van het systeem.

4.2.2.2. Globaal technisch ontwerpfase

Tijdens de globaal technisch ontwerpfase wordt een hardware en software ontwerp opgezet (zie fig. 4). De vraagstelling in deze fase is: „Hoe worden de functies gerealiseerd?”

Resultaten

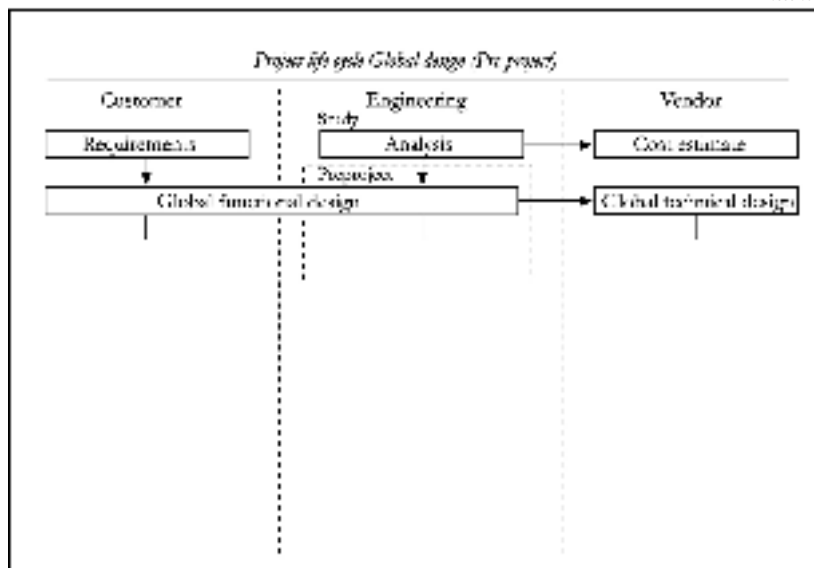
Het resultaat van deze fase is een aanbieding van de leverancier, die de systeemhardware- en software-configuratie (Plichtenheft) aan geeft plus de kosten.

Y5005-12 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

Deelnemers

De opdrachtgever, van het ingenieursbureau de procestechnoloog en de procesautomatiseerder als coördinator en de potentiële leveranciers.

0838-0673



Figuur 4.

4.2.2.3. Meet-, regel- en besturingssysteemevaluatie

Een aantal eindgebruikers binnen de industrie is gestandaardiseerd op een systeemleverancier. In dat geval zullen de functionele eisen voor een groot deel zijn toegesneden op de mogelijkheden van het betreffende leverancierssysteem en is een tijdrovende en kostbare evaluatie van systemen op de markt niet noodzakelijk.

In die gevallen, dat geen standaard voorhanden is zal de opdrachtgever op basis van het globaalfunctioneel ontwerp en de eisen te stellen aan systeemonderhoud, documentatie en training een systeem-evaluatie laten uitvoeren door het ingenieursbureau. In deze evaluatie zal, aan de hand van vooraf geformuleerde criteria, een keuze gemaakt dienen te worden uit het beschikbare marktaanbod.

Resultaten

De uitkomst van een evaluatiefase is een evaluatierapport met een advies aan de opdrachtgever welk leverancierssysteem toe te passen.

Deelnemers

De deelnemers aan de evaluatiefase zijn de opdrachtgever, de procesautomatiseerder van het ingenieursbureau en een geselecteerd aantal leveranciers.

4.2.3. Investeringsproject

4.2.3.1. Detailfunctioneel ontwerpfase

Gedurende deze fase wordt het globaalfunctioneel ontwerp in detail uitgewerkt (zie fig. 5).

Resultaten

Het resultaat van deze fase is een detail functioneel ontwerp, dat de applicatie en de bedieningsfuncties omvat. Voorts dienen in deze fase een testfilosofie en de onderhoudsvereisten te worden geformuleerd.

Deelnemers

Opdrachtgever, procestechnoloog voor het formuleren van de bedieningseisen, de procesautomatiseerder als coördinator van de systeemgerichte activiteiten en als contactpersoon naar de leverancier en de systeemleverancier.

4.2.3.2. Detailtechnische ontwerpfase

Gedurende de detailtechnische ontwerpfase wordt een hardware en software ontwerp in detail uitgewerkt. Dit ontwerp dient als een basis voor de implementatie van het meet-, regel- en besturingssysteem. Dit ontwerp is gebaseerd op de hardware en software van een leverancierssysteem. In deze fase worden ook een *testplan* en *testprocedures* gedefinieerd, welke in een later stadium van het project en wel gedurende de afnametest bij de leverancier en gedurende een eventuele afnametest op de eindbestemming worden gebruikt.

In deze fase wordt een definitief projectplan gedefinieerd door alle betrokkenen.

Resultaten

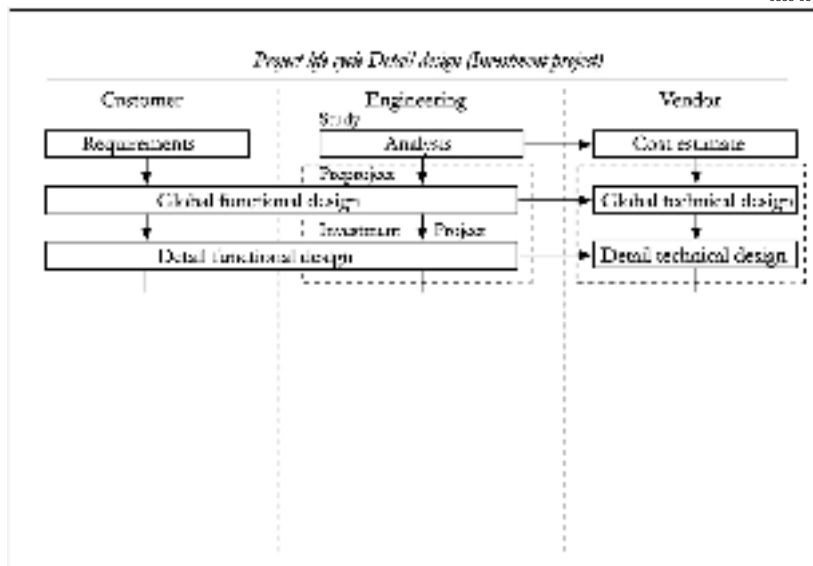
De resultaten van deze fase zijn een *detail technisch ontwerp*, een *projectplan* en een *testplan* en *testprocedures*.

Deelnemers

De deelnemers aan deze fase zijn de opdrachtgever, het ingenieursbureau vertegenwoordigd door de procestechnoloog en de procesautomatiseerder en de leverancier.

Y5005-14 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

0838-0674



Figuur 5.

4.2.3.3. Implementatiefase

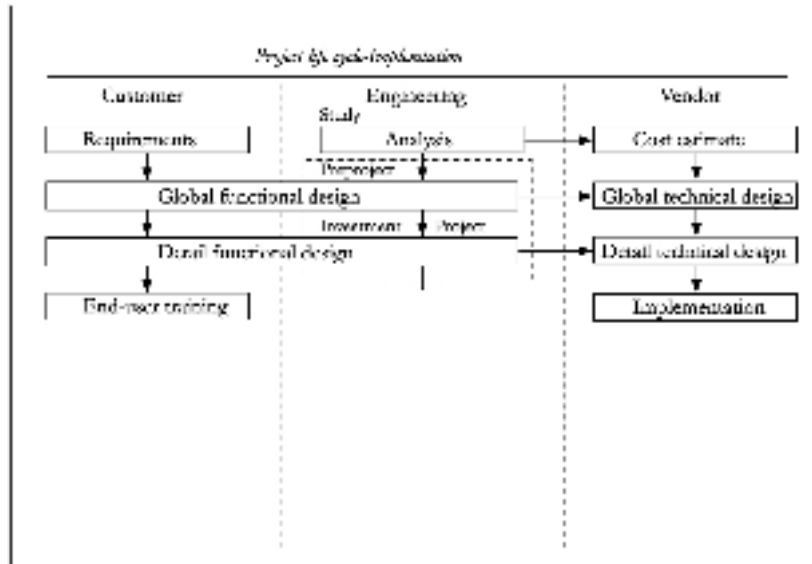
Gedurende deze fase implementeert de leverancier het meet-, regel- en besturingssysteem gebaseerd op de overeengekomen ontwerpspecificaties. Gedurende deze fase worden (technische) details uitgewisseld door de partijen, zoals gedefinieerd in het projectplan en volgens de overeengekomen planning. Indien nodig en in overeenstemming met betrokkenen kan het projectplan worden aangepast. Gedurende deze fase rapporteert de leverancier, via de afgesproken procedures, aan zijn contractpartner over de voortgang van het project (zie fig. 6).

Resultaten

De resultaten van de implementatiefase zijn hardware- en software documentatie, testprotocollen en kwaliteitsborgingsrapporten en de definitieve testprocedures voor de afnametest.

Deelnemers

De deelnemers in deze fase zijn de opdrachtgever, de procesautomatiseerder voor het coördineren van de informatieuitwisseling en het aansturen van de leverancier en de leverancier voor het uitvoeren van de implementatie.



Figuur 6.

4.2.3.4. Testfase

Gedurende de testfase worden de afnametesten uitgevoerd volgens het overeengekomen testplan en de overeengekomen testprocedures. De Factory Acceptance Test (FAT) is de bij de leverancier uitgevoerde afname of acceptatietest, terwijl de Site Acceptance Test (SAT) wordt uitgevoerd op de uiteindelijke locatie van het systeem. Deze testen worden uitgevoerd nadat de leverancier zijn eigen interne module- en integratietesten met succes heeft afgesloten. Gedurende de afnametest wordt aan de opdrachtgever gedemonstreerd, dat het systeem voldoet aan de contractueel vastgelegde functionaliteit zoals vastgelegd in de functionele ontwerp en de technisch ontwerpdocumenten (zie fig. 7).

Resultaten

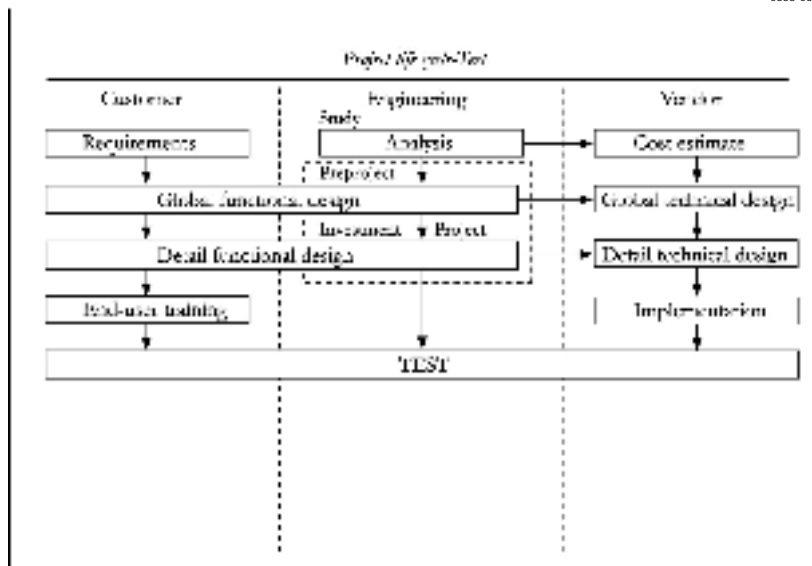
De resultaten van deze fase zijn de testrapporten, de goedgekeurde documentatie en uiteindelijk een werkend systeem in overeenstemming met het contract.

Deelnemers

De deelnemers aan deze fase zijn één of meerdere vertegenwoordigers van de opdrachtgever, van het ingenieursbureau de procestecnoloog die participeert in de klantentest en de procesautomatiseer-

Y5005-16 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

0838-0676



Figuur 7.

der voor participatie in de test en voor de coördinatie van de testactiviteiten aan de opdrachtgeverskant. De leverancier zal de testen uitvoeren in het geval van een demonstratie van de correcte werking of voor het ondersteunen van de opdrachtgever tijdens de door de opdrachtgever uitgevoerde testen.

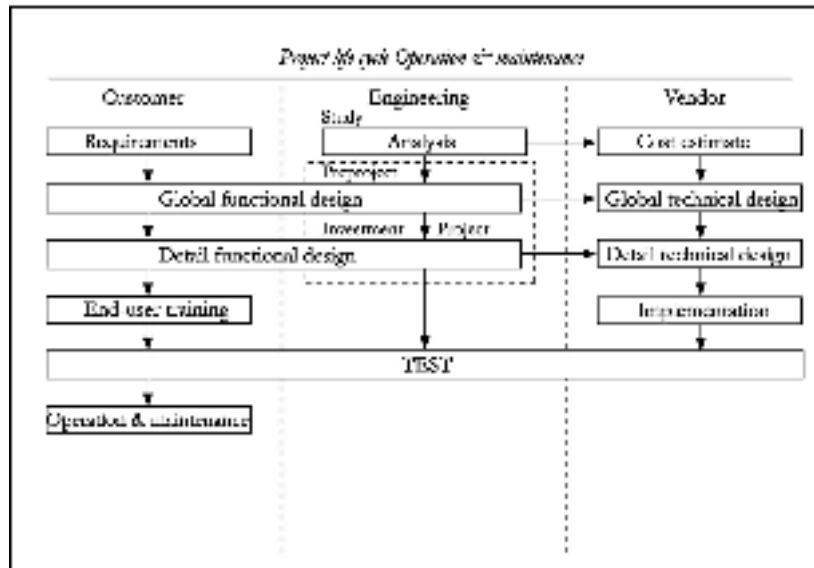
4.2.4. Gebruiksfase

Na een succesvolle installatie en opstart van het meet-, regel- en besturingssysteem op de uiteindelijke locatie is het systeem in bedrijf en wordt vervolgens beheerd en onderhouden.

Gedurende deze fase van de levenscyclus zullen correcties en/of revisies worden uitgevoerd, die voldoende gedocumenteerd dienen te worden (zie fig. 8).

Deelnemers

De deelnemers in de gebruiksfase zijn de eindgebruikers en de ondersteunende technische diensten, eventueel versterkt door de leverancier.



Figuur 8.

Algemeen

In de globaal functioneel ontwerpfase, de evaluatiefase en de detail functioneel ontwerp fase dienen naast de functionele en technische klanteneisen de commerciële condities met de potentiële leveranciers te worden uit onderhandeld en vastgelegd. Het verdient aanbeveling eveneens een basisovereenkomst met betrekking tot de gebruiksfase overeen te komen.

Parallel aan de project fasen dient de eindgebruiker zich voor te bereiden op de gebruiksfase door het opleiden van het betrokken personeel binnen de productie- en onderhoudsdiensten. Daarnaast zal de eindgebruiker, ondersteund door ingenieursbureau en leverancier, de bedienings- en onderhoudsvorschriften definiëren.

5. Overzicht directe projectkosten

Het bovenstaande geeft een indruk van de projectactiviteiten, die direct zijn gericht op de ontwikkeling van de software-applicatie in het onderstaande worden nog eens de belangrijkste kostencategorieën gepresenteerd.

Y5005-18 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

5.1. Hardware van het meet-, regel- en besturingssysteem

De systeem-hardware omvat apparatuur voor:

- de besturing zoals ingangs-uitgangskaarten voor de processignalen, besturingen, emergency system, kasten, communicatie-apparatuur, elektrische voedingen, bekabelingen;
- de bediening zoals consoles, beeldschermen, toetsenborden;
- de randapparaten zoals printers, (video)copiers, recorders, blindschema's, opslagmedia;
- gekoppelde systemen zoals weegapparatuur, identificatieapparatuur, analyse apparatuur;
- koppeling naar omliggende systemen zoals logistieke en administratieve computersystemen;
- computerapparatuur met in- uitvoermedia en data-opslagapparatuur.

De hardware-configuratie wordt in het algemeen op basis van de functionele eisen door de leverancier samengesteld te zamen met een daarbij behorende begroting of aanbieding.

Aspecten, die van invloed kunnen zijn op de kosten zijn; vereiste beschikbaarheid (dus mogelijkwijs redundante apparatuur) voor de besturing, de bediening en de elektrische voedingen, omgevings-eisen, eisen volgend uit de „area classification”, op- en herstart faciliteiten, automatische foutdetectie en diagnose, distributie van deelsystemen, arbeidsomstandigheden (ergonomische eisen).

5.2. Standaard software

De standaard software omvat het „operating system”, de standaard softwarepakketten voor visualisatie, rapportage, alarmering, procesdata-collectie en procesdata-presentatie en de meet-, regel- en besturingstechnische toepassingen. De vereiste standaard software wordt in het algemeen gedefiniëerd door de leverancier op basis van de klanteneisen. De leverancier presenteert hierbij eveneens de begroting en/of de aanbieding. Aspecten die van invloed kunnen zijn op de standaard software-kosten betreffen software-licenties, benodigde engineeringgereedschappen inclusief de hardware en de documentatietaal.

5.3. Hardware engineering

De hardware engineering omvat de ontwerpactiviteiten met betrekking tot het verdelen (loading) van de in- en uitgangssignaalkaarten over de rekken c.q. kasten, de opstelling en de samenhang van de kasten in de desbetreffende ruimten, het definiëren van de kabelverbindingen tussen de diverse systeemcomponenten, het ontwerp van

de controlekamerconsoles met de opstellingen van de beeldschermen en randapparaten, de elektrische voedingsystemen, de aarding en afscherming, de lokale apparatuur, de interfaces naar andere systemen en de integratie met apparatuur van derden zoals telefoon, intercom en alarm en shut-down-systemen.

De hardware engineering wordt voor een deel meegenomen in de begroting of aanbidding van de leverancier. Het is van belang duidelijk vooraf te definiëren, wie welke activiteiten uitvoert.

5.4. Applicatie engineering

De applicatie engineering betreft die activiteiten, die gericht zijn op de totstandkoming van de systeemfuncties. Deze activiteiten en hun aanpak is beschreven in paragraaf 4 en de applicatie engineering betreft de functies uit de besturingshiërarchie, die beschreven zijn in paragraaf 3.

Voor een systeem met een uitgebreide functionaliteit, die meer beslaat dan de onderste twee lagen van de besturingshiërarchie kan de applicatie engineering een aanzienlijke inspanning vergen.

Aspecten die van invloed kunnen zijn op de kosten voor applicatie engineering zijn; de aanwezigheid en het gebruik van standaardpakketten en standaardbouwstenen, de kwantiteit van de functionaliteit maar ook de complexiteit van de applicatie (zie par. 3), de kennis en ervaring van de procesautomatiseerders maar ook van de andere betrokkenen, de beschikbaarheid van efficiëntie-verbeterende engineering-gereedschappen, de beschikbaarheidseisen en de mate van automatisering.

De inschatting van de kosten, die gepaard gaan met de applicatie-engineering kunnen, indien de functionele eisen voldoende en compleet zijn geformuleerd, meebegroet en aangeboden worden door de leverancier. Hierbij dient men echter te bedenken, dat een significante inspanning niet door de leverancier geleverd kan worden vanwege het ontbreken van kennis en ervaring met de processen en installaties van de opdrachtgever. Deze inspanning dient geleverd te worden door de opdrachtgever en het ingenieursbureau met name in de eerste fasen van het project en tijdens de test en inbedrijfstelling.

5.5. Additionele engineering

Naast de inspanning met betrekking tot de projectcoördinatie en bewaken van de projectvoortgang is vaak ook additionele engineering vereist met betrekking tot het ontwerp van de civiele voorzieningen zoals controlekamer(s), hulpruimten voor de besturingsinstallatie, vloeren en plafonds en dergelijke. Ook de inzet van utility engineers

Y5005-20 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

met betrekking tot klimaatbeheersing is vaak vereist om te zorgen voor een juist omgevingsklimaat voor de opgestelde apparatuur. Daarnaast dient aandacht besteed te worden aan brandpreventie, -detectie en -bestrijding.

De electrical engineer levert zijn bijdrage met betrekking tot elektrische voedingen, aarding en afscherming van de systemen en signaalverbindingen

Of het project een renovatie of een nieuwbouw betreft bepaalt de kosten van deze additionele engineering in hoge mate. De grootte van het systeem qua in- en uitgangssignalen en bedieningsapparatuur is uiteraard ook van invloed.

De additionele engineering is over het algemeen niet inbegrepen in de aanbidding van de leverancier en zal onderdeel zijn van de activiteiten van het ingenieurbureau.

5.6. Installatie, testen en inbedrijfstellen

Naast de hardware, software en engineering wordt een inspanning geleverd om het systeem te testen bij de leverancier (FAT), het ter plaatse te monteren, het toezicht houden op deze montage en de connecties met de processignalen, het testen ter plekke (SAT) in samenhang met de procesinstallatie en het in bedrijfstellen van het systeem.

Hoewel de leverancier een rol speelt tijdens deze activiteiten, beperkt deze rol zich meestal tot supervisie van de montage, het op spanning brengen van het systeem en het aantonen via diagnostische software, dat het systeem correct is geïnstalleerd en functioneert. De demonstratie van de correcte werking van de applicatie-software heeft meestal reeds plaats gevonden tijdens de afnametest bij de leverancier.

Aspecten die de kosten van deze activiteiten kunnen beïnvloeden zijn de testduur en testopzet en uiteraard de complexiteit van de applicatie.

5.7. Algemeen

Additionele kosten kunnen worden veroorzaakt door speciale wensen met betrekking tot documentatie, training en inbedrijfstellingassistentie.

6. Samenvatting

Het begroten van meet-, regel- en besturingssystemen is een activiteit, die een groot inzicht vereist in de functionaliteit van het be-

oogde systeem. In het bovenstaande is getracht om aan de hand van een meet-, regel- en besturingssysteem in zijn meest uitgebreide vorm, namelijk een batch-procesbesturingssysteem, aan te geven welke aspecten hierbij een rol spelen.

Zoals gesteld in paragraaf 2.2 hebben de indirecte kosten voornamelijk betrekking op de kosten, die de eindgebruiker dient te maken om zijn organisatie in te richten voor en voor te bereiden op een efficiënt en effectief gebruik van zijn nieuwe systeem. Paragraaf 2.2 geeft voorts een aantal activiteiten die deze indirecte kosten veroorzaken.

In paragraaf 2.3 is eveneens nader ingegaan op de activiteiten in de gebruiksfase van een meet-, regel- en besturingssysteem, die de „cost of ownership” veroorzaken.

Y5005-22 Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, regel- en besturingssystemen

Bijlage 1. Karakterisering van batchprocessen

In deze tekst zullen als een batchproces beschouwd worden, die processen die een eindige hoeveelheid materiaal produceren door het uitvoeren van tijdvolgordelijke processtappen op afgemeten hoeveelheden grondstoffen en met behulp van één of meerdere apparaten.

In dit verband beschouwen we een „batch” als de hoeveelheid product, die gemaakt is door de eenmalige uitvoering van een recept.

Recept type/Aantal verschillende produkten

Hierbij onderscheidt men de zogenaamde *Single Product* batch processen waarbij slechts dezelfde produkten worden geproduceerd in elke batch en slechts de batchgrootte kan variëren en de *Multiple Product* batch-processen waarbij gelijksoortige produkten in batches gemaakt worden die kunnen verschillen in batchgrootte maar ook in recept hoeveelheden en procescondities (*Single Family*). Binnen de multiple product groep onderscheidt men nog een tweede categorie (*Multiple Family*), waarbij de produkten in batches worden gemaakt, gebruikmakend van verschillende produktiemethoden of productiebeheersing. Hierbij kunnen de bediening, de grondstofhoeveelheden en de procescondities per batch verschillen.

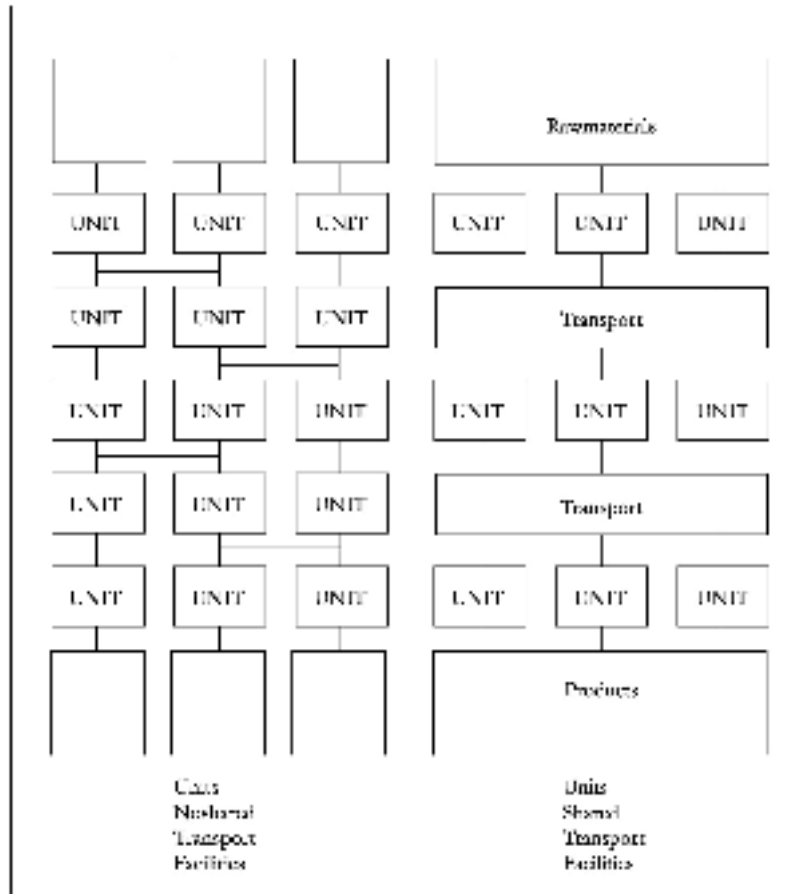
Apparatuurtype

De apparatuur kan van het *Single Purpose* of van het *Multi Purpose* type zijn.

Karakter van de fabriek

Het karakter van de fabriek wordt nader geïllustreerd door figuur 1. Hierbij onderscheiden we twee situaties, te weten;

- de situatie waarbij *geen* gebruik gemaakt wordt van gemeenschappelijke transportfaciliteiten;
- de situatie waarbij gebruik gemaakt wordt van gemeenschappelijke transportfaciliteiten.



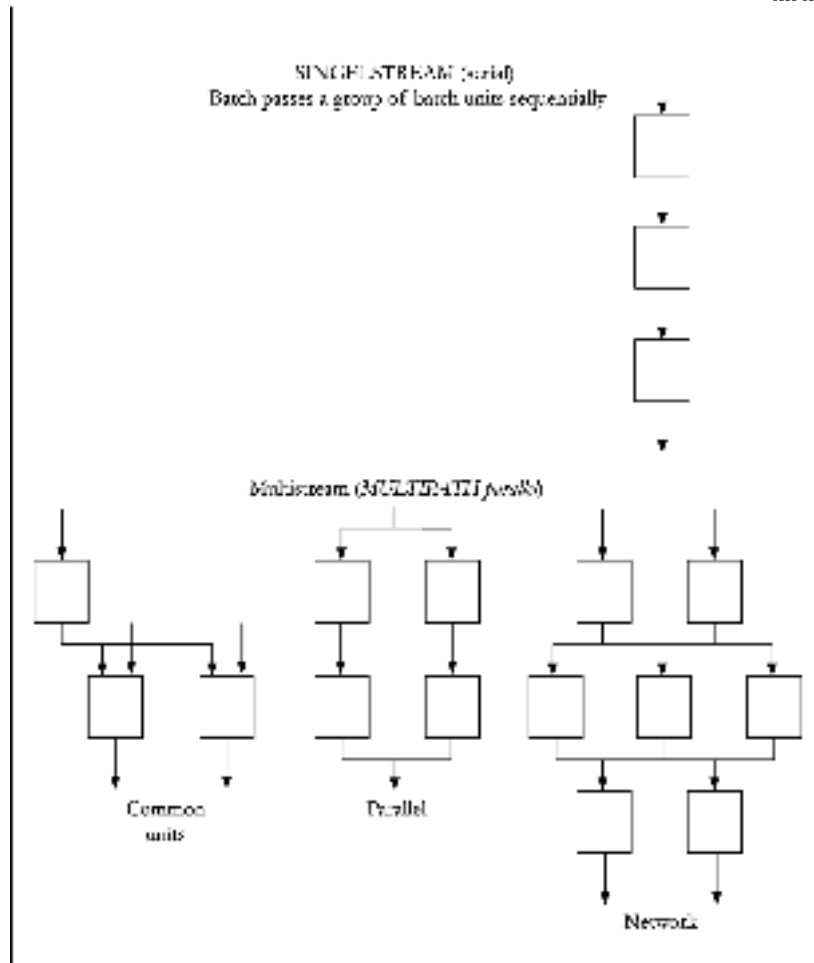
Figuur 1. Karakter van de fabriek.

Produktiefaciliteiten

Onder dit kenmerk onderscheiden we twee mogelijkheden. De *Single unit*, waarbij slechts één unit wordt gebruikt om een batch te produceren. Daarnaast de *Multi Unit* waarbij een batch door verschillende units behandeld wordt.

Verloop van de batch door de fabriek

Het verloop van de batch door de fabriek wordt gekenschetst door twee situaties, die verder worden geïllustreerd in figuur 2.



Figuur 2. Verloop van een batch.

De *Single Stream* (serie)-benadering, waarbij een batch in volgorde een groep units afloopt en de *Multi Stream*-benadering, waarbij een batch meerdere units doorloopt die bovendien ook parallel staan.

Produktietypen

Een verder onderscheid kan men maken in de produktietypen. Het *Single Batch*-produktietype, waarbij slechts een batch op een gegeven tijdstip in de produktiestraat bevindt.

Projectaanpak en kostenopsplitsing bij het inrichten van meet-, **Y5005-25**
regel- en besturingssystemen

Daarnaast de *Multi Batch*-produktie, waarbij zich meerdere batches tegelijkertijd in de produktiestraat bevinden.

Uitvoering van de produktie

Het onderscheid met betrekking tot de uitvoering wordt beschreven door enerzijds de *Single Stage* uitvoering, waarbij slechts één unit actief is op een gegeven tijdstip voor een batch en anderzijds de *Multi Stage* uitvoering, waarbij meerdere units tegelijkertijd actief kunnen zijn voor een batch.

