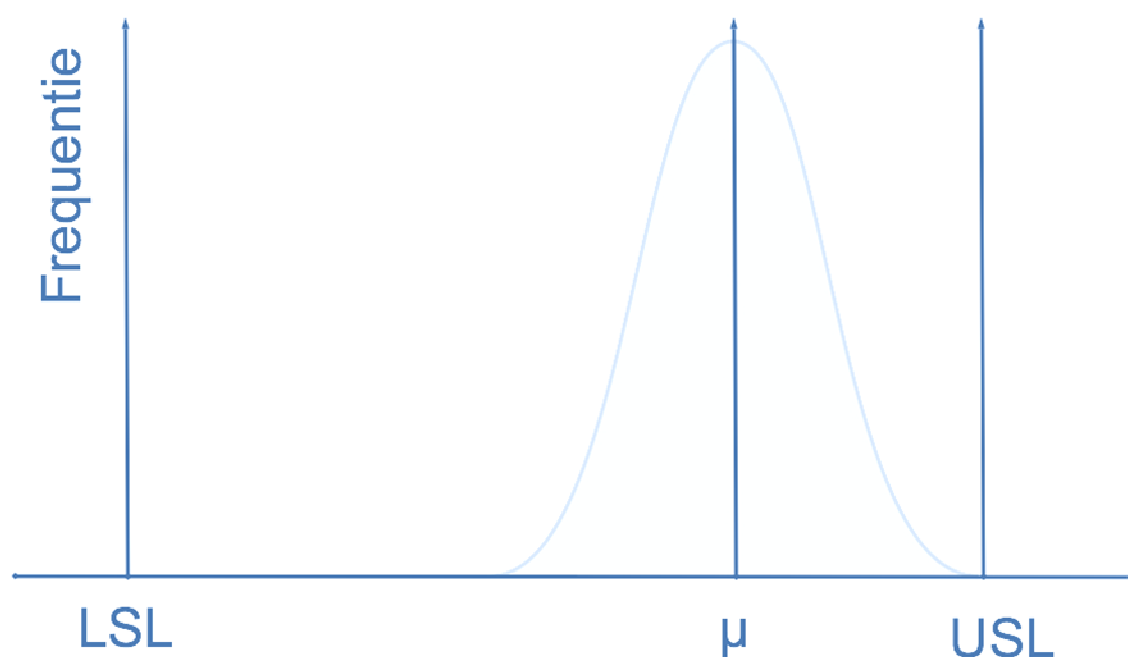


DOWN TO EARTH BV

Interim Management
Organisatieadvies

Optimalisatie van besturing en regeling in de procesindustrie

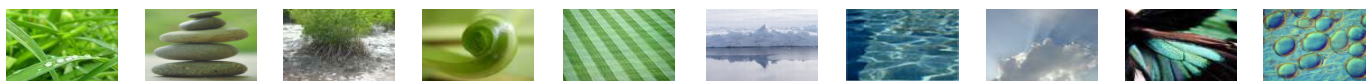
Een methodische aanpak met praktijkvoorbeelden



in opdracht van:



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie



0 Inleiding

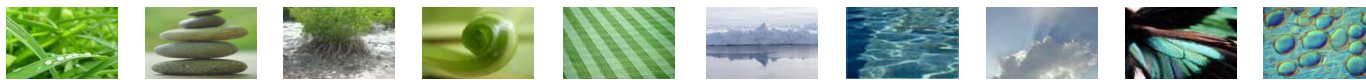
Dit document behandelt een methodiek voor inrichting en optimalisatie van besturing en regeling in de procesindustrie. De methodiek is bedoeld als leidraad voor het uitvoeren van verbetertrajecten binnen industriële bedrijven. Deze kunnen zowel gericht zijn op besparing van grondstoffen, energie of kapitaal, op beheersing van veiligheid en kwaliteit, op verhoging van leverbetrouwbaarheid en -snelheid of capaciteitsuitbreiding. De methodiek is ontwikkeld door Down to Earth BV in eigen beheer en uitgewerkt in opdracht van Agentschap NL. In de hier beschreven vorm is de methodiek vrij beschikbaar en vrij toepasbaar voor derden onder voorwaarde van bronvermelding.

Deze methodiek moet gezien worden als een Business Process Improvement (BPI) aanpak. Er bestaan verschillende management systemen om Business Process Improvement aan te pakken (onder andere Lean, Six Sigma). De hier behandelde methodiek maakt gebruik van (onderdelen van) bekende BPI systemen. Om de relatie en herkenbaarheid met bestaande en regelmatig gebruikte systemen te vergroten, is gekozen voor een vijf stappenplan conform Six Sigma, te weten: Define, Measure, Analyse, Improve en Control (DMAIC). De in dit document beschreven methodiek onderscheidt zich door zich specifiek te richten op procesbesturing en regeling.

Uitgangspunt is dat de methodiek moet kunnen worden toegepast door procestechnologen, onderhoudstechnologen, regel- en besturingsdeskundigen en leiders van business process improvement projecten. Een basisniveau van proceskennis, statistische kennis en kennis van verbeteringsprojecten wordt daarom voorondersteld en is ook gewenst om de methodiek te kunnen toepassen. Indien gewenst, kunnen diverse interim managers en adviseurs van DOWN TO EARTH BV hierbij ondersteuning verlenen.

De aanpak is geïllustreerd met reële praktijkvoorbeelden van diverse projecten bij verschillende bedrijven.

Udo Zwart, procestechnoloog
DOWN TO EARTH BV
juli 2012



1 Voorbeelden van toepassingen uit de praktijk

1) Beter beheersen van de stoomdruk in stoomdistributiesystemen.

Het resultaat was een stabielere druk en beter functionerende processen die stoom afnemen, en minder verlies van stoom.

2) Kwaliteitsbeheersing van benzeenzuivering in een trein van 4 destillatietorens.

Voorheen werd vrijwel alleen off-spec materiaal geproduceerd (dat voortdurend gerecycled werd). Het proces is geoptimaliseerd door meer van de toevoerbuffers en tussenbuffers gebruik te maken en zo min mogelijk en zo voorzichtig mogelijk wijzigen van de voedingsflows naar de destillatiekolommen. Het resultaat: louter on-spec product en veel lager energiegebruik.

3) Optimalisatie van de flows naar een afgasincinerator bij een batch-proces.

Voorheen moest door gebrekkige regeling enkele malen per uur de incinerator gebypast worden met stankklachten tot gevolg. Door te analyseren hoe de regeling op detail-niveau in elkaar zat, kon deze getuned worden. Hierdoor was geen bypass meer nodig en is het energieverbruik van de incinerator gedaald.

4) Reductie van het katalysatorverbruik.

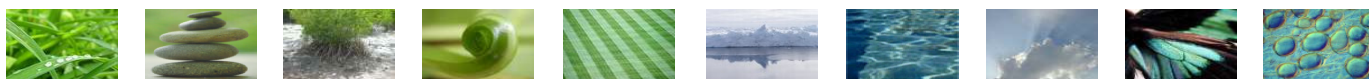
Voorheen werd eens in de 2 dagen een monster uit de reactor genomen, waarna een dag later de concentratie bekend was. Op basis van de gemeten concentratie werd de katalysator toevoerstroom ingesteld. De verblijftijd in de reactor bedroeg enkele uren, waardoor regelmatig de werkelijke concentratie veel hoger was dan nodig. De katalysatorconcentratie in de reactor is geschat op basis van een massabalans-model. Door de katalysatorconcentratie te regelen op basis van de real-time modelschattingen, is het katalysatorverbruik met enkele honderdduizenden euro's per jaar verminderd.

5) Optimalisatie van pH-neutralisatieregelingen.

Als de pH geneutraliseerd wordt door de pH on-line te meten en op basis daarvan een loogtoevoeren zuurtoevoerregeling aan te sturen, wordt door het gevoelige gedrag van de pH rond een neutrale pH voortdurend te veel loog en zuur toegevoerd. Dit soort regelingen is geoptimaliseerd door minder op de snelle variatie van de pH te regelen en meer op de trend. Het resultaat: een betere productkwaliteit en een reductie van het loog- en zuurverbruik.

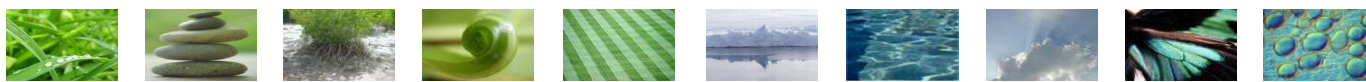
6) Verbetering stabiliteit regelingen van verdamper.

Voorheen was door trage respons van warmtetoevoerregelingen de druk in een verdamper en de dampstroom vaak aan heftige schommelingen onderhevig. Ook het niveau in de verdamper is vaak instabiel. Deze regelingen werden verbeterd door heldere keuzes te maken in welke regelingen bepalend zijn voor de prestatie van de verdamper en achterliggende processen. Deze regelingen zijn leidend gemaakt en de andere regelingen volgend. Het resultaat: minder trips en minder off-spec.



2 Inhoud

0 Inleiding.....	2
1 Voorbeelden van toepassingen uit de praktijk.....	3
2 Inhoud.....	4
3 Basis voor de methode.....	5
4 De vijf stappen	8
5 Stap 1: Definieer	9
6 Stap 2: Meet.....	12
7 Stap 3: Analyseer	17
8 Stap 4: Verbeter	20
9 Stap 5: Implementeer en Beheers.....	28
10 BIJLAGE 1. Voorkeursmethode voor het tunen van regelaars	40
11 BIJLAGE 2. Voorkeursregelaartypes.....	41
12 BIJLAGE 3. Voorbeeld analyse van verdeling van data.....	43
13 BIJLAGE 4. Prestatiediagrammen.....	44



3 Basis voor de methode

Hoewel we met deze methode nadrukkelijk een pragmatisch handvat willen aanreiken om de meet- en regelprestaties van een installatie te optimaliseren, vormt een eenvoudige statistische analyse de basis. In dit hoofdstuk zal daarom op een eenvoudige manier worden uitgelegd hoe en wanneer we dit toepassen.

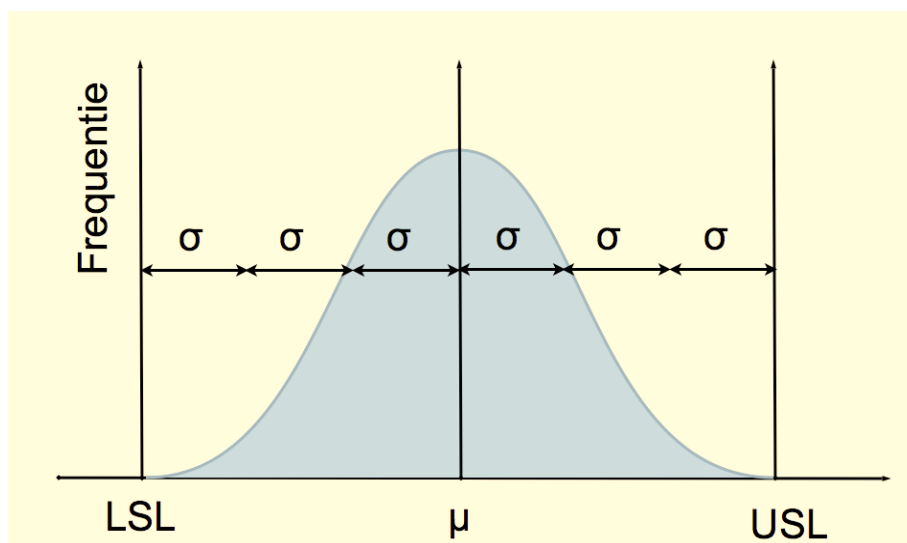
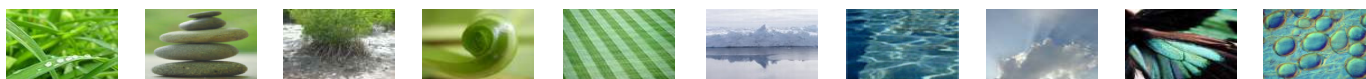
In de installatie is doorgaans van een bepaalde regelkring of (deel)proces een aanzienlijke hoeveelheid data beschikbaar, meestal afkomstig van een Distributed Control System (DCS) of plant informatie systeem. Deze data kan eenvoudig in een spreadsheet worden ingelezen, waarbij een aantal belangrijke parameters kunnen worden bepaald.

De verzamelde gegevens worden geanalyseerd door het gemiddelde en de spreiding te bepalen. Voor de analyse gaan we er vanuit dat de verdeling van de gegevens veelal een normaalverdeling benadert. Deze pragmatische¹ aanpak maakt het mogelijk om de gegevens te beoordelen, ook zonder dat we daarbij onderzoeken of de gegevens daadwerkelijk normaal verdeeld zijn volgens een wiskundig theoretische benadering.

Om de data te kunnen analyseren is het allereerst van belang om de uiterste grenzen aan te geven waarbinnen de regelkring of het proces moet opereren. De ondergrens wordt de Lower Specification Limit (LSL) en de bovenste grens de Upper Specification Limit (USL) genoemd. Het gemiddelde waar dit proces op opereert (μ) en het is de bedoeling dat deze zich bevindt zich tussen de LSL en USL. De standaarddeviatie (σ) geeft de mate van afwijking aan rond het gemiddelde van een variabele. Een bekende en gebruikelijke grens waartussen men een proces doorgaans beschouwt, is 6 keer de standaarddeviatie oftewel 6σ (beter bekend als 'Six sigma'). Dit betekent concreet dat niet meer dan 3,4 meetwaarden per miljoen buiten de vastgestelde grenzen ($\mu \pm 3\sigma$) zullen liggen, ofwel dat 99,99966 % van de producten foutloos geproduceerd worden. In die zin staat 'Six sigma' symbool voor het streven naar (bijna) perfectie.

Als we de belangrijkste waarden schematisch uitzetten ontstaat de volgende figuur:

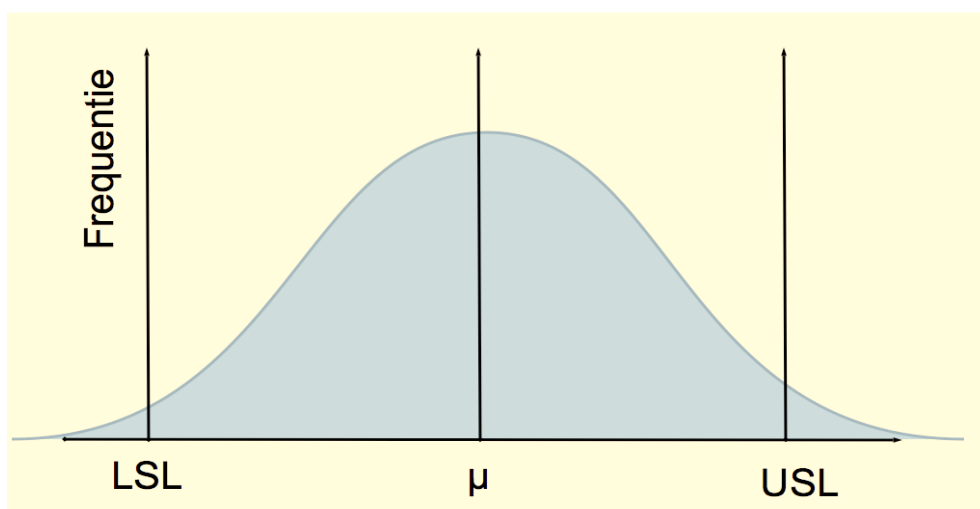
¹ Pragmatisme is een filosofische stroming die zegt dat wat werkt waar is en dat wat waar is werkt.



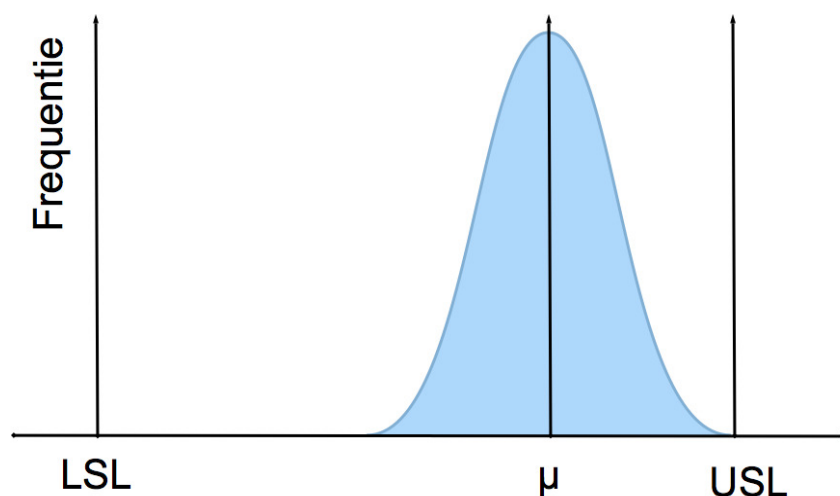
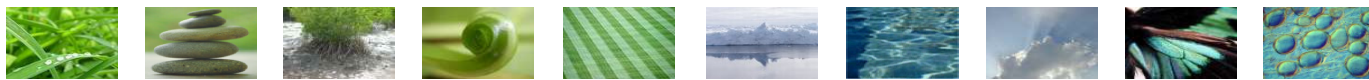
Figuur 3-1: Normaal verdeling met gemiddelde (μ), standaarddeviatie (σ) en onder- en bovengrenzen

Ook zijn de zogenaamde Cp en Cpk waarden van belang om de procesdata te analyseren. Cp is een maat voor de breedte cq. spreiding van de normaalverdeling in vergelijking met LSL en USL. Cpk is een maat voor de centrering van de normaalverdeling. De Cp geeft aan hoe “capabel” een systeem is om binnen de vereiste onder- en bovengrenzen te opereren. Hoewel er verschillende waarden aan een capabel systeem worden gehangen, wordt in deze methode een systeem capabel geacht als $C_p > 1,6$.

De formules voor het berekenen van het gemiddelde (μ), de standaarddeviatie (σ), de verdeling, Cp en Cpk zijn te vinden in *BIJLAGE 3. Voorbeeld analyse van verdeling van data*.



Figuur 3-2: Niet capabel systeem ($C_p < 1,6$). De Cpk is hier gelijk aan de Cp.



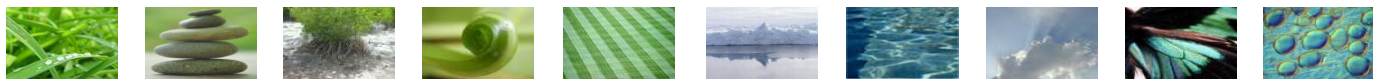
Figuur 3-3: Capabel systeem ($C_p > 1,6$). De C_{pk} is hier veel kleiner dan C_p

De verdeling in Figuur 2-3 duidt op een meer capabel systeem dan in Figuur 2-2: de verdeling is smaller en het systeem opereert altijd tussen de onder- en bovengrenzen. Het kan echter zijn dat het systeem niet efficiënt is.

Voorbeeld:

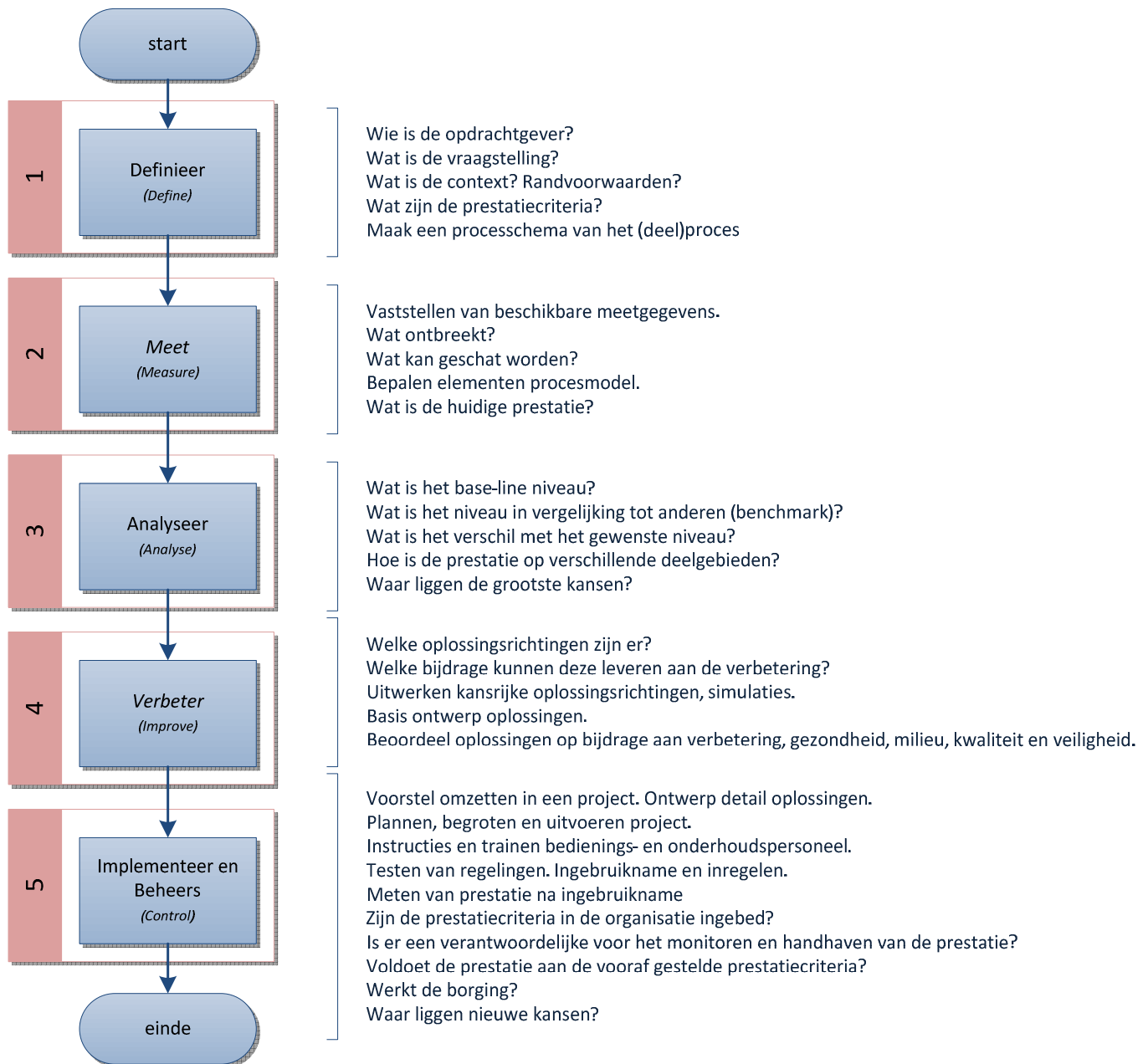
Als dit systeem de luchtflow naar een fornuis voorstelt, die boven een lage flow trip moet blijven, dan functioneert dit wel, maar wordt er onnodig veel lucht naar het fornuis gebracht en dus meer energie verbruikt dan nodig.

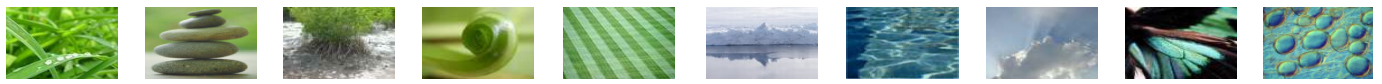
De methodiek die in dit document is beschreven tracht daarom om zowel de C_p als C_{pk} dusdanig te beïnvloeden, dat ze beiden optimaal zijn.



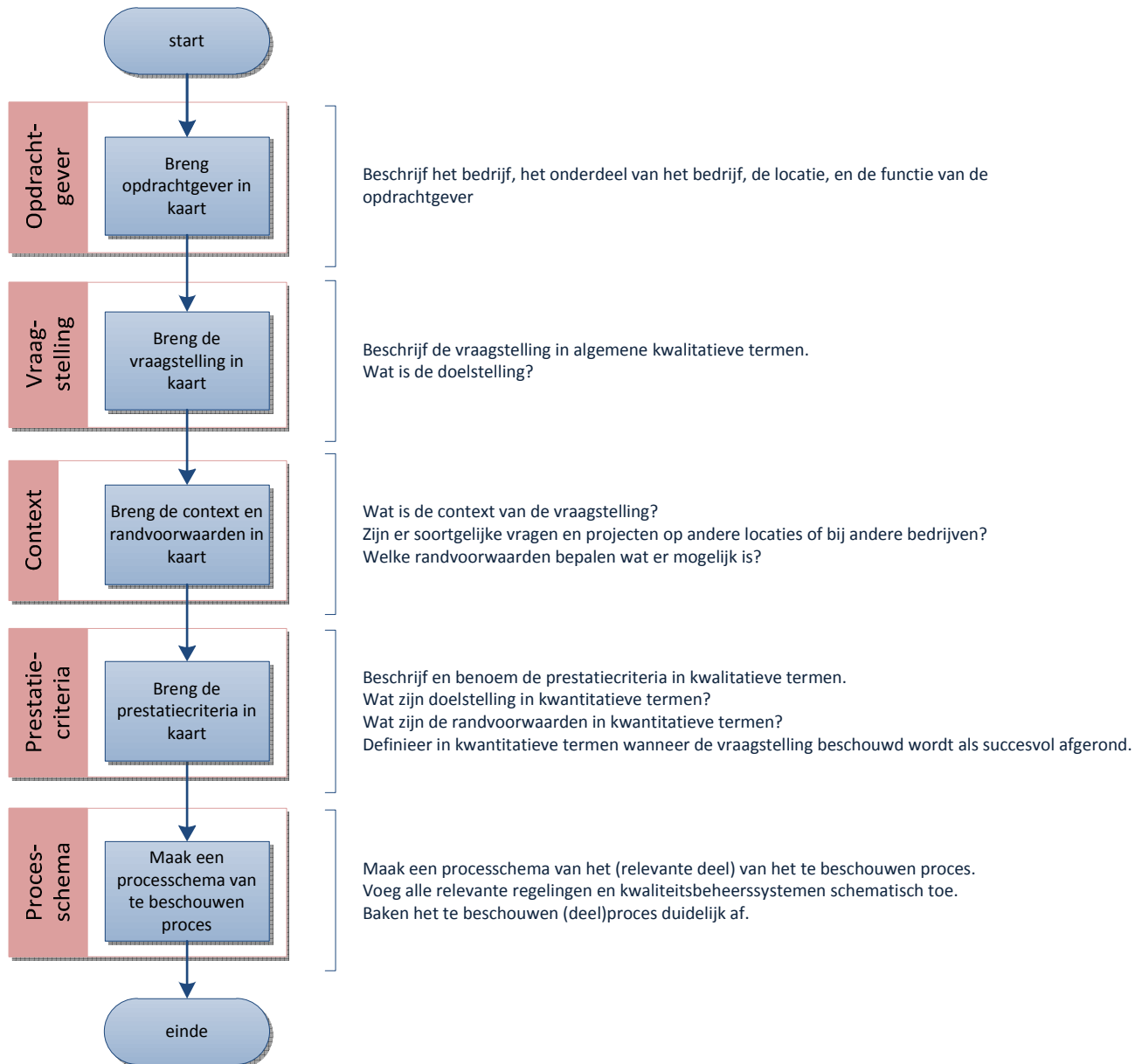
4 De vijf stappen

Bijgaand stroomdiagram geeft een overzicht van de vijf te doorlopen stappen in de methodiek. Iedere stap zal in de volgende hoofdstukken worden uitgewerkt tot op een voor de gebruiker hanteerbaar niveau.



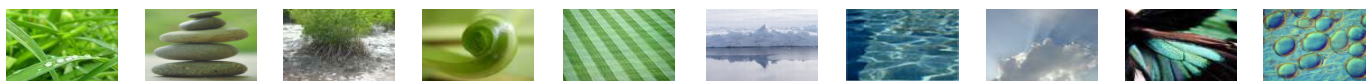


5 Stap 1: Definieer



5.1 Opdrachtgever

Beschrijf in enkele zinnen wat het (moeder)bedrijf doet en hoe groot het is. Beschrijf bij welke vestiging van het bedrijf de vraagstelling speelt en wat er bij deze vestiging geproduceerd wordt. Beschrijf het onderdeel van het bedrijf waar de vraagstelling speelt. Stel vast wie de opdrachtgever is, wat zijn/haar functie is en hoe deze zich verhoudt tot de organisatie qua beïnvloeding en beslissingsbevoegdheid. De opdrachtgever is diegene die de vraagstelling formuleert c.q. goedkeurt en uiteindelijk beslist of deze afdoende is opgelost.



Voorbeeld:

Het bedrijf van de opdrachtgever is een wereldwijde organisatie die pigmenten produceert voor de verfindustrie. Op de productielocatie Rotterdam worden gele en oranje pigmenten geproduceerd. De vraagstelling speelt in het onderdeel van het bedrijf waar vloeibare grondstof verdampt wordt en vervolgens wordt geoxideerd tot een geel/oranje poeder. De directe opdrachtgever is de Operations Manager – hij is eindverantwoordelijk voor de productielocatie in Rotterdam.

5.2 Vraagstelling

Beschrijf in algemene en kwalitatieve termen wat de vraagstelling is.

Voorbeeld:

Doel is om de kwaliteit van het eindproduct te verbeteren qua deeltjesgrootte om hiermee een betere mengbaarheid te realiseren. De vraagstelling is om het ontwerp van de verdamper-regeling te verbeteren. Daarbij is het doel om de conversie van de achterliggende reactor te verbeteren door variaties in de dampstroom uit de verdamper te reduceren, waardoor de kwaliteit van het eindproduct, met name de deeltjesgrootte-verdeling, toeneemt.

Naarmate het project vordert, dient de vraagstelling scherper en ook kwantitatief geformuleerd te worden in SMART termen (Specifiek, Meetbaar, Doenbaar (Achievable), Realistisch, Tijdgebonden).

5.3 Context

Toets met de opdrachtgever of de context van de vraagstelling goed begrepen is. Hoe past deze vraagstelling binnen de doelstelling van het bedrijf, de productielocatie en het onderdeel van het bedrijf? Hoe past de vraagstelling binnen de ontwikkelingen in de branche en de samenleving?

Voorbeeld:

De vraagstelling past binnen de bedrijfsdoelstelling om het verbruik van grondstoffen te minimaliseren en de opbrengst van kwalitatief goed product te optimaliseren. De productielocatie in Rotterdam heeft een uitstekende track record qua efficiency en grondstoffenverbruik en wordt als 'show case' voor zusterfabrieken wereldwijd gezien.

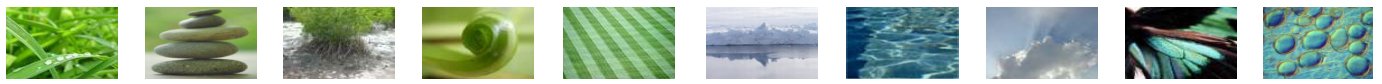
Het minimaliseren van het gebruik van koolstofhoudende grondstoffen zal ook de kooldioxide-uitstoot verminderen en hiermee klimaateffecten reduceren.

5.4 Randvoorwaarden

Beschrijf wat de randvoorwaarden zijn voor het oplossen van de vraag. De randvoorwaarden kunnen betrekking hebben op bijvoorbeeld hoogte van investeringen, beheersbaarheid van het proces, inzet van personeel, waarborging van de veiligheid, etc.

Voorbeeld:

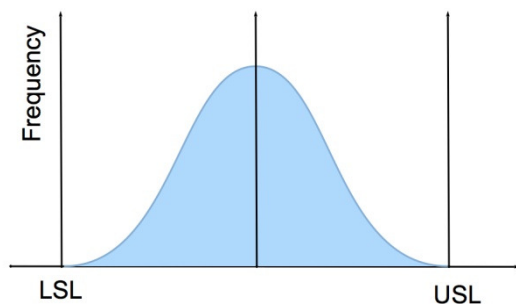
De terugverdientijd van eventuele investeringen dient minder dan 2 jaar te zijn. Het maximale budget voor het oplossen van de vraagstelling is € 20.000. De productie van de verdamper mag niet langer dan 1 dag stilgelegd worden om eventuele wijzigingen in het proces aan te brengen. Regelingen dienen eenvoudig en begrijpelijk voor het bedienend personeel te worden uitgevoerd. De veiligheid van het proces moet gewaarborgd blijven.



5.5 Prestatiecriteria

Beschrijf de prestatiecriteria die bepalend zijn voor de vraagstelling.

Stel maximum en/of minimum waarden (Upper Specification Limit en Lower Specification Limit) vast. Geef, indien mogelijk, eisen aan de prestatie in termen van een verdeling rond een gewenste waarde (setpoint).



Voorbeeld:

Het aantal trips van de incinerator, dat nu op 10 per maand ligt, dient te worden gereduceerd tot maximaal 1 trip per maand.

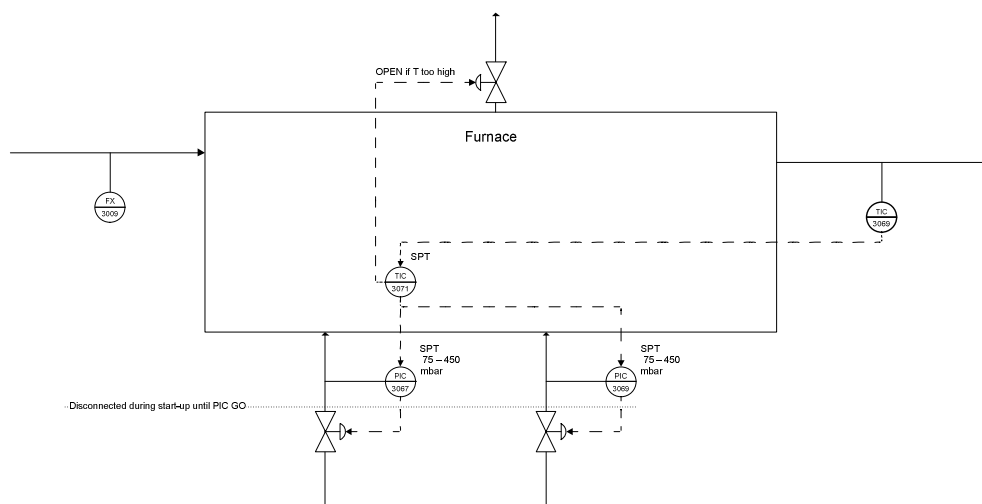
De variaties in de dampstroom dienen te worden gereduceerd, zodat ze vallen binnen een interval van $10 \text{ m}^3/\text{u}$ rondom de gewenste waarde van de dampstroom (normaliter $1000 \text{ m}^3/\text{u}$).

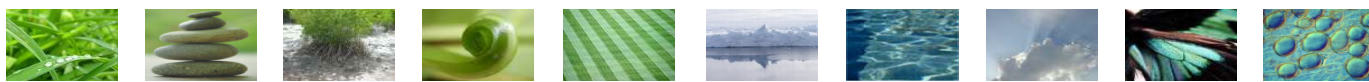
Dus bij $SP = 1000 \text{ m}^3/\text{u}$: $LCL = 990 \text{ m}^3/\text{u}$ en $UCL = 1010 \text{ m}^3/\text{u}$.

5.6 Processchema

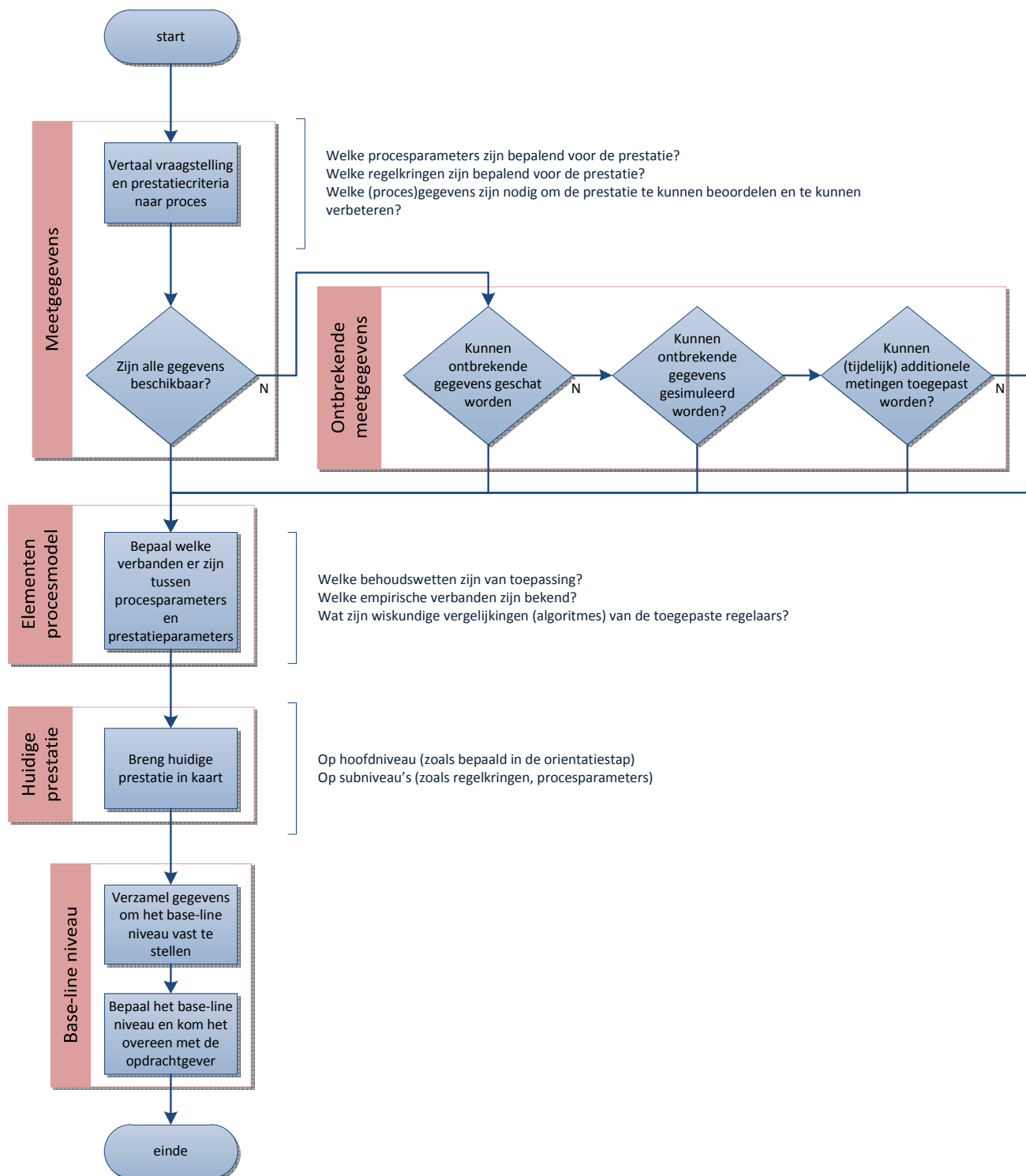
Maak een processchema van het (relevante deel) van het te beschouwen proces. Teken alle relevante regelingen in en geef kwaliteitsbeheerssystemen schematisch weer. Baken het te beschouwen (deel)proces duidelijk af.

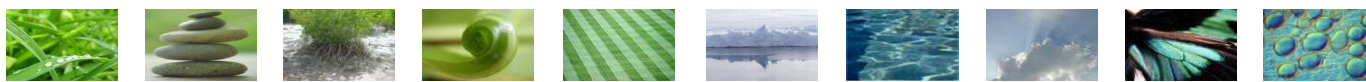
Voorbeeld:





6 Stap 2: Meet





6.1 Meetgegevens

De in stap 1 bepaalde prestatiecriteria vertalen we naar de situatie op procesparameter-, regelkring- en regelaarniveau.

Uitgangspunten zijn de maximaal aanvaardbare procesvariaties, waarbij de geformuleerde prestatiecriteria betrouwbaar en verantwoord gehaald kunnen worden.

Stel maximum en/of minimum waarden (Upper Specification Limit en Lower Specification Limit) vast voor procesparameters en geregelde grootheden. Geef indien mogelijk eisen aan de prestatie in termen van een verdeling rond een gewenste waarde (setpoint).

Kijk of alle gegevens die nodig zijn om de prestatie te beoordelen, ook daadwerkelijk beschikbaar zijn, en of ze voldoende nauwkeurig, discriminerend, lineair, stabiel, herhaalbaar en reproduceerbaar beschikbaar zijn.

Voorbeeld:

Minimum niveau verdamper 30 %.

Maximum niveau verdamper 80 %.

Niveau regelkring minstens 99 % van de tijd in Auto.

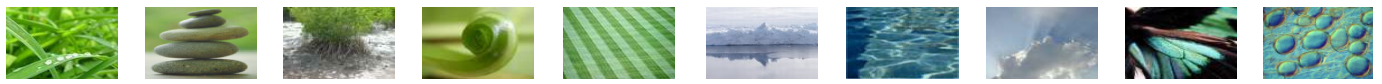
Setpoint niveau regelkring mag niet meer dan 1 % per minuut veranderen.

<i>(proces)grootheid</i>	<i>beschikbaar: frequentie/periode</i>	<i>locatie</i>	<i>beschikbaar: nauwkeurig...</i>
<i>dampstroom</i>	<i>elke minuut / 1 jaar</i>	<i>in Process Explorer</i>	✓
<i>verdamper niveau</i>	<i>elke minuut / 1 jaar</i>	<i>in Process Explorer</i>	✓
<i>verdamper niveau regeling status (Auto/Manual)</i>	<i>elke seconde / 2 weken</i>	<i>in procesbesturings- systeem</i>	✓
<i>setpoint verdamper niveau regeling</i>	<i>elke minuut / 1 jaar</i>	<i>in Process Explorer</i>	✗

6.2 Ontbrekende procesgegevens

Als procesgegevens niet direct of niet nauwkeurig genoeg beschikbaar zijn, dienen ze op een andere wijze gegenereerd te worden:

- 1) Vaak is een schatting te maken op basis van gerelateerde, andere procesgegevens.
- 2) Ontbrekende procesgegevens kunnen mogelijk ook bepaald worden door middel van een dynamisch simulatiemodel, bijvoorbeeld op basis van behoudswetten.
- 3) Zo nodig kunnen ook (tijdelijk) additionele metingen verricht worden.
- 4) Als het meetsysteem niet voldoet dient het eerst - als dit mogelijk is - geijkt te worden, of vervangen te worden door een meetsysteem dat wel voldoet.



Voorbeelden:

- 1) *De druk onderin de verdamper wordt bepaald door het niveau in de verdamper plus de dampdruk bovenin de verdamper. Dus $\text{niveau} = f(\text{verdampersdruk.onder, dampdruk})$.*
- 2) *Het niveau kan geschat worden door simulatie met behulp van de wet van behoud van massa:*

$$\frac{dm}{dt} = \text{vloeistofstroom, in} - \text{dampstroom, uit (kg/s)}$$

$$\text{verdampers.massa (kg)} = \int \delta m / \delta t . dt$$

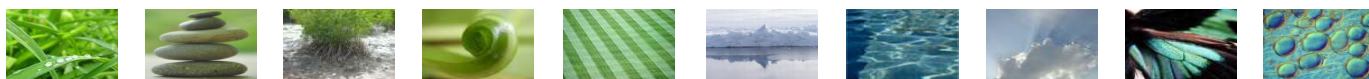
$$\text{niveau (m)} = \text{verdampers.massa (kg)} / \text{verdampers.dichtheid (kg/m}^3\text{)} / \text{verdampers.oppervlak (m}^2\text{)}$$
- 3) *Installeer voor elke elektrische gebruiker waar het gebruik van gemeten moet worden tijdelijk een kWh-meter. Dit kan voor alle gebruikers na elkaar. Meet elke gebruiker gedurende één week.*
- 4) *De luchtvochtigheid wordt gemeten m.b.v. een geleidbaarheidsmeter, maar de wijkt regelmatig af van de op basis van de natteboltemperatuur bepaalde luchtvochtigheid. Ijk de geleidbaarheidsmeter elke dag m.b.v. de nattebolmeting.*

6.3 Elementen procesmodel

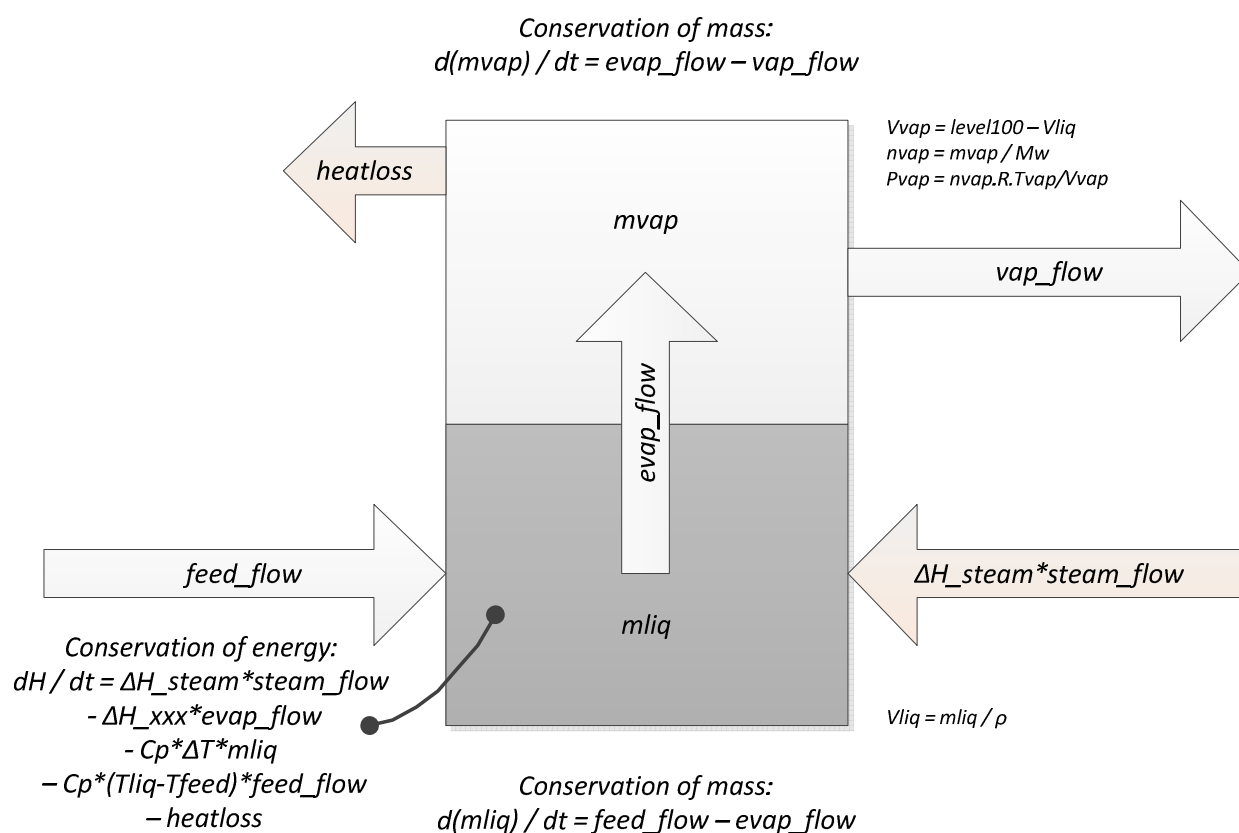
Een dynamisch proces(simulatie)model kan om verschillende redenen waardevol zijn: 1) om richting te geven aan het genereren van mogelijke oplossingsrichtingen, 2) om snel een indruk te krijgen van de mogelijke bijdrage van een oplossingsrichting aan het verbeteren van de prestatie en 3) om eventuele neveneffecten tijdig, zonder risico's en met beperkte kosten te onderkennen.

Een dergelijk model heeft vooral waarde als het eenvoudig te begrijpen, eenvoudig te bouwen en eenvoudig te gebruiken is. Daarom is het belangrijk om alleen die procesparameters en procesonderdelen te simuleren, die voor de vraagstelling van belang zijn. Probeer ook steeds een zo eenvoudig mogelijke modellering toe te passen. Bijvoorbeeld een lineair verband modelleren tussen de regelklepstand en de dampstroom is afdoende als al duidelijk is dat de regelklep goed functioneert.

Het (eenvoudige) model is gebaseerd op behoudswetten, fysische vergelijkingen en empirische vergelijkingen. Verder zal het de algoritmes bevatten van de toegepaste regelaars.



Voorbeeld:



```

% PID CONTROLLER FC3008-----
PV_3008(i) = feed_flow_V(i) ; % (m3/h)
SP_3008(i) = RATE /Mw_B *Mw_A /rho(Tfeed(i)) /1000 ; % (m3/h)
kp = 2 ;
ki = 4 ;
% velocity algorithm
e_3008(i+1) = SP_3008(i) - PV_3008(i) ; % error
deltaP = (e_3008(i+1)-e_3008(i))*kp ; % P-action
deltaI = e_3008(i+1)*ki*kp ; % I-action
rawout = OUT_3008(i)+ deltat*(deltaP+deltaI)*100 ; % unclamped output
OUT_3008(i+1) = min ( max (0,rawout ),100 ; % clamp
% end PID CONTROLLER-----

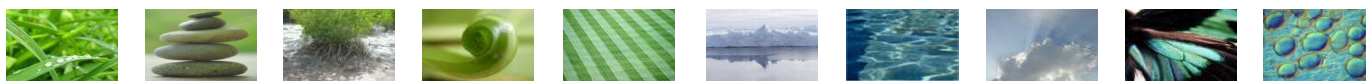
```

6.4 Huidige prestatie

De huidige prestatie wordt in kaart gebracht met behulp van de in hoofdstuk 2 *Basis voor de methode* geschetste aanpak. Dit is het moment waarop prestatiediagrammen gemaakt waarop de huidige prestatie te zien is. Zie voor de aanpak *BIJLAGE 3. Voorbeeld analyse van verdeling van data*. Ook voor de relevante subniveaus worden dergelijk prestatiediagrammen met de huidige prestatie op die niveaus gemaakt.

Voorbeeld:

BIJLAGE 4. Prestatiediagrammen



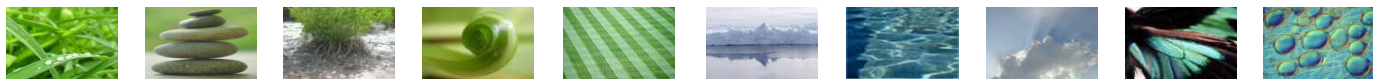
6.5 Baseline niveau

Het baseline niveau dient als uitgangspunt voor het vergelijken van de huidige prestatie met de te bereiken prestatie. Het is het startpunt van het verbeteringsproject. Verzamel eerst de noodzakelijke gegevens om het baseline niveau vast te stellen. Dit zijn meestal historische gegevens. Als die niet voorhanden zijn, moet het baseline niveau geschat worden. Dit kan op dezelfde manier als waarop ontbrekende procesgegevens werden vastgesteld (zie voorgaande hoofdstuk).

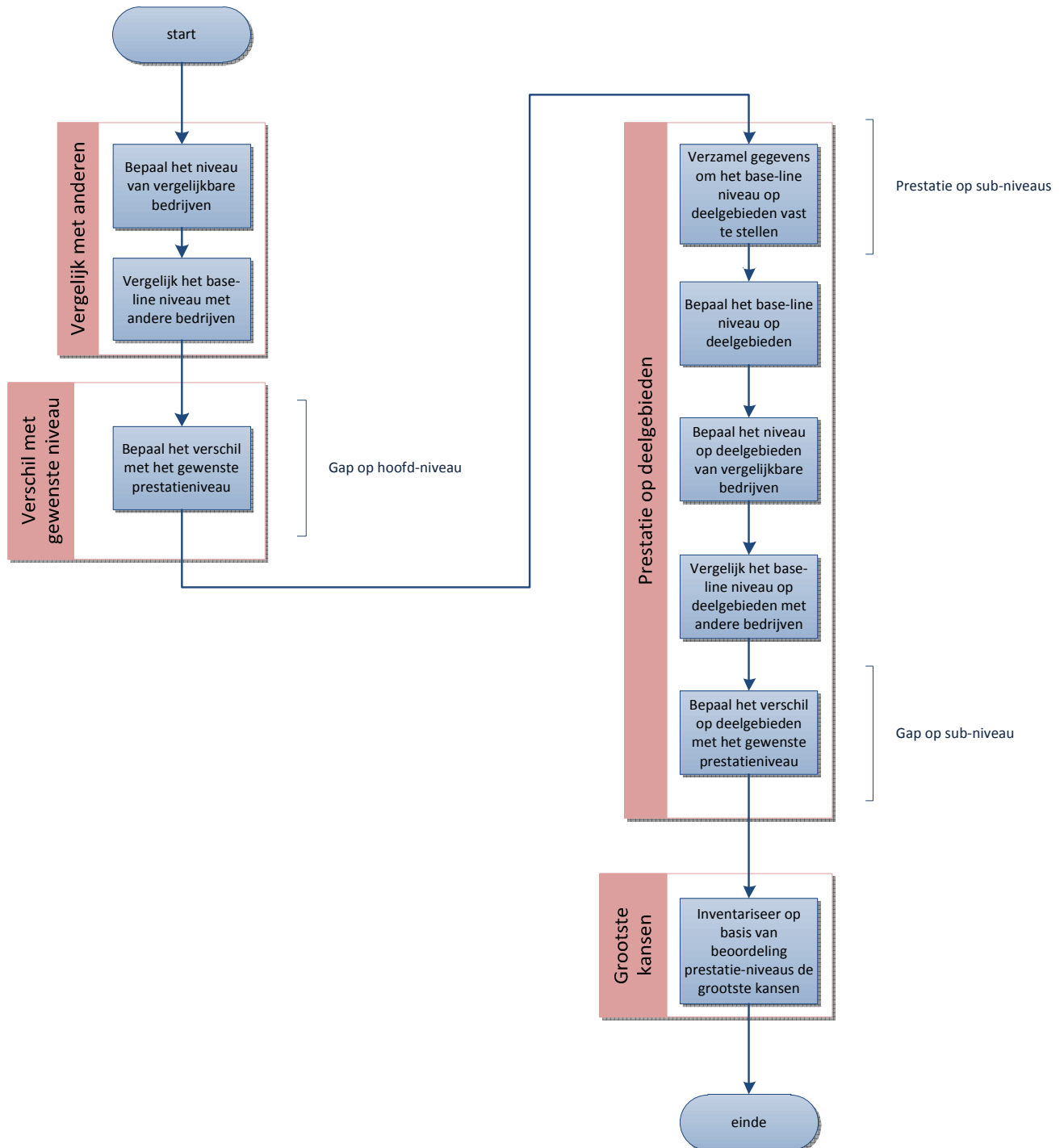
Het baseline niveau kan worden vastgesteld als het gemiddelde over een afgelopen periode of een schatting van het huidige niveau op basis van de historische trend, eventueel gecorrigeerd voor toekomstige verwachtingen. Het baseline niveau wordt vastgesteld in overleg met de opdrachtgever. Het bepaalt immers mede in hoeverre de vraagstelling kan worden opgelost en daarmee het succes van het verbeteringsproject.

Voorbeeld:

De vraagstelling is om de tijd die afgefakkeld wordt tijdens normaal bedrijf te verminderen met 50 % (d.w.z. normaal bedrijf is zonder onderhoud, trips en opwarmen). Affakkelen wordt als zodanig niet gemeten of geadministreerd en zal dus uit andere gegevens afgeleid moeten worden. De gekozen maat hiervoor is de stand van de regelklep in de leiding naar de fakkel., Aangenomen wordt dat er afgefakkeld wordt wanneer de regelklep meer dan 50 % open staat. Historische gegevens over de stand van de regelklep als functie van de tijd kunnen worden gevonden in het data collectie systeem. Het baseline niveau is de gemiddelde tijd per maand tijdens normaal bedrijf dat er afgefakkeld werd gedurende de laatste 6 maanden. Het baseline niveau is in overleg met de opdrachtgever vastgesteld op 0,2 % van de tijd oftewel 1:26 u per maand.

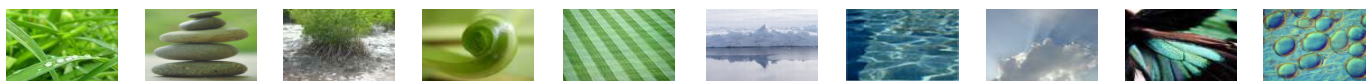


7 Stap 3: Analyseer



7.1 Vergelijken met anderen

Om de vraagstelling op te kunnen lossen, kan het nuttig zijn om te weten wat soortgelijke bedrijven en processen presteren op hetzelfde gebied (bench-marking). Bronnen van informatie kunnen openbare



gegevens zijn die die bedrijven zelf verschaffen, cijfers van branche-organisaties of centraal door de (lokale) overheid verzamelde gegevens (bijvoorbeeld CBS). Als er onvoldoende gegevens zijn, kunnen die mogelijk uit andere gegevens geschat of bepaald worden op dezelfde manier als die voor procesgegevens werden vastgesteld (zie voorgaande hoofdstuk).

Het eigen baseline niveau kan nu worden vergeleken met het niveau van soortgelijke andere bedrijven en / of processen waarbij rekening wordt gehouden met verschillen in uitgangspunten en methoden.

Voorbeelden:

- 1) *De fakkel van bedrijf X in Weert met een soortgelijk proces was in 2009 0,15 % van de tijd in werking. Dit is inclusief fakkelen tijdens trips, onderhoud en start-up.*

Bron: Duurzaamheidsverslag 2009 bedrijf X

- 2) *Een raffinaderij in de Botlek heeft de fakkeldoelstelling (25 % minder fakkelen in 2001) ruim gehaald. Bron: DCMR Milieuklachten in Rijnmond – De gegevens over het jaar 2001*

Het baseline niveau is vastgesteld op 0,2 % van de tijd oftewel 1:26 u per maand. Het is duidelijk dat het baseline niveau veel hoger ligt dan dat van bedrijf X, dat weliswaar dezelfde orde grootte heeft, maar overall veel lager ligt omdat het baseline niveau hier inclusief trips, onderhoud en start-up is. Verder blijkt dat de raffinaderij in 2001 in staat was om het fakkelen met meer dan 25 % te verminderen. Onze doelstelling van 50 % verminderen zou dus haalbaar moeten zijn.

7.2 Verschil met gewenste niveau

Het verschil tussen het baseline niveau en het gewenste prestatieniveau is de kwantitatieve 'gap' in prestatie die tijdens het verbeteringsproject overbrugd dient te worden.

Voorbeeld:

De vraagstelling is om de tijd die afgefakkeld wordt tijdens normaal bedrijf te verminderen met 50 %. Het baseline niveau is in overleg met de opdrachtgever vastgesteld op 0,2 % van de tijd oftewel 1:26 u per maand. Het uiteindelijke doel is dus om op een niveau te komen van maximaal 0,1 % van de tijd oftewel 0:43 u per maand. Het verschil met het huidige niveau is minimaal 0,1 % van de tijd of 0:43 u per maand.

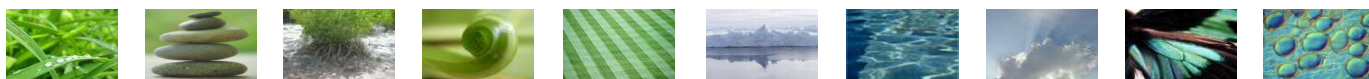
7.3 Prestatie op deelgebieden

Nu helder is wat de 'gap' in prestatie is die overbrugd moet worden, kan worden gekeken wat dit betekent voor de prestatie op deelgebieden of sub-niveaus. De baseline op procesparameter-, regelkring- en regelaarniveau en het niveau van andere processen en bedrijven kan op soortgelijke manier bepaald worden als hiervoor beschreven op hoofd-niveau.

Het resultaat van deze deelstap is een lijst met deelgebieden, gewenst prestatieniveau, baseline, gap en niveaus van soortgelijke bedrijven en processen.

Voorbeeld:

Het prestatieniveau van de verdamper is hier vergeleken met andere processen in hetzelfde bedrijf.



<i>deelgebied</i>	<i>gewenst prestatie niveau</i>	<i>baseline</i>	<i>prestatieniveau van andere processen</i>	<i>gap met baseline</i>
<i>minimum niveau verdamper</i>	<i>> 30%</i>	<i>26 % [gemiddelde van laagste waarde van elk uur in okt, nov, dec 2010]</i>	<i>22 %</i>	<i>4 %</i>
<i>maximum niveau verdamper</i>	<i>< 80 %</i>	<i>88 % [gemiddelde van hoogste waarde van elk uur in okt, nov, dec 2010]</i>	<i>76 %</i>	<i>8 %</i>
<i>verdampers niveau regeling status</i>	<i>> 99 % van de tijd in Auto</i>	<i>23 % in Auto [gemiddelde van okt, nov, dec 2010]</i>	<i>88 %</i>	<i>76 %</i>
<i>setpoint verdampers niveau verandering</i>	<i>< 1 % / minuut</i>	<i>2,3 % [gemiddelde van hoogste waarde van elk uur in okt, nov, dec 2010]</i>	<i>0,50 %</i>	<i>1,30 %</i>

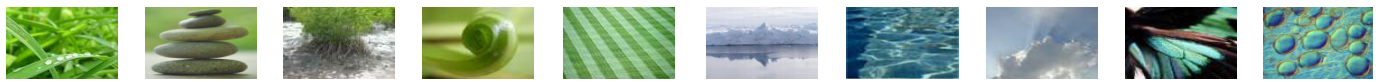
7.4 Grootste kansen

Als we de gap op hoofd-niveau vergelijken met wat andere bedrijven of procesonderdelen gerealiseerd hebben, kunnen we onderzoeken waar ze verschillen en hiermee oplossingen genereren. De gaps of sub-niveaus kunnen een snelle indicatie geven van de deelgebieden die mogelijke oplossingen bevatten. Het resultaat van deze deelstap is een lijst met mogelijke oplossingsrichtingen.

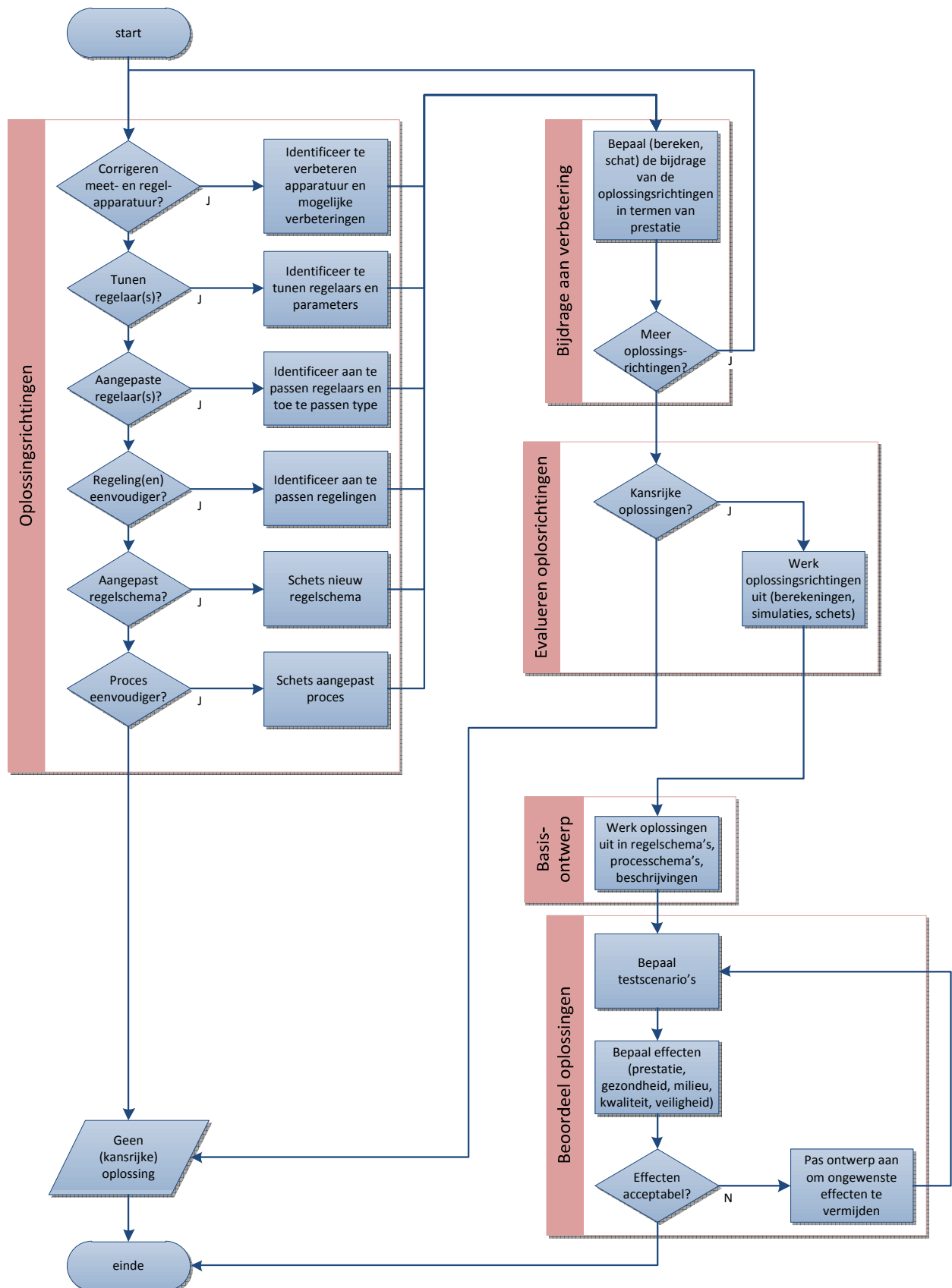
Voorbeeld:

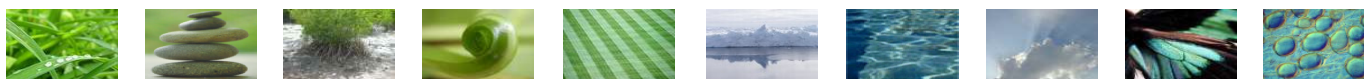
<i>gebied</i>	<i>observatie</i>	<i>analyse</i>	<i>oplossingsrichting</i>
<i>affakkelen</i>	<i>Bedrijf X heeft een lager niveau van affakkelen.</i>	<i>Bedrijf X heeft een modelmatige regeling die anticipeert op procesverstoringen.²</i>	<i>Mogelijk kan een modelmatige regeling voorkomen dat er afgefaakt wordt.</i>
<i>verdampers niveau regeling status</i>	<i>Andere processen hebben regelingen 88 % van de tijd in Auto. Deze regeling maar 23 %.</i>	<i>Mogelijk functioneert de regeling onvoldoende.</i>	<i>Mogelijk levert een verbetering van de regeling een belangrijke bijdrage aan het prestatieniveau.</i>

²In het overleg dat binnen de industrie in Rotterdam regelmatig wordt gevoerd over de energiebesparingsprojecten is door bedrijf X aangegeven dat zij een modelmatige regeling gebruiken die verantwoordelijk wordt gehouden voor het voorkomen van affakkelen tijdens normaal bedrijf.



8 Stap 4: Verbeter



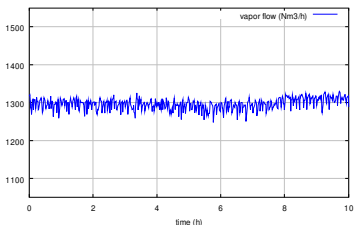


8.1 Oplossingsrichtingen

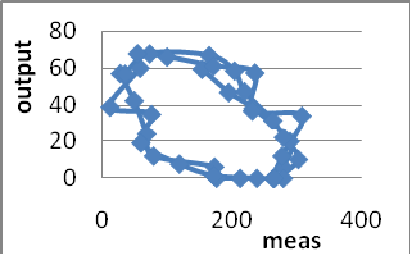
Eerst zoeken we naar simpele oplossingen. Zo nodig bekijken we ook complexere oplossingsrichtingen.

De in stap 3 bepaalde prestatiediagrammen gebruiken we om richting te geven aan onze zoektocht naar oplossingen.

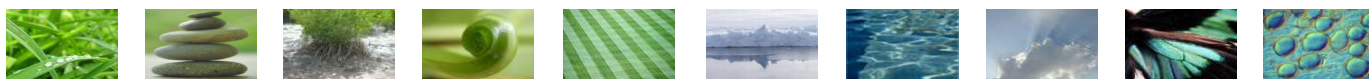
Onrustige meetsignalen kunnen wijzen op problemen met de meetapparatuur, signaalverwerking of snelle variaties in het proces.

<i>verschijnsel</i>	<i>mogelijke oorzaak</i>	<i>oplossingsrichting</i>
onrustig meetsignaal 	meetapparatuur	vervang opnemer; vervang opnemer door ander type; filter signaal
	signaalverwerking	verander sample frequentie; filter signaal
	snelle variaties in proces	filter signaal; verplaats opnemer

De diagrammen met het verband tussen de geregelde grootte en de stand van het regelorgaan kunnen informatie geven over het functioneren van regelorgaan en de tuning van de regelaar.

<i>verschijnsel</i>	<i>mogelijke oorzaak</i>	<i>oplossingsrichting</i>
regelaar in Manual cascade regeling in Local	regelkring functioneert onvoldoende; bedieningspersoneel begrijpt regelkring niet	onderzoek prestatie regelkring in Auto en pas methodiek toe op regelkring in Auto. Train bedieningspersoneel in werking regelkring.
verband tussen stand regelorgaan en geregelde grootte lijkt cirkel/ovaalvormig 	oscillatie door slechte tuning	tune regelaar ³

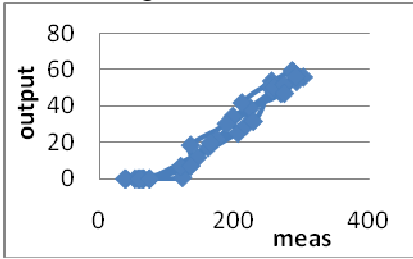
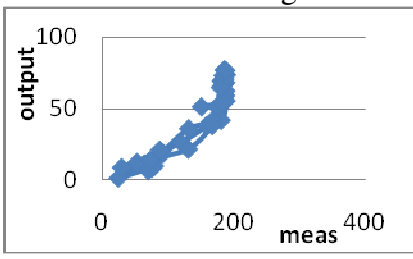
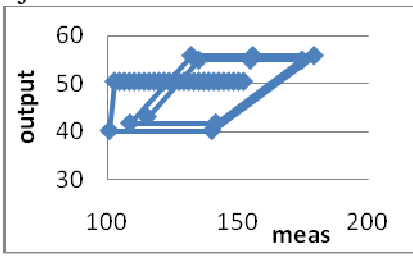
³zie BIJLAGE 1. Voorkeursmethode voor het tunen van regelaars



DOWN TO EARTH BV

Interim Management

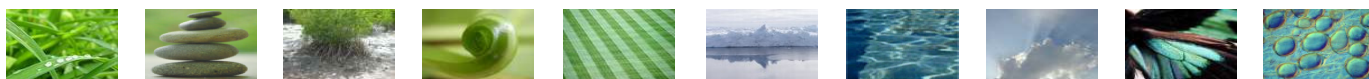
Organisatieadvies

<i>verschijnsel</i>	<i>mogelijke oorzaak</i>	<i>oplossingsrichting</i>
verband is hoekvormig 	regelorgaan slecht afgesteld	kalibreer regelorgaan; repareer regelorgaan
verband is hoekvormig 	regelorgaan is niet goed afgestemd op proces (te groot/te klein) ; regelorgaan loopt vast	pas grootte regelorgaan aan; kalibreer regelorgaan; repareer regelorgaan
verband bestaat uit 2 parallelle lijnen 	regelorgaan heeft last van hysteresis	kalibreer regelorgaan; repareer regelorgaan

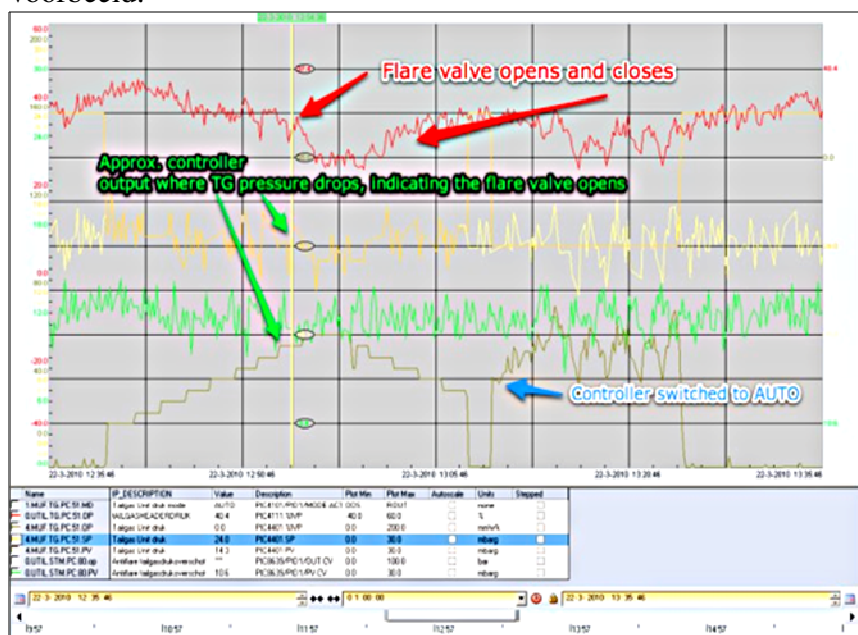
De diagrammen met meting, setpoint en output naar de regelaar kunnen informatie geven over de tuning en/of effectiviteit van de regelaar.

<i>verschijnsel</i>	<i>mogelijke oorzaak</i>	<i>oplossingsrichting</i>
geregelde waarde vertoont uitschieters	onvoldoende regelactie	tune regelaar; vervang regelaar door ander type regelaar (agressiever) ⁴
	te grote regelactie	tune regelaar; vervang regelaar door ander type regelaar (minder agressief)
geregelde waarde reageert traag (blijft lang afwijken)	onvoldoende regelactie	tune regelaar; vervang regelaar door ander type regelaar (agressiever)

⁴zie BIJLAGE 2. Voorkeursregelaartypes



Voorbeeld:

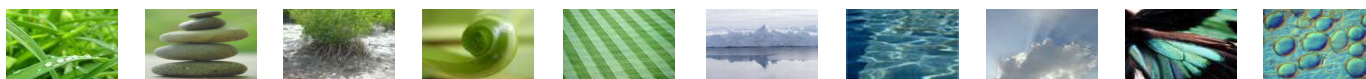


Analyse van het regelschema en verbanden tussen de geregelde grootheden kunnen aanleiding zijn om het regelschema te vereenvoudigen.

<i>verschijnsel</i>	<i>mogelijke oorzaak</i>	<i>oplossingsrichting</i>
trage respons regelingen; oscillatie	indirecte regeling: bijvoorbeeld overtollige stoomdruk wordt weggeregeld met een dumpklep, waarna de afname van stoom verhoogd wordt	breng directe regelacties aan op relevante grootheden (regel overtollig stoomdruk met verhoogde afname pas daarna dumpen)
trage oscillatie; trage terugkeer naar setpoint na verstoring	regelingen die elkaar beïnvloeden	laat één overall regelaar het setpoint bepalen voor alle afhankelijke regelingen (bijvoorbeeld gewenste doorzet)

Analyse van het regelschema en verbanden tussen de geregelde grootheden kunnen ook aanleiding zijn om het regelschema aan te passen of te wijzigen.

<i>verschijnsel</i>	<i>mogelijke oorzaak</i>	<i>oplossingsrichting</i>
trage respons regelingen; oscillatie, omgekeerde respons, weglopen van de regeling	inadequaat regelschema: bijvoorbeeld toenemende druk in een verdampers leidt tot verlagen warmtetoevoer, waardoor niveau stijgt. Niveauregeling verlaagt toevoer van koude vloeistof, waardoor temperatuur en druk stijgen!	laat één overall regelaar het setpoint bepalen voor alle afhankelijke regelingen (warmtetoevoer en koude vloeistoftoevoer worden door de overall regelaar aangestuurd; de druk blijft vrij)



Deze deelstap leidt tot een lijst met mogelijk oplossingsrichtingen en bijbehorende regelaars, parameters, regelkring-onderdelen en schetsen.

<i>oplossingsrichting</i>	<i>wijze van beschrijven</i>
verbeteren meet- en regelapparatuur	identificatie van apparatuur en mogelijke verbeteringen
tunen regelaars	identificatie van regelaars en te tunen parameters
aangepaste regelaars	identificatie van regelaars en regeltype
eenvoudiger regelingen	identificatie van regelkringen en schets van regelschema
aangepast regelschema	schets voorgestelde regelschema
eenvoudiger proces	schets voorgestelde flowschema

Bij het genereren van oplossingen wordt steeds een zo eenvoudig mogelijke oplossing gekozen, die zo min mogelijk ruimte biedt voor bedieningspersoneel om zich te vergissen. Hierbij wordt ook gekeken of taken, die voor een operator lastig zijn om steeds opnieuw met dezelfde kwaliteit en in hetzelfde tijds kader uit te voeren, geautomatiseerd of gemechaniseerd kunnen worden.

Voorbeeld:

De compressor-olietemperatuur dient eens per uur gecontroleerd te worden en mag niet onder de 40 °C komen. De operator moet daartoe vanuit de fabriek naar de machineruimte lopen en ter plaatste het juiste bedieningsscherm en plaatje selecteren. De voorgestelde oplossingsrichting is om de olietemperatuur zichtbaar te maken in de centrale bedieningsruimte en te voorzien van een alarm dat afgaat als de olietemperatuur onder de 42 °C komt. Dit geeft de operator dan nog voldoende tijd om in de machineruimte de noodzakelijke acties uit te voeren.

8.2 Bijdrage aan verbetering

Vervolgens schatten we wat de bijdrage is aan het verbeteren van de prestatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van schattingen, berekeningen en simulaties. De bijdrage wordt bepaald in termen van de gewenste prestatie verbetering. Dus als de gewenste prestatie verbetering een smallere verdeling van een geregelde procesgrootte is, dan dient berekend en/of geschat te worden 1) hoe de verdeling er uit zal gaan zien na het toepassen van de oplossingsrichting en 2) of de verbetering voldoende is om de gewenste prestatie te bereiken.

Voorbeeld:

In een fabriek is de gewenste prestatie voor de verdeling van dampstroom van een verdamper vastgesteld middels een LSL en een USL. In de diagrammen hieronder aangegeven als linker en rechter rode lijn. De middelste rode lijn stelt de gewenste gemiddelde waarde voor. Het linker diagram geeft de uitgangssituatie aan en het rechter diagram na het toepassen van de voorgestelde oplossingsrichting.

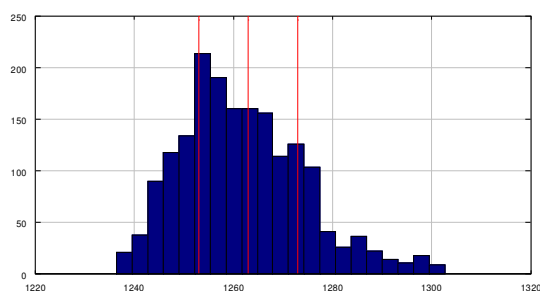
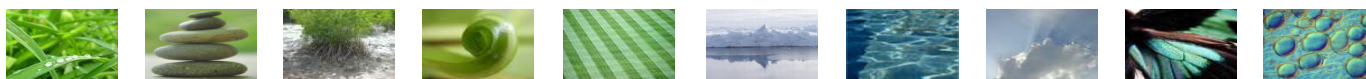


figure 1: predicted vapor flow distribution based on existing steam flow variations. $C_p = 0,27$

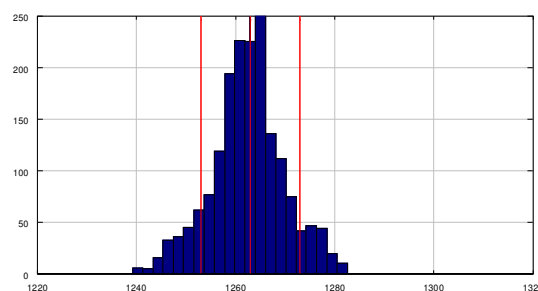


figure 2: predicted vapor flow distribution based on steam flow variations during Plant Trial. $C_p = 0,46$

Duidelijk is te zien dat de oplossing in figuur 2 een bijdrage levert aan de gewenste verbetering. Te berekenen valt hoe groot die bijdrage is: C_p gaat omhoog van 0,27 naar 0,46. Ook is duidelijk te zien dat deze oplossing zonder andere oplossingsrichtingen onvoldoende bijdraagt om de gewenste prestatie te realiseren: er vallen nog veel waarden buiten LSL en USL of anders gezegd: C_p is nog kleiner dan 1,6.

Deze deelstap leidt tot een lijst met oplossingsrichtingen en geschatte bijdrage aan prestatieverbetering.

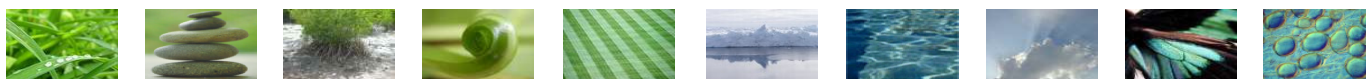
8.3 Evalueren oplossingsrichtingen

Nu stellen we vast welke oplossingsrichtingen het meest kansrijk zijn. Hierbij gaat het om het beoordelen van de kans van slagen, de kosten, de beheersbaarheid, de uitvoerbaarheid en de risico's in relatie tot de prestatieverbetering. Voor een eerste selectie kan dit vaak kwalitatief gebeuren. Voor verdere selectie is het wenselijk om de verschillende oplossingsrichtingen kwantitatief te onderbouwen voordat een eindkeuze gemaakt en verder uitgewerkt wordt.

Deze deelstap leidt tot een lijst met:

- oplossingsrichtingen
- een schatting van de kans van slagen (bijvoorbeeld hoog, middel, laag)
- een ruwe schatting van de kosten
- een kwalitatieve indicatie van de beheersbaarheid (bijvoorbeeld hoog, middel, laag)
- een kwalitatieve indicatie van de uitvoerbaarheid (bijvoorbeeld hoog, middel, laag)
- een kwalitatieve indicatie van de risico's (bijvoorbeeld hoog, middel, laag – een beoordeling 'laag' is een positieve beoordeling op dit punt is in tegenstelling tot de andere punten)
- een kwantitatieve schatting van de bijdrage aan de prestatieverbetering in termen van de gewenste prestatie.

Voorzie elke oplossingsrichting van in deze deelstap genereerde schema's, schetsen, berekeningen en simulatie resultaten, zodat voldoende informatie beschikbaar is om in een volgende stap het basisontwerp te starten.



Voorbeeld:

<i>oplossingsrichting</i>	<i>kans van slagen</i>	<i>kosten-schatting</i>	<i>beheers-baarheid</i>	<i>uitvoer-baarheid</i>	<i>risico's</i>	<i>bijdrage</i>
<i>verplaatsen van temperatuuropnemer</i>	<i>hoog</i>	<i>€35.000</i>	<i>middel</i>	<i>laag</i>	<i>hoog</i>	<i>Cp ~ 1,2</i>
<i>toevoegen slave flowregelaars</i>	<i>hoog</i>	<i>€15.000</i>	<i>hoog</i>	<i>hoog</i>	<i>laag</i>	<i>Cp ~ 0,3</i>
<i>toepassen energieregeling</i>	<i>hoog</i>	<i>€25.000</i>	<i>hoog</i>	<i>hoog</i>	<i>middel</i>	<i>Cp ~ 0,6</i>

We selecteren de meest aantrekkelijke oplossing voor verdere uitwerking. In het geval dat er onvoldoende oplossingsrichtingen voorhanden zijn, verlaten we stap 4 'Verbetering prestatie' en keren we terug naar stap 1 'Oriëntatie' om vast te stellen of een ander prestatieniveau of andere prestatiecriteria vastgesteld kunnen worden. Het genereren, beoordelen en selecteren van oplossingsrichtingen om zo de meest kansrijke oplossingen te bepalen, en uit te werken is een iteratief proces en wordt verder behandeld in Hoofdstuk 9: Implementatie.

8.4 Basisontwerp

Werk nu elk van de meest kansrijke oplossingsrichtingen uit tot een basisontwerp, dat één of meer van de volgende elementen bevat:

- regelschema
- control narrative (beschrijving van de werking van de regelkring(en))
- processchema (proces flow diagram)
- process narrative (beschrijving van de processtappen en proceswerking)
- design sheets apparatuur (meetapparatuur, regelapparatuur, procesapparatuur)
- ontwerp veiligheidsvoorzieningen
- benodigde (doorloop)tijd, kosten, investeringen om business case te kunnen maken

Voorbeeld:

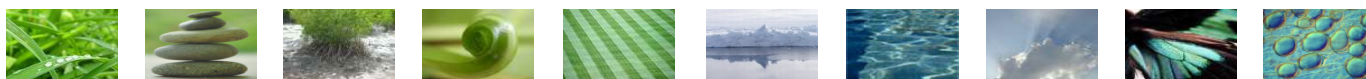
Zie documenten in *Stap 5: Implementeer* en *Beheers*.

8.5 Beoordelen oplossingen

De oplossingen zijn nu voldoende uitgewerkt om te kunnen beoordelen wat de invloed in de praktijk zal zijn op de prestatie, gezondheid, milieu, kwaliteit en veiligheid.

Om dit te beoordelen gaan we uit van een aantal test scenario's en schatten in wat het effect zal zijn van deze scenario's. Het basis scenario is de normale procesvoering. Bedenk nu, liefst met een multidisciplinair team van specialisten, zoveel mogelijk scenario's, waarbij een afwijking optreedt van de normale procesvoering en beoordeel het effect op de prestatie, gezondheid, milieu, kwaliteit en veiligheid. Deze deelstap vormt een onderdeel van de *Hazard and Operability Study*.

Dynamische simulaties kunnen een belangrijke ondersteuning vormen van deze stap, omdat ze de grootte van effecten kunnen voorspellen en kunnen helpen alternatieve ontwerpen kwantitatief te beoordelen. De simulaties kunnen worden uitgevoerd met het eerder opgestelde dynamische procesmodel.



Pas zo nodig het ontwerp van de oplossingen aan om ongewenste effecten te vermijden of de prestatie te verbeteren.

Voorbeeld:

Scenario testing – control during start-up scenarios 22-6-10

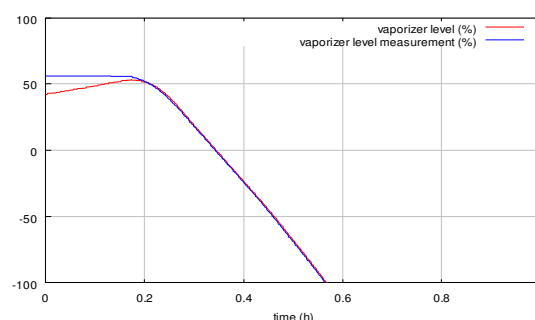
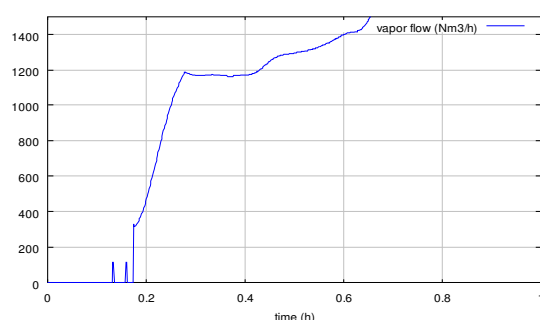
All scenarios start at simulation start. Simulation duration 1 h.

Scenario 1

blockage of feed line:

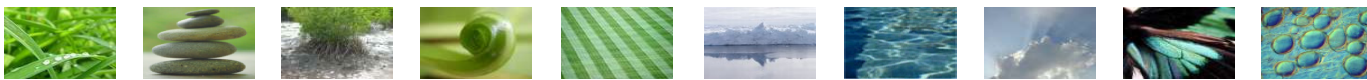
feed flow to 0 kg/h in 1 min

Vapor flow increases to 1550 Nm³/h (+25%) about 30 min after opening the block valve.

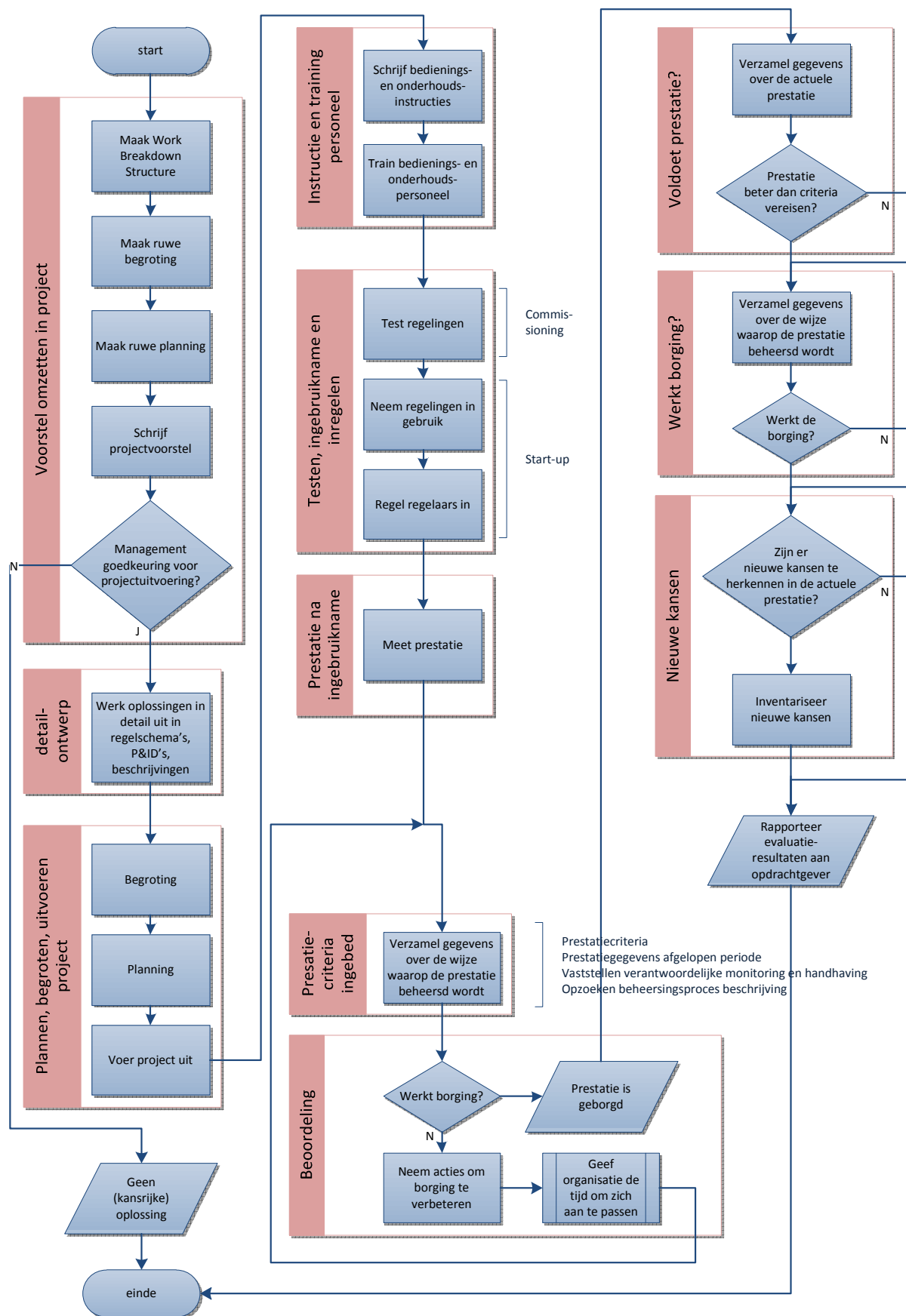


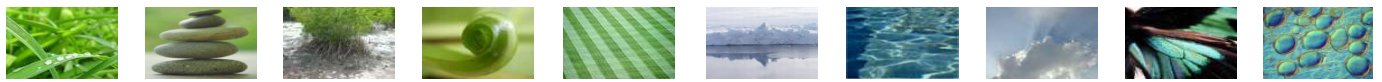
In reality this would take longer as the driving force for the heat input (ΔT) becomes smaller. Also the liquid level drops below the heat exchanger pipes. Both effects will delay the increase of vapor flow.

The increase in vapor flow is unacceptable.



9 Stap 5: Implementeer en Beheers





Dit hoofdstuk beschrijft hoe de gekozen oplossing(en) omgezet worden in een project⁵, hoe dit project uitgevoerd wordt, en hoe de oplossing geborgd en geëvalueerd wordt.

Zie bijgaande figuur voor een overzicht van gebruikelijke projectstappen (stages) en gebruikelijke benamingen.

Het genereren, beoordelen en selecteren van oplossingsrichtingen om zo de meest kansrijke oplossing te bepalen, en verder uit te werken, is een iteratief proces.

De mate van detaillering van de verschillende deelstappen wordt bepaald door de grootte en complexiteit van het project. Elk van de deelstappen biedt steeds een gelegenheid om te beoordelen of moet worden gestopt, omdat het ontwerp - zoals uitgewerkt - niet levensvatbaar blijkt.

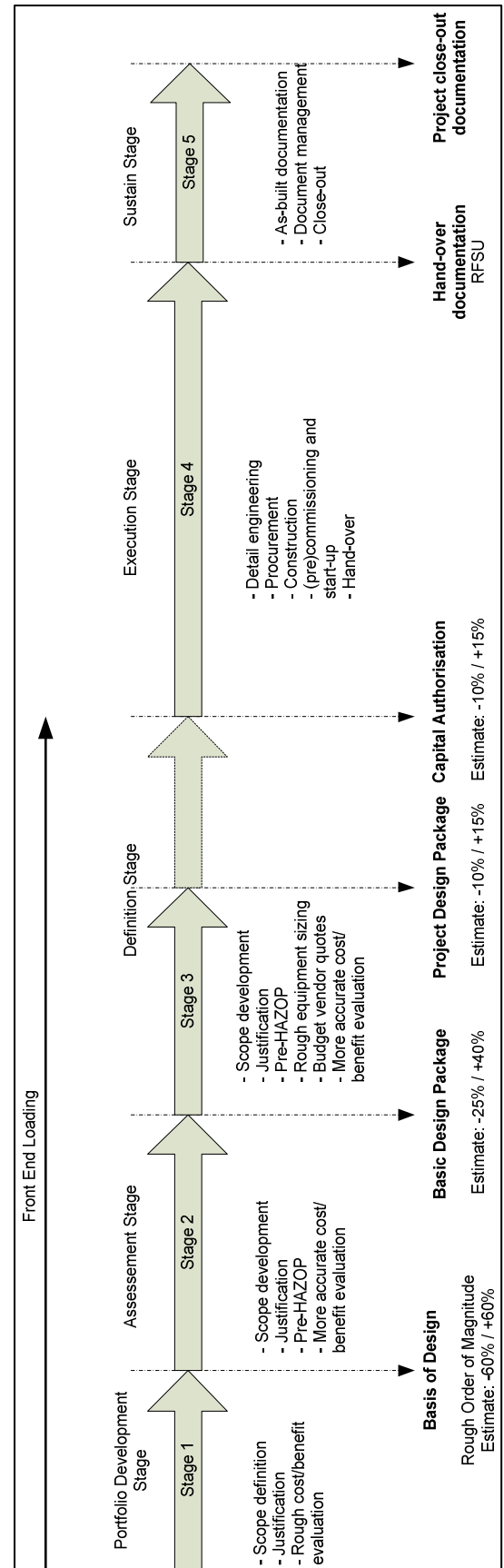
9.1 Voorstel omzetten in een project

Allereerst dient het project in een Work Breakdown Structure te worden gevat: een hiërarchische structuur waarin deelresultaten en taken van een project worden ondergebracht. De WBS hoeft niet heel gedetailleerd te zijn; als er maar voldoende detail is om een ruwe begroting en planning te kunnen maken. De WBS kan tijdens het uitvoeren van het project verder gedetailleerd worden.

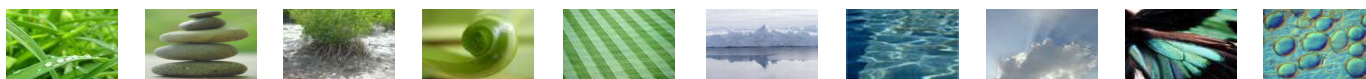
Aan de hand van de WBS bepalen we de ruwe begroting: vaak met een nauwkeurigheid tussen -30% en +30%.

Vervolgens zetten we de WBS om in een ruwe planning. De ruwe planning geeft een idee van de tijdsbesteding per benodigde specialisme, doorlooptijden, de volgorde en onderlinge afhankelijkheid van de uitvoering van de deelstappen, wanneer het project wordt uitgevoerd en wanneer het gereed moet zijn.

Hierna wordt een business case gebouwd om vast te stellen of het project levensvatbaar is. Een business case wordt gemaakt door de eenmalige projectkosten



⁵We beseffen dat elk bedrijf zijn eigen methode heeft om projecten uit te voeren. Deze bedrijfsstandaarden dienen uiteraard gevolgd te worden. We beschrijven hier wat minimaal nodig is.



DOWN TO EARTH BV

Interim Management
Organisatieadvies

en overige investeringen (bijvoorbeeld in nieuw aan te schaffen apparatuur) en lopende kosten te vergelijken met het financiële voordeel, wat de nieuwe situatie na implementatie van de oplossing brengt. Op basis hiervan wordt de terugverdientijd berekend. Nu hebben we voldoende gegevens om te kunnen toetsen of aan alle randvoorwaarden, gesteld aan het begin van de vraagstelling, wordt voldaan. Wanneer dit positief is, kan een formele projectaanvraag aan de opdrachtgever worden gedaan.

Tenslotte wordt op basis van de WBS, de ruwe begroting, de ruwe planning en de business case een projectvoorstel geschreven. Hierbij is het vermelden van de huidige en verwachte prestatie na implementatie van cruciaal belang. Het projectvoorstel wordt overhandigd aan de opdrachtgever met het verzoek tot goedkeuring, en het vrijmaken van de gewenste resources voor het project, inclusief het tijdelijk buiten bedrijf zijn van de productieapparatuur, productiepersoneel en onderhoudspersoneel voor opleiding en ingebruikstelling. De goedkeuring zal ook uitsluiting geven over de uiterste opleverdatum van het project (de deadline).

Voorbeeld:

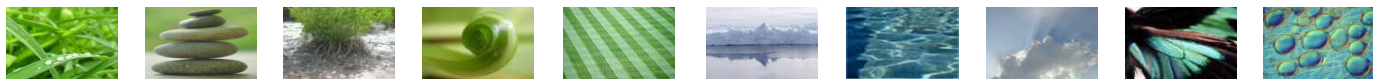
Work Breakdown Structure

- *verplaatsen thermokoppel TT7500*
 - *stop productie en reinig fornuis*
 - *verwijder TT7500*
 - *sluit opening af*
 - *installeer nieuwe thermowell*
 - *stoomwezen inspectie*
 - *plaats TT7500 in nieuwe thermowell*
 - *installeer nieuwe bekabeling*
 - ...
- *toevoegen fornuistemperatuurregelingen*
 - *kopieer bestaande regelingen van besturingssysteem naar testsysteem*
 - *voeg fornuistemperatuurregelingen toe*
- *toevoegen regeling om TSV3710 te sluiten*
 - ...

Ruwe begroting

<i>WBS item</i>	<i>geschatte kosten</i>	<i>minimaal</i>	<i>maximaal</i>
<i>verplaatsen thermokoppel TT7500</i>	€ 15.000,00	€ 12.000,00	€ 20.000,00
<i>toevoegen fornuistemperatuurregelingen</i>	€ 7.000,00	€ 5.000,00	€ 8.000,00
<i>omzetten regelschema</i>	€ 6.000,00	€ 5.000,00	€ 8.000,00
<i>toevoegen regeling om TSV3710 te sluiten</i>	€ 2.000,00	€ 5.000,00	€ 1.500,00
<i>Totaal</i>	€ 37.000,00	€ 32.000,00	€ 45.500,00
<i>nauwkeurigheid</i>		- 14%	+ 23%

Het totale bedrag is begroot op € 37.000 ± 30 %.



Ruwe planning

Id	Taaknaam	Begindatum	Einddatum	Duur	feb 2011							mrt 2011																								
					20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	verplaatsen thermokoppel TT7500	21-2-2011	18-3-2011	4w																																
2	toevoegen formuistemperatuurregelingen	21-2-2011	25-2-2011	1w																																
3	omzetten regelschema	28-2-2011	4-3-2011	1w																																
4	toevoegen regeling om TSV3710 te sluiten	9-3-2011	10-3-2011	2d																																
5	Testen en ingebruikname	21-3-2011	23-3-2011	3d																																

Projectvoorstel

Projectvoorstel verbeteren verdamper-regelingen

Doel is om de kwaliteit van het eindproduct te verbeteren qua deeltjesgrootte om hiermee een betere mengbaarheid te realiseren. De vraagstelling is om het ontwerp van de verdamper-regeling te verbeteren. Daarbij is het doel om de conversie van de achterliggende reactor te verbeteren door variaties in de dampstroom uit de verdamper te reduceren, waardoor de kwaliteit van het eindproduct, met name de deeltjesgrootte-verdeling, toeneemt.

De gewenste prestatieverbetering wordt bereikt bij de volgende criteria: de variaties in de dampstroom dienen te liggen binnen een interval van $10 \text{ m}^3/\text{u}$ rondom de gewenste waarde van de dampstroom (normaliter $1000 \text{ m}^3/\text{u}$).

Dus bij $SP = 1000 \text{ m}^3/\text{u}$: $LCL = 990 \text{ m}^3/\text{u}$ en $UCL = 1010 \text{ m}^3/\text{u}$.

Dit project zal een bijdrage leveren aan de gewenste verbetering maar nog niet zorgen dat volledig aan de criteria voldaan wordt (zie figure 3 en 4).

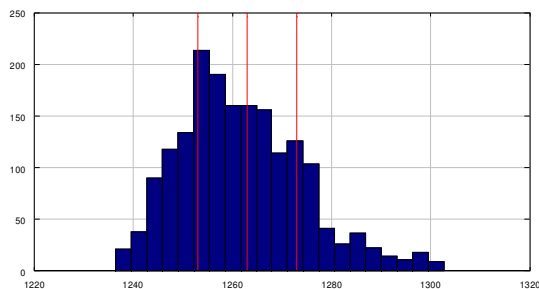


figure 3: predicted vapor flow distribution based on existing steam flow variations. $C_p = 0,27$

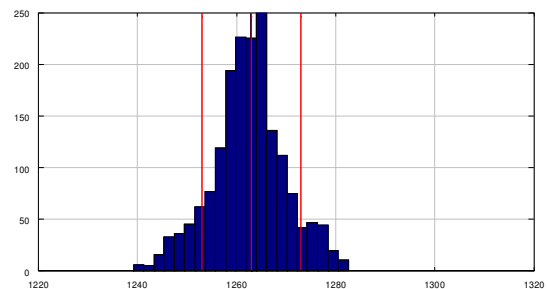


figure 4: predicted vapor flow distribution based on steam flow variations during Plant Trial. $C_p = 0,46$

De kosten van het project zijn begroot op € 37.000 $\pm$ 30 %.

De verwachte opbrengsten zijn geschat op € 60.000 per jaar $\pm$ 30 %.

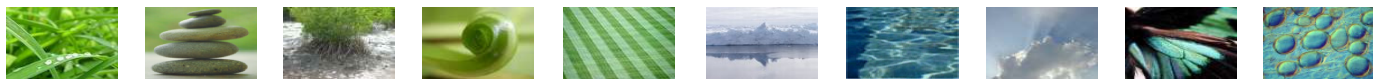
De verwachte doorlooptijd voor het uitvoeren van het projectvoorstel is 1½ maand.

Bij goedkeuring van het project en beschikbaar zijn van de resources zou het project kunnen starten halverwege februari 2011 en in gebruik genomen kunnen worden eind maart 2011.

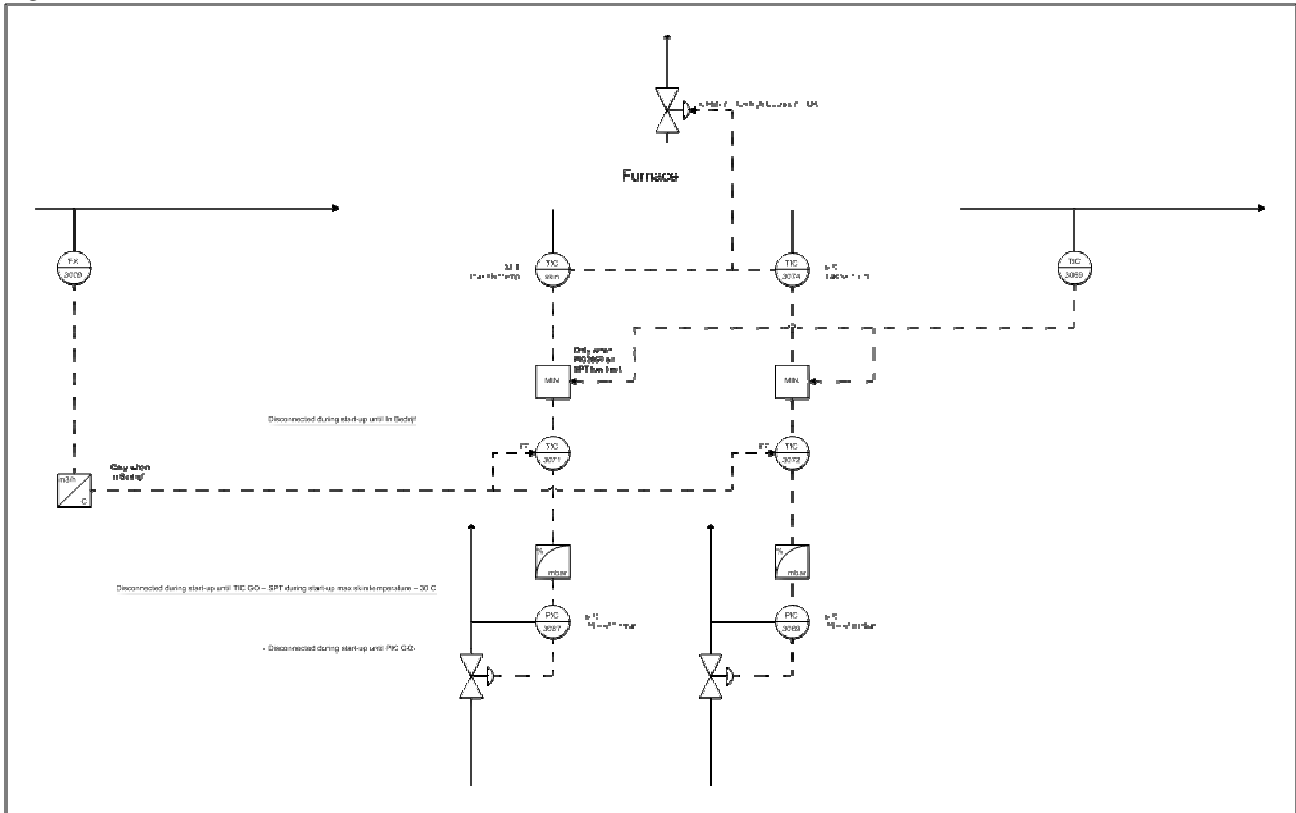
9.2 Detail ontwerp

Als het project is goedgekeurd, kan het ontwerp verder worden uitgewerkt. Dit gebeurt in de vorm van regelschema's, bijbehorende beschrijvingen (control narratives), (aangepaste) Process & Instrumentatie Diagrammen (P&ID's) en proces beschrijvingen (process descriptions).

Voorbeeld:



regelschema:



control narrative:

Start up – procedure

Uit Bedrijf

start PLC ignition procedure
wait for PIC GO (signal from PLC)
PIC3067/69 in LOCAL AUTO, SP 200 mbar
wait for TIC GO (signal from PLC; flames)
TIC3071/72 in LOCAL AUTO, SP (max skin - 30 °C)
PIC3067/69 in REMOTE
wait for In Bedrijf (DCS)
TIC3071/72 in REMOTE

In Bedrijf

Shut down - procedure

In Bedrijf

controllers in MANUAL OUT minimum

Uit Bedrijf

Beveiliging skin temperature using throttle

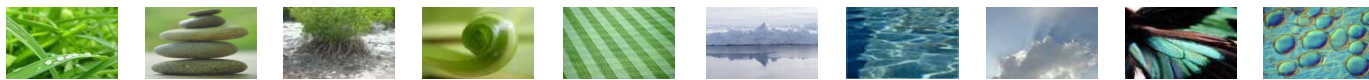
OPEN IF TIC3074 > (max skin temp + 10 °C) OR TICxxxx > (max skin temp + 10 °C) OR Uit Bedrijf
CLOSE IF TIC3074 < max skin temp AND TICxxxx < max skin temp AND TIC GO

Process & Instrumentatie Diagram:

Verwerk de wijzigingen als voorgestelde wijzigingen in de bestaande P&ID's.

Process Description

Verwerk de wijzigingen als voorgestelde wijzigingen in de bestaande Process Descriptions.



9.3 Plannen, begroten, uitvoeren project

De Work Breakdown Structure wordt nu verder gedetailleerd. De mate van detaillering wordt bepaald door wat nodig is voor de projectbegroting en planning van het project.

Tenslotte dient het project uitgevoerd te worden conform de specificaties, de planning en begroting.

Voorbeeld:

zie de voorbeelden bij de deelstap 'Voorstel omzetten in project'.

9.4 Instructie en training personeel

Het is van wezenlijk belang dat het bedienings- en onderhoudspersoneel getraind wordt in de veranderde werkwijze. Na het uitvoeren van het project worden de bedieningsinstructies, onderhoudsinstructies en trainingsmaterialen hiertoe definitief vormgegeven. De trainingsmaterialen zullen de instructies omvatten, maar ook presentaties, simulatie cases en oefeningen voor 'training-on-job'.

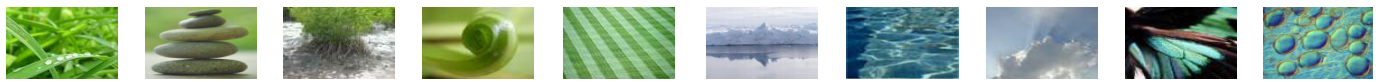
Zowel de instructiematerialen als trainingsmaterialen dienen minimaal de volgende onderwerpen te bevatten:

- overzicht relevante deel van de installatie (processchema)
- functie van de belangrijkste onderdelen van dat procesdeel
- hoe dat deel van het proces optimaal bedreven kan worden
- welke trips en beveiligingen er aanwezig zijn en hoe daar mee om te gaan
- hoe het procesdeel beheerst kan blijven
- welke regelingen daarvoor zorgen en wat hun rol daarbij is
- hoe het procesdeel gestart en gestopt wordt

De training zelf dient bij voorkeur vlak voor de ingebruikname uitgevoerd te worden. Doordat het personeel daarna daadwerkelijk met de gewijzigde installatie(regelingen) aan de slag gaat, wordt de effectiviteit van de training aanmerkelijk verhoogd.

Voorbeeld:

[trainingsmaterialen]



Regelschema's, processchema's, instructies

BOTLEK CHEMIE BV - Rotterdam

Instructie

Pagina: 1 van 6

Chiller X-0800

Nr.	Revisie	Datum
1	0	06-07-2006

Opsteller	Naam	Functie	Datum
Plant Manager	Naam: C. Hengelaar	Handtekening:	

1 Inleiding

1.1 Algemene beschrijving.

1.2 Warmtebronnen.

2 Procesbeschrijving

2.1 Algemene omschrijving.

3 Bedrijfsvoering en onderhoud

3.1 Opstarten en uit bedrijf nemen.

3.2 Bedrijfsvoering en onderhoud.

3.3 Onderhoud.

4 Storingen

4.1 Onderhoud.

4.2 Storingen.

4.3 Technische gegevens.

BOTLEK CHEMIE BV - Rotterdam

Instructie

Pagina: 2 van 6

Chiller X-0800

1 Inleiding

1.1 Algemene beschrijving.

De chiller heeft als doel om de warmte die vrijkomt tijdens het productieproces in de reactoren, de dissolver, de blenders, de condensers, de pre-emulsievaten en de condensaatkoeler op te nemen. De vrijgekomen warmte wordt afgevoerd naar de warmtebronnen en van daaruit weer geleid (redistributie).

1.2 Warmtebronnen waarvoor chillerd water gebruikt wordt.

Hieronder wordt omschreven wat de warmtebronnen zijn en hoe ze geleid worden.

- de reactoren (R-1110/R-1120/R-1210/R-1220)
- De condensers van de reactoren (E-1110/E-1120/E-1210/E-1220)
- De blenders (B-1970/B-1980)
- De dissolver (V-0010)
- Pre-emulsievaten (V-1130/V-1131/V-1230/V-1231)
- De condensaatkoeler (E-0040)

De reactie in de reactoren verloopt exotherm. De ontstane warmte wordt m.v.v. een zogenaamd jacket om de reactor afgevoerd.

De tijdens de reactie ontstane dampen worden in de watergekoelde condensers afgevangen.

De blenders kunnen m.v.v. stoom opgewarmd worden; om deze weer terug te koelen wordt chillerd water gebruikt. Het chillerd water wordt door een jacket geleid.

De dissolver wordt m.v.v. stoom opgewarmd; om deze weer terug te koelen wordt chillerd water gebruikt. Het chillerd water wordt door een jacket geleid.

Pre-emulsievaten, tijdens de bereiding van de pre-emulsie kan warmte ontstaan; deze warmte wordt m.v.v. een warmtebron afgevoerd.

Het in V-0040 opgevangen condensaat is te warm om direct naar het riool afgevoerd te worden, daarom wordt het eerst geleid in een warmtebron m.v.v. chillerd water.

BOTLEK CHEMIE BV - Rotterdam

Instructie

Pagina: 3 van 6

Chiller X-0800

2 Procesbeschrijving

Beschrijving van het principe van de chiller.

BOTLEK CHEMIE BV - Rotterdam

Instructie

Pagina: 4 van 6

Chiller X-0800

Condensator

Zorgt voor de condensatie van het koelmedium met behulp van koelwater van de koeltoren.

Compressor

2-traps compressor die gedeeltelijk geleid wordt voor de 2^{de} trap met gas uit de economizer. Brengt het koelmedium op een hogere druk zodat er condensatie in de condensor optreedt.

Economizer

Staat op een hogere druk dan de evaporator en geeft nog een gedeelte van de koelcapaciteit af tussen de 1^{ste} en 2^{de} trap. En dient als overdracht bevestiging voor de condensor.

Evaporator

In de evaporator heest er een lagere druk dan in de economizer, zodat het koelmedium meer verdampt. En dus de warmte oeneemt van het chillerd water.

Koelwater

Neemt warmte van het koelmedium op voor de 2^{de} trap. Het koelwater wordt geleid door de tubes. En koelmedium condenseert in de bijhell.

Chillerd water

Wordt geleid door de verdamping van het koelmedium in de evaporator. Chillerd water gaat door de tubes. En koelmedium verdampt in de bijhell.

Olie

Zorgt voor de smering van de draaiende delen van de compressor. De viscositeit van de olie hangt af van de temperatuur van de olie. Als start in de viscositeit moet tussen 50 °C en 60 °C. Door het salien van koelmedium in de olie daalt de viscositeit tijdens bedrijf. De viscositeit kan dan al goed zijn tot 40 °C. De olie wordt rondgepompt door een oliepomp. De temperatuur van de olie hangt af van de buis temperatuur in de compressor. De olie wordt geleid in de evaporator en zo naar de koelwater.

BOTLEK CHEMIE BV - Rotterdam

Instructie

Pagina: 5 van 6

Chiller X-0800

3 Bedrijfsvoering en onderhoud

3.1 Opstarten en uit bedrijf nemen.

Opstarten:

Controleer dat de chillerd water pompen condensator pompen en af auto staan. Controleer dat de koeltoren op en af auto staan. Schakel de koeltoren ventilator uit of automatisch. Controleer of de ventilator uitgeschakeld is.

Controleer het niveau in olietank moet tussen de 2 bijgaafjes staan. Controleer temperatuur olie. Temperatuur tussen 56,7 °C en 59,4 °C.

Als de olietemperatuur onder de 56,7 °C is, schakel dan de koelwater circulatiepompen uit. Zorg ervoor dat de luchtcompressor in de olie is. Zorg ervoor dat de koelwater circulatiepompen weer in.

Schakel de chiller in (stand-by) en wacht zo nodig tot de olietemperatuur voldoende gestegen is. De dissolver (part) wordt verwarmt met 2 verhogingsstappen van 0,5 kW. Als de olietemperatuur in de buurt van de 56,7 °C komt, schakel dan de koelwater circulatiepompen weer in.

Als de compressor start zal de koelwater temperatuur stijgen. Zorg ervoor dat de koelwater temperatuur tussen de 25 en 30 °C blijft.

BOTLEK CHEMIE BV - Rotterdam

Instructie

Pagina: 6 van 6

Chiller X-0800

Uit bedrijf nemen

Verhoog chiller naar stand-by naar (compressor stop).

Schakel koeltoren ventilator uit.

Als een olie herstart gebeurt is, schakel dan de koelwater circulatiepompen uit. Zorg ervoor dat de luchtcompressor uitgeschakeld wordt met chillerd water en niet met koelwater (uitgeschakeld).

Als herstart voorlopig niet nodig is, schakel dan de chiller uit.

3.2 Bedrijfsvoering.

Check minimaal 1 maal per dag de olietemperatuur. Zorg ervoor dat de olietemperatuur boven de 40 °C blijft.

Check minimaal 1 maal per dag de koelwater temperatuur. Zorg ervoor dat de koelwater temperatuur boven de 20 °C blijft.

3.3 Onderhoud.

Het nog toe te voegen

4 Storingen

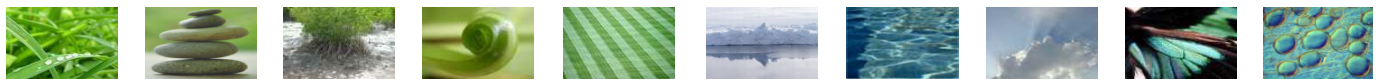
4.1 Storingen

Als de olietemperatuur onder de 55 °C kan de chiller trillen. Als het koelwater blijft circuleren na de stop van de olietemperatuur, wordt de olie, weg door het trillen, in de olie tank duiken. Schakel de olie koelwater circulatie uit als een olie herstart gebeurt is.

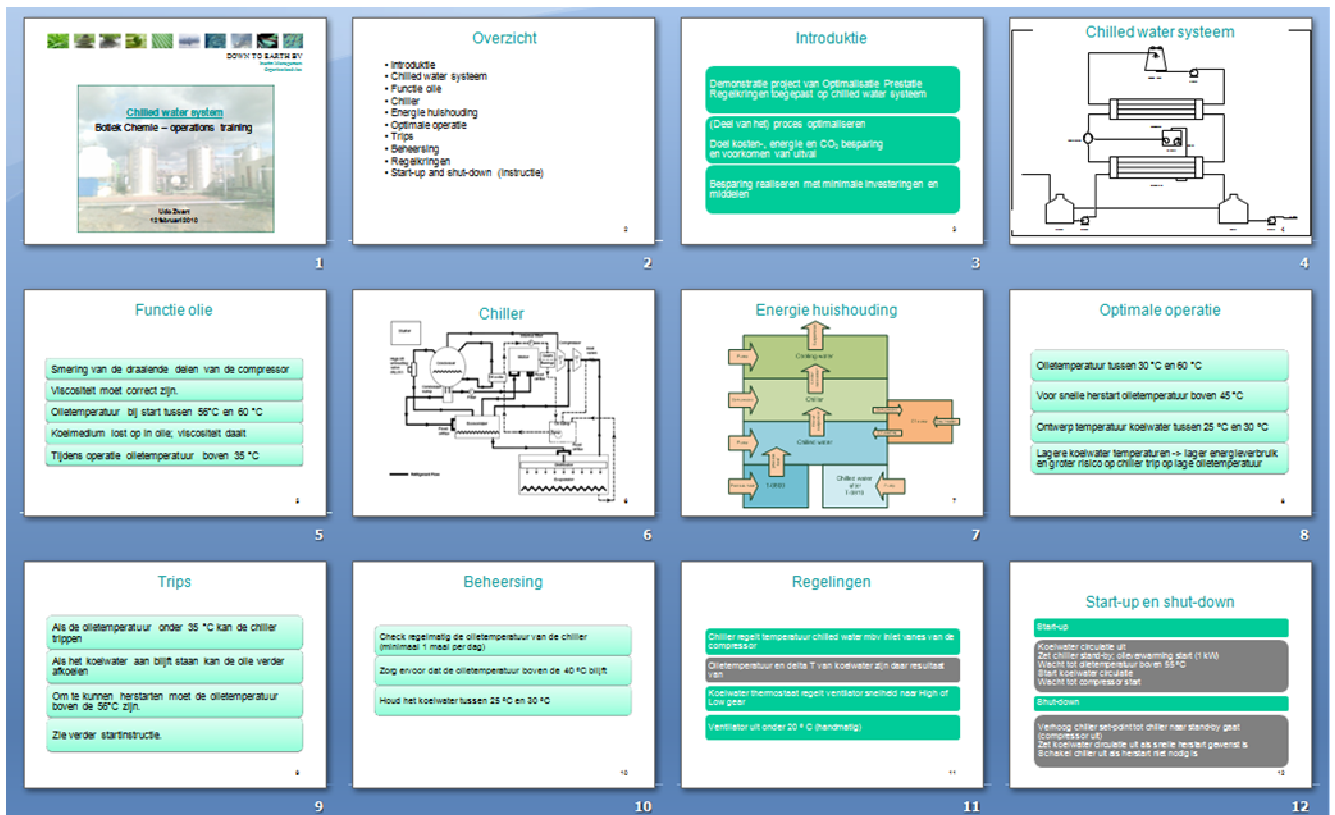
Zie verder de operationele instructie.

3.4 Technische gegevens.

Het nog toe te voegen



Presentatie



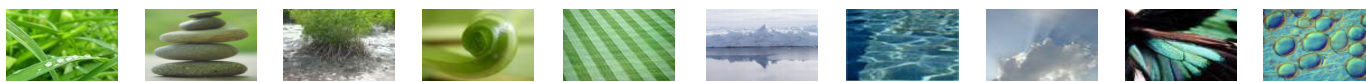
9.5 Testen, ingebruikname en inregelen

Over het algemeen zal de (gewijzigde) regeling geïmplementeerd zijn in een DCS systeem. In de testfase wordt allereerst gecontroleerd of de regelingen precies zo geïmplementeerd zijn als bedoeld was. Deze test (controle) wordt meestal aangeduid met de term SAT (Site Acceptance Test). Hierbij wordt onder andere gecheckt of de regelingen:

- correct met elkaar en het proces verbonden zijn
- van het correcte type zijn (bv PI)
- de correcte richting opwerken
- de correcte (engineering) eenheden gebruiken
- bediend kunnen worden in Manual en Auto

De regelaars worden zodanig ingesteld dat de eerste acties van de regelaar voorspelbaar zijn en het productieproces zo min mogelijk wordt verstoord.

De regelingen worden in gebruik genomen en meteen ingeregeld. De voorkeursmethode is 'closed loop tuning'. Hierbij wordt de te regelen grootheid in oscillatie gebracht om de optimale parameters vast te kunnen stellen. Deze voorkeursmethode voor het tunen van regelaars is te vinden in *BIJLAGE 1: Voorkeursmethode voor het tunen van regelaars*.



DOWN TO EARTH BV

Interim Management
Organisatieadvies

Bij het kiezen van de uiteindelijke parameters van de regelaars moet rekening gehouden worden met hoe de regelingen elkaar beïnvloeden. Hierbij is het verbeteren van de prestatie, zoals vastgelegd in de prestatiecriteria, de bepalende factor.

Voorbeeld:

Inregelen:

Both controllers were tuned on 18 August 2006 by inducing an oscillation with proportional action only.

Loop 1 - PICS35 reduced pressure control

KP at stable oscillation: 600

oscillation period: 15 s

The controller was set to

KP 200 (GAIN = 2.0 in PLC)

KI 2000 (TI = 20.0 s in PLC)

Loop 2 - FIRCSA10 air supplementation control

KP at stable oscillation: 1000

oscillation period: 6 s

The controller was set to

KP 500 (GAIN = 5.0 in PLC) for positive errors [error = SP - PV]

KP 250 (GAIN = 2.5 in PLC) for negative errors

KI 800 (TI = 8.0 s in PLC)

9.6 Prestatie na ingebruikname

Na ingebruikname wordt de prestatie op dezelfde manier bepaald als eerder het baseline niveau. Soms dient een bepaalde periode gewacht te worden, voordat het proces weer in een stabiele toestand is gekomen, of tot er voldoende gegevens voorhanden zijn om een zinnige evaluatie te kunnen doen.

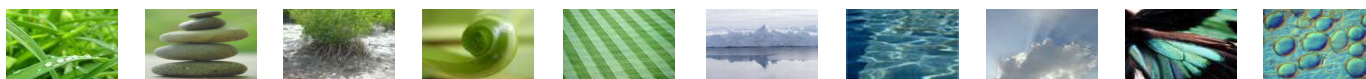
Voorbeeld:

Eén maand na ingebruikname is het gemiddelde niveau 0,12 % van de tijd oftewel 0:52 u per maand. Dat is 60 % van het baseline niveau. Waarbij vastgesteld moet worden dat het baseline niveau gebaseerd is op de gemiddelde tijd per maand tijdens normaal bedrijf dat er afgefakkeld werd gedurende de laatste 6 maanden en dat er dus nog onvoldoende gegevens beschikbaar zijn na één maand om de prestatie te beoordelen.

9.7 Prestatiecriteria ingebed

Enige tijd nadat de modificatie aan het proces is doorgevoerd stellen we vast of de organisatie en het proces duurzaam aangepast zijn en de prestatiecriteria in de organisatie zijn ingebed. Om dit vast te stellen, verzamelen we allereerst gegevens om dit te kunnen beoordelen. Deze gegevens zijn:

- prestatiecriteria
- prestatiegegevens afgelopen periode
- de naam en functie van degene die verantwoordelijk is voor het monitoren van de prestatie en het handhaven van de prestatie (meestal de process engineer)
- de (schriftelijke) beschrijving van het beheersproces



Voorbeeld:

<i>Item beheersproces</i>	<i>Gegevens</i>
<i>prestatiecriteria</i>	$LCL = SP - 10 \text{ m}^3/u$ en $UCL = SP + 10 \text{ m}^3/u$.
<i>prestatiegegevens afgelopen periode</i>	baseline $C_p = 0,27$ (2010) afgelopen periode $C_p = 0,58$ (jan, feb, mrt 2011)
<i>naam verantwoordelijke functie verantwoordelijke</i>	Cor van Hevelink productie engineer
<i>beschrijving van het beheersproces</i>	Documented procedure – Quality control procedure A15.02

9.8 Beoordeling

Er dient een verantwoordelijke aangewezen te zijn voor het monitoren en handhaven van deze prestatie van het proces. In praktijk is dit meestal de productie of process engineer. Belangrijk is dat de verantwoordelijke het proces ook daadwerkelijk kan beïnvloeden zowel qua bevoegdheden als in de praktijk. Eventueel dienen technische aanpassingen aan het productieproces te worden gedaan om de bevoegdheden uit te kunnen oefenen.

Voorbeeld:

<i>Item</i>	<i>Gegevens</i>
<i>opdrachtgever</i>	Klaas Pietersen – Operations Manager
<i>issue</i>	de productie engineer beschikt niet over een account op het procesbesturingssysteem om de tuning parameters van relevante regelaars te wijzigingen
<i>toegezegde datum wijziging beheersproces</i>	per 1 maart 2011
<i>voorlopige review datum inbedding prestatiecriteria</i>	15 april 2011

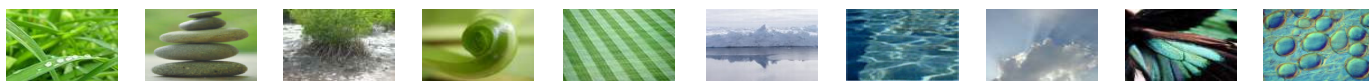
9.9 Voldoet prestatie

Als alle stappen succesvol doorlopen zijn kan worden geconcludeerd dat de prestatiecriteria in de organisatie zijn ingebed en dat het beheersproces geborgd is.

Enige tijd nadat de modificatie aan het proces is doorgevoerd en de prestatie is geborgd (meestal zo'n maand of 3-6 later), stellen we vast of de doorgevoerde modificatie de gewenste verbetering heeft opgeleverd. Dit doen we op basis van de volgende gegevens:

- prestatiecriteria op hoofd- en sub-niveaus
- prestatiegegevens afgelopen periode op hoofd- en sub-niveaus
- additionele gegevens over de prestatie van het proces

Het belangrijkste evaluatiecriterium is het vergelijken van de prestatie van de afgelopen periode op het hoofd-niveau. Als die prestatie even goed of beter is dan de criteria vereisen, dan is het project succesvol geweest. Daarnaast worden de prestaties op sub-niveaus vergeleken met de prestatiecriteria op sub-niveaus. Hieruit kan o.a. afgeleid worden of de prestatiecriteria op sub-niveau zinvol gekozen zijn en een bijdrage leveren aan de prestatie op hoofd-niveau.



DOWN TO EARTH BV

Interim Management
Organisatieadvies

Tenslotte wordt bekeken of andere prestaties van het proces mogelijk in positieve of negatieve zin beïnvloed zijn door het de modificatie.

Voorbeeld:

<i>(deel)gebied</i>	<i>gewenst prestatie niveau</i>	<i>baseline</i>	<i>prestatieniveau afgelopen periode (jan, feb, mrt 2011)</i>	<i>voldoet</i>
hoofdcriterium: <i>constantheid dampstroom</i>	$LCL = SP - 10 \text{ m}^3/u$ $UCL = SP + 10 \text{ m}^3/u$ $C_p > 1,6$	$C_p = 0,27$	$C_p = 0,58$	NEE
<i>minimum niveau verdamper</i>	> 30%	26 % [gemiddelde van laagste waarde van elk uur in okt, nov, dec 2010]	31 %	JA
<i>maximum niveau verdamper</i>	< 80 %	88 % [gemiddelde van hoogste waarde van elk uur in okt, nov, dec 2010]	73 %	JA
<i>verdamper niveau regeling status</i>	> 99 % van de tijd in Auto	23 % in Auto [gemiddelde van okt, nov, dec 2010]	98 %	NEE
<i>setpoint verdamper niveau verandering</i>	< 1 % / minuut	2,3 % [gemiddelde van hoogste waarde van elk uur in okt, nov, dec 2010]	0,75 %	JA

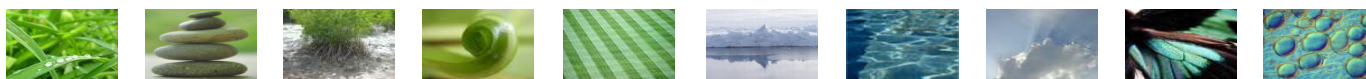
Dit project heeft een bijdrage geleverd aan de gewenste verbetering maar heeft nog niet gezorgd dat volledig aan de criteria voldaan wordt (op het hoofdcriterium $C_p < 1,6$ en de verdamper niveauregeling in < 99% van de tijd in Auto).

Het stoomgebruik is in deze periode gedaald met 12 %, wat waarschijnlijk veroorzaakt wordt doordat het stoomgebruik constanter is geworden en er minder vaak (onnodig) stoom afgeblazen wordt.

9.10 Werkt borging

Op basis van de volgende gegevens is afdoende vast te stellen of de borging werkt:

- prestatiecriteria
- prestatiegegevens afgelopen periode
- de naam en functie van degene die verantwoordelijk is voor het monitoren van de prestatie en het handhaven van de prestatie
- de (schriftelijke) beschrijving van het beheersproces



Voorbeeld:

<i>Item beheersproces</i>	<i>Gegevens</i>
<i>prestatiecriteria</i>	$LCL = SP - 10 \text{ m}^3/u$ en $UCL = SP + 10 \text{ m}^3/u$.
<i>prestatiegegevens afgelopen periode</i>	baseline $C_p = 0,27$ (2010) afgelopen periode $C_p = 0,58$ (jan, feb, mrt 2011)
<i>naam verantwoordelijke</i> <i>functie verantwoordelijke</i>	Cor van Hevelink productie engineer
<i>beschrijving van het beheersproces</i>	Documented procedure – Quality control procedure A15.02

Vastgesteld is dat de borging werkt, dat de prestatie continu verbeterd wordt conform de vastgelegde procedure.

9.11 Nieuwe kansen

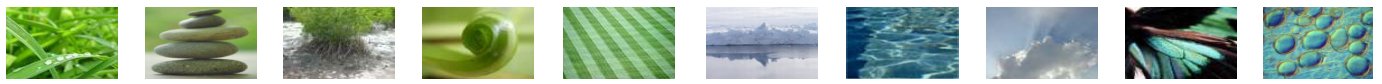
Tijdens het evalueren kunnen nieuwe kansen voor verdere procesverbetering opgemerkt worden, zoals:

- kansen om de prestatie van de vraagstelling verder te verbeteren
- kansen om prestatiecriteria verder aan te scherpen, zowel op hoofd- als sub-niveaus
- kansen om andere belangrijk prestatie van het proces te verbeteren.

Afhankelijk van het potentieel worden deze kansen (summier) aan de opdrachtgever gerapporteerd met een aanbeveling voor verdere uitwerking.

Voorbeeld:

<i>Kans</i>	<i>Vraagstelling</i>
<i>aantal trips van het chilled water circuit verminderen</i>	<i>kan de ventilator van de koeltoren traploos geregeld worden, waardoor de kans verlaagd wordt het koelwater van de chiller een te lage temperatuur krijgt?</i>
<i>constantheid dampstroom vergroten</i>	<i>kan de stoomflow die voor de warmtetoevoer naar de verdamper zorgt verder gestabiliseerd worden, bijvoorbeeld door een andere regelklep of ander type condenspot?</i>
<i>minimum niveau verdamper</i>	<i>kan het minimum niveau van de verdamper op een hoger niveau afgesteld worden, zodat het niveau minder varieert en er minder kans is dat de warmtewisselaar boven het vloeistof niveau uit komt?</i>



10 BIJLAGE 1. Voorkeursmethode voor het tunen van regelaars

10.1 Ziegler-Nichols Closed Loop Tuning

The Ziegler-Nichols Closed Loop method is one of the more common methods used to tune control loops. It was first introduced in a paper published in 1942 by J.G. Ziegler and N.B. Nichols, both of whom at the time worked for the Taylor Instrument Companies of Rochester, NY.

The open loop method is useful for most process control loops. To use the method the loop is tested with the controller in automatic. The Closed Loop method determines the gain at which a loop with proportional only control will oscillate, and then derives the controller gain, reset, and derivative values from the gain at which the oscillations are sustained and the period of oscillation at that gain. The ZN Closed Loop method should produce tuning parameters with will obtain quarter wave decay. This is considered good tuning but is not necessarily optimum tuning.

10.2 Steps

- 1) Ensure that the process is "lined out" with the loop to be tuned in automatic with a gain low enough to prevent oscillation.
- 2) Increase the gain in steps of one-half the previous gain. After each increase, if there is no oscillation change the setpoint slightly in order to trigger any oscillation.
- 3) Adjust the gain so that the oscillation is sustained, that is, continues at the same amplitude. If the oscillation is increasing, decrease the gain slightly. If it is decreasing, increase the gain slightly.
- 4) Make note of the gain which causes sustained oscillations and the period of oscillation. These are the "Ultimate Gain" (GU) and the "Ultimate Period" (PU) respectively.
- 5) Calculate the tuning for the following set of equations. Use the set which corresponds with the desired configuration: P only, PI, or PID.

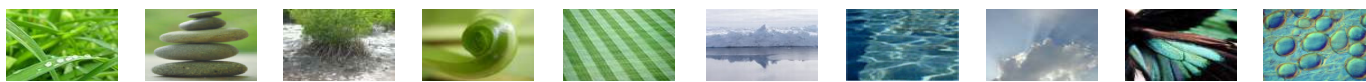
10.3 Tuning Equations

- P Only: Gain = 0.5 GU
- PI: Gain=0.45 GU, Reset=1.2/PU
- PID: Gain=0.6GU, Reset=2/PU, Derivative=PU/8

Updated January 9, 1996.

Provided by John Shaw.

Process Control Solutions



11 BIJLAGE 2. Voorkeursregelaartypes

Instructie: Begin de selectie van het type regelaar met het eerste type regelaar van de lijst. Als deze niet voldoet voor de gestelde taak, kies dan het volgende type. Enzovoort. Op deze manier wordt de meest eenvoudige regeling gekozen die toch voldoet.

11.1 PI – regelaar (Proportioneel Integrerend)

Het standaard werkpaard.

De proportionele actie van de regelaar zorgt ervoor dat de output van de regelaar evenredig (proportioneel) met de afwijking tussen de gemeten waarde en het setpoint varieert: hoe groter de afwijking hoe groter de actie. De 'versterking' of 'proportionele band' bepaalt hoe sterk de regelaar reageert op een afwijking.

De integrerende actie zorgt ervoor dat de afwijking uiteindelijk weggeregeld wordt; een pure proportionele regelaar houdt een afwijking: er is immers een afwijking nodig wil de regelaar de output veranderen. De integrerende regeling doet dit door de afwijking over de tijd te integreren waardoor de actie steeds groter wordt als de afwijking blijft bestaan. De 'integratietijd' of 'integratie versterking' bepaalt hoe sterk de regelaar reageert op een (blijvende) afwijking

11.2 PID – regelaar (Proportioneel Integrerend Differentiërend)

Deze regelaar is gelijk aan de PI-regelaar, maar beschikt daarnaast over een differentiërende actie. Als de afwijking snel verandert, verandert de output. Dit kan gebruikt worden om snelle optredende afwijkingen tegen te gaan. Dit type regeling versterkt echter de onrust in de regelkring.

11.3 PI – regelaar of PID – regelaar met dode band.

Dit type regelaar kan worden ingezet als kleine afwijkingen van het setpoint acceptabel zijn en directe actie ongewenst. Een buffervat tussen 2 procesdelen mag in van niveau veranderen; ingrijpen in de voorliggende of achterliggende processen is meestal nodig of zelfs ongewenst. Pas als het niveau ver van het setpoint begint af te wijken moet de afwijking weggeregeld worden.

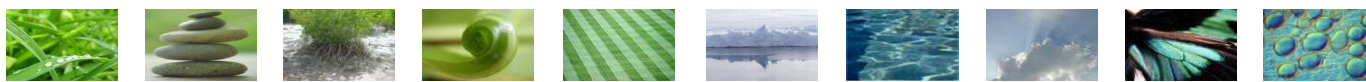
Een variant van de dode-band regelaar heeft een lagere versterking in de 'dode' band. Dit betekent dat afwijkingen wel weggeregeld worden, maar heel langzaam. Voor een buffervat-niveauregeling is dit een aantrekkelijk type regelaar.

11.4 PI – regelaar met kwadratische versterking

Dit is een variant van de PI-regelaar die intern werkt met het kwadraat van de afwijking in plaats van de afwijking zelf. Het gevolg hiervan is dat de regelaar agressiever reageert naarmate de afwijking groter wordt. Dit regelaar gedrag is nuttig in geval van niet-lineaire systemen die de neiging hebben sneller van hun setpoint weg te lopen naarmate zij een grotere afwijking vertonen. Een voorbeeld hiervan is de temperatuur bij een exotherme ketenpolymerisatie-reactie, waarbij de reactiesnelheid toeneemt bij hogere temperaturen, waardoor er meer warmte vrijkomt en de temperatuur steeds sneller gaat stijgen.

11.5 Cascade regeling

De cascade regeling wordt ook wel aangeduid als master-slave regeling. Dit soort regeling is zeer geschikt bij het regelen van een combinatie van trage en snelle processen. Door het splitsen van de regeltaken kan de uiteindelijke respons van de regeling versneld worden. Het regelen van het niveau van een grote tank met een relatief kleine toevoerstroom kan gedaan worden met een PI-regelaar op het niveau van de tank. Door een (slave)regelaar toe te voegen die de flow naar de tank regelt wordt de



respons van regelkring versneld en worden variaties in de flow weggeregeld voordat deze het niveau beïnvloeden.

11.6 Kalman-filter

Een Kalman-filter is geen regelaar maar een hulpmiddel om ervoor te zorgen dat een proces waarbij onvoldoende nauwkeurige meetwaarden beschikbaar zijn toch geregeld kan worden. Het filter maakt gebruik van bekende fysische en chemische eigenschappen van het proces en gebruikt deze om de toestand van het proces te schatten. De werkelijke gemeten waarden worden gebruikt om de schatting bij te sturen. Een voorbeeld is de schatting van de katalysatorconcentratie in een reactor op basis van massabalansen en regelmatig bijsturing op basis van lab-analyse van reactormonsters.

Een Kalman-filter vertoont kenmerken van een modelmatige regeling omdat het een model bevat het onderliggende fysisch/chemische proces.

11.7 Modelmatige regeling

Een modelmatige regeling bevat een dynamisch procesmodel van het fysisch/chemische proces dat geregeld wordt. Hierdoor is het mogelijk om waarden te regelen die niet gemeten worden of nog niet bekend zijn. Een voorbeeld hiervan is het bijregelen van een kolengestookte centrale op basis van een model van een windturbinepark en de windvoorspelling.

11.8 Fuzzy regelaar

Een fuzzy regelaar bepaalt zijn output niet op basis van een directe berekening van de output uit de afwijking, maar door het werken met 'wazige' logica. Het is niet de werking van de regelaar die wazig is, maar de manier waarop de input geclassificeerd wordt en de output bepaald wordt. Bijvoorbeeld: als de temperatuur te laag is moet je de brander hoger zetten. Fuzzy regelingen ...

Een voorbeeld van een zinvolle inzet van fuzzy regelingen, is bij de regeling van de dikte en de verdeling van glaswol ten behoeve van de fabricage van glaswolisolatiematten. De verschillende verdeelkoppen worden aangestuurd met o.a. de volgende regels:

als de mat te smal is vergroot dan de amplitude van de verdeelkop een beetje

als de mat links te dun is verschuif de verdeelkop een beetje naar links

11.9 Neuraal netwerk

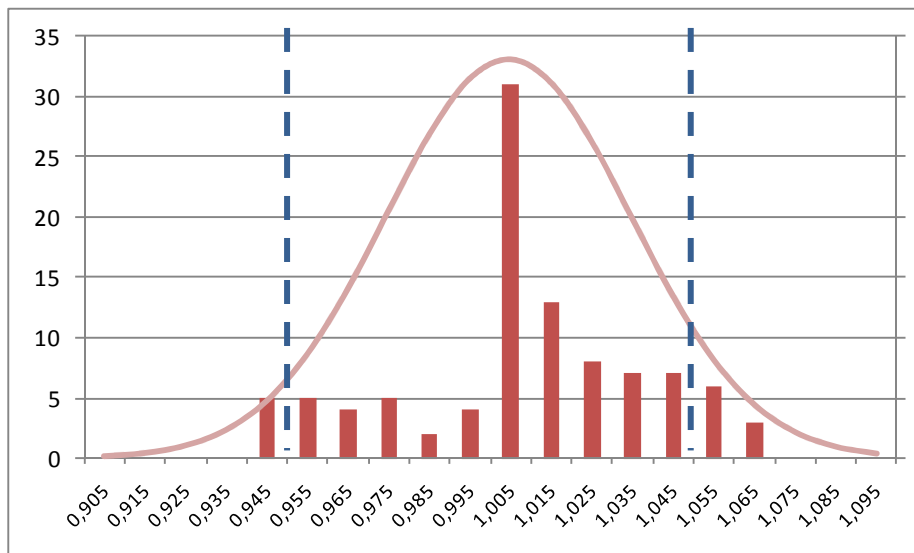
Een neuraal netwerk is geen regelaar maar om een hulpmiddel om ervoor te zorgen dat een proces waarbij onvoldoende nauwkeurige meetwaarden beschikbaar zijn toch geregeld kan worden. Een neuraal netwerk lijkt op onze hersenen en maakt gebruik van kunstmatige neuronen. Door het netwerk te voeden met historische meetwaarden kan het 'leren' wat het gedrag is van het te regelen proces. De output van het netwerk kan gebruikt worden om datgene wat niet gemeten kon worden toch te regelen. Een neuraal netwerk kan op vergelijkbare wijze ingezet worden als Kalman-filters, modelmatige regelingen of fuzzy regelingen. Het voordeel van een neuraal netwerk is dat in principe geen kennis van het proces vereist is. Dat lijkt een groot voordeel, maar is tegelijkertijd een groot nadeel en de reden waarom dit type als laatste in de lijst voorkomt. Als het neurale netwerk getraind is met data waar bepaalde situaties niet of weinig in voorkomen, kan het zijn dat het netwerk daar niet juist op reageert. In het voorbeeld van de situatie met de glaswol-matten: als het neurale netwerk getraind wordt met een data-set die geen afwijkingen naar rechts bevat, zal de regeling niet juist reageren op afwijkingen naar rechts en die afwijking misschien wel verergeren.

12 BIJLAGE 3. Voorbeeld analyse van verdeling van data

De lengte van het product in meter gemeten over de laatste 100 geproduceerde producten: [LSL=0,95 en USL = 1,05]

1,02	1,03	1,04	1,00	0,97	1,00	0,99	1,00	1,02	0,96
1,02	1,01	0,94	1,00	0,95	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00
1,00	1,00	1,01	1,00	1,05	0,99	1,01	1,01	1,00	1,00
0,99	1,01	1,01	1,00	0,94	1,02	0,97	1,00	1,02	1,00
1,04	0,96	0,95	1,01	1,03	1,00	1,06	1,02	1,03	1,04
1,06	1,00	1,01	1,00	1,04	1,01	1,05	0,98	1,00	0,95
1,04	0,94	1,01	1,00	1,04	0,96	1,05	1,03	1,00	1,03
1,00	1,00	1,00	1,03	0,98	0,95	1,05	0,97	0,97	0,96
0,94	1,02	1,03	1,00	0,95	1,05	0,97	1,00	1,04	1,00
1,01	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	0,99	1,00	1,06	1,05

Bin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Groter dan		0,905	0,915	0,925	0,935	0,945	0,955	0,965	0,975	0,985	0,995	1,005	1,015	1,025	1,035	1,045	1,055	1,065	1,075	1,085	1,095
Kleiner dan	0,905	0,915	0,925	0,935	0,945	0,955	0,965	0,975	0,985	0,995	1,005	1,015	1,025	1,035	1,045	1,055	1,065	1,075	1,085	1,095	
Aantal	0	0	0	0	5	5	4	5	2	4	31	13	8	7	7	6	3	0	0	0	0



$$\mu = 1,00$$

$$\sigma = 0,03$$

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = 0,55$$

$$Cpk = \min \left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right] = 0,55$$

13 BIJLAGE 4. Prestatiediagrammen

PIC6085 - 3 BAR stoom

19-8-02 1:51 --- 9:51

20-8-02 2:16 --- 10:16

