

## LEAN & ENERGIEFFEKTIVISERING



Marts 2010

## **Lean & energieffektivisering**

Per T. Jespersen, Ditte Vesterager Christensen og Hans Andersen, Teknologisk Institut

Martin Dam Wied og Michael Dam, NRGi Rådgivning (tidligere: Energi Horsens)

Mette Thorndahl, Horsens Kommune

Peter Weldingh, Lokal Energi

Peter Maagøe og Kenneth T Kristensen, Viegand & Maagøe

Anne Kirketerp Friis, Novozymes

# Forord

Med baggrund i de stigende krav til forsyningssektorens effektivitet af besparelsesindsatsen udført i danske virksomheder, i såvel industri- som servicesektoren, forsøger dette projekt at dokumentere/demonstrere, at der kan udvikles stor synergi ved at koble Lean processer i danske virksomheder med denne besparelsesindsats.

”De syv spild / MUDA” – overproduktion, processer, lagre, transport, bevægelser, ventetid kassation – og typiske Lean værktøjer som OEE, 5S, SMED, VSM osv. er blevet analyseret i samarbejde med Lean-miljøer for vurdering af, hvorledes den typiske energikonsulent nemmest integreres i en i forvejen meget hektisk Lean proces.

Indfaldsvinklen er, at det er energikonsulenten som skal tilkaldes/efterspørges. Det vil sige, tilbyde sine kompetencer i Lean processen, hvor energiforhold indtil dato ikke har haft den store bevågenhed – hverken som cost-parameter eller som meget målbar størrelse, der kan fortælle noget om processens beskaffenhed generelt.

Projektet har afdækket i hvilke dele af Lean processerne, der findes de største energimængder samt hvorledes i den typiske Lean arbejdsproces en energirådgivers traditionelle kompetencer kan indgå. Samtidigt peger projektet på hvordan energirådgiverens kompetencer kan udvikles, så denne har en mere Leanmæssig tilgang til sin rolle, hvilket særligt kan være gavnligt for små- og mellemstore virksomheder.

Udviklingsprojektet er gennemført over en periode på 2½ år fra medio 2007 til primo 2010.

Tak til alle, der har bidraget til arbejdet! En speciel tak til seniorkonsulent Kry Herholdt, Teknologisk Institut, der godvilligt har bidraget med sin viden og erfaring vedrørende Lean.

Arbejdet er finansieret af dels de involverede virksomheder, dels FoU-programmet administreret af Dansk Energi. Såvel projektrapport som kortere artikler kan downloades på [www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk).

God læselyst!

Per T. Jespersen  
Teknologisk Institut

# Indholdsfortegnelse

Side

<b>1</b>	<b>Konklusion og anbefalinger.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Indledning.....</b>	<b>9</b>
2.1	Lean implementering .....	9
2.2	Lean-principper .....	10
2.3	Spildtyper – energi overalt .....	10
2.4	Energiforbrug – en vigtig sladrehanke.....	11
2.5	Opbygning af rapport .....	13
<b>3</b>	<b>Energikonsulenten, DSM og rådgivning .....</b>	<b>14</b>
3.1	Hvad er Demand Side Management? .....	14
3.1.1	Baggrund.....	14
3.1.2	DSM og danske elselskaber .....	14
3.2	Energikonsulenter, energisyn og rådgivning .....	15
3.2.1	Typiske arbejdsopgaver i energisyn m.m. ....	15
3.2.2	Løgdiagrammet .....	16
3.2.3	Eksempel .....	17
3.3	Typiske arbejder for energiselskabernes energirådgivere.....	19
3.4	Typiske kvalifikationer.....	20
3.5	Succeskriterier anno 2009 .....	20
<b>4</b>	<b>Lean processen.....</b>	<b>22</b>
4.1	Forløbet fra salg til fastholdelse .....	22
4.2	Lean-metoder. Teori og filosofi .....	27
4.2.1	Trin 1: Kundeværdi .....	27
4.2.2	Trin 2: Værdikæder .....	28
4.2.3	Trin 3: Flow .....	29
4.2.4	Trin 4: Pull .....	29
4.2.5	Trin 5: Forbedringskultur .....	29
<b>5</b>	<b>Energikatalog for Lean konsulenter .....</b>	<b>33</b>
5.1	Lean kontra energi .....	33
5.2	Løgdiagrammet og energispild .....	34
5.3	Energibalancer .....	36
5.4	KPI .....	37
5.5	Værktøjer .....	38
5.6	SOP .....	41
5.7	VSM med energinøgletal .....	41
5.8	Værktøjer til eliminering af spild.....	42
5.8.1	Kaizen .....	42
5.8.2	SMED.....	43
5.9	Fastholdelse af energiindsats .....	44

<b>6</b>	<b>Industri case – Novozymes</b> .....	<b>45</b>
6.1	Novozymes erfaringer med Lean.....	45
6.2	Faglig afgrænsning af case – scope.....	46
6.3	Fagligt resultat .....	47
6.3.1	Kalundborg – inddragelse af Lean aspekter i energioptimering .....	47
6.3.2	Fuglebakken – inddragelse af energiasekter i Lean.....	48
6.4	Nyttige anbefalinger .....	53
6.5	Evaluering af proces .....	53
<b>7</b>	<b>Offentlig case – Horsens Kommune (HK)</b> .....	<b>55</b>
7.1	Introduktion til casen og Horsens Kommune i forhold til projektet .....	55
7.2	Generelt om Lean i Horsens Kommune .....	55
7.3	Beskrivelse af case .....	57
7.4	Plan for modernisering af idrætshaller.....	59
7.5	Beskrivelse af projekt- og procesforløb .....	60
7.6	Fagligt resultat og konkrete Lean tiltag.....	62
7.6.1	Kundefokus .....	62
7.6.2	Skiftende behov .....	66
7.6.3	Kommunekrav til drift og udnyttelse af cafeterier tilknyttet idrætsfaciliteter.....	68
7.7	Erfaringer og evaluering af proces fra projekt- og procesforløb .....	69
7.8	Case bilag .....	71
7.8.1	Bilag 1. Aktivitetsplan (belægning) af haller.....	71
7.8.2	Bilag 2. Elforbrug for Bankagerhallen .....	72
7.8.3	Bilag 3. Varmeforbrug for Bankagerhallen.....	75
7.8.4	Bilag 4. Regneeksempel .....	77
<b>8</b>	<b>Integrations Case – MAN Diesel</b> .....	<b>79</b>
8.1	Virksomhedsintroduktion .....	79
8.2	Lean organisationen .....	79
8.3	Case – varmebehandling af bundstykker .....	80
8.3.1	Make or by analyse.....	81
8.3.2	Energiforhold og forbrug .....	83
8.3.3	Forslag til forbedringer .....	87
8.3.4	Energibesparelse .....	87
8.3.5	Lean-regnestykket.....	88
8.3.6	Konklusion vedrørende Lean og energi .....	88
<b>9</b>	<b>Forkortelser, Lean- og energibegreber</b> .....	<b>89</b>
<b>10</b>	<b>Kilder og referencer</b> .....	<b>93</b>
10.1	Aktuelle artikler ift. udgivelsen af denne rapport.....	93
10.2	Kilder og referencer i øvrigt .....	93
<b>11</b>	<b>Bilag</b> .....	<b>94</b>
11.1	Grøn Lean.....	94
11.1.1	Introduktion .....	94
11.1.2	Energispild – den 10. form for spild .....	95
11.1.3	Forbindelsen til Lean.....	95
11.1.4	Energy Value Stream Mapping (EnVSM™).....	96
11.1.5	Fordelene .....	96
11.1.6	Højdepunkter fra Case Studies .....	97

# 1 Konklusion og anbefalinger

Siden projektets begyndelse er idéen om, at koble Lean og energieffektivisering kun blevet mere aktuell og dermed interessant for virksomheder, der gerne vil forbedre sig, trimme og effektivisere – øge sin konkurrenceevne.

Som pendant til vores arbejde med Lean og energieffektivisering, er Lean & Green opstået og vinder indpas også globalt set i øjeblikket.

Klimaforandringerne – og de politiske vinde på området – gør på trods af manglende aftaler på COP15 mødet i december 2009 i København, at vi uundgåeligt kommer til at fokusere på og arbejde med energieffektivisering og -optimering, der i sidste ende leder til mindre CO<sub>2</sub> udledning.

Som i mange andre af livets aspekter er samarbejde vejen frem til de bedst opnåelige optimeringer. Projektgruppen opfordrer hermed gennem denne rapport til øget samspil og teamwork mellem Lean- og energikonsulenter.

Lean har vundet stort indpas i de danske virksomheder og har ofte et godt greb i hele organisationen, dens måde at tænke optimering på og handle efter og sikre positive forandringer på, i forhold til at øge virksomhedens konkurrenceevne.

Energioptimering har også vundet indpas mange steder. Mange tager en runde med en energikonsulent, der ofte finder nogle besparelsesmuligheder, der er rentable at gennemfører. Hvad der er sparet i energiomkostninger til frembringelse af samme resultatet, er ligeledes tjent.

Det projektet peger på her er, at der er noget at lære og hente hos hinanden i de ofte to adskilte ”verdener” til gavn for begge parter.

En væsentlig del af Lean arbejdet handler om at eliminere og nedbringe spild. Ofte er der også energibesparelse forbundet med dette, der ikke bliver belyst. Måske fordi Lean fokus ikke er der – men muligvis også fordi der mangler målinger, fremstilling af sigende energinøgletal eller tilsvarende, som almindeligvis ikke er Lean konsulenteres spidskompetencer. Her kan energikonsulenter gøre en forskel, der også i nogle tilfælde kan være med til at vælge vejen for, hvor der kan og bør sættes ind i det videre Lean arbejde.

Ved ikke kun at have fokus på forbrug, men også at tænke Lean og komme tættere ind i virksomhedens organisation og dybere arbejde med effektivisering af processerne, kan energikonsulenterne ofte komme meget længere med bestræbelserne på at finde energibesparelser. Disse besparelser kan sagtens være sekundære i forhold til de organisatoriske optimeringer Lean- og energieffektiviseringsarbejdet peger på, men det er kun med til at gøre det mere interessant for ledelsen at gennemføre forandringen og dermed også sikre energibesparelsen.

I afsnit 4.1 er udarbejdet et skema – en tabel, der omhandler Lean processen. Den forsøger at skabe overblik over forløbet fra salg til fastholdelse. Hvor langt er vi på Lean tidslinjen i henhold til en konsulents salg deraf og arbejde dermed – og i henhold til Lean forståelsen og processen i de anerkendte specialister Womack & Jones' optik, samt – hvad er det for nogle værktøjer og aktiviteter energirådgiveren kan byde ind med i de enkelte faser.

Ud over generelt at være et væsentligt værktøj til at understøtte Lean, vurderer projektgruppen, at energinøgletal (KPI'er) kan være et ud af flere parametre, der kan bidrage til at fastholde fokus på de løbende forbedringer. Energinøgletal kan være med til at bibeholde værdien af processen med medarbejderinddragelse og idégenerering. Jo mere struktureret en organisation er og jo mere den strategisk satser på energi- og miljøforbedringer, des mere glæde og effekt mener vi, man opnår af dette – som fx på Novozymes. Læs mere om energinøgletal i afsnit 5 og 6.

Løgdiagrammet er en god ”øjeblikshånd” i forhold til, hvilke energispild skal man være opmærksom på i de enkelte løgtag, ligesom det skaber opmærksomhed på hvor i løget Lean-konsulenterne hhv. energirådgiverne normalt arbejder. Den ”ihærdige” energikonsulent vil ved at udfordre processer og procedure med fokus på energitjenester kunne komme længere ind i løgets kerne end normalt samt understøtte Lean arbejdet. Se eksemplet med sterilisering af tanke i afsnit 5.2 og læs også mere om løgdiagrammet i afsnit 3.2.2.

Energibalancer er en energikortlægning, der i stedet for traditionel måling på den direkte anvendelse kortlægger energiforbruget/tjenesten der går til de enkelte processer og procestrin i virksomhedens værdistrøm. Disse afdækker hvor behovet for de enkelte energitjenester er placeret, og understøtter dermed bedre Lean arbejdet. Se mere i afsnit 5.3 og under casen i 6.

Af øvrige konkrete værktøjer som anvendes af energikonsulenter og som kan fungere som støtte for Lean arbejdet og bevidstgørelse af muligheder for energieffektivisering er flere beskrevet i afsnit 5.5. Det er metoder som Sankey diagrammer, PINCH analyser og COP overvågning.

På samme vis gøres i afsnit 5.6-5.9 opmærksom på hvordan fokus på energispild kan tænkes mere ind i de ofte benyttede Lean værktøjer som VSM, Kaizen, SOP og SMED.

Projektet har inkluderet 3 virksomhedscases, hvor energi- og Lean konsulenter har samarbejdet og dermed ikke kun har haft fokus på eget område, men har understøttet hinanden for optimalt set at opnå både Lean og energieffektivisering. Det er 3 ret forskellige cases med det til fælles, at de 3 energirådgiverhuse, der har deltaget i dette projekt – Viegand & Maagøe, NRGi Rådgivning og Lokalenergi – har indgået i hver sin case med hhv. Novozymes, Horsens Kommune og MAN Diesel, som det også er illustreret på rapportens forsidefigur.

Første case i afsnit 6 er udført i samarbejde med Novozymes. Her peger de og Viegand & Maagøe på mange væsentlige aspekter vedrørende fokus på og samarbejde omkring de forholdsvis avancerede og komplekse operationer og processer, der foretages i forbindelse med ”rensningen” – opkoncentreringen af enzymer.

Det anbefales bl.a., at arbejde med energibalancer, KPI'er, Kaizen events med fokus på energi, udarbejdelse af SOP'er for minimering af tomgangsforbrug og gennemførelse af VSM inkluderende energitilførelse og energieffektivitet.

En væsentlig pointe er også, at det tilrådes at lade Lean organisationen være drivende for samarbejdet.

I afsnit 7 belyser NRGi Rådgivning hvordan Horsens Kommunes Lean tilgang til optimering af deres idrætshaller også med fordel kan kombineres med energirådgivning.

Horsens Kommune anskueliggøre målet med Lean arbejdet med en Lean trekant, hvor der søges balance imellem spidserne – kvalitet og kundeværdi, effektivitet og medarbejdertilfredshed. I de bedste resultater i praksis, øges alle 3 værdiparametre (spidser på trekanten). Der er selvfølgelig forskel på, at arbejde med Lean og energieffektivisering i en offentlig instans sammenlignet med en klassisk fabrikationsvirksomhed, men det giver også mening her. Hovedkonklusionen er, at det som helhed er muligt at reducere det relative energiforbrug, samtidigt med at der optimeres på processerne og kommunens borgere bliver sundere og mere tilfredse.

Det bør tænkes ind tidligt i processen og forankres højt oppe i organisationen, hvis Lean og energieffektivisering skal opnå bedst mulig succes i kommunale projekters optimeringsarbejde. Ligeledes skal man være parat til muligvis at gennemføre relativt flere og større investeringer, for at sikre genvindsten af de effektiviseringer ovenstående arbejde peger på.

Den sidste case som Lokalenergi har været en del af på MAN Diesel i afsnit 8, viser hvordan Lean idéer i samarbejde med energividen, -måling og -belysning ved hjælp af nøgletalskurver kan gå hånd i hånd om at opnå endog meget væsentlige forbedringer, der på trods af store investeringer sikre kort tilbagebetalingstid, og i det konkrete tilfælde holder arbejdet i huset frem for at købe det i udlandet.

Energibesparelsen er markant, men langt fra isoleret set stor nok, til at tilbagebetale projektet. Den Leanmæssige driftsbesparelse – primært i form af bemandingsbesparelser og logistikforbedringer – er til gengæld så stor, at der i forhold til tilbagebetalingstiden på investeringen, ikke er tvivl om potentialet. MAN Diesel har også gennemført projektet. Casen peger også på, at arbejdet med Lean og energieffektivisering på de danske virksomheder, kan medføre omkostningseffektive energibesparelser, der er attraktive for energiselskabernes energispareforpligtelser. Der kan være politisk følsomhed omkring disse, men det er ikke et uinteressant aspekt af dette arbejde.

I energiverdenen og i høj grad i Lean universet benyttes rigtigt mange forkortelser for begreber og værktøjer, som derfor også benyttes her. Til hjælp med at holde rede på de mange sammentrækninger, har vi udarbejdet en forklarende oversigt over mange af disse i afsnit 9 bagerst i denne rapport.



## 2 Indledning

I ansøgningen til Dansk Energi vedr. dette projekt er følgende beskrevet angående det formål nærværende rapport forfølger:

Med baggrund i de stigende krav til forsyningssektorens effektivitet af besparelsesindsatsen udført i danske virksomheder, i såvel industri- som servicesektoren forsøges via dette projekt dokumenteret, at der kan udvikles stor synergi ved at koble Lean processer i danske virksomheder med denne besparelsesindsats.

Projektet vil afdække i hvilke dele af Lean processerne, der findes de største energimængder samt hvorledes i den typiske Lean arbejdsproces en energirådgivers traditionelle kompetencer kan indgå.

Lean er engelsk og betyder trimmet. Lean filosofien er baseret på det internationalt anerkendte Toyota Production System (TPS), der udviklet på Toyota fabrikkerne mellem 1948 og 1975. Dette produktionssystem er indrettet på at opretholde et flow, der er tilpasset kundernes varierende efterspørgsel.

Projektets oprindelige titel var Lean & DSM. Da DSM begrebet stort set ikke benyttes mere og derfor ikke er særligt kendt og sigende, har vi ændret projektets titel til Lean og energieffektivisering. DSM er en forkortelse for Demand Side Management og er forklaret nærmere i afsnit 3.

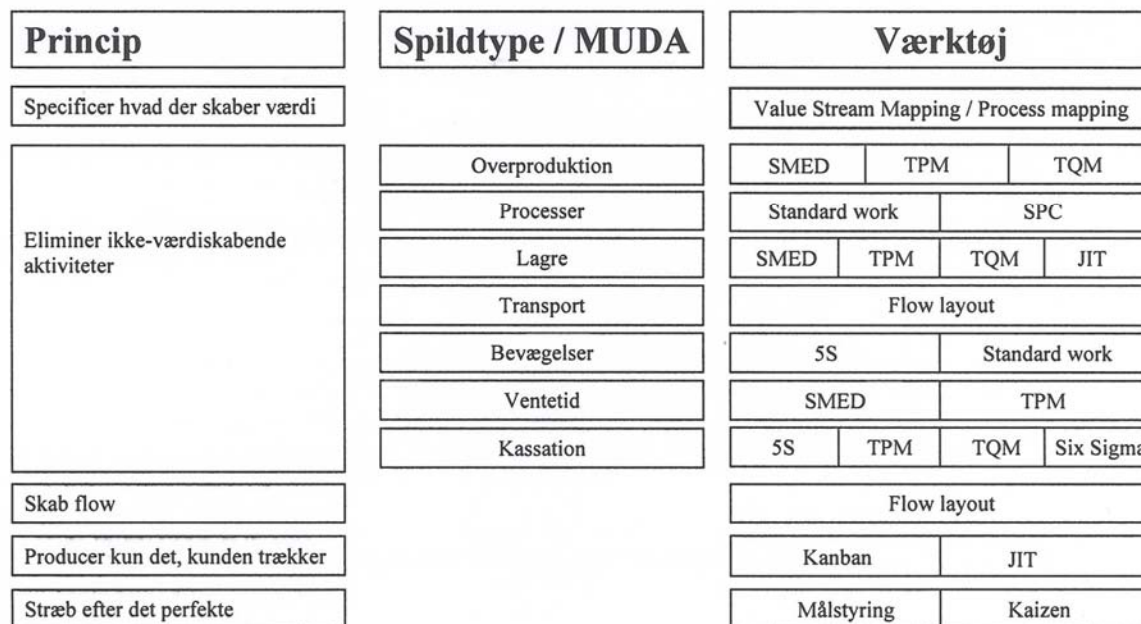
### 2.1 Lean implementering

- Konsulenterne fra Toyota følger sædvanligvis (men ikke dogmatisk) en implementeringsramme til at hjælpe med at etablere grundlæggende stabilitet, forbedring af flow, fremskynding af arbejde til taktid, udvikling af pull systemer og udjævning af produktionen.
- En forudsætning for at Lean kan gennemføres, er stabilitet i produktionslinjen: Relativt få problemer i udstyrets oppe-tid, tilgængelige materialer med få fejl og stærk overvågning af linjeproduktionen.
- Stabilitet indebærer, at de 4 M'er – mænd (arbejdskraft), maskiner, materialer og metoder – er tilstrækkeligt tilgængelige til at produktionen kører gnidningsfrit:
  - Har I nok maskinopetid til at producere til kundekrav?
  - Har I nok materialer hver dag til produktionens behov?
  - Har I nok uddannet personale tilgængelig til at udføre de nuværende processer?
  - Har I definerede arbejdsmetoder så som elementære arbejdsinstruktioner eller standarder på plads?

## 2.2 Lean-principper

En Lean proces er ofte en jagt på spild, som kommer af ønsket om at levere varen i den rigtige mængde og kvalitet til den rigtige tid og pris. Lean processen er underlagt nogle principper for, hvordan spildjagten bør foretages. Konkret er der udviklet fem principper eller fem trin, som er beskrevet i bogen ”Lean Thinking” af forfatterne James P. Womack og Daniel T. Jones fra 1996.

I nedenstående figur er sammenhængen mellem Lean værktøjerne, Lean filosofien (spild) og Lean principperne illustreret.










*ilde: Implement*

Et Lean forløb skal helst bygges på principperne i den rækkefølge som er skitseret ovenfor, således at forløbet får en god struktur. Vælger virksomheden at starte forløbet ud fra værktøjerne, er der større risiko for at processen går i stå, idet forløbet så ikke tager udgangspunkt i et overordnet ønske om en løbende proces hen mod konkrete visioner og mål.

## 2.3 Spildtyper – energi overalt

De 7 spildtyper (MUDA) er basale i forhold til forståelsen af Lean, og spildtyperne gør det samtidig muligt at se virksomhedens energiforbrug fra forskellige vinkler. I figuren nedenfor skitserer vi, hvorledes energiforbrug kan indgå i de 7 spildtyper.

Flere af de konkrete energispild går igen inden for flere af de 7 spildtyper. Men idet energispildet ses med forskellige optikker – fx overproduktionsoptikken eller fejloptikken – ser man forskellige spild og dermed flere muligheder for besparelser.

	De syv spildformer	Eksempler på spild	Eksempler på energispild
	<b>Overproduktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktion til lager efter forecast.</li> <li>• Produktion for at undgå omstillinger.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forbrug på lager</li> <li>• Maskiner kører unødigt med emner</li> </ul>
	<b>Fejl</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skrot</li> <li>• Ombearbejdning</li> <li>• Fejl</li> <li>• Rettelser</li> <li>• Variation</li> <li>• Forsvundne dele</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maskiner kører unødigt med emner.</li> <li>• Bortskaffelse af materialer</li> <li>• Belysning</li> <li>• Opvarmning</li> </ul>
	<b>Ikke nødvendige lagre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Råvarer</li> <li>• Varer-i-arbejde</li> <li>• Færdigvarer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forbrug af el på lager (køl, lys etc.)</li> </ul>
	<b>Ikke nødvendige processer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papirarbejde</li> <li>• For strenge tolerancer</li> <li>• Dårlig design af værktøj</li> <li>• Dårlig design af emner</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maskiner kører unødigt</li> <li>• It-udstyr og printer</li> </ul>
	<b>Overflødig transport</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flytte emner til og fra lager.</li> <li>• Flytte emner fra en arbejdsstation til en anden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Truckkørsel</li> <li>• Transportbånd</li> <li>• Træk-kulde fra porte</li> </ul>
	<b>Ventetid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vente på emner</li> <li>• Vente på tegninger</li> <li>• Vente på inspektion</li> <li>• Vente på maskiner</li> <li>• Vente på information</li> <li>• Vente på maskinreparation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomgangsforbrug, maskiner kører uden emner</li> <li>• Opvarmning</li> <li>• Belysning</li> </ul>
	<b>Ikke nødvendig bevægelse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Søgning efter emner, værktøjer etc.</li> <li>• Sortering af emner.</li> <li>• Række ud efter værktøjer</li> <li>• Løfte kasser med emner.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maskiner kører på halv kraft</li> <li>• Tomgangsforbrug</li> <li>• Truck - palle løfter</li> <li>• Hjælpeudstyr</li> </ul>

Overstående skema viser at der er energibesparelser at hente inden for samtlige spildtyper, og det vil endvidere sige, at energirådgivningen har sin berettigelse i samtlige problemstillinger, alt efter virksomhedens størrelse og fokus.

## 2.4 Energiforbrug – en vigtig sladrehanke

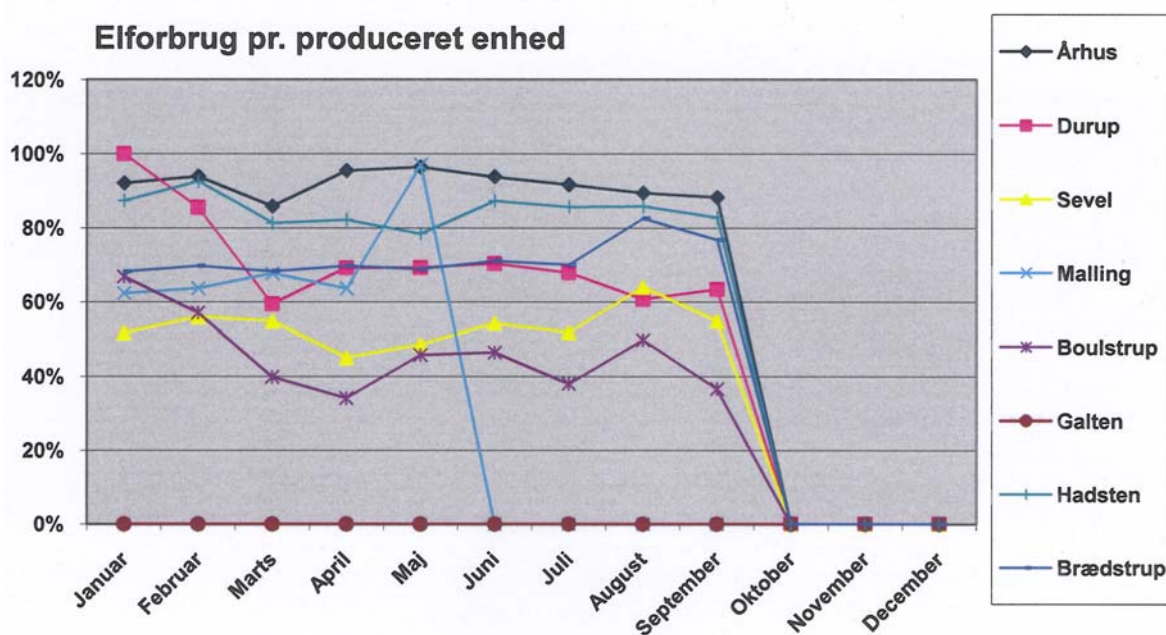
En Lean proces burde jo i princippet aldrig afsluttes i en virksomhed. Praksis er dog nok efter et intensivt forløb, falder virksomheden hen til et sæt af faste rutiner. I disse år er der rent faktisk meget fokus på *fastholdelse* af de gode intentioner fra de mest intense faser i Lean-forløbet.

Vi vurderer, at energinøgletal kan være et ud af flere parametre, der kan bidrage til at fastholde fokus på de løbende forbedringer. Dermed kan energinøgletal være med til at fastholde værdien af processen med medarbejderinddragelse og idégenerering.

Nøgletal kan etableres på mange niveauer:

- Energiforbrug målt på hovedmålere
- Energiforbrug målt på bimålere
- Vitale procesparametre som temperatur, tryk m.v.
- Vedligeholdelsesindikatorer på tekniske anlæg

Som eksempel på tankegangen viser nedenstående figur, hvorledes en virksomhed understøtter de enkelte produktionsenheder i deres arbejde med løbende forbedringer, ved måned for måned at følge energiforbruget pr. produceret enhed. Denne viden indgår i det strategiske arbejde med hensyn til produktionsplanlægning m.v.



Figur 1

I dette tilfælde er energiforbruget pr. produceret enhed, et for kunden, forståeligt og brugbart (målbart) nøgletal. Som det også fremgår senere af casen fra Novozymes, er det væsentligt, at de nøgletal man vælger eller konstruerer i det enkelte konkrete tilfælde, er gode, sigende og accepterede. De har derved større chancer for reelt at blive brugt og tillagt værdi af medarbejdere og ledelse – Såvel som de kan virke som øjenåbner for Lean konsulenter og ledelse for, hvor der kan være energimæssig fornuft i at gennemfører nøjere analyse, optimering og investering i/for processen (Lean arbejde). Der er mere indblik i disse forhold i de efterfølgende cases.

## 2.5 Opbygning af rapport

Rapporten er henvendt til to målgrupper:

- Lean-konsulenter – primært
- Energikonsulenter – sekundært

I kapitel 3 er energikonsulenten præsenteret for Lean konsulenten. Her kan du læse om, hvilke kompetencer/uddannelser energikonsulenten typisk rummer. Det er beskrevet, hvorledes konsulenten traditionelt angriber en virksomhedscase (eksklusive Lean). Endelig er det ved hjælp af et mindre eksempel vist, hvorledes energikonsulenten rent faktisk opererer i det samme landskab som Lean konsulenten, men hidtil udelukkende har haft fokus på energiforbrug langt mere end ”værdi for virksomheden”.

I kapitel 4 er Lean landskabet præsenteret for energikonsulenten. Der er taget udgangspunkt i Lean forløbet skitseret af Womack & Jones og Lean erfaring fra Teknologisk Instituts Lean konsulenter. I kapitlet er på hypotetisk facon angivet, hvorledes energikonsulenten kunne tænkes at tilføre denne proces yderligere værdi.

I kapitel 5 – Energikatalog for Lean konsulenter – er nogle af de primære Lean værktøjer eksemplificeret med konkrete energicases, og det er vist på konkret facon, hvorledes energi-kompetencen med fordel kan integreres i Lean arbejdet.

I kapitel 6 er beskrevet resultatet af et længerevarende demonstrationsprojekt gennemført i samarbejde mellem Viegand & Maagøe og Novozymes. Casen illustrerer fra A til Z, hvorledes Lean proces og energioptimeringsproces rent faktisk har haft gensidig gavn af at understøtte hinanden. Lean processen er blevet styrket og energikonsulenten har fået mange energibesparelser for de investerede ressourcer.

I kapitel 7 er med udgangspunkt i den offentlige forvaltning beskrevet resultatet af et længerevarende demonstrationsprojekt gennemført i et samarbejde mellem NRGi Rådgivning (det tidligere Energi Horsens) og Horsens Kommune. Det er beskrevet med udgangspunkt i Horsens Kommunes idrætshaller, hvorledes Lean tankegangen for optimering af brugertilfredshed og -aktivitetsniveau med god fornuft kan og bør kombineres med energifokus og -optimering.

Kapitel 8 beskriver med udgangspunkt i et produktionsafsnit hos MAN Diesel A/S, resultatet af et ”arrangeret ægteskab” mellem Leanhuset Implement, MAN Diesels egen Lean afdeling samt energirådgivningsenheden fra LokalEnergi. Kapitlet evaluerer alle konklusionerne/hypoteserne fremført i rapport og dele af arbejdet er afprøvet og vurderet i henhold til det konkrete forløb hos kunden

Endeligt indeholder kap. 9, 10 og 11 henholdsvis forklaringer på de anvendte forkortelser, der i særlig grad er en del af Lean verdenen, henholdsvis kilder og referencer samt slutteligt bilag til denne rapport.

## 3 Energikonsulenten, DSM og rådgivning

### 3.1 Hvad er Demand Side Management?

Som nævnt tidligere var projektets oprindelige titel ”Lean & DSM”. Nedenstående kapitel 3.1 redegøre for DSM begrebet og beskriver hvorfor det er ændret.

Demand Side Management, eller "DSM", som det populært kaldes er den proces at styre forbruget af energi, generelt at optimere tilgængelige og planlagte produktionsressourcer.

Det Amerikanske energiministerium har tidligere defineret Demand Side Management som "foranstaltninger, der træffes på kundens side af måleren med henblik på at ændre beløbet eller tidspunktet for energiforbruget". Trods det faktum, at DSM-programmer som udgangspunkt har været anvendt på kraftværkssiden i distributionskæden af energi, tales der i praksis om to niveauer af DSM-programmer. ”Energiselskabs DSM strategier” tilbyder en række foranstaltninger, der kan reducere energiforbruget og forbrugerens energiudgifter. ”Kraftværks DSM strategier” har det mål at maksimere slutanvendelserne, at undgå eller udskyde opførelsen af nye kraftværker.

#### 3.1.1 Baggrund

DSM- programmer består af planlægning, gennemførelse og overvågning af elsystemer, der er designet til at tilskynde forbrugerne til at ændre deres niveau og driftsprofil af elforbruget..

Tidligere var det primære mål for de fleste DSM programmer at levere omkostningseffektive energi og kapacitetsressourcer, med henblik på at udskyde behovet for nye energikilder, herunder produktionsanlæg, transmissions- og distributionssystemer. Men på grund af forandringer inden for industrien, har energiselskaber også brugt DSM til at forbedre kundesevicen.

#### 3.1.2 DSM og danske elselskaber

Igennem 90'erne arbejdede energiselskaberne i Danmark med energisparearbejdet ved hjælp af DSM-planlægning. Det var især reguleringsmekanismerne og den økonomiske modulering, der blev anvendt. Der blev uarbejdet DSM-programmer overfor bl.a.:

- Telefonisk konsulentbistand til private kunder
- Skoleundervisning
- Temadage om energibesparelser
- Energirådgivning hos industrivirksomheder < 200 MWh, > 200 MWh
- Energirådgivning til offentlige virksomheder

I 2006, i forbindelse med en politisk aftale, blev der slækket på selskabernes administrative krav mod til gengæld et øget fokus på realisering af energibesparelser. Energiselskaberne var ikke længere bundet til at levere økonomisk effektive energibesparelser (nødvendigvis, men i praksis arbejder alle på at levere økonomisk effektive) inden for eget forsyningsområde. Der kunne nu realiseres energibesparelser i andre forsyningsarter, ligesom der blev fuld metodefrihed, hvor man tidligere havde fastholdt et relativt stringent koncept for, hvordan energiselskabernes konsulenter skulle arbejde.

Med især metodefriheden, var det således op til det enkelte selskab suverænt at bestemme, hvilke virkemidler, det enkelte selskab ønskede at benytte. Det kunne være tilskud, projektering, rådgivning eller kombinationer heraf. Det blev meget specifikt i forhold til den enkelte kunde. Dermed forsvandt motivet for DSM-programmerne. Begrebet benyttes således stort set ikke mere, og derfor har vi valgt at omdøbe projektet til noget mere aktuelt sigende.

## 3.2 Energikonsulenter, energisyn og rådgivning

Der har siden starten af 90'erne eksisteret en registreringsordning, hvor konsulenter der arbejder med energibesparelser i erhvervslivet er kvalitetssikret i følgende kategorier:

- A-konsulenter, der har bred erfaring med energibesparelser for de mest almindelige anlæg som køling, trykluft, pumper, ventilation mm.
- B-konsulenter, der ud over bred erfaring med energibesparelser på ovennævnte områder, også har erfaring med udnyttelse af overskudsvarme ("procesintegration") og ledelsessystemer

Desuden findes der en registreringsordning for "tekniske eksperter", hvilket er energikonsulenter med indgående specialkompetencer til energibesparelsesmuligheder relateret til kemiske enhedsoperationer (inddampning, destillation, brænding/sintring osv.)

### 3.2.1 Typiske arbejdsopgaver i energisyn m.m.

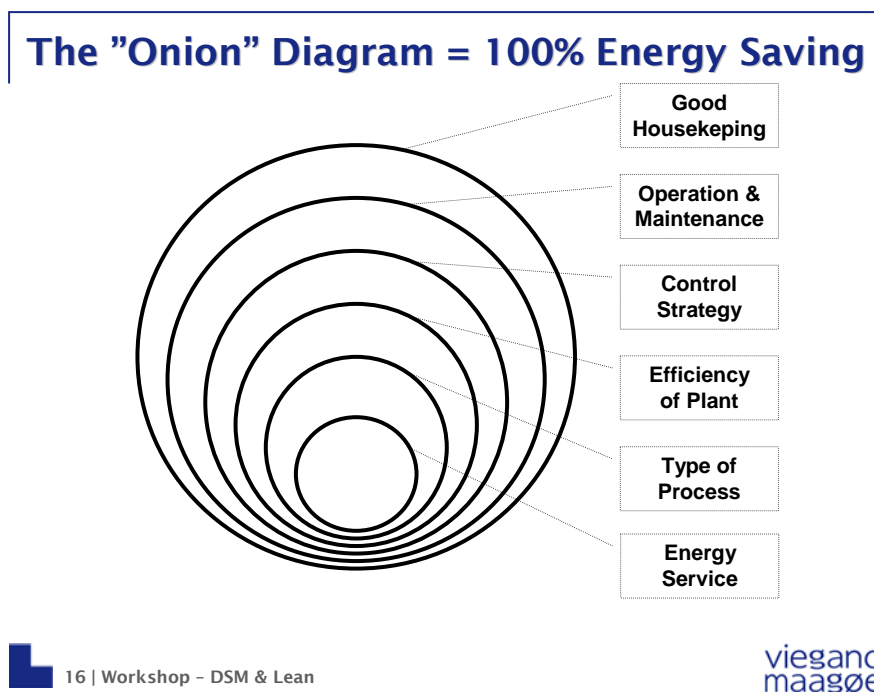
Energikonsulenten arbejder typisk med følgende aktiviteter:

- Dataindsamling således at energiforbrug kan kortlægges på hovedområder
- Måleteknik, typisk måling af elforbrug på større motorer
- Opstilling af principdiagrammer for forsyningsanlæg og produktion
- Analyse af tekniske anlæg og besparelser
- Identifikation af energispild
- Opstilling af beslutningsgrundlag for anlægsændringer (teknik og økonomi)
- Etablering af ledelsessystemer inden for energi (DS2403)

A-konsulent vil typisk arbejde med de 4 første "pinde", mens B-konsulent dækker hele paletten.

### 3.2.2 Løgdiagrammet

Det er vigtigt at forstå, at arbejde med energieffektivisering kan dække et bredt spektrum af problemstillinger som illustreret i ”løgdiagrammet” nedenfor.



Figur 2. "Løgdiagrammet" for energibesparelser

Diagrammet viser, at energibesparelser i sin yderste konsekvens vedrører flere problemstillinger:

- "Good housekeeping" – det vil sige, at personale ikke bruger unødigt med energi
- "Operation & maintenance" – det vil sige, at procesoperatører m.fl. håndterer anlæg korrekt
- "Control strategy" – det vil sige, at kontrolstrategi og -system er tilstrækkelig præcist/avanceret
- "Efficiency of plant" – det vil sige om der anvendes et anlæg med høj vs. lav virkningsgrad
- "Type of process" – det vil sige om den valgte anlægstype er optimal
- "Energy service" – det vil sige om det basale energibehov kan reduceres

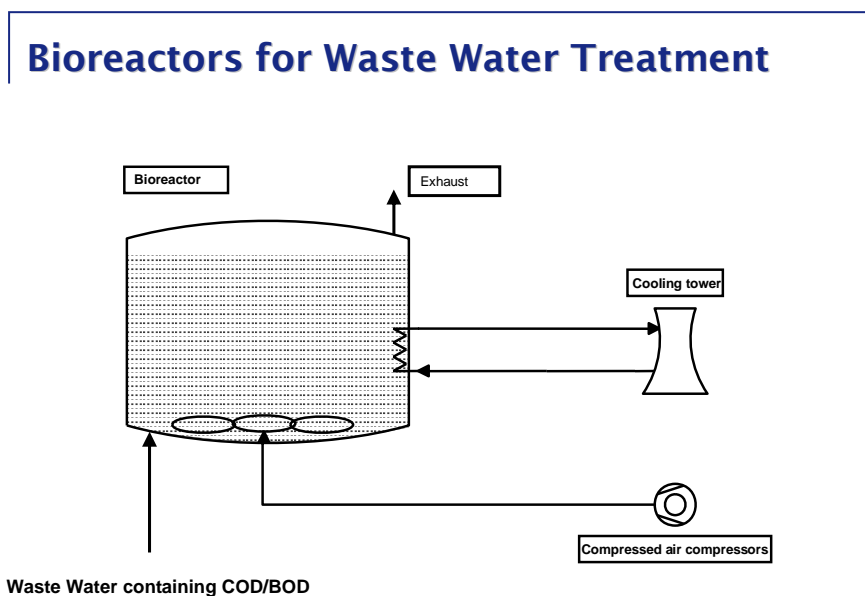
Jo tættere på løgets kerne man kommer, desto mere tværfaglig vil opgaven typisk være og ofte er besparelser relateret til "Energy service" (energitjenesten) direkte bestemt af produktionsforhold og produktkrav snarere end af energitekniske forhold.



Det kan som udgangspunkt forventes at ”B-konsulenter” er i stand til at dække hele ”løget” medens ”A-konsulenter” dækker ringene til og med ”Efficiency of plant”.

### 3.2.3 Eksempel

Nedenstående figur viser et eksempel, hvor energikonsulentens kompetenceniveau er afgørende for hvorledes opgaven løses.

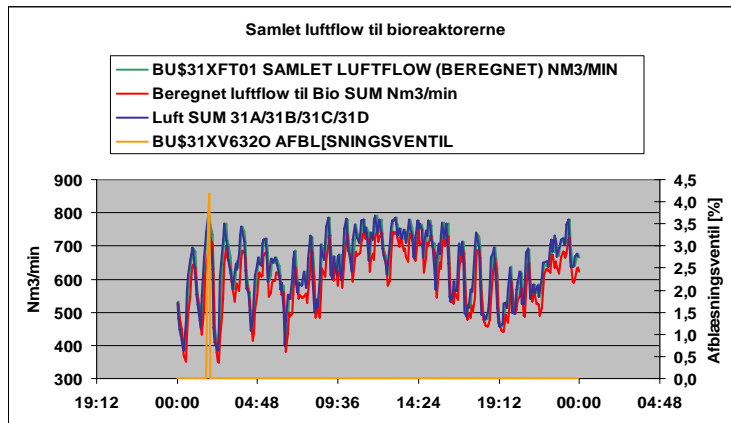


Figur 3. Bioreaktor til spildevandsbehandling.

Figuren viser en bioreaktor (flere reaktorer i det pågældende system), hvor spildevand indeholdende COD/BOD beluftes for at omsættes og siden bortledes.

Luftbehovet varierer gennem processens forløb og spørgsmålet er hvorvidt anlæggets procesluftkompressorer anvendes effektivt.

## Bioreactor – Required Air Flow for Process

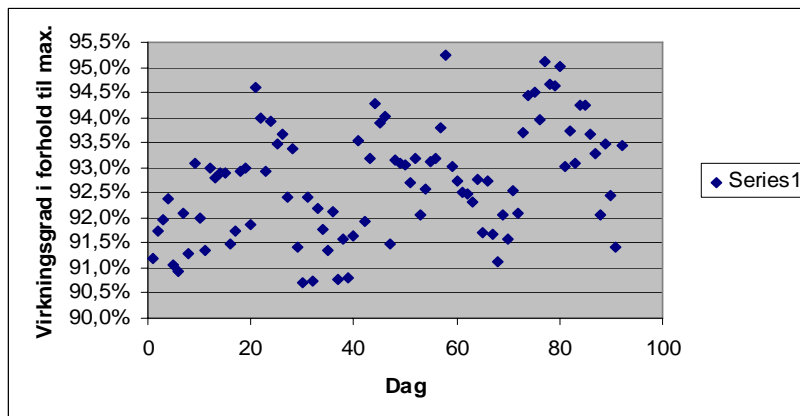


Significant fluctuations impairs compressor efficiency

Figur 4. Variation i luftbehov til bioreaktorer.

Energikonsulenten vil typisk adressere kompressordriften og finde kurver for luftbehovets variation (vist i figur 4 ovenfor) og variationer i kompressorvirkningsgrad (figur 5).

## Efficiency of Compressor Station

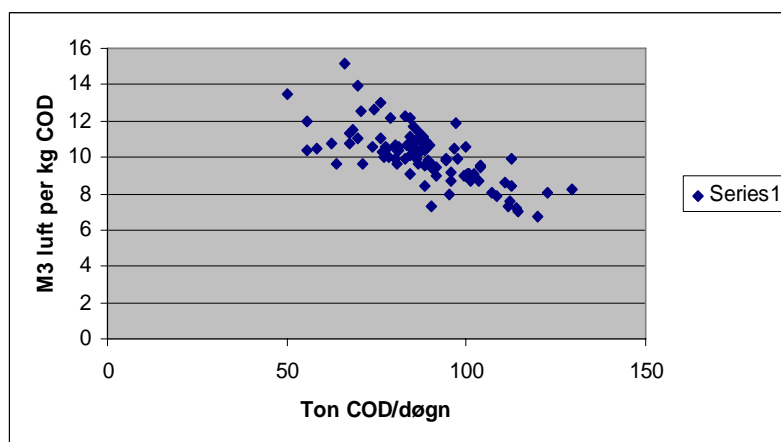


- Not including losses from start-up and blow off

Figur 5. Variation i virkningsgrad for kompressor anlæg i forhold til maksimal virkningsgrad (100 %).

Brug af løgdiagrammets indre ringe vil adressere luftbehovet i processen.

### m3 luft per kg COD ift. ton COD per døgn



- Stort luftoverskud ved lav belastning?
- Er der et teoretisk minimum?

7 | Workshop - DSM & Lean

viegand  
maagøe

Figur 6. Luftforbrug per kg. COD ved stigende belastning af bioreaktorer (belastning i ton COD per døgn).

Det fremgår af figur 6 at der ved lave belastninger af bioreaktorerne er et meget større forbrug af luft per kg. omsat COD end ved høje belastninger, hvilket tyder på et meget stort besparelsespotentialt ved at styre processen optimalt i forhold til COD-mængden, der skal fjernes.

### 3.3 Typiske arbejder for energiselskabernes energirådgivere

Danske energiselskaber er pålagt, som led i den danske energi- og klimastrategi, at medvirke til reduktion i energiforbruget i Danmark. Denne forpligtelse har selskaberne arbejdet med siden starten af 90'erne. I de sidste 5 år er ordningen undergået forskellige forandringer, og er i dag fokuseret mod egentlig reduktion i forbrug, modsat tidligere, hvor fokus lå på de aktiviteter, der skulle føre til forbedringer.

I dag arbejder energiselskaberne under fuld metodefrihed. Det vil sige, at der ikke er begrænsninger eller regler for, hvilke aktiviteter selskaberne må arbejde med, så længe det fører til energibesparelser. Det er i dag også muligt for et energiselskab at godskrive energibesparelser indenfor alle forsyningsarter, ligesom et selskab kan godskrive besparelser i andre forsyningsområder, blot der er indgået aftale med konkrete kunder om, at energibesparelser "tilhører" en bestemt selskab – sådan rent dokumentationsmæssigt.

Hvor der tidligere var udarbejdet et såkaldt "koncept for energirådgivning", udviklet i 1990 af energiselskaberne og Dansk Energi, og som de enkelte energiselskaber arbejdede under, er det i dag langt mere broget.

Mange energiselskaber arbejder i dag sammen med kunderne om dokumentation af energibesparelser, hvor selskabet ”involvering” kan være af finansiel karakter (tilskud) eller medvirken ved anden form for dokumentation.

”Traditionel” energirådgivning, der omhandler teknisk energikortlægning, analyse og forslag til forbedringer finder fortsat anvendelse, men fokus på omkostningseffektive energiforbedringer har medført en betydelig benchmarking af, hvor de enkelte selskaber opnår størst mulig effekt.

### **3.4 Typiske kvalifikationer**

Traditionelt set har energirådgivere ansat hos energiselskaberne typisk været (og er) personer med teknisk baggrund. Det kan være maskiningeniører, stærkstrømsingeniører, maskinmestre og installatører. Der er aldrig udviklet en egentlig uddannelse/kursusrække for personer, som ønsker at arbejde som energirådgivere.

Tidligere havde Dansk Energi en ”grunduddannelse”, der kunne suppleres med separate kurser i de enkelte tekniske discipliner som ”trykluft”, ”ventilation”, ”pumper” og lignende. Men uddannelsen har ikke været udbudt i flere år.

Energiselskabernes energirådgivere har typisk erfaring fra tekniske afdelinger i produktionsvirksomheder, fra rådgivende ingeniører eller fra elselskabernes installationsafdelinger.

I dag er der registreret 33 energisynskonsulenter (A + B), jf. ovenfor. Af disse er 15 konsulenter ansat hos energiselskaberne.

Det findes ikke noget samlet billede af antallet af energirådgivere, men ifølge Dansk Energis energirådgiverliste udgør ”korpset” af energirådgivere ca. 150 i 2009.

### **3.5 Succeskriterier anno 2009**

I juni måned 2006 blev der indgået en politisk aftale om den fremtidige energispareindsats. Sigtet med den politiske aftale er, at skabe robuste rammer for en øget omkostningseffektiv og markedsorienteret besparelsesindsats, der sætter fokus på realisering af rentable besparelser til gavn for forbrugere, virksomheder og det danske samfund. Målet med aftalen er, at det samlede energiforbrug (ekskl. transport) skal falde.

Den politiske aftale fastlægger et samlet mål for konkrete dokumenterbare energibesparelser på i gennemsnit 7,5 PJ (svarende til ca. 1,7 % af energiforbruget i forbrugsleddet) pr. år over perioden 2006-2013. De øgede besparelser skal for en væsentlig dels vedkommende opnås ved, at net- og distributionsselskaberne inden for el, naturgas, fjernvarme og olie leverer flere energibesparelser.

For at opnå de ambitiøse mål får energiselskaberne metodefrihed. Som led heri har selskaberne i forhold til tidligere mulighed for - og incitament til - at opnå de aftalte besparelser til lavest mulige omkostninger.

Alle initiativer hos slutbrugeren, som medfører en reduktion af behovet for tilførsel af energi, kan medregnes. Udover traditionelle energispareinitiativer, som reducerer energiforbruget hos slutbrugeren, kan andre lokale teknologier som fx solfangere, solceller og varmepumper medregnes.

Herudover kan medregnes initiativer hos slutbrugeren, som medfører en energibesparelse i forsyningssystemet. Det kan fx være øget afkøling af fjernvarmevandet og andre initiativer hos slutbrugeren, som betyder en besparelse i det kollektive forsyningssystem. I forbindelse med fleksibelt elforbrug kan en evt. reduktion af elforbruget medregnes, samt en evt. øget effektivitet i systemet som følge af et mere fleksibelt forbrug.

Selskaberne kan gennemføre besparelser uden for eget forsyningsområde og uden for egen energiart. Som led i at sikre en omkostningseffektiv indsats, kan selskaberne gennemføre konkrete besparelsetiltag efter aftale med slutbrugere eller på anden vis medvirke til realiseringen af besparelserne. Alle selskaber uanset ejerforhold har lige muligheder og vilkår for realisering af energibesparelser.

Hovedprincippet er, at selskaberne kan godskrives for de besparelser, der er knyttet til de aktiviteter, som selskaberne medvirker til. Der skal således være en sammenhæng mellem aktivitet og besparelser. Selskaberne kan ikke godskrives for besparelser, som kommer, uden at selskaberne er involverede.

Selskaberne sikrer, at der foreligger en dokumentation af de realiserede energibesparelser, som indgår i selskabernes målopfyldelse. Dokumentationen skal indeholde en sammenhæng mellem aktivitet og den opgjorte besparelse, og i det omfang, der er tale om besparelser, som er gennemført hos en konkret forbruger, skal denne kunne identificeres, således at det er muligt at tjekke, om besparelsen er gennemført.

I forbindelse med længerevarende rådgivnings- og implementeringsforløb, kan et selskab indgå en tidsbegrænset aftale med en forbruger om at de realiserede besparelser ”tilhører” selskabet.

## 4 Lean processen

I dette kapitel præsenteres Lean landskabet for energikonsulenten, idet der tages udgangspunkt i Lean forløbet, som det er skitseret af James P. Womack og Daniel T. Jones suppleret med Lean erfaring fra Teknologisk Instituts Lean konsulenter. Hvordan griber man Lean an? Hvad er arbejdsforløbet? Hvilke værktøjer findes og benyttes? Hvordan fastholdes indsatsen og arbejdet?

Vi begynder også at pege på, hvordan energikonsulenter og fokus på energieffektivisering kan tilføre Lean forløbet yderligere værdi. Det er dog kapitel 5, der primært tager fat i dette emne.

### 4.1 Forløbet fra salg til fastholdelse

Faserne i et Lean projekt kan (lidt firkantet) skitseres som i tabellen nedenfor. Af tabellen fremgår både en faseinddeling baseret på traditionel ”Lean Thinking” og en faseinddeling baseret på projektgruppens egen forståelse af et Lean projekt. Desuden listes for hver fase en kolonne med relevante Lean værktøjer og -aktiviteter henholdsvis energirådgivningsværktøjer og -aktiviteter, som vi ser det. Hver kolonne i tabellen læses ovenfra og ned:

Projektgruppens forståelse	Lean forståelsen (Womack & Jones)	Lean værktøjer/aktiviteter	Energirådgivningsværktøjer/aktiviteter
Før salg		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benyt eksisterende data og regnskaber for at synliggøre værdien af et Lean forløb</li> <li>• Evt. hurtig analyse af overarbejde og skifteholds forløb i praksis</li> </ul>	
Salg af Lean-forløbet		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Målsætning fra ledelsen</li> </ul>	
Analyse/ Diagnose	Identificér de værdiskabende aktiviteter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificer hvilke aktiviteter, der tilfører produktet værdi – set med kundens briller. Alt, som ikke tilfører værdi er SPILD!</li> <li>• Spild = MUDA opdeles i 7 spildformer: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overproduktion. Lave mere end, der er behov for lige nu</li> <li>2. Ventetid. Mennesker eller nøgleudstyr, der venter/kører tomgang</li> <li>3. Unødvendig transport og dobbelt- eller tredobbelt håndtering af informationer, varer eller udstyr enten fordi layout er (blevet) uhensigtsmæssigt eller fordi informationer er mangelfulde, forkerte eller for sene</li> <li>4. Processpild – bruge mere tid end nødvendigt. Skyldes ofte mangelfuldt vedligehold af værktøj, fixtur og udstyr. Overprocesse - gøre mere ud af produkt end nødvendigt</li> <li>5. Lager. Unødvendigt lager. Ofte sammenhæng til overproduktion, dårlig planlægning, dårlig kvalitet, dårligt vedligeholdt udstyr m.v. Lagre skjuler en myriade af andre problemer</li> <li>6. Unødvendige bevægelser = bevægelser som ikke tilfører værdi: lede efter, hente/bringe,</li> <li>7. Fejl – er ikke blot de emner der fejlproduceres, men også konsekvenserne af fejl: vente på udbedring, omarbejde, sortere, ekstra tid til kundensnak osv.</li> </ol> </li> <li>• Tavler hvor mål og målopfyldelse kan følges</li> </ul>	Potentielle besparelser synliggøres vha. målinger og nøgletal

Implementering	Kortlæg værdi-strømmen og reducer ikke værdiskabende aktiviteter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VSM</li> <li>• OEE</li> <li>• Kaizen-aktiviteter</li> <li>• Kaizen blitz-aktiviteter</li> <li>• SMED</li> <li>• 5S</li> <li>• TPM</li> </ul> <p>En række metoder, der fjerner/reducerer de 7 spildformer. 5S er ofte overset: alt på plads – plads til alt. Mange unødige skridt, ventetid, lede efter og fejl skyldes mangel på 5S</p>	<p>Belyse energiforhold/besparelser ved de optimeringer Lean aktiviteterne peger på.</p> <p>Fx:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- reduktion af driftstimer</li> <li>- minimering af overtid</li> <li>- Evt. fjerne hele skift</li> <li>- minimering af fejl</li> <li>- (5 % fejl = 5 % tid)</li> <li>- - de 7 spildformer</li> </ul>
	Skab flow i værdi-strømmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaizen-aktiviteter</li> <li>• Kaizen blitz-aktiviteter</li> <li>• Jobnedbrydning til forbedring af standarder</li> </ul> <p>Når der er blevet mere stabilitet arbejdes på at varer ikke ligger stille og venter på næste proces: gennemløbstid og seriestørrelser reduceres fordi opstillingstid er kortere, nedbrud færre og kortere og kvalitet bedre</p>	
	Indfør trækproduktion (Pull)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaizen-aktiviteter</li> <li>• Kaizen blitz-aktiviteter</li> <li>• Opsætning af u-celler</li> <li>• Indretning af kanban-systemer</li> <li>• Analyse af nedbrud og fejl</li> <li>• Kanban-mængder</li> </ul> <p>Når der er kommet flow ændres gradvist fra produktion efter prognoser til mellemlagre til at producere efter konkret efterspørgsel, alle lagre bliver mindre og omsættes hurtigere</p>	
Fastholdelse, herunder medarbejderinddragelse	Stræb efter det perfekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Målstyring</li> <li>• Kaizen-aktiviteter</li> </ul> <p>Der arbejdes kontinuerligt og struktureret på, at forfine alle ovenstående trin. Hele tiden at reducere fejlmængde, hele tiden at reducere gennemløbstid, hele tiden at reducere lagre</p>	Løbende målinger/dataopsamling og synliggørelse vha. gode nøgletal og sigende kurver

Tabel 1



Den traditionelle Lean Thinking har fokus på reduktion af gennemløbstid fra første kundehenvendelse til fakturering. Overordnet er baggrunden dog, at sikre tilfredshed:

- a) Tilfredse kunder
- b) Tilfredse aktionærer
- c) Tilfredse medarbejdere

Hertil bemærkes, at kundetilfredshed, måles på QCD (Quality, Cost, Delivery), altså på kvalitet, omkostninger og levering (hurtig og præcis).

Både Lean konsulenter og interne medarbejdere i virksomheden er meget bevidste om, at der skal værre gevinster for virksomheden ved implementering af Lean. Gevinsterne måles af kunden! På nævnte nøgletal. For virksomheden er gevinsterne sparede timer (omkostninger) og reduceret kapitalbinding til lagre og igangværende arbejde.

Lean Thinking beskæftiger sig ikke meget med, hvad der går forud for et Lean projekt, men lidt mere for, hvordan et Lean forløb sælges ind i en virksomhed. I projektgruppen mener vi, at disse elementer er afgørende for et Lean projekts succes, og de er derfor med i tabellen ovenfor.

Fasen ”Før salg” dækker udgangspunktet for Lean projektet, det vil sige de eksisterende kompetencer, faciliteter m.v. i virksomheden og i Lean huset, samt relationerne mellem virksomheden og Lean huset.

I denne fase og over i fasen ”Salg af Lean-forløbet” sker der ofte følgende:

Lean konsulenten skal – ofte sammen med virksomhedens leder eller ledelse – på relativ kort tid kunne redegøre for, at der fornuft (= økonomi i), at starte en Lean proces op og dermed indføre Lean kulturen i virksomheden. Derfor udarbejdes i samarbejde nogle relativt simple og hurtige analyser ofte baseret lige så meget på fornemmelser som fakta. Den hyppigste og sikreste metode er, at gennemføre en kortlægning af SPILD, evt. via en frekvensanalyse, men i øvrigt er følgende indsatse hensigtsmæssige til at få et hurtigt overblik over, hvor der er spild:

- Begynd VSM med procesfokus for at anskue procesflaskehalse
- Der kan også ses på virksomhedens dagligdag med operatør-fokus og opstilles en ”let” frekvensanalyse
- Undersøg ”Red Bin” – det vil sige fejl, reklamationer og processpild. Se efter ”hvad der ligger i skraldespandene”
- Hvordan arbejdes – antal skift, overarbejde mv. og hvordan bruges arbejdstiden? Hvad er grøn tid (værdiskabende tid – set med kundens briller)? Hvad er gul tid (ikke værdiskabende, men nødvendig tid, fx klargøring, omstilling)? Og hvor meget af tiden er rød tid (ikke værdiskabende og ikke nødvendig tid, fx unødvendig gå/transport, ventetid, overproduktion, uhensigtsmæssig fremstilling, unødvendige lagre mv.)?

- Herefter vurderes hvor stor en del af virksomhedens gule og særligt røde tid, der kan konverteres til grøn værdiskabende tid, og hvilke positive konsekvenser det vil kunne medføre for driften? Og i sidste ende hvilken værdi vil dette estimeret kunne tilføre virksomhedens regnskab (bundlinje)?

Ovenstående vil i mange tilfælde være så perspektivfuldt, at virksomhederne ofte aftaler et pilotprojektforløb eller et decideret større forløb med indførelse af Lean i hele virksomheden.

Det kan fx være en begyndende VSM med procesfokus for at anskue procesflaskehalse. Der kan også ses på virksomhedens dagligdag med operatørfokus og opstilles en ”let” frekvensanalyse. Hvordan arbejdes – antal skift, overarbejde mv. og hvordan bruges arbejdstiden? Hvad er grøn tid (produktionsværdi/kundeværdi)? Hvad er gul tid (klargøring, omstilling)? Og hvor meget af tiden er rød tid (gå/transport, ventetid, overproduktion, uhensigtsmæssig fremstilling mv.)?

Herefter vurderes hvor stor en del af virksomhedens gule og særligt røde tid, der kan konverteres til grøn værdiskabende tid og hvilke positive konsekvenser det vil kunne medføre for driften, og i sidste ende hvilken værdi vil dette estimeret kunne tilføre virksomhedens regnskab (bundlinje).

Ovenstående vil i mange tilfælde være så perspektivfuldt, at virksomhederne ofte aftaler et pilotprojektforløb eller et decideret større forløb med indførelse af Lean i hele virksomheden.

Den fase projektgruppen har kaldt ”Analyse/Diagnose”, går på tværs af to af faserne inden for traditionel Lean Thinking. Her begynder arbejdet for alvor. Ovenstående skal analyseres nøjere og flere værktøjer tages i anvendelse alt efter virksomhedens type, strategi og behov for at basere sine resultatmål for implementering af Lean på målbare fakta (frem for fornemmelser).

Det er her, energirådgiveren med sine målinger, nøgletal og dataopsamlinger kan være med til at synliggøre hvilke optimeringer, der er rentable at arbejde videre med og hvilke Lean aktiviteter der hermed bør prioriteres.

Nedenfor er ”de traditionelle” Lean arbejdsprocesser beskrevet nærmere med primær fokus på selve implementeringen og fastholdelse.

## 4.2 Lean-metoder. Teori og filosofi

Før processen går i gang er der ofte en strategiproces (fx Balanced ScoreCard – se nedenfor), hvor de overordnede mål for virksomheden lægges fast. Med udgangspunkt i de mål kommunikeres processen ud. En Lean proces er en aktiv proces, som foregår på ”shop floor” (Gemba eller der hvor der skabes værdi), men som skal drives af en aktiv ledelse som holder øje med om mål og delmål nås.

Målet for første del af en Lean proces er at skabe stabile processer, og det er her det komplekse ved en Lean proces kommer ind. For hvordan ser vi problemerne? Hvordan og hvor får vi startet med at få problemerne løst?

I bogen ”Lean Thinking” af Womack og Jones er indførelsen af Lean beskrevet i 5 trin. Fokus i dette forløb er flowrelateret, og bruger man disse trin i udgangspunkt for sit implementeringsforløb, skal man tage højde for hvilke problemer virksomheden ønsker at løse og som altid bruge sin sunde fornuft.

De 5 trin er:

- Trin 1:** Identificér de værdiskabende aktiviteter (grøn tid)
- Trin 2:** Kortlæg værdistrømmen og reducer ikke værdiskabende aktiviteter (fjern rød og reducer gul tid)
- Trin 3:** Skab flow i værdistrømmen
- Trin 4:** Indfør trækproduktion (Pull)
- Trin 5:** Stræb efter det perfekte

### 4.2.1 Trin 1: Kundeværdi

Processen i trin 1 har kundefokus og er først og fremmest en proces, hvor ledelsen skal finde frem til fokusområder for Lean processen. De spørgsmål der skal besvares er: Hvad har værdi for kunderne? Og hvor har vi svært ved at møde vores kunders behov? Husk, at kundens tilfredshed primært måles på QCD (Quality, Cost, Delivery), altså på kvalitet, omkostninger og levering (hurtig og præcis). Fokus er: hvilke af virksomhedens aktiviteter understøtter kundeværdi, hvilke ikke.

#### **Eksempel:**

Tid, det vil sige kort levering er vigtig for kunden. I bestræbelserne på at opfylde dette kundensønske etablerer virksomheden færdigvarelagre. Men... (unødvendige) færdigvarelagre er spild og understøtter ikke ønsket om lav pris (Cost). Derfor bliver indsatsen under ”trin 2 – at reducer de ikke værdiskabende aktiviteter” at finde produktionsmetoder, så kundens ønske om hurtig levering kan imødekommes uden færdigvarelagre. Følges tanken videre kunne årsagsvirkningskæden pege videre frem på: for at producere hurtigt til kunden (næsten) uden færdigvarelagre, må maskinernes opetid forbedres, omstillingstid reduceres og kvaliteten øges. Samtidig må virksomheden via lagerstyring (evt. kanban) øge sin sikkerhed for ikke at mangle råvarer eller komponenter.

Processen er en analyseproces, hvor virksomheden ser på historiske data og på hvilke krav kunden måtte stille i fremtiden (spørg dem evt. direkte), og derudfra tager beslutning om den fremadrettede proces for virksomheden.

Metodisk kan man videre opstille følgende overskrifter:

Omkostninger, kvalitet, levering og medarbejdere.

For hver overskrift opsættes mål, og gerne mål som kan opfølges på afdelingsniveau – stadig med kunden i fokus. Ofte er det afdelingerne der selv sætter mål, det vil sige, at det er mellemleder/ værkfører og medarbejder selv, der sætter de mål, som de mener, de har indflydelse på ud fra de overordnede overskrifter. Det skal gerne være dedikerede repræsentanter fra virksomheden der involveres i arbejdet, som tør og er i stand til, at nytænke eksisterende veje, metoder og teknologier.

Det er væsentligt, at værktøjerne her medfører synlighed i processen. Derfor benytter man ofte at opsætte tavler på meget synlige steder (i produktionen), hvor mål og målopfyldelse kan følges. Tavleteknikken kan ligeledes med fordel benyttes til flere af de efterfølgende trin.

#### **4.2.2 Trin 2: Værdikæder**

Processen i trin 2 er at få et overblik over alle processer fra kundeforhold via produktion til levering, fakturering og modtagelse af betaling. Målet er at skabe gennemsigtighed i flowet, således at medarbejderne kan få øje på spild og unødvendige processer.

Analyseværktøjet er VSM (værdikæde analyse), som viser varens ventetid i processen (lagre af igangværende arbejde), varens samlede gennemløbstid og den værdiskabende tid (værdiskabende procestid udgør ofte < 2 % af varens samlede gennemløbstid fra råvare til færdigvare), flaskehalse i processen og årsag til flaskehalse, og heraf de nødvendige indsatsområder. Målet er at udarbejde et fremtidigt flow, hvor de største flaskehalse for delprocesser er bearbejdet/elimineret, og at det er afstemt med virksomheds strategi. VSM-analysen udarbejdes ofte i fællesskab med de personer som har indflydelse på processen. Andre analyseværktøjer er OEE, som giver retningslinjer for produktionstid sat i forhold til nedetid, fejl etc.

Det er efter analysen, hvor indsatsområderne skal implementeres, at de fleste værktøjer kommer i spil. Værktøjerne vælges efter hvilke problemstillinger der dukker op, når man analyserer på produktionen.

Tavlen vil blive brugt til at synliggøre indsatsområder, og de splittes op i små løbende forbedringer (kaizen aktiviteter), og større forbedrings aktiviteter (Kaizen blitz aktiviteter). Formålet er at eliminere spild og skabe stabilitet i processerne. De små løbende forbedringer varetages af medarbejderne selv, mens de øvrige aktiviteter varetages af udpegede medarbejdere og ledes enten af en Lean manager eller en mellemleder.

Værktøjerne er fx (se i øvrigt forklaringer på forkortelser bagerst i rapporten):

- SMED: Reducering af omstillings tid
- 5S: Systematik og orden, som reducerer tid til at finde ting og synlighed i arbejdsproces på den enkelte arbejdsplads
- TPM: Løbende vedligehold, som skal sikre at der ikke er uplanlagte nedbrud på maskiner.

#### **4.2.3 Trin 3: Flow**

Når virksomheden har opnået stabilitet i processerne, arbejder virksomheden videre med at optimerer på flow i produktionen. Det vil sige at følger op på de forbedringer, der er foretaget og tænker i optimering fx ved at reducere i varer i arbejde.

Aktiviteterne er små og store løbende forbedringer, layout ændringer og audit til fastholdelse af det som er opnået. De små løbende forbedringer varetages fortsat af medarbejderne selv, mens de øvrige aktiviteter varetages af udpegede medarbejdere og ledes enten af en Lean manager eller en mellemlider.

Værktøjerne er fx:

- Job nedbrydning til forbedring af standarder

#### **4.2.4 Trin 4: Pull**

Princippet ved trækproduktion er, at der ikke produceres noget før der er afgivet en ordre. Det er målet at undgå overproduktion med deraf medfølgende mellemlagre og unødige ekstra håndteringer. Sagt med andre ord: Ønsket er Lean produktion hvor hver delproces kun udfører det, den næste proces har brug for – når den har brug for det (Just in time).

Aktiviteterne er stadig små og store løbende forbedringer, opsætning af u-celler, indretning af kanbansystemer mv.

Værktøjerne er fx:

- Analyse af nedbrud, fejl, kanban-mængder og JIT.

#### **4.2.5 Trin 5: Forbedringskultur**

Er virksomheden kommet igennem de første 4 trin og kan holde fast ved forbedringerne, har virksomheden fået opbygget en kultur, som til stadighed stræber efter det perfekte:

- Ingen fejl – varer er som kunden forlanger den
- En af gangen – et stk. produktion
- Lige når kunden ønsker det

- Reaktion øjeblikkeligt på problemer og forandringer
- Intet spild
- Godt arbejdsmiljø

### **Målstyring**

En Lean proces styres ofte af, hvad der er virksomhedens udfordringer.

Målstyring handler om at nedbryde virksomhedens strategiske målsætninger til forståelige mål (kvalitet, levering, omkostninger, sikkerhed) for operatørerne. Det er en løbende konsensusproces, der sikrer fælles forståelse af virksomhedens mål på alle niveauer – så alle arbejder i samme retning.

Ved at benytte målstyring, får man en synlig indikator for, hvordan det egentligt går – fakta frem for fornemmelser. Og man får mulighed for sammen (hurtigt) at reagere på udviklingen.

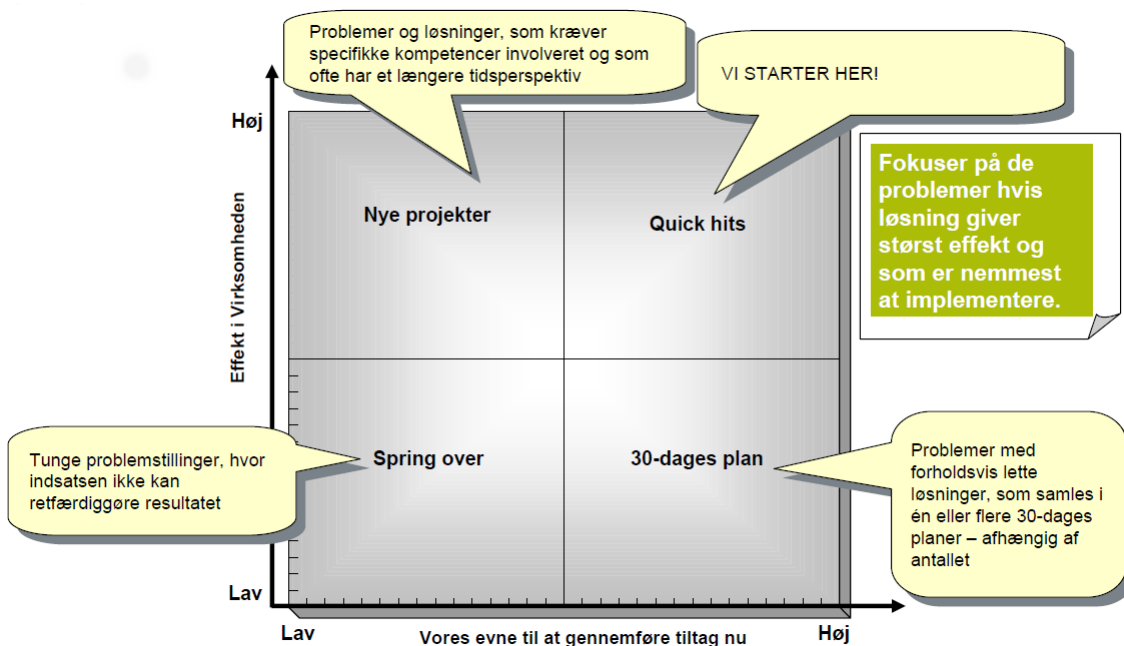
Man kan også have såkaldte ”bløde mål” blandt de ”hårde”, som fx som her fra et hospital:

- Reducere bunker af ventende journaler, patienter, mm.
- Nedbringe antallet af fysiske håndteringer i papirgange
- Optimere opgavefordeling imellem klinikkens faggrupper

De ”bløde mål” bør kobles sammen med nogle succeskriterier, der belyser hvilke forbedringer man ønsker og stræber efter at opnå, ved at komme i hus med målene.

Til at hjælpe med at sikre gode, brugbare mål findes der også værktøjer – Anvend evt. SMART metoden til at vurdere kvaliteten af målene (Er de: Specifikke, Målbare, Accepterede, Realistiske, Tidsbestemte?)

For at kunne forholde sig kritisk til hvilke mål, problemer og løsninger der skal, bør og ikke bør prioriteres, kan man benytte sig af værktøjet ”prioriteringsmatricen”, der synliggøre implementerbarhed i forhold til effekt. se figur 7.



Figur 7.

Som det fremgår af figur 7, skal man starte med at gå efter de opgaver i virksomheden, der ligger i øverste højre kvadrant. Her finder man, at en løsning vil have stor effekt samtidigt med, at det er relativt enkelt (ukompliceret, hurtigt, billigt), at ændre nu-situationen til en bedre ny.

**Balanced ScoreCard** er en mulig ledelsesmetode til identificerer virksomhedens kritiske aktiviteter og succesfaktorer. Det er en metode der har vundet relativt stort indpas, som et redskab til at arbejde med og formulere virksomhedens strategi. Modellen tager udgangspunkt i følgende 4 perspektiver:

- Økonomi og effekt
- Kunder
- Interne processer (herunder medarbejderne)
- Læring og vækst

Balanced Scorecard sætter fokus på de kritiske succesfaktorer - det vil sige det, som virksomheden skal være god til for at føre sin strategi ud i livet.

### **Kaizen – løbende forbedringer**

Udgangspunktet for at indføre Lean er at virksomheden ønsker om: Lavere omkostninger, højere kvalitet (eller ingen fejl), kortere leveringstid, godt arbejdsmiljø. Det er disse ønsker, der bliver kvantificeret og omsat til mål som virksomheden jagter.

Sideløbende eller efterfølgende med at der er udført VSM'er på selve produktionsflowet gennemføres der Kaizen processer, hvor alle gode idéer og problemer kommer til overfladen. I mange virksomheder afholdes der ugentlige tavlemøder, således at der til stadighed bliver diskuteret og løst problemer.

Alle gode idéer bliver prioriteret i forhold til udbyttet i kr. og tid og indsatsen, der skal til for at gennemføre forslaget (evt. ved hjælp af ”prioriteringsmatricen”).

Langt de fleste forslag er lette at gennemføre uden de store investeringer, og med et rimeligt udbytte. Det som ofte er svært, fordi det er en ny måde at tænke på, er at finde den grundlæggende årsag til problemet, og dermed sikre at det er løst for altid.

For ¼ af alle problemer kan den grundlæggende årsag blotlægges ved metoden: at spørge 5 gange hvorfor. For omkring 65 % af problemerne kan årsager og løsninger findes ved gængse problemløsningsværktøjer. De få sidste problemer skal bearbejdes med mere detaljerede analyseværktøjer, for at finde de rigtige løsninger.

Idéer til forbedringer hentes fra forskellige inspirationskilder. En af dem er målstyringen, hvor en dårlig målscore vil give anledning til at man vil søge efter løsninger til at rette op på resultaterne. En anden er medarbejderne selv, der bliver trænet i at stille spørgsmål til egen hverdag. Dette arbejde kan hjælpes i gang ved at der sættes fokus på forskellige problemstillinger, det kan være en bestemt spildform (lager, transport, etc.) eller ressourcespild (råvarer, vand, el mv.).

I nogle tilfælde kan man med fordel afholde Kaizen Blitz arrangementer/processer. Udtrykket bruges, når forbedringer gennemføres i et koncentreret forløb over kort tid, fra 1 dag til en uge. Det er et intensivt forløb, der involverer alle ledere og medarbejdere, som sammen skaber hurtige og markante resultater. Der er således tale om en komprimeret sammenhængende implementeringsproces – fra analyse til implementering og justering.



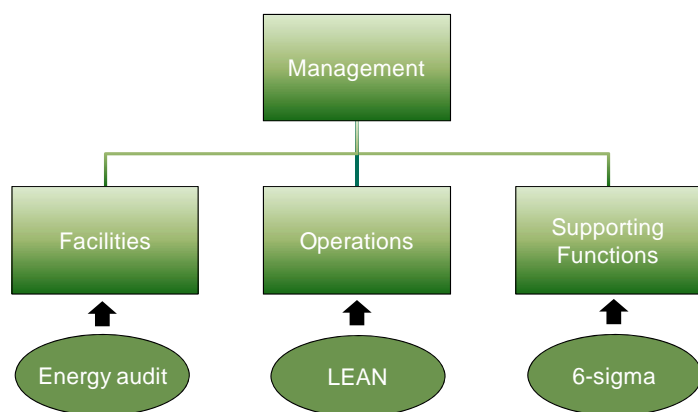
## 5 Energikatalog for Lean konsulenter

I dette kapitel er beskrevet, hvorledes den typiske energirådgiver kan bistå et Lean hus i nogle helt grundlæggende processtrukturer, som et Lean forløb ofte er bundet sammen af.

### 5.1 Lean kontra energi

Optimering af driften står i højsæde for både energikonsulenten og Lean arbejdet i industrien – men udgangspunktet, tilgangen og arbejdsmetoderne er vidt forskellige. Hvor energikonsulentens målsætning oftest er fuldt fokuseret omkring energieffektivisering kigger Lean konsulenten på hele produktionsapparatet heriblandt kapacitet, kvalitet, fejlminimering, tider og flow. Til gengæld opleves ofte manglende kendskab til energiforbrug og ikke mindst energiomkostninger.

Den første forskel, der springer i øjnene, blandt de to verdener er den organisatoriske tilgang:



Figur 8. Organisatorisk indgang

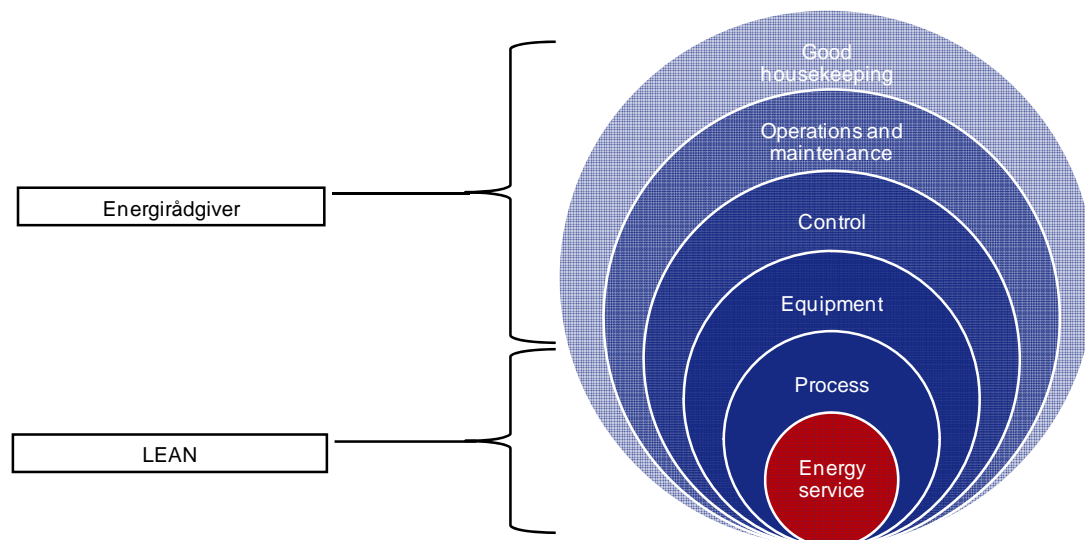
Figuren indikerer, at energikonsulenten traditionelt har sin arbejdsgang blandt det tekniske personale, der primært er beskæftiget med drift og vedligehold. I dette kapitel er beskrevet, hvorledes den typiske energirådgiver kan bistå en Lean organisation i nogle helt grundlæggende processtrukturer. Med udgangspunkt i det gængse Lean forløb er der opstillet 4 hovedområder, hvor energikonsulenten kan bidrage:

1. Energibalancer
2. Key Performance Indicator (KPI)
3. Værktøjer
4. Standard Operational Procedures (SOP)

Disse fire områder er nærmere beskrevet senere i dette kapitel.

## 5.2 Løgdiagrammet og energispild

Løgdiagrammet nedenfor viser, hvor i produktionen optimeringsarbejdet for Lean og energi ”traditionelt” foregår:



Figur 9. Løgdiagrammet.

Det er erfaret, at energikonsulententypisk tager fat hvor energien leveres – så at sige, hvor energiregningen betales. Omvendt har Lean (og 6-sigma) organisationer deres gang blandt operatører, planlæggere, procesingeniører og andre med stor indflydelse på selve afviklingen af produktionen – så at sige, hvor energien nyttiggøres. I løgdiagrammet kan man således sige, at Lean organisationen ofte initierer energibesparelser i de inderste dele, mens energikonsulententraditionelt identificerer energibesparelser i de ydre lag.

De forskellige lag i løgdiagrammet rummer følgende optimeringsområder. Indenfor minimering af energispild kan det være:

- Good housekeeping
  - Udstyrets generelle tilstand og manglende løbende opdatering
  - Tomgangstab
- Drift og vedligehold
  - Operatørindflydelse på drifttid og –forhold
  - Levering af rette kvalitet
  - Vedligehold – eksempelvis lækager og defekter
- Styring
  - Styring efter fast setpunkt i stedet for båndstyring
  - Upræcise og defekte målepunkter

- Udstyr
  - Overdimensioneret udstyr
  - Dårligt teknologivalg
  - Manglende varmegenvinding
  
- Proces
  - Produktionsplanlægning – eksempelvis omstillinger
  - Over-processesering i form af flow, temperatur, tryk, hastighed og tid
  
- Værdiskabelse/energitjeneste
  - Ikke-værdiskabende energitilførsler – eksempelvis lager
  - Unødvendig genbehandling af kasserede produkter
  - Optimering af procesforskrift

I Lean projekter kan løgdiagrammet således anvendes som en tjekliste, der kan bidrage til at få kvantificeret og udfordret dels hver enkelt lags bidrag til værdiskabelsen, og dels energirådgiverens og Lean konsulentens rolle i hvert lag. Energirådgiveren kan anvende løgdiagrammet til at holde fokus på og udfordre processer og energitjenester – hvilket jo traditionelt ikke har været tilfældet.

#### **Eksempel – sterilisering af tanke**

Ved gennemgang af et helt procesanlæg, blev der konstateret højt dampforbrug – hvilket ikke er overraskende. Energibalancen viste imidlertid at en stor del af dampen blev brugt til sterilisering af tanke og andet udstyr efter forskellige procedurer.

Ved at udfordre procedurerne fandt energikonsulenten ud af, at mange af mellemlagrings-tankene blev steriliseret oftere end de processtanke der fulgte efter i processen. Det vil sige, at produktet efter de steriliserede mellemlagrings-tankene blev ledt til ikke-steriliserede tanke, og der blev sat spørgsmålstegn ved værdien i procedurerne.

For en optimal energidrift kræver det i virkeligheden, at alle lag i løgdiagrammet gennemgås, og energikonsulenten kan bidrage med viden omkring sammenhængene mellem lagene på det ”tekniske” energiplan. Det er oplevet, at Lean folk har svært ved dette. En gennemgribende Lean optimering af en virksomhed kræver tilsvarende, at Lean konsulent bevæger sig ud i alle løgets ringe. På den måde kan energirådgiver og Lean konsulent drage nytte af hinandens kendskab til de lag, hvor de ikke selv er vant til at færdes.

Konceptet om at udfordre energitjenester kan implementeres internt i virksomheder eller institutioner, men kan også bringes op på et højere niveau i forhold til kunders behov:

- Hvorfor inddampes og tørres alt sukker?
  - når storkunder starter med at blande vand i
  
- Hvorfor inddampes og tørres alt salt?
  - når storkunder (vejsalt) kan bruge vandbase

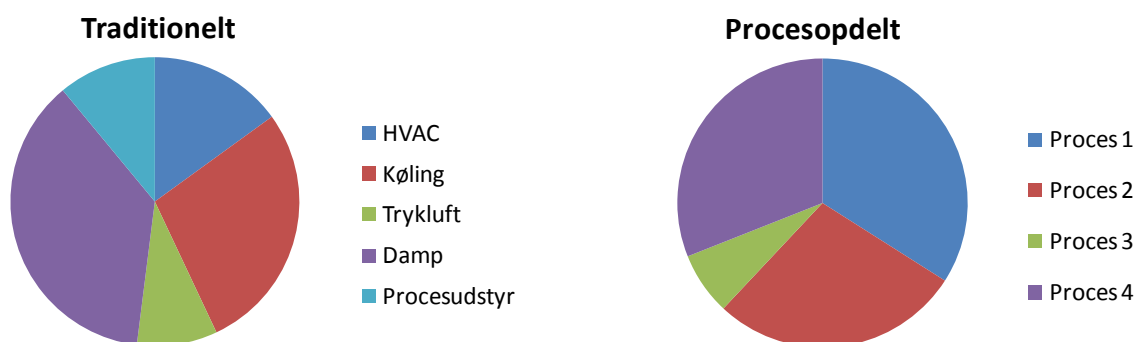
Det skal i denne sammenhæng bemærkes, at inddampning generelt er meget energikrævende.

### 5.3 Energibalancer

Energikortlægninger bruges af energikonsulenter til at identificere hvilke områder man skal analysere nærmere for at identificere projekter. For Lean organisationen vil energibalancer bidrage til en bredere forståelse af ”hvad er energi” – og således give ide om hvor meget energi, der egentlig bruges, og hvad omkostningerne er herved. Samtidig giver det et overblik over hvilke formål energien bruges til – i energikredse bruges begrebet ”energitjeneste” oftest om det behov energien dækker. Energitjenester kan således dække over mange ting, eksempelvis:

- Ventilation: behovet for godt indeklima
- Køling: behovet for at holde fødevarer friske
- Transport: behovet for at flytte mennesker eller produkter

I industrien opdeles energiforbruget traditionelt på den direkte anvendelse – det vil sige utility systemer. Men i forhold til Lean kan energiforbruget med fordel opdeles på de enkelte processtrin, så det er mere rettet mod den enkelte energitjeneste. Forskellen er indikeret herunder:



Figur 10. Energibalancer

I de enkelte processer er der indeholdt energiforbrug til HVAC, køling, trykluft, damp og procesudstyr. En energibalance for hver proces eller processtrin kan afdække hvor behovet for de enkelte utility systemer er placeret.

Energikortlægninger kan foretages ud fra flere forskellige metoder, heriblandt erfaringstal, motorlister, interviews/rundgange, driftsdata, produktionsprocedurer og selvfølgelig målinger. Energibalancer præsenteres ofte via lagkagediagrammer og har den fordel, at de kan laves rimelig hurtigt – naturligvis hænger resultaterne sammen med grundigheden i dataindsamlingen.

## 5.4 KPI

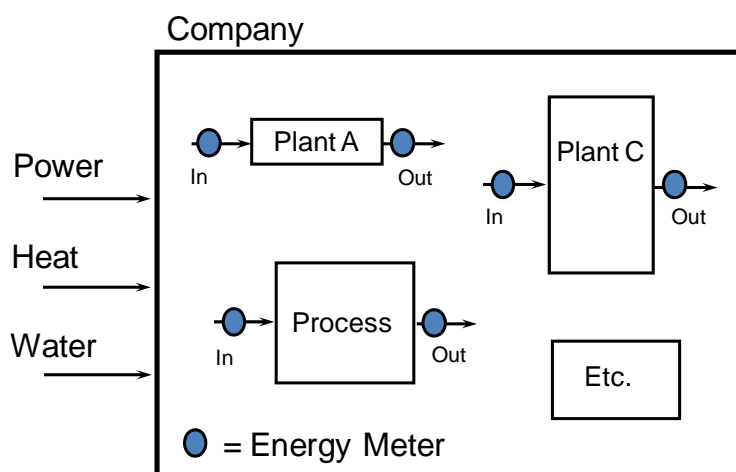
Nøgletal er meget anvendt i Lean verdenen, hvor produktionen ofte overvåges enten online eller via data opfølgning. Mængder, tider, råstofforbrug og kapacitetsudnyttelse er generelt nogle af de vigtige parametre der styres og optimeres efter.

Under case studiet hos Novozymes efterspurgte Lean konsulentten to typer af nøgletal:

- Helt overordnede tal for energiforbrug i produktionen – eksempelvis kWh/kg produkt. Disse bruges til hurtigt at evaluere Lean projekter for om energiforhold er relevant at inddrage i projektet eller ej.
- Energidata inkluderes i målte nøgletal for produktionen – eksempelvis ved at inkludere energiforbrug som parameter i OEE eller opbygning af KPI strukturer.

Mange steder pointeres vigtigheden af at nøgletallene er hurtigt eller online tilgængelige for ikke at ”miste pusten”, når der skal følges op på projekter og drøftes nye ideer. Vendinger som ”tallene er dårlige, fordi maskinen ikke kørte i 4 timer” kan man ikke forholde sig til, hvis det ligger 2 måneder tilbage og man skal grave efter årsagen for at undgå det sker igen.

Energiforhold indgår sjældent i disse overvågningsmetoder. En energikonsulent kan danne overblik over de væsentligste energiforbrug i en given proces og tilføje målere til overvågning:



Figur 11. Eksempel på opdeling af KPI struktur i henhold til væsentlige energiforbrugere

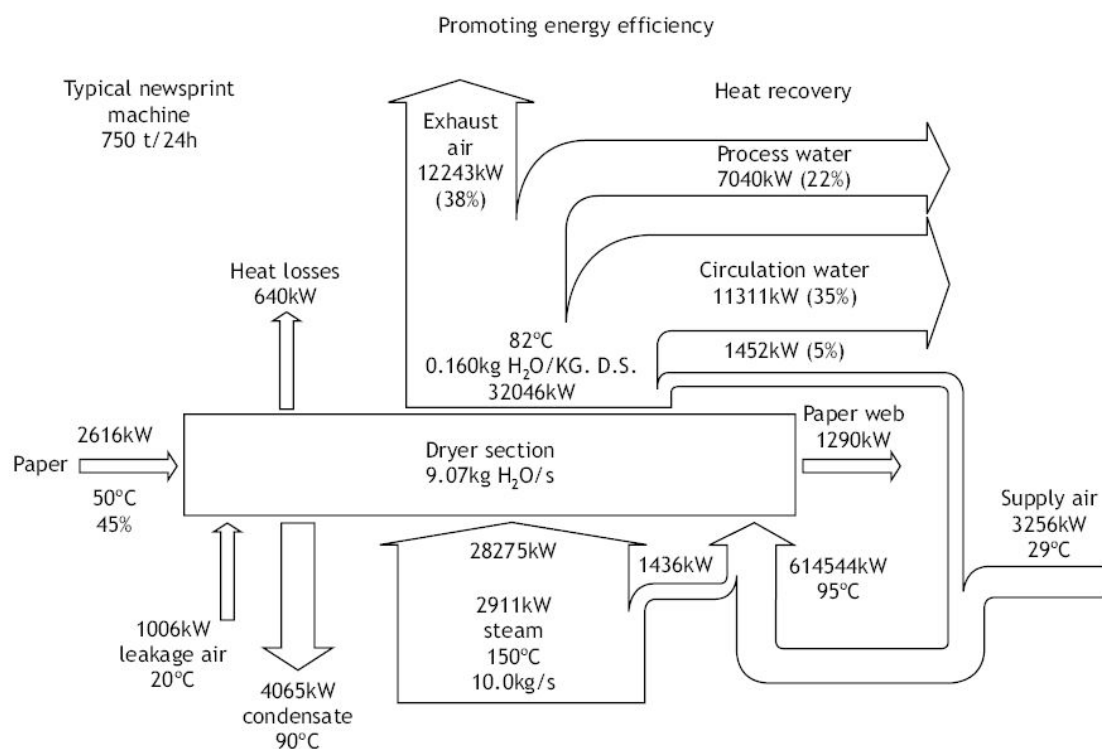
Samtidig kan energikonsulentten være med til at belyse hvilke udefrakommende parametre der har indflydelse på energiforbruget, og om nøgletallene eventuelt skal renses for disse. Et eksempel er, at udetemperaturen har stor indflydelse på opvarmningsbehovet af lufttilførsler, udendørs tanke osv. Energikonsulentten kan således bidrage til at kvalificere opgørelsen af eksempelvis kWh/kg produkt.

## 5.5 Værktøjer

Konkrete metoder og værktøjer er meget anvendt i Lean organisationer, hvor der i høj grad anvendes en mere systematisk fremgangsmåde end blandt energikonsulenter. Men energikonsulenternes værktøjer er meget anvendelige i Lean til at skabe bevidsthed om energiforhold, forbrugsmønstre og identifikation af besparelspotentialer.

### Sankey diagrammer

Sankey diagrammer kræver typisk lidt mere arbejde end almindelige energibalancer, men har den fordel at det umiddelbart giver indikation af visse former for energispild og varmegenvindingsmuligheder. Sankey diagrammer viser energistrømme via flow som eksemplet for en trykkemaskine herunder viser:



Figur 12. Eksempel på Sankey diagram

Sankey diagrammer giver et godt visuelt overblik, som kan bruges af Lean personer til at få klarhed over størrelsesordener af energiforbrug og en første indikation af hvor indsatsen skal ligges, da det giver ide om de største forbrugere og tab ikke mindst. Som sådan kan Sankey diagrammer betragtes som en udvidet energibalancer, med den forskel at det oftest anvendes som værktøj på enkelte udstyr eller processer – og så i øvrigt til at visualisere fordeling af energiforbrug på nationalt niveau.

## **PINCH**

Systematiske PINCH analyser anvendes til at optimere genanvendelse af spildvarme – som langt det meste af al energiforbrug i sidste ende bliver til. De største kilder til spildvarme i industrien er som regel kedelanlæg (røggasser), procesvarme, køleanlæg og trykluftkompressorer. Spildvarme er som oftest mest brugbart til lavtemperaturformål, eksempelvis rumvarme, varmt vand eller forvarmningssystemer.

Således kan PINCH analyser – eventuelt udarbejdet af energirådgiver – anvendes af Lean konsulenter til at vurdere muligheder for energibesparelser i forsyningsanlæggene eller med andre ord de ydre lag af løgdiagrammet, hvor de traditionelt ikke har fokus.

### **Eksempel – Energieffektivt Design**

Der etableres centrale forsyningsystemer til en ny pharmaceutisk produktionssite i Irland. De centrale systemer gør, at spildvarme fra køleanlæg og trykluftanlæg er samlet på et lille areal og derfor overskueligt at fordele ud til andre formål såsom rumvarme i HVAC systemerne. Der blev opstillet en PINCH analyse og det resulterende varmegenvindings-system har en forventet tilbagebetalingstid på under 2 år.

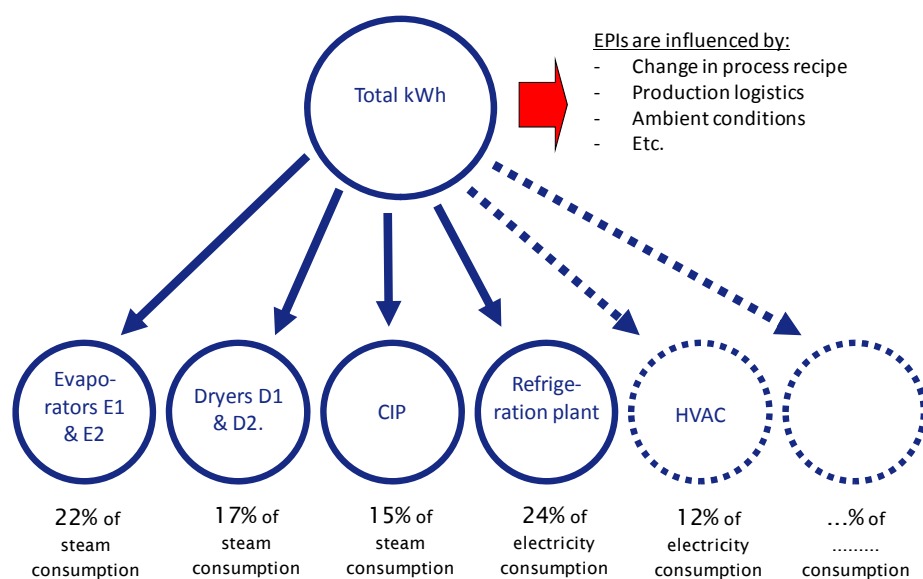
### **Coefficient of Performance (COP)**

Overvågning af driften er meget anvendt i Lean, eksempelvis kan KPI eller OEE bruges til at måle effekten af optimeringsarbejdet og som sammenligningsgrundlag. Ligeledes kan overvågning af energieffektiviteten af et anlæg være en vigtig nøgle til besparelser – idet det kan fortælle om driften er fornuftig eller ej.

COP begrebet stammer fra køleindustrien, hvor den angiver hvor meget køling (kWh), der leveres per elektricitet (kWh), der bruges i anlægget. Dermed fås et effektivitetstal der kan bruges til at sammenligne anlæg af samme type eller forskellige typer under projektering eller design af nye anlæg. COP kan også bruges til at evaluere energibesparelser ved ændringer i driftsparametre, eksempelvis styring af fordampnings- og kondenseringstemperaturer som har stor indflydelse på energiforbruget. Samtidig benyttes COP overvågning visse steder som del af vedligeholdelsesplanlægningen ud fra devisen ”vores anlæg kører ikke energieffektivt, lad os gå ud og se hvad der er galt”.

Konceptet omkring energieffektivitet i forhold til hvor meget et anlæg leverer, kan overføres til andre teknologier, eksempelvis trykluft og ventilation, hvor den leverede luftmængde skal sættes op mod energiforbruget.

Det bør nøje overvejes *hvor* man gennemfører COP overvågning. Der er ikke megen ide i at etablere overvågning af et køleanlæg, hvis det ikke betyder noget i den samlede energibalance. Samtidig gælder det om at sikre et begrænset og overskueligt antal målesteder,



Figur 13. Opdeling af COP overvågning (fiktivt eksempel)

Det er samtidig vigtigt, at målerne placeres rigtigt, så hele elforbruget medtages. For køleanlæg gælder det eksempelvis både kompressorer, pumper og blæsere i køletårn eller kondensatorer.

I forhold til Lean kan COP overvågning føde data til den overordnede KPI struktur og samtidig levere nogle af de energinøgletal der efterspørges, når det indledningsvis skal vurderes hvorvidt et projekt har indflydelse på energiforbruget eller ej.

### Energiaspekter i Lean værktøjer

Udover de traditionelle energiværktøjer ligger der et stort potentiale i at udvide de eksisterende Lean værktøjer til også at inkludere energiforhold. Til inspiration kan nævnes:

- Energiforbrug synliggøres på linie med andre omkostninger i Value Stream Mappings (VSM) – og der kan skelnes mellem det værdiskabende energiforbrug (energitjenesten) og det ikke-værdiskabende (energispildet)
- KPI's kan inkludere energiforbrug som variabel omkostning, eksempelvis ved at kWh/kg produkt som styringsparameter
- Inkluderer energinøgletal for tomgangstab mm. i OEE overvågning
- Definition af energispild som modsvarer Muda definitionerne



## 5.6 SOP

Standard Operational Procedures anvendes til at præcisere og systematisere driften – ud fra fastlagte procedurer ved operatører hvordan anlæggene skal drives for de enkelte produkter. I Lean er arbejdet med SOP's velkendt som et værktøj til i praksis at implementere optimeringsprojekter. SOP fortæller således operatører præcis hvordan energiforbrugende anlæg skal køre med hensyn til produktionstider, temperaturer, trykniveauer og flow. Men ofte er der også SOP for hvordan anlæg skal rengøres, opstartes og nedlukkes.

Alle disse parametre har stor indflydelse på energiforbruget og ved gennemgang af SOP's kan energikonsulenter således danne sig et billede af hvad energien et givent sted bruges til – og hvordan de kan optimeres. Energikonsulenten skal endvidere være i stand til at spørge ind til behovet (energitjenesten) for de enkelte procedurer og udfordre dem, eksempelvis:

- Nedlukkes anlæg ved produktionsstop – eller køres i tomgang?
- Hvorfor skal udstyr rengøres efter hver batch?
- Behøves produktet at blive kølet ned mellem procestrinnene?

På sin vis hænger optimering af SOP sammen med de inderste lag af løgdiagrammet.

For at få tæt kontakt med operatører, teknikere, produktionsansvarlige m.fl. og udnytte deres specifikke viden, kan det være meget nyttigt at gennemgå SOP meget struktureret og i seancer hvor alle er samlet. Eksempelvis kan dette ske via Kaizen events, hvor energikonsulenten bør deltage i arbejdet for hurtigt at kunne vurdere hvilke ideer der medfører energibesparelser og kvantificere disse.

## 5.7 VSM med energinøgletal

Værdistrømsanalyser (VSM: Value Stream Mapping) anvendes flittigt som værktøj til at danne overblik over processer, omkostningssteder og produktionstider. Men som nævnt indgår energi ikke traditionelt på lige fod med andre omkostninger i disse VSM analyser, blandt andet på grund af Lean har fokus på produktionen, mens energi er en omkostning for vedligehold og drift af bygninger og anlæg.

Men med brug af energikonsulenter kan VSM værktøjer med fordel udvides til også at inkludere energinøgletal for hvert enkelt deltrin i produktionsapparatet. Det gælder i virkeligheden både for de værdiskabende og de ikke-værdiskabende processer, og tæller eksempelvis:

- Energiforbrug ved termodynamiske og kemiske processer (opvarmning og køling)
- Elforbrugende udstyr kan have store energiomkostninger, både i form af specifikt produktionsudstyr og hjælpeudstyr såsom pumpeanlæg, trykluft og endda også rensningsanlæg til spildevand

- Mellemlagre, tanke og lignende har ofte krav til opretholdelse af rette temperatur og/eller luftfugtighed, der koster energi trods produktet som sådan ikke undergår en værdiskabende aktivitet
- Produktlagre kan koste energi til både køling, belysning, intern transport m.m.

Konceptet kan udvides yderligere til også at inkludere energispild, så VSM analysen angiver en slags energieffektivitet af den enkelte aktivitet.

Fordelen ved at indarbejde energi i VSM analyser er, at de i de indledende Lean faser giver et godt indblik i hvor de ”energitunge” processer er henne – og dermed hvilke områder af produktionsapparatet de inderste ringe i løgdiagrammet har det største sparepotentiale.

På internationalt plan findes mange fortilfælde for at kombinere VSM fra Lean og nøgletal for energiforbrug. Se eksempelvis denne hjemmeside fra det amerikanske Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/Lean/toolkit/LeanEnergyToolkit.pdf>.

I forbindelse med case studierne hos Novozymes er der peget på VSM som næste aktivitet i jagten på energibesparelser.

## 5.8 Værktøjer til eliminering af spild

### 5.8.1 Kaizen

Indenfor Lean er Kaizen ofte anvendt til at identificere og gennemføre optimeringer. En af de stærke sider ved Kaizen er, at medarbejderinddragelse er et vigtigt element ud fra tankegangen om, at det er den enkelte medarbejder der ved mest om potentialer, muligheder og løsninger.

Når der er tale om energioptimeringer, vil der med fordel kunne gennemføres Kaizen events med deltagelse af energikonsulenter. Energikonsulentens rolle vil i så fald være at give en hurtig vurdering af hvorvidt en ny optimeringsmulighed giver energibesparelser. Ikke alle forbedringer har indflydelse på energiforbruget og kan endda også medføre øget energiforbrug. Samtidig skal energikonsulenten på større projektideer sørge for hurtigst muligt at følge Kaizen eventen op med nødvendige energiberegninger, skitse af den tekniske løsning og vurdering af de økonomiske sider.

I industrien blev dette med succes gennemført hos Novozymes, hvor driften af et energitungt spraytårn blev endevendt af både operatører, vedligeholdelsespersonale, produktionsplanlægger, ledelse og en tilkøbt ekstern energikonsulent.

## 5.8.2 SMED

I forbindelse med dette projekt har vi i en tidlig fase forsøgt at få energikonsulentydelsen brugt i SMED processer. Det har været i produktionsvirksomheder, hvor Lean konsulenten allerede har kontakt og lavet aftale med virksomheden. Årsagen til at det ikke rigtigt er lykkedes, er at Lean konsulenten ikke har kunnet se værdien af energikonsulentens ydelser. Det betyder at viden om ydelsen ikke er blevet videregivet til virksomheden.

Energikonsulenten har derfor en kommunikationsopgave i forhold til Lean konsulenterne, og dernæst skal de være med allerede i salgsprocessen, således at virksomheden også kan få anskueliggjort fordelene ved at bruge en energikonsulent.

I en SMED proces (op- og omstilling af maskiner), vil energikonsulenten kunne levere målinger direkte på den enkelte maskine ved at måle på belastningen. Ved en SMED tager man tiden på, hvor lang tid maskinen er nødt til at køre i tomgang ved en omstilling, dette ville man kunne gøre mere præcist og over længere tid ved at måle på belastningen. Det betyder, at virksomheden kan få viden om at de forandringer, der er indført, også kan fastholdes.

Anbefalingerne er derfor, at Energikonsulenten og Lean konsulenterne i samarbejde finder frem til hvor og hvordan målingerne kan bruges, og hvordan de skal bruges i processen. Det betyder bl.a., at output skal være nemt at afkode og kunne bruges til at synliggøre resultatet. Energikonsulenten og Lean konsulenten arbejder som et team på disse sager, således at energirådgiverens ekspertise indarbejdes i tilbuddet til kunden, og at energirådgiveren er med, når processen sættes i gang.

Faserne i en SMED:

Projektgruppens forståelse	Lean-konsulentens ydelser	Energikonsulentens ydelser
Før salg	Har ofte allerede kunderelationer	Gøre sine ydelser synlige overfor konsulenterne – evt. vise udtræk fra gennemførte processer.
Salg af projektet	Giver tilbud på en SMED proces.	I tilbuddet indføres Energikonsulentens kompetencer og ydelser
Analyse/Diagnose	Hvis dette ikke allerede er sket, identificeres maskinerne eller linjerne	Før-målinger af forbruget på den pågældende maskine
	Processen gennemføres af Lean-konsulenten sammen med virksomhedens medarbejdere	Energikonsulentens måler på maskinen, under processen og udformer måldata, så de umiddelbart kan bruges i processen.
Implementering	Forandringer gennemføres	
Fastholdelse, herunder medarbejderinddragelse		Fastholdelse af forandringer gennem fortsat målstyring

Tabel 2.

## 5.9 Fastholdelse af energiindsats

Et vigtigt element i Lean er fastholdelse af indsatsen under tankegangen, at det udgør ”a way of thinking”, og stiler mod løbende forbedringer. Energiindsatsen i den enkelte virksomhed kan sagtens bygge på samme fundament, og de tidligere beskrevne værktøjer fra både Lean og energirådgivningen underbygger dette.

Som kort sammenfatning nævnes her:

- **Målsætninger** bruges ofte som ”drivkraft” i Lean sammenhænge. Det vil sige, at der på forhånd sættes tal på hvor meget man skal forbedre sig – noget der traditionelt ikke er anvendt i energiverdenen. Det kan være med til at engagere folk, hvis målsætningerne sættes højt men realistisk og derfor virker som ”gulerod”
- **Operatør træning** skaber en følelse af medejerskab blandt medarbejderne. Ved at uddanne medarbejderne til også at inddrage energiforhold som parameter, kan det skabe grundlag for at disse omvendt tager aktivt del i energiindsatsen og opfølgningen.
- **5S** indarbejder standardiserede metoder til ”good housekeeping”, så man bla. er med til at sikre varigheden af de projekter, der er gennemført.
- **OEE** kan med fordel anvendes som værktøj til systematisk overvågning af energieffektiviteten af anlæg, arbejdsprocesser, bygninger og meget andet. OEE kan samtidig bruges til at overvåge, hvornår energieffektiviteten begynder at dale – og der evt. skal gøres en ekstra indsats.

## 6 Industri case – Novozymes

Novozymes A/S producerer enzymer til brug i en lang række produkter, såsom fødevarer og vaskepulver - men også til udvinding af bioethanol. Virksomheden arbejder intenst med energioptimering af eksisterende produktionsanlæg og indarbejder energibevidst projektering ved opførelse af nye produktionsanlæg, hvilket i disse år primært foregår udenfor landets grænser.

Novozymes produktionsanlæg kan groft deles op i tre sektioner:

- Fermentering – hvor enzymstammer formeres i gæringsprocesser
- Rensning – hvor enzymer opkoncentreres
- Granulering – hvor enzymer færdigbehandles

På grund af virksomhedens størrelse afgrænses case studiet til ét område, og rensningsafsnittet er valgt ud. Dette procestrin foregår på danske sites i Kalundborg og på Fuglebakken i København.

Produktionen i rensningsfabrikkerne foregår batchvis, qua produkterne modtages fra fermentering i batchs. Når kulturvæsken nedtages fra gæringstankene sendes det gennem centrifuger for at få de tungeste komponenter slynget af. Derefter foretages oprensning igennem en matrix af forskellige filterkonfigurationer. Afhængig af produkttypen leveres produktet videre som væske eller tørres i inddamper eller spraytårn – enten direkte til kunden eller til granulering. Der bruges også en del tid og energi på at rengøre udstyr mellem hver batch. Dette gøres via CLeaning In Place (CIP), så der ikke bruges ressourcer på at skille udstyr ad osv.

Novozymes har en skarp miljøprofil og har opsat ambitiøse mål for både egen udledning af CO<sub>2</sub> og den afledede miljøeffekt af produkterne målt via Life Cycle Assessments.

### 6.1 Novozymes erfaringer med Lean

Novozymes har i mange år arbejdet med løbende procesoptimering for at øge kapaciteten af deres produktionsanlæg og samtidig minimere omkostninger ved driften. Energieffekten af dette er ikke opgjort direkte, men behovet for bla. køling af produkt og rengøring af udstyr er reduceret kraftigt som konsekvens heraf.

Organisatorisk er Lean decentraliseret i Novozymes, idet hvert af de tre hovedområder har deres egen projektportefølje i Danmark. For rensningsfabrikkerne har der ikke været tradition for at integrere energioptimering og Lean, og således har energiaspekter ikke været implementeret som fast del af Lean projekterne – men konsekvensberegninger har dog været foretaget af energiansvarlige i Novozymes. Fokus og formål med Lean projekterne har imidlertid været lagt på mere traditionelle parametre såsom gennemløbstid, kapacitet og arbejds-

gange. Efter casestudiet har Lean organisationen i Novozymes taget energioptimering til sig og arbejder nu direkte med emnet, eksempelvis er der gennemført en energi Kaizen event.

I nogle tilfælde har teamet imidlertid fundet projekter, som ikke umiddelbart havde effekt på de traditionelle Lean parametre - men som muligvis kunne have givet en gevinst i form af energieffektivisering. Disse projekter er ikke blevet gennemført, i det mindste ikke af Lean organisationen.

Novozymes har som del af Lean arbejdet indført et regneark til overvågning af KPI for spraytårnsdriften på Fuglebakken. Spraytårnet tørrer enzymerne og er således sidste trin i rensningsfabrikkerne. I værktøjet noteres tider og kapacitetsudnyttelse løbende af operatører for hver batch. En kampagne består af flere batches og udgør sammenhængen kørsel med samme produkt. Når spraytårnet samtidig er dybt afhængig af opstrøms produktionslinjer har det medført en del drøftelser under casestudiet omkring hvordan nedetider kan grupperes, eksempelvis er der forskel på tider hvor der ventes på produkt og tider hvor spraytårnet er under reparation.

KPI værktøjet er dynamisk i den forstand, at driften sammenlignes med en maksimal kapacitet (kg pr. time) for de enkelte produkter - som opdateres løbende efterhånden som der findes på nye metoder til at forbedre produktionen. På denne måde flyttes ”overliggeren” hele tiden og 100 % kapacitetsudnyttelse i 2009 kan ikke sammenlignes med tidligere år. Det er oplevet i Novozymes, at dette er med til at holde motivationen oppe.

## 6.2 Faglig afgrænsning af case – scope

Det er valgt at lade en ekstern energikonsulent følge en række projekter identificeret på lidt forskellig vis:

1. Som led i procesoptimering
2. Under Lean programmet
3. Af intern energiansvarlig eller ekstern energirådgiver

Der skelnes i denne sammenhæng mellem procesoptimering og Lean, dels ved organisationsforankring og dels ved forskel i tilgangen. I procesoptimeringen benyttes ikke de klassiske værktøjer som Lean programmet har inkluderet – såsom OEE og VSM.

Formålet har været at belyse hvorledes energirådgivning og Lean kan kombineres til forøgede energibesparelser.

## 6.3 Fagligt resultat

### 6.3.1 Kalundborg – inddragelse af Lean aspekter i energioptimering

#### CIP optimering

Novozymes gennemfører for tiden en række projekter for optimering af CIP systemer for rensningsfabrikken i Kalundborg, som er valgt som grundlag for at belyse, hvordan Lean aspekter kan bidrage til energioptimeringsprojekter. Hidtil har CIP rutinerne bestået af:

1. Skyl med genanvendt vand (opvarmet)
2. Syre
3. Base (opvarmet)
4. Skyl med rent vand

Første skyl foregår med spildevand, blandt andet fra diverse filtreringsenheder i produktionen. Distributionen af de fire væsker foregår i recirkulerende rørsystemer fra centralt placerede tanke, hvor også opvarmning foretages via dampventiler.

Optimeringen foretages via:

- Første skyl foretages koldt<sup>1</sup> – 3-4 mio kWh pr. år sparet på dampforbrug
- Fortrængning med trykluft undgås – sparet elektricitet i kompressor og store tidsbesparelser
- Temperatur af base sænkes – store dampbesparelser
- CIP tider revurderes – energiforbrug ikke påvirket væsentligt

Imens projekterne er forankret i procesoptimering hos Novozymes, har det været energikon-sulentens rolle at beregne besparelsernes størrelse. Energikon-sulenten har derfor virket som assistance til projektgruppen med at få vurderet projekternes rentabilitet. Dog skal bemærkes, at investeringerne til denne type projekter generelt er begrænsede, da der ikke kræves større mængder nyt udstyr. Energibesparelserne er beregnet ud fra almindelige metoder såsom energibalancer, målinger og teoretiske beregninger.

Den mindre tid benyttet til CIP af tanke<sup>2</sup> gør, at der er mindre brug for leje af mobiltanke som ellers anvendes i stor stil i Kalundborg. For lange CIP tider kan i dette tilfælde betegnes som et MUDA spild i form af ”ikke nødvendige processer” – der leder til overkapacitet af lagre, som i dette tilfælde er tanke. Den økonomiske besparelse ved mindre leje af mobiltanke er ikke opgjort nøjagtigt, men vurderes at være af mindre betydning. Ikke desto mindre viser det et eksempel på, hvordan Lean spiller ind i energioptimering.

---

<sup>1</sup> Projekt lavet i samarbejde med DONG Energy.

<sup>2</sup> Der anvendes mange tanke i rensningsfabrikkerne til midlertidig lagring imellem de enkelte procestrin.

### **Ekstra projekt**

Under gennemgang af anlæggene blev det drøftet, at der er god mulighed for at udnytte varme fra 2 ammoniak køleanlæg til opvarmning af basen til CIP. Dette har hidtil ikke været muligt, på grund af at basens temperatur er for høj og varmen derfor ikke kan afsættes. Men ved den nye lavere basetemperatur er det muligt at opstille en vekslerkreds som leder varmen fra tryksiden af køleanlægget til basen. Ideen leder både til sparet damp i basetanken og muligvis mindre drift af køleanlæg/kondensator, som yderligere har kapacitetsproblemer i sommerperioden. Med et potentiale på 2 millioner kWh energibesparelser er ideen taget videre til næste fase, og skal undersøges nærmere for tekniske løsninger.

Ideen opstod i en udstyrs projektgruppe i samråd med leverandører, og dette viser hvorledes teknisk personale ser bredere på energiløsninger og har fokus rettet mod proces integration – eller varmegenvinding. Det er tvivlsomt, om Lean/procesoptimering ville identificere ideen uden assistance fra en energikonsulent. Der er altså også noget at hente for Lean ved at lade sig inspirere af og samarbejde med energiekspertes.

### **6.3.2 Fuglebakken – inddragelse af energiasekter i Lean**

#### **Lean historik**

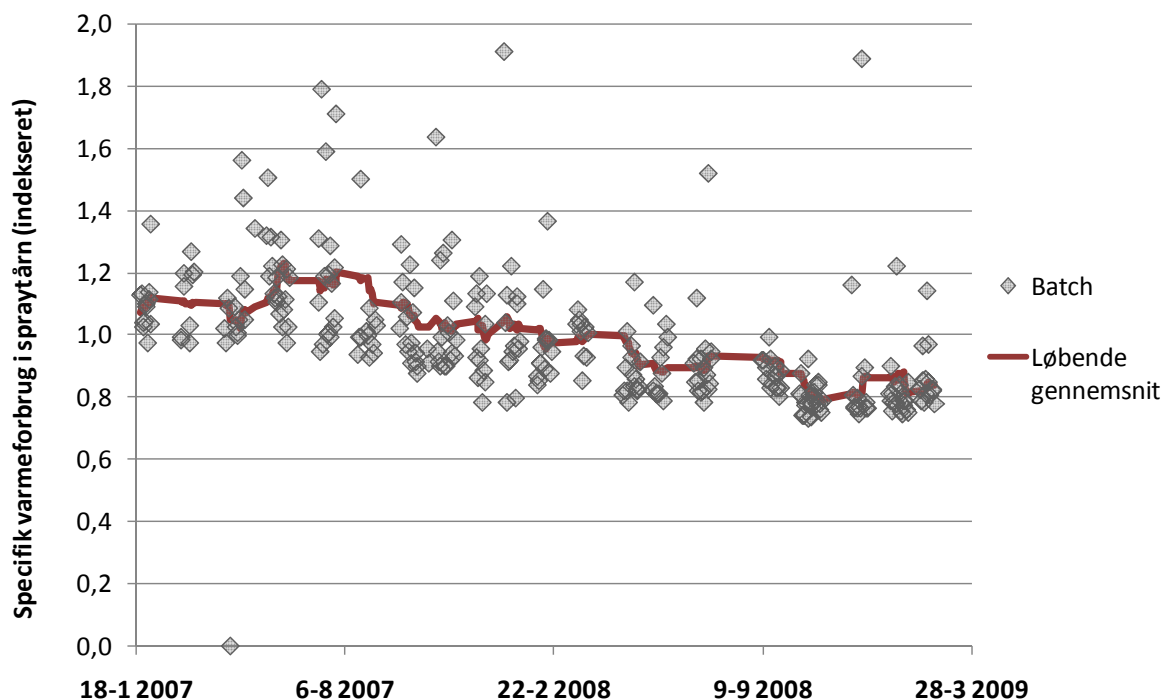
På Fuglebakken er der gennemført en række Lean tiltag for at øge kapaciteten af spraytårnet, som samtidig har haft positiv effekt på energiforbruget. Blandt andet er der gennemført en forøgelse af vandprocenten af produktet ud af tårnet, hvorved opholdstiden minimeres og der bruges mindre varme til fordampning af vand. Dette projekt har været relativt nemt at implementere, men det har på den anden side kostet mange ressourcer at få det godkendt hos kunderne inden gennemførelsen. Et godt eksempel på hvordan Lean når ud over egne rækker i virksomheder.

Følgende Lean projekter er allerede gennemført for spraytårnet gennem de senere år:

1. Omstillingstid reduceret med 25 % via workshops med medarbejdere
2. Statistisk gennemgang af driftsdata for at fastslå ideale parametre
3. Øget andel af resttørstof i koncentrat gennemført ved hjælp af optimering af opkoncentrering up-stream for spraytårn – mindre fordampning giver mindre energiforbrug
4. Øget vandprocent i færdigt produkt ud af spraytårn – mindre fordampning giver mindre energiforbrug
5. Ændring af krav til partikelstørrelse i produkt
6. Forøget trykniveau i trykluftsystem for øget kapacitet

Effekten på energiforbruget af de gennemførte projekter og den generelle optimering er antydnet i figur 14.





Figur 14. Specifikt varmeforbrug per produktenhed for spraytårn – løbende energioptimering<sup>3</sup>

Trods den klare tendens til en energioptimeret drift, målt i specifikt varmeforbrug, har der ikke været kigget på energiforhold i nogen af de gennemførte Lean projekter. Ifølge Novozymes skyldes dette dels, at der ikke har været kendskab til energiforbruget eller viden om hvordan man beregner det.

### KPI værktøj

Ved gennemgang af KPI værktøjet for spraytårnet kom det frem, at der ikke indregnes energiforhold. Dette skyldes dels at der ikke har været fokus på området, og dels at der ikke har været overblik over hvad de væsentlige energiforbrugere og parametre er.

For at konkretisere energirelationerne til Lean opgaverne, er registreringen opdateret af energirådgiveren i case forløbet, så det nu også indeholder beregninger af totalt varmeforbrug til luften – kampagne for kampagne. Varmeforbruget beregnes ud fra faktisk målte værdier af temperaturforhold og luftmængder, og giver således et virkeligt billede af driften på trods af disse værdier angives som gennemsnit i KPI værktøjet. Varmeforbruget sammenholdes yderligere med det teoretiske, som defineres simpelt ved fordampningsvarmen af den fjernede vandmængde. Det er ud fra den opdaterede version af KPI værktøjet, at figur 14 er lavet.

<sup>3</sup> Af hensyn til fortrolighed er det specifikke varmeforbrug (kWh/kg produkt) indekseret i forhold til gennemsnittet for hele perioden. Det løbende gennemsnit er regnet for seneste 20 batche. Figuren er gældende for produktion af det mest almindelige produkt for rensningsfabrikken på Fuglebakken, Fungamyl.

Der kan arbejdes videre med en mere præcis definition af det teoretiske energiforbrug ud fra vands opløselighed i de forskellige produkter (hygroskopiske forhold). Foreløbig vurderes fordampningsvarmen at være tilstrækkelig, idet det primære formål med beregningerne er sammenligning internt mellem de enkelte kampagner/batche.

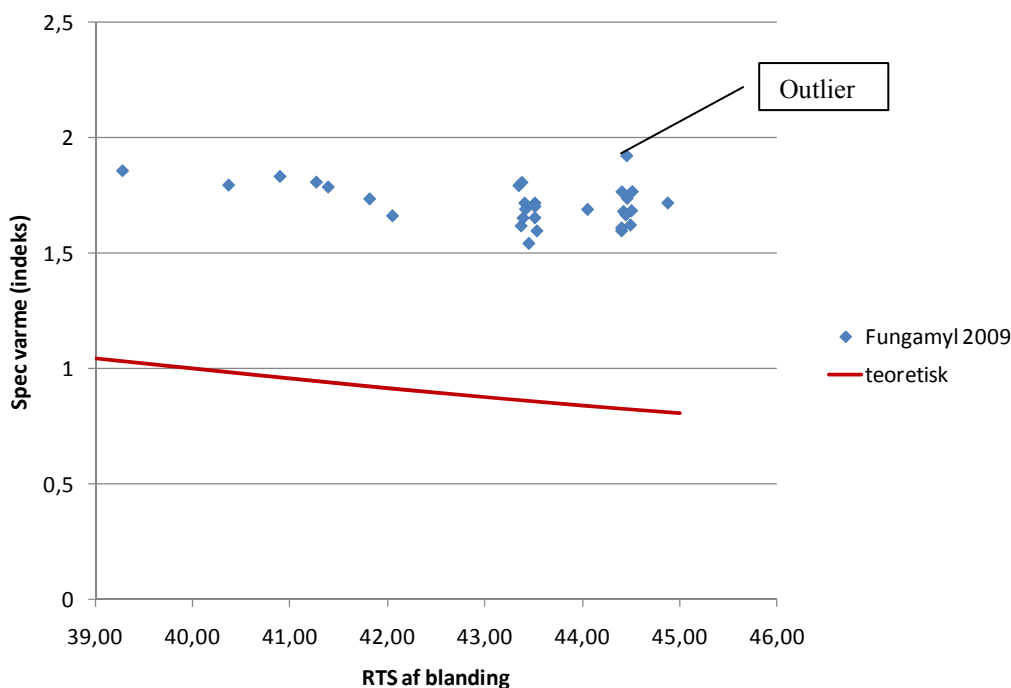
Med energiforhold inkluderet direkte, er det i fremtiden muligt at overvåge driften af spraytårnet som Key Performance Indicator (KPI).

I samarbejde med produktionsfolk og Lean blev det identificeret, hvilke parametre der er bestemmende for energiforbruget i spraytårnet. Når man taler om det specifikke energiforbrug (kWh/kg produkt) er den altafgørende parameter naturligvis produktflowet.

Intuitivt er det specifikke energiforbrug i forhold til produktmængden samtidig afhængig af hvor meget vand der skal fjernes, bestemt af:

- Produktets tørstofmængde i indløb (målt i vand-%)
- Produktets tørstofmængde i udløb (målt i RTS)

For Fungamyl produktet ser påvirkningen således ud:



Figur 15. Det specifikke varmeforbrug - teoretisk og faktisk (tallene er indekseret til 6 i vand-% og RTS på 40 %)

Det kan være svært at se en reel tendens i den faktiske drift, og dette indikerer at der bør arbejdes videre med energidelen af KPI værktøjet. Men alene det at have fokus på energiforhold åbner for mulighed for at få analyseret outliers, som eksempel er data for det markerede punkt i figuren gennemgået. Her er der ikke registreret down tider i form af afventning eller

andet. Men det gennemsnitlige fødeflow er noteret lavere end normalt, og der er ikke korri-  
geret for dette på luftflowmængden, hvorfor det specifikke energiforbrug øges. Den tekniske  
forklaring på det lavere flow kendes ikke.

### **Nøgletal**

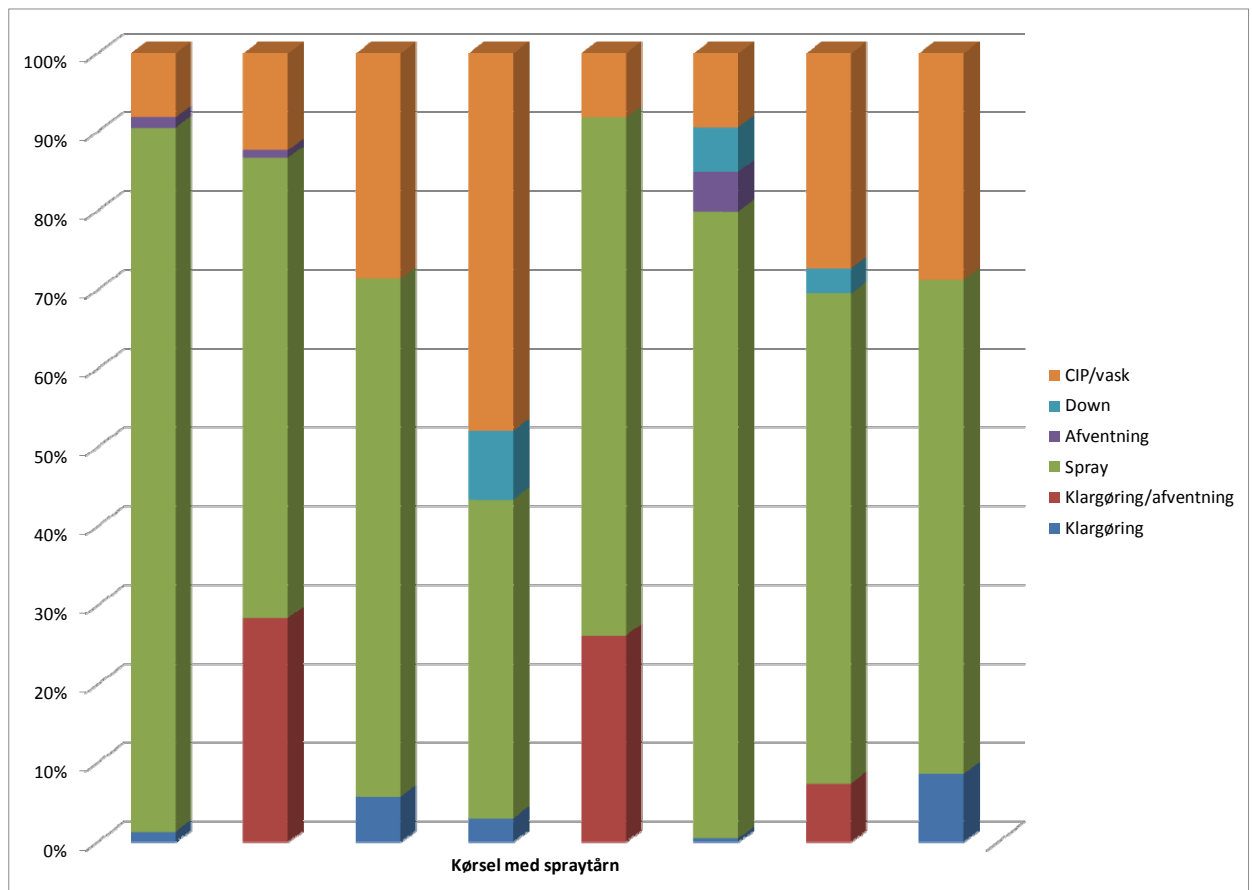
Ved interview af Lean personale hos rensningsfabrikken på Fuglebakken, kom det frem, at  
energibetragtninger generelt ikke er integreret i projekterne – på trods man er klar over det  
udgør en væsentlig omkostning og kender til virksomhedens CO<sub>2</sub> strategi. De primære årsager  
viste sig at være:

- Manglende overblik over hvad der er de primære energiforbrugere i produktionen, skaber tvivl om der skal tages hensyn til energi eller ej i de enkelte projekter
- Manglende kendskab til hvordan man estimerer energiforbrug og -besparelser

Derfor blev det besluttet, at udarbejde energinøgletal for driften af rensningsfabrikken til  
brug i projekterne for en første vurdering af om energi udgør en væsentlig del af produktionsomkostningerne. Hvis dette viser sig at være tilfældet, vil Lean organisationen inddrage energikonsulenter i projekterne på lige fod med operatører, vedligeholdspersonale, kemikere osv. Den første Kaizen event med deltagelse af en intern energikonsulent er således blevet afholdt.

### **OEE og energioptimering**

Det næste der blev kigget på, er hvordan kapaciteten af spraytårnet udnyttes. Ud fra overvågningsskema for tårnets OEE blev følgende figur udarbejdet i casestudiet:



Figur 16: Drift af spraytårn BG

Til figuren skal bemærkes, at der er stor forskel på varigheden af kampagnerne. Af hensyn til at data kan afsløre kapaciteter, er tallene i figuren vist relativt – men de faktiske værdier anvendes i Novozymes til at vurdere energitab i spraytårnet.

Afventningssituationen opstår, når opstrømsprocessen ikke kan levere føde til spraytårnet og kan i længde vare fra ganske få timer til over et døgn. Det har tidligere været praksis at lade tårnet stå aktivt med vand som føde, men denne praksis er på det seneste ændret, så tårnet lukkes helt ned i længerevarende venteperioder.

Ud fra nøgletallene – som beskrevet tidligere – er det estimeret, at denne tomgangsdrift trækker 375 kW i dampforbrug og 90 kW i elforbrug, så at drive tårnet med vand er ikke billigt set med energiojne. På den anden side er det tidskrævende at foretage nedluks- og opstartsprocedurer, da man ikke bare kan trykke på en knap. På baggrund af disse nøgletal og for at minimere energitabet, er det nu besluttet at indføre faste procedurer – SOP'er for spraytårnet, så det bestemmes præcis under hvilke omstændigheder tårnet skal lukkes helt ned, hvordan mv.

### **Kaizen event**

Der er gennemført en Kaizen event med fokus på energioptimering. Deltagerne i eventen var en skøn blanding af operatører, teknikere, kemikere og energiansvarlige. Eventen blev en succes, hvor mange nye ideer – både store og små – kom frem og rigtig mange af dem kan implementeres uden store omkostninger.

Det er klart opfattelsen, at eventen har medvirket til større motivation for energibesparelser blandt medarbejderne på Fuglebakken.

## **6.4 Nyttige anbefalinger**

Der er afgjort potentiale for at arbejde videre med at integrere Lean og energiindsatsen hos Novozymes. Energidelen i form af nøgletal, OEE databehandling og Kaizen events er blevet modtaget positivt – og har på sin vis virket som ”øjenåbner” hos Lean organisationen.

Følgende konkrete tiltag anbefales:

- Det anbefales, at der foretages en Value Stream Mapping for rensningsfabrikken enten på Fuglebakken, i Kalundborg eller i Bagsværd
- Der er observeret mange outliers i forhold til hvor energioptimalt spraytårnet på Fuglebakken drives. Det kan være en god ide at analysere disse batchs nærmere og få resultaterne bragt frem til operatører mm.
- Fortsætte med flere ”Energi Kaizen events”
- Det anbefales, at der laves et Value Stream Mapping (VSM) af hele rensningsfabrikken. Dette VSM skal udover de klassiske Lean aspekter som tid og mandskab også indeholde energitilførsel og evt. energieffektivitet for de enkelte procestrin. På grund af forskel i produkter hos Novozymes, er det muligt der bør udarbejdes et VSM pr. produkt.

## **6.5 Evaluering af proces**

Samarbejdet mellem Lean og energi i casestudiet er generelt vurderet som meget positivt. Dels har det været med til at skabe gensidig forståelse for koncepter, projekter og ideer i de to verdener, og dels er der kommet konkrete tiltag ud af det som Novozymes kan tage med i det videre arbejde.

Set i forhold til de fire elementer energikonsulenten har at tilbyde Lean projekter, beskrevet tidligere, er følgende blevet gennemført under case studiet:

1. Energibalancer
  - Egentlige energibalancer blev udført i starten af studiet på baggrund af motorlister mm. fra Novozymes
  - Energiforbrug og besparelser til CIP systemerne i Kalundborg blev præciseret nærmere

## 2. KPI

- Der blev udarbejdet nøgletal for driften af spraytårnet med det formål, at Lean organisationen bedre kan vurdere energiforhold i projekterne – og vurdere behovet for at inddrage energikonsulenter

## 3. Værktøjer

- Identifikation af muligheden for varmegenvinding via energiberegninger
- Der blev også indarbejdet energiforhold i eksisterende KPI værktøjer
- Kaizen event med fokus på energi

## 4. SOP

- Projekter angående SOP for nedlukningsprocedurer af spraytårn blev iværksat på baggrund af det store tomgangsforbrug der blev observeret

I de indledende undersøgelser for CIP optimering, oplevede energirådgiveren stort engagement fra operatører af udstyr og processer. Dette er normal praksis i forbindelse med Kaizen events i Lean organisationer, men sjældnere oplevet af energirådgivere. Det var blandt andet diskussion med operatører der ledte til ideen om udnyttelse af spildvarme fra køleanlægget, som tidligere beskrevet.

Under fabrikgennemgangene blev flere energispareprojekter drøftet i løsere sammenhæng, og det er oplevet, at med energiøjne på Lean projekter, vil nye energitiltag blive identificeret. Den tekniske baggrund og forståelse for energistrømme giver evnen til at kigge på både hele systemer og enkelte procestrin.

Samtidig anses det for vigtigt, at virksomheder gør sig følgende tanker:

- **Hvilke projekter kan sammenkobles?**

Igennem studiet har der været diskussion af hvad der er Lean projekter. Som sådan er alle energiprojekter forbundet med fjernelse af spild – men det kan være svært at rumme alle i en Lean organisation, der normalt arbejder med produktionsforhold og ikke har øjnene rettet mod utility systemer. På den anden side er der i andre virksomheder erfaringer med, at alle projekter forankres i Lean og der som sådan ikke eksisterer en energifunktion.

- **Hvem skal drive projekterne?**

Det er oplevet, at Lean organisationen har gode evner til at samle de nødvendige ressourcer der skal bruges for at vurdere alle aspekter i projekterne – eksempelvis gennem Kaizen. Men det er vigtigt, at energirådgivere deltager som ressource.

## 7 Offentlig case – Horsens Kommune (HK)

### 7.1 Introduktion til casen og Horsens Kommune i forhold til projektet

I samme periode som opstart af dette F&U-projekt stod Horsens Kommune overfor at skulle arbejde systematisk med Lean. I forbindelse med projektet var der stor interesse for at få en offentlig case med, og Horsens Kommune var grundet førnævnte en oplagt samarbejdspartner.

Som specifik case i Horsens Kommune blev de lokale idrætshaller valgt. Årsagen til dette uddybes i afsnit 7.3.

Formålet med udbyttet af denne case i Horsens Kommune var at formidle tanker og erfaringer fra en kommunes og idrætshallers arbejde med Lean. Disse erfaringer skal give inspiration til andre fremtidige kommuner og/eller idrætshaller, som ønsker at arbejde med Lean og samtidig reducere det relative energiforbrug. Horsens Kommune havde ikke som hovedformål med dette projekt at reducere det samlede energiforbrug i idrætshallerne. Horsens Kommune har stor interesse i sunde borgere, og vil gerne have flere borgere til at dyrke flere timer idræt. Det betyder altså, at udfaldet gerne må være en stigning i det samlede energiforbrug, men målt pr. borger pr. aktivitetstime skal energiforbruget være reduceret. Kort sagt var Horsens Kommunes mål højere brugertilfredshed samtidig med bedre udnyttelse af energien.

Resultater for casen, værende forslag til energireducerende Lean tiltag for forskellige aspekter af brug og drift af idrætshaller, er uddybet i afsnit 7.6.

### 7.2 Generelt om Lean i Horsens Kommune

Horsens Kommune er en stor virksomhed med ca. 6.000 ansatte fordelt på 200 enheder med et samlet areal på 400.000 m<sup>2</sup>, hvilket dagligt betyder mange sagsbehandlinger og administration af mange forskelligartede sagstyper.

Horsens Kommune ønsker at være en professionel og moderne virksomhed, hvor borgere og virksomheder til stadighed oplever høj kvalitet i serviceydelser og sagsbehandling. Derfor er det nødvendigt i en fremtid med uændrede eller færre ressourcer til rådighed hele tiden at arbejde på at blive bedre og mere effektiv i den måde, arbejdet organiseres og udføres på. Derfor arbejder Horsens Kommune med Lean. Målet med initiativet var at:

- forbedre kvaliteten og nytteværdien for borgerne
- øge effektiviteten
- øge medarbejdertilfredsheden

Lean i Horsens Kommune handler først og fremmest om Lean i de administrative procedurer. Horsens Kommune startede med Lean i efterår/vinter 2007/08, hvor Kommunernes Landsforening (KL) gennemførte et Lean projekt i tre afdelinger i Beskæftigelsescenteret og samtidig uddannede 12 medarbejdere i Horsens Kommune som Lean konsulenter.

De afdelinger og områder, der ønsker at arbejde med Lean, sender ønsket til direktionen, som efterfølgende udvælger hvilke Lean projekter, der skal arbejdes med og hvornår. Det er målet at Lean skal benyttes i alle direktørområder og især de steder, hvor der er engagerede medarbejdere og ledelser, en vis sagsvolumen og et behov for forandringer i afdelingen.

Lean i Horsens Kommune er ikke direkte besparelserprojekter, og det aftales derfor på forhånd i den enkelte afdeling, hvad eventuelt frigivet tid skal bruges til. For det meste vælger medarbejderne, at de gerne vil have mere tid til at udføre kerneopgaverne bedre.

De Lean forløb, der gennemføres i Horsens Kommune, består af en mobiliseringsfase, en gennemførelsesfase og en opfølgingsfase. Til hvert forløb er tilknyttet to af kommunens Lean konsulenter. Mobiliseringen varetages ud fra behovene i området og består blandt andet i lederuddannelse og udvælgelse af hovedværdistrøm. Gennemførelsesfasen består af fem hele dage for alle medarbejdere og ledere i afdelingen.

- 1. dag er der orientering om Lean og et Lean spil samt en fælles afklaring af afdelingens interne og eksterne kunder, og hvad der er af værdi for dem.
- 2. og 3. dag er gennemgang af den eksisterende værdistrøm/arbejdsgang og udvikling af nyt VSM<sup>4</sup>.
- 4. dag er planlægning og eventuelt gennemførelse af de nødvendige handleplaner samt præsentation af målstyring.
- 5. dag er præsentation af løbende forbedringer og kaizentavlen.

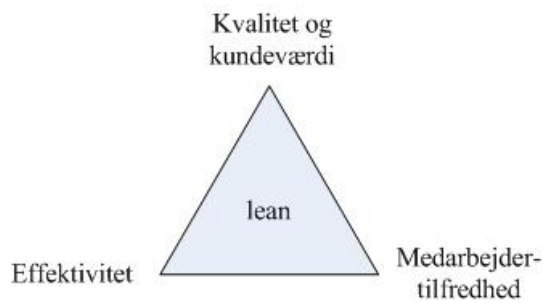
Opfølgingsfasen består i at lære medarbejdere at køre kaizenmøder og tilpasse resultat- og styringstavler. Lean stopper ikke, der skal fortsat være fokus på løbende forbedringer. De tilknyttede konsulenter vil i en periode være synlige i afdelinger og stå til rådighed for spørgsmål i forbindelse med forankringsprocessen.

Det er væsentligt for Lean i Horsens Kommune, at Lean er medarbejderdrevet, for det er medarbejderne der ved, hvordan opgaverne løses, og hvor der er mulighed og behov for forbedringer. Ud fra målene er der udformet en Lean trekant med spidserne: ”Kundeværdi og kvalitet”, ”Effektiv brug af ressourcerne” og ”Medarbejdertilfredshed”, se figur 17.

---

<sup>4</sup> Value Stream Map(ping)





Figur 17. Horsens Kommunes Lean trekant

De tre spidser skal være i balance, når processen kører, således at hverken kundekvalitet eller medarbejdertilfredsheden må forringes for at effektivisere driften. Erfaringerne i Horsens Kommune viser faktisk, at det ofte lykkes at øge alle tre ting på en gang i et Lean forløb. Årsagen til dette er, at man i arbejdet først fokuserer på kundeværdi, hvilket medarbejderne finder vigtigt.

Alene gennemgangen af, hvad afdelingen/medarbejderne har som fælles mål, øger både effektiviteten og medarbejdertilfredsheden. Det sker, når formålet med arbejdet tydeliggøres, og der kommer fokus på at lave mere af det "rigtige" og minimere spild. Gennem kortlægning af arbejdsgangen skaber medarbejderne sammen et overblik over hele processen, og via redesign elimineres uhensigtsmæssige arbejdsgange, og andre gøres nemmere. Således øges alle tre spidser i Lean trekanten samtidigt. Et sådant resultat kræver dog medarbejdernes aktive og positive engagement. Dette opnås kun, når det som nævnt på forhånd er aftalt, at ingen bliver fyret, og at medarbejderne selv har været med til at bestemme, hvad de reducerede tidsforbrug skal bruges til.

Fremover er Lean i Horsens Kommune en del af innovations- og udviklingsstrategien for kommunen. Da Lean har vist sit værd i forbindelse med andre projekter og overbevist Horsens Kommune om, at Lean ydermere skal være et af flere værktøjer i innovations- og udviklingsprojekter.

Alt i alt er ideen med Lean i Horsens kommune, at der skabes en ny kultur i forhold til betjeningen af borgerne, samt en kultur der fokuserer på at skabe og fastholde løbende forbedringer. Medarbejderne skal være de aktive og drivende kræfter i den række af forandringer, som skal føre til varige ændringer af adfærden. En væsentlig gevinst herved er et forbedret arbejdsmiljø via medarbejderinddragelse og dermed kompetenceudnyttelse i forhold til udvikling og organisering af arbejdet.

### 7.3 Beskrivelse af case

F&U-projektets case i Horsens kommune påbegyndtes i samme periode som opstarten af Horsens Kommunes Lean afdeling, der primært skulle arbejde med Lean i den administrative del. Da Horsens Kommune generelt i deres politik har stor fokus på dens borgeres sundhed, var det oplagt at vælge at fokusere på de lokale idrætshaller. I forbindelse med denne fokus var der ydermere af kommunen i 2007 blevet udarbejdet en opfattende modernise-

ringsplan for de lokale idrætshaller<sup>5</sup>, se afsnit 7.4. Det skal her nævnes, at denne moderniseringsplan var uden fokus på energioptimering, og da formålet i dette projekt er at koble Lean tiltag med energioptimering, skabte denne plan indirekte også berettigelse for dette projekt, der fokuserer på be- og udnyttelse af hallerne, koblet med brugerbehov samt hallernes energiforbrug. Yderligere årsager til, at hallerne var interessante, var ud fra det ræsonnement, at der kan være et stort potentiale for tidsbesparelser for Lean i administrationen, men knap så mange energibesparelser som ved drift af idrætshaller. Derudover forelå der allerede for flere af hallerne relevante energiforbrugsdata ved hjælp af registreringsteknologien Energy Key<sup>6</sup>.

De lokale idrætshaller blev altså valgt som casen af to hovedårsager:

1. Sundhed står højt på dagsordenen i Horsens Kommune, og man ønsker fra kommunens side, at Horsens skal være en aktiv og sund by. Derfor valgte man at se på, hvordan man får flere folk igennem hallerne ud fra ræsonnementerne:
  - a. jo flere borgere der kommer igennem hallerne, desto mere sundhed får man i kommunen.
  - b. jo mere attraktive idrætsfaciliteterne er, desto flere borgere i flere timer vil dyrke idræt.
  - c. jo mere fleksible idrætsfaciliteterne er, desto mere attraktive er i.
2. Hallerne stod over for en omfattende moderniseringsplan, jf. afsnit 7.4.

Essensen for projektet var altså at finde ud af, hvordan Horsens Kommune får det største antal brugere til at dyrke mest muligt idræt ved brug af mindst muligt energi pr. bruger. Her skal det understreges, at vi med denne vinkel dermed tillader, at det samlede energiforbrug gerne må stige, modsat at der dyrkes mere idræt i kommunen, dog stadig med en strategi om at minimere dette.

Under projektets gennemførelse var der bevidst ikke fokus på rene teknologiløsninger til reduktion af energiforbruget, som eksempelvis spareventilation, LED-lys, etc.. Årsagen til dette var at bevare fokus på Lean tankegangen i projektet i form af mere overordnede ændringer. Et eksempel på dette var en diskussion af om, hvorvidt alle idrætsbehov skulle tilgodeses for enhver pris, eller om nogen aktiviteter simpelthen blev dyrket af for få, og dermed var for økonomisk uhensigtsmæssige for kommunen at tilbyde.

---

<sup>5</sup> Kilde: Horsens Kommune, ”Moderne idrætshaller i en moderne velfærdskommune efter offentlig høringsrunde DOK907890.pdf”, 2007.

<sup>6</sup> Se <http://www.emt-nordic.dk/Default.aspx?ID=471>

## 7.4 Plan for modernisering af idrætshaller

Hallerne stod som sagt over for en opfattende moderniseringsplan, og dette afsnit er en kort opridsning af indholdet i denne<sup>7</sup>.

Med tidligere tiders succesrige idrætsudfoldelse i fælleden ved Horsens, kan essensen for planen formuleres således:

Citat fra plan: *”Opgaven er nu at skabe den næste epokes succeshistorie ved ikke blot at renovere haller, men ved i den forbindelse med den nødvendige renowing at forandre og udbygge dem, så de passer til nutidens idrætsudøvelse.”*

En af pointerne med modernisering var at imødekomme den ændring af kundegruppen, der var sket, siden hallerne blev opført:

Citat fra plan: *”Det er ikke længere en hindring for at dyrke idræt, at man er oppe i årene og dårligt til bens, eller at man lider af et handicap. Ved renowing af haller er det derfor vigtigt at sikre tilgængelighed for alle.”*

Samtidigt med og som følge af at kundegruppen har ændret sig, er der ydermere sket et skift i, hvilke idrætsaktiviteter der er blandt de mest populære. Der er derved ændret ved behovet til idrætsfaciliteterne, altså hvad der har værdi for den enkelte bruger. Eksempelvis er følgende iagttaget:

- Skolehallerne er bygget ud fra, at gymnastik var det populære (1880-1950)
- Ingen vinduer i de nye haller, hvilket gør dem meget ”lukkede”
- Idrætshallerne har dimensionerne 20 x 40 meter, da der så er plads til 1 håndboldbane, 1 basketballbane, 3 volleyballbaner og 5 badmintonbaner
- Kraftig forøgelse af kvindelige brugere, som skal tilgodeses
- Der er en stor barriere for kvinder hvis der er langt til aktiviteten
- Skift i hvilke aktiviteter der dyrkes.

Sammen med yderligere iagttagelser tegner ovenstående punkter et billede af, at der nu og i fremtiden er et behov for langt større fleksibilitet og omstillingsmuligheder i og ved idrætsfaciliteterne:

---

<sup>7</sup> Kilde: Horsens Kommune, ”Moderne idrætshaller i en moderne velfærds Kommune efter offentlig høringsrunde DOK907890.pdf”, 2007.

Citat fra plan: ”En række af de idrætsgrene, der i dag er populære, kan oftest udøves mere optimalt andre steder end i en 20 x 40 meter hal. Det drejer sig om aerobic/gymnastik, styrketræning/fitness, billard og dans. Det er idrætsgrene, hvor man ikke konkurrerer mod en modstander. I stedet dyrker man sporten for at opleve større velvære. Man ønsker derfor, at rummet, man træner i, skal bidrage til følelsen af velvære. Det er ikke hensigtsmæssigt at stå i en kæmpe stor hal. Man skal være i et rum, hvis størrelse passer til den sport, man dyrker. Man skal opleve velbehag ved, at dagslyset strømmer ind. Ved aerobic og dans er det vigtigt, at der er spejle, så man kan lære detaljerne i det, man foretager sig.”

Hovedpointen med moderniseringsplanen var altså at konstruere et nutidigt modstykke til den Gamle Fælled ved Horsens. Det nye ”anlæg”, kaldet ”Den indre Byfælled”, skulle tilbyde mange forskelligartede tilbud til kommunes borgere og generelt afspejle nutidens behov.

Planen for modernisering kom til at bestå af 9 hovedelementer:

1. Etablering af et gymnastik- og opvarmningsrum
2. Etablering af mindre nicher til idrætsudøvelse
3. Ombygning af mindst et omklædningsrum i hver hal
4. Øget detpotplads
5. Cafeteriet skal ombygges til cafe
6. Lyset skal trækkes ind i hallen
7. Ethvert halanlæg skal have en helårs- og heldøgns udendørsbane til fysisk aktivitet
8. Etablering af andre aktiviteter i hallerne
9. En række tekniske ændringer

Ikke alle haller behøvede at undergå alle hovedelementerne, men for de fleste ville det være hensigtsmæssigt.

For yderligere information om det underliggende for de 9 punkter henvises til Horsens Kommunes rapport: ”Moderne idrætshaller i en moderne velfærdskommune efter offentlig høringsrunde” fra 2007.

## 7.5 Beskrivelse af projekt- og procesforløb

Under analysen blev der identificeret konkrete problemstillinger forbundet med nutidens faciliteter. Med udgangspunkt i disse, idégenererede de involverede projektparter (NRGi Rådgivning<sup>8</sup> og Horsens Kommune) på Lean tiltag, der kunne bidrage til at afhjælpe eller forbedre kundernes oplevelse ved brug af idrætsfaciliteterne samt reducere det fremtidige energiforbrug pr. bruger pr. aktivitetstime.

---

<sup>8</sup> Det tidligere Energi Horsens

Resultatet blev en overordnet projektfokus på følgende områder, da der inden for disse blev set de største energibesparelspotentialer i at tænke Lean:

1. Kundefokus
  - Flexibilitet i idrætsfaciliteter
2. Skiftende behov
  - Behov for styring af lys, varme og ventilation forbundet til idrætsfaciliteter
  - Belægning af idrætsfaciliteter - behov for bookingsystem
3. Kommunekrav til drift og udnyttelse af cafeterier tilknyttet idrætsfaciliteter
  - Brugerinddragelse i brug af faciliteter

Det nye i projektet, som adskiller sig fra klassisk energirådgivning er, at der i stedet ses i helheder. Energieffektivisering ses her ikke isoleret, men ses i sammenhæng med behov og effektiviseringer generelt. Eksempel: Har man en gymnastiksal, men ingen vil til gymnastik, så hjælper det ikke noget at energioptimere faciliteterne – man får i hvert fald ikke markant flere brugere og en sundere kommune.

**Projektet adskiller sig fra klassiske Lean projekter ved, at brugeren ikke også er den direkte betaler. Denne problematik opleves eksempelvis også ved Lean projekter i den offentlige sundhedssektor. Der hersker altså både et brugerperspektiv og et ejerperspektiv, jf.**

*Tabel 3. Eksempler på interesser fra hhv. bruger og kommune.*

Interessenter	Bruger	Kommune
Interesser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komfortable og optimale faciliteter</li> <li>• Fri tilgængelighed/egen booking</li> <li>• Klar til start</li> <li>• Kort afstand</li> <li>• Diversitet/udbud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducerede omkostninger</li> <li>• Optimal udnyttelse/øget flow</li> <li>• Bookning (skoler, foreninger, weekend+seniore)</li> <li>• Minimal omstilling (slidtage, hævværk)</li> <li>• Prioriteringsliste (vision, medlemstal, lokal, lovgivning)</li> <li>• Service</li> </ul>

*Tabel 3. Eksempler på interesser fra hhv. bruger og kommune*

De ovenfor nævnte tiltag gennemgås i afsnittet: 7.6

## 7.6 Fagligt resultat og konkrete Lean tiltag

I følgende afsnit diskuteres nuværende problemstillinger og uhensigtsmæssigheder ved idrætsfaciliteterne i Horsens Kommune. Endvidere gennemgås løsninger for, hvordan Lean tankegangen ville kunne bidrage.

### 7.6.1 Kundefokus

I projektet blev der som nævnt gjort meget ud af at holde kundefokus frem for ren energiop-timering via tekniske løsninger. Et af de områder der blev set nærmere på, var mulighederne i fleksible idrætsfaciliteter. Dette gav mening, da der jo allerede var tale om en større modernisering.

Ønskes der øget brugervenlighed samt et øget flow i hallerne, peger projektet på at hallerne, som vi kender dem i dag, skal moderniseres, idet selve udformningen af hallerne er begrænsende for en optimering af anvendelsen, da de låser hele rummet. Hallerne er ofte store mørke rum, som ”kun kan tilbyde plads” til få mennesker af gangen. Der er ofte kamp om ret-tigheden til at bruge hallerne, og anvendelsen er meget lidt fleksibel - både med hensyn til rum og tekniske muligheder.

#### Fleksible idrætsfaciliteter

Første område, der blev analyseret, var behovet for fleksibilitet i hallerne. Som det er blevet nævnt tidligere, matchede det nuværende hallayout og dimensionering ikke det nuværende behov. Den overordnede diskussion gik på, om det var smartest fra kommunens side med meget specialiserede haller, frem for meget fleksible haller. Det konkluderedes dog tidligt, at meget fleksible faciliteter var at foretrække, hvis man skulle have flere brugere til at dyrke mere idræt. Årsagerne til dette var, at afstanden for brugeren til idrætsfaciliteterne var en stor barriere. Ydermere ville mere fleksible faciliteter overordnet forbedre kundeoplevelsen. Eksempelvis sker det ofte, at man er klar 10 min. tidligere, end dem før er færdige. I dette tidsrum kunne man lige gå 10 min. i fitnesscenter frem for at vente på at komme til. Det ville forbedre kundeoplevelsen, udnytte brugerens tid og give sundere borgere.

Herunder er perspektiverne i diskussionen omkring fleksibilitet i hallerne.

#### Problemstilling 1. Omstilling

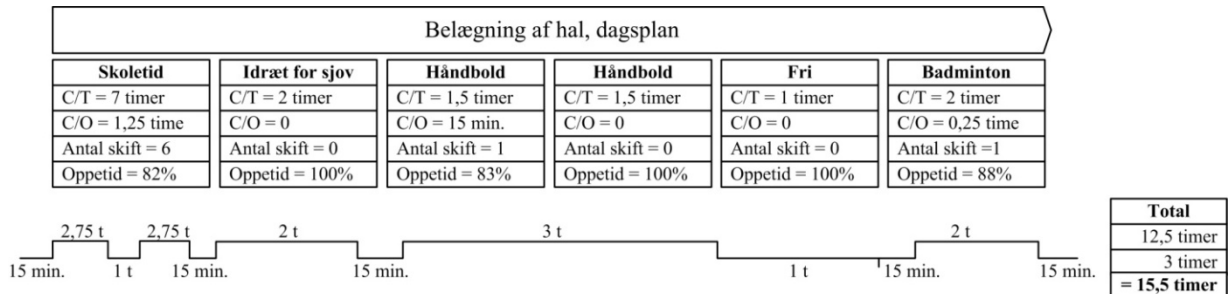
Hallerne og idrætsfaciliteterne er ikke i stand til hurtig at blive omstillet mellem aktiviteter og til de nye aktiviteter, som brugerne efterspørger. Denne problemstilling resulterer i to uhensigtsmæssigheder.

Den første er, at der opstår ventetid mellem aktiviteter, som kunne udnyttes bedre. Et eksempel kan være en omstilling fra håndbold- til badmintontræning, hvor der skal sættes net op.

En umiddelbar tanke ville være at gruppere aktiviteterne således, at de samme aktiviteter lå efter hinanden, da det ville betyde reduktion af behovet for omstilling. Det ville imidlertid stride mod Lean tankegangen og sandsynligvis betyde færre udøvere, blandt andet fordi det i højere grad ville blive dikteret, hvornår man kunne spille hvad. I stedet ville det være kon-

strukturelt at fokusere på minimering omstillingstiden, eksempelvis ved hjælp af værktøjet SMED<sup>9</sup>.

En kort og simpel analyse af halbelægningen på en typisk dag bakker dette op, da det tydeligt fremgår, at der er plads til forbedringer med hensyn til oppe- og omstillingstid, jf. figur 18.



Figur 18. VSM for tilfældig hal, en tilfældig hverdag.

Idrætshallerne bliver i dag anvendt af skolen samt forskellige idrætsklubber. Skolerne har brugsretten i skoletid, som ligger 8:00-15:00. I tidsrummet 15:00-23:00 bookes hallen af idrætsklubber 2 gange årligt. Anvendelse af haller uden for skoletid er typisk booket af 2-3 forskellige idrætsgrene, hvilket medfører behov for mange skift, se Bilag 1. Aktivitetsplan (belægning) af haller.

Figur 18. skal læses således, at i tidsrummet 8:00-23:00, som udgør 15 timer, bliver 12,5 time brugt til aktivitet, hvilket vil sige en oppetid på  $\frac{12,5 \text{ timer}}{15 \text{ timer}} \cdot 100\% \approx 83\%$ . Samlet set over dagen bliver der ca. brugt 3 timer på omstilling, men da noget af omstillingen lægges henholdsvis før og efter tidsrummet 8:00-23:00 og dermed ikke medregnes, opnås en bedre oppetid svarende til 0,5 time. For en mere præcis indikation af oppetid bør det medtages og vil for eksemplet ovenfor betyde en oppetid på  $\frac{12,5 \text{ timer}}{15,5 \text{ timer}} \cdot 100\% \approx 81\%$ . Det skal bemærkes, at 1 af de 3 timer er en time uden belagt med aktivitet. Samlet set må det dog konkluderes, at det ville give god mening at fokusere på omstillingsprocedurer samt belægning af hal-tider, hvem siger, at man ikke i højere grad kan udnytte tidsrummet 23:00-8:00, hvis hallen i højere grad kunne operere autonomt.

Vil man dykke yderligere ned i, hvad omstilling består i, kan man diskutere, om personlig opvarmning eksempelvis er en del af dette. Det vil sandsynligvis være meget aktivitetsbestemt, men tilstødende opvarmningsrum vil kunne i så fald reducere dette.

En yderligere problemstilling er, når hallerne slet ikke er i stand til at omstille til en aktivitet, hvis der eksempelvis kræves mindre ruminddeling. Her ville installation af eksempelvis fleksible skillevægge og vippetribuner etc. kunne hjælpe.

<sup>9</sup> Single digit Minute Exchange of Dies

Derudover er der altid et depot knyttet til en hal, og tilbydes der flere aktiviteter, bør dette sandsynligvis udvides. Grundet dette og i forbindelse med omstillingstider vil det være essentielt, at man hurtigt og nemt kan lokalisere, hvad man skal bruge i depotet, og til at sikre dette foreslås brug af Lean værktøjet 5S.

#### Problemstilling 2. integration af mindre rum

Mange af idrætshallerne har flere ”mindre rum” tilknyttet. De er sjældent forberedt til aktiviteter og kan ikke bookes, hvilket resulterer i, at de derfor ofte står tomme. Dette er ironisk, når der efterspørges aktiviteter, som passende kunne foregå i disse.

Løsningen på dette ville være at få indrettet og moderniseret de mindre rum og derved opnå mulighed for inddragelse af dem til aktiviteter, der ikke nødvendigvis kræver en hel hal. Eksempelvis til billard, styrketræning eller dans – de mindre pladskrævende aktiviteter bør ikke lægge belæg på en hel hal.

Pointen er, at jo mere specialiserede haller er (kan gøres), desto mere attraktive er de for brugeren. Med hensyn til haller vil dette dog også betyde, at den gennemsnitlige afstand til hallerne forøges for den enkelte bruger. Tidligere undersøgelser konkluderer, at specielt afstanden er meget afgørende for kvinder for, hvor meget fysisk aktivitet de vil dyrke<sup>10</sup>. En specialiseret hal vil kunne operere mere effektivt, både med hensyn til ”opetid” samt energi, da der blandt andet ikke skal stilles om.

Derudover vil det være en mulighed direkte at øge brugeroplevelsen ved for eksempel at etablere gulvvarme i gulvområder, som anvendes til gulvaktiviteter (yoga/pilates/mm.).

Opgave er altså at søge den bedste balance for at opnå flest brugere. Inddragelse af de mindre rum ville øge graden af specialisering samt fleksibiliteten i form af tilbud uden at influere på eksempelvis halfaciliteterne. Udover at dette vil forbedre oplevelsen for brugeren og endda få flere brugere, så vil det også være billigere at opvarme og oplyse et af de mindre rum frem for en hel hal.

Tabel 4 herunder viser resultaterne fra et regneeksempel (Bilag 4. Regneeksempel) såfremt man kun er nødsaget til at opvarme og oplyse et mindre rum (50 m<sup>2</sup>) til pilates frem for en hal (20 m x 40 m). Eksemplet tager udgangspunkt i et lille pilateshold, der mødes 1,5 time/uge i 40 uger/år. Resultatet er et årligt økonomisk besparelsesestimat på ca. 5.700 kr., alene for et sådant hold.

---

<sup>10</sup> Kilde: Horsens Kommune, ”Moderne idrætshaller i en moderne velfærds Kommune efter offentlig høringsrunde DOK907890.pdf”, 2007.



	Belysning		Opvarmning		Total [kr./år]
	Årligt energiforbrug [kWh]	Årlige omkostninger [kr./år]	Årligt energiforbrug [kWh]	Årlige omkostninger [kr./år]	
<b>Føromkostninger (pilates i hal)</b>	720	1.440	2.240	4.480	5.920
<b>Efteromkostninger (pilates i mindre rum)</b>	45	90	42	84	174
<b>Besparelse, [kr./år]</b>	675	1.350	2.198	4.396	5.746
<b>Besparelse, [%]</b>	94 %	94 %	98 %	98 %	97 %

Tabel 4. Regneeksempel for økonomisk besparelse ved inddragelse af mindre rum

Det skal nævnes, at det ikke er sikkert at denne besparelse realiseres direkte, da hallen i så fald vil stå tom og bør blive brugt til anden aktivitet. Det relative energiforbrug pr. bruger pr. aktivitetstime vil dog blive reduceret. Der skal også gøres opmærksom på, at dette er et eksempel. Skal udregningen benyttes i virkeligheden skal tallene i Bilag 4. Regneeksempel gås efter.

### Problemstilling 3. facademodernisering

Som hallerne ser ud i dag fremstår de meget lukkede billedligt talt, og faktum er også, at de er ufleksible i forhold til arrangementer, hvor det omkringliggende terræn ville give mening at inddrage. Terræn og hal sammen ville kunne skabe nye brugsmuligheder. Derudover ville det kunne lokke nye brugere til aktivitet, hvis de kunne se, hvad der foregik derinde - akkurat som med et butiksvindue.

I forbindelse med moderniseringsplanen er der mulighed for installation af fleksible og transparente facadeelementer som panoramavinduer. Det ville åbne hallerne visuelt op for udefrakommende, åbne for udnyttelse af dagslys, yderligere gøre det muligt at inddrage det omkringliggende terræn<sup>11</sup> i forbindelse med større arrangementer i sommerhalvåret.

Etablering af eksempelvis glasmoduler med persiennelignende installationer i klimaskærmen vil ydermere trække dagslys ind, hvilket vil forbedre kundeoplevelsen og skabe mulighed for at minimere energiforbruget på elektrisk oplysning. Derudover vil sandsynligheden for et reduceret energiforbrug pr. borger pr. aktivitetstime stige, hvis man kan få flere brugere qua en mere transparent facade. Er modulerne også fleksible så de kan åbnes, vil der blive skabt mulighed for brug af naturlig ventilation, der også vil kunne reducere energiforbruget.

Det vil altså samlet set være en energieffektivisering for kommunen, om end det samlede forbrug måtte stige.

<sup>11</sup> Kilde: Horsens Kommune, "Moderne idrætshaller i en moderne velfærdskommune efter offentlig høringsrunde DOK907890.pdf", 2007.

## 7.6.2 Skiftende behov

Hvis man overfører halaktiviteter til Leanideologien, kan man anskue aktiviteterne som værdikæder, hvor behovet for diverse støttesystemer skifter.

### Styring af lys, varme og ventilation

Afhængigt af hvilken aktivitet der dyrkes, hvem den dyrkes af, og hvor mange der ser på, vil behovet for lys, varme og ventilation variere. Spiller herre senior eksempelvis topkamp med fyldte tribuner og TV-transmission, vil der være et stort behov for stærkt lys og masser af ventilation. Modsat vil behovet være væsentligt mindre ved pilates for et pensionisthold. Det skaber altså et behov for øget styring af ventilation og lys over dagen, hvor der foregår aktiviteter.

Derudover er der dagligt risiko for, at ventilation og lys etc. er tændt unødvendigt i nattetimer eller i tilfælde, hvor hallen er tom på grund af aflysninger. En kort dataanalyse af forbrugsdata fra Energy Key for el- og varmeforbrug for en tilfældig hal, Bankagerhallen, indikerer, at der er plads til forbedringer på dette område, jf. Bilag 2. Elforbrug for Bankagerhallen og Bilag 3. Varmeforbrug for Bankagerhallen.

På figurerne i ovenfor nævnte bilag viser et årligt elforbrug (Figur 19), som man kunne forvente. Histogrammet følger et stigende behov over vinterhalvåret, kun med en mindre afvigelse i december, der sandsynligvis er lavere grundet juleferie. Andre variationer skyldes vekslende skydække (lys) og belægningsgrad.

Ugedata for elforbruget i to tilfældige uger i henholdsvis november 2006 og maj 2007, viser også hvad man kunne forvente, se Figur 20 og 21. Elforbruget er større i november end i maj, og behovet er markant mindre over weekenden end i hverdagene, hvor skolerne har åbent.

Ser man nærmere på elforbruget for en tilfældig dag, torsdag, i de pågældende uger i henholdsvis november og maj, ser det ud som vist på Figur 22 og 23. Der bliver brugt mest el i november, hvilket giver mening, men noget tyder på, at der kører en grundbelastning på ca. 8 kW hele døgnet hele året rundt i hallens åbningsperioder. Figurerne indikerer, at det ville være hensigtsmæssigt med en forøget styring af de elektriske systemer som ventilation og lys mm. Det vil eksempelvis eliminere risikoen for, at ventilation og lys kører om natten etc. men først aktiveres kort før, de første aktiviteter begynder.

Herunder er et simpelt regneeksempel på den årlige økonomiske besparelse, såfremt den faste natlige belastning på 8kW kan elimineres:

$$8 \text{ kW} \cdot 9 \text{ h/dag} \cdot 2,0 \text{ kr/kWh} \cdot 365 \text{ dage/år} = 52.560 \text{ kr/år}$$

Derudover vil det som nævnt være relevant, hvis disse systemer også styres så de ikke nødvendigvis kører på maksimal belastning, men reguleres efter behov ved hjælp af temperatur-, CO<sub>2</sub>- og/eller fugtighedsmålere<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> NB: Er anlæg og installationer fra før 1987 kan det eftersigende bedre betale sig at skifte installationerne. Det er selvfølgelig dyrere, men dog ikke med urealistisk tilbagebetalingstid. Kilde: NRGi Rådgivning A/S.

Som yderligere energibesparende tiltag kan nævnes:

- Brug af LED og sektioneret belysning
- Procedure for udluftning i stedet for ventilation
- Lysstyring - i tilfælde af solskin i hallen, er det måske unødvendigt med elektrisk lys. Kan evt. kombineres med dæmper. Derudover kan man benytte bevægelsesmeldere, akustikfølere og timere
- Enkelte aktiviteter kunne tages udendørs i tilfælde af godt vejr

### **Bookingsystem for faciliteter**

Af forskellige årsager er tilfældet ofte, at hallerne risikerer at stå tomme, hvor de burde blive benyttet. Det sker blandt andet, hvis hold alligevel ikke blev oprettet, efter udbuddet af tider til diverse hold og foreninger er foregået. Det sker nemlig, at hold ikke oprettes alligevel eller er på ferie/turneringer eller af andre årsager derfor ikke benytter deres haltid.

Man kan selvfølgelig søge at mindske risikoen for, at hold ikke benytter deres tid eller ligefrem indføre straf, men alternativt kunne man forsøge at udvikle et bookingsystem for hallerne og de mindre rum. Et fleksibelt system for bookning af tider ville effektivt øge chancerne for, at andre kunne benytte faciliteterne i stedet.

Man kan forestille sig en webbaseret løsning, som den man kender fra bookning af tennisbaner, men det kan også sagtens være fysisk, som et centralt placeret opslag på en tavle i de enkelte haller. Uanset hvad, vil en sådan lavpraktisk løsning være en nem og billig måde at teste bookingskonceptet på. Så kan der senere blive investeret i en webløsning, hvor man evt. kan overskue alle halfaciliteter samtidigt. Et bookingsystem vil gøre borgere i stand til at booke sig ind med kort varsel, og man vil opnå større chance for højere belægningsgrad af hallerne. Selvom der måske ikke direkte betales for bookningen, får man stadig i teorien gladere og sundere brugere. Dette forslag er kommet på baggrund af eksempler på, at hold henne på sæsonen ikke har så stort fremmøde som ved sæsonstart. For at udnytte dette bør man overveje etablering af et løbende overvågningssystem, der både beretter om belægningen af hallen for de enkelte produktlinjer (aktiviteter) samt det tilhørende energiforbrug. Med dette menes, at hvis et badmintonhold er skrumpet, er der måske både baner til rådighed for andre og behov for mindre ventilation (udskiftet  $m^3/time$ ).

Betragtes åbningstider med kundefokus og i forhold til belægning, bør der eventuelt være åbent om natten, jf. den lave belægning. I dagens Danmark har mange meget forskudte arbejdstider, så hvis de har lyst, bør muligheden være der for at dyrke idræt på meget sene og tidlige tidspunkter. Mange fitnesscentre åbner af samme årsag meget tidligt, så folk kan træne inden arbejde. Udendørsbaner burde også blive oplyst med LED efter solnedgang, for hvem skal i princippet diktere, hvornår folk dyrker idræt, såfremt det ikke resulterer i hærværk eller lignende. Banen bør naturligvis ikke være lyst op, hvis der ikke er nogen, og det kan simpelt styres af bevægelsessensorer og/eller integreres i bookingsystemet, så man ikke bare har et sted, hvor tilfældige hænger ud.

Til at opretholde orden ved brug af et sådan bookingsystem for faciliteter kan man forestille sig, at det bør kombineres med brug af et kodenøglesystem, som eksempelvis kendes fra vaskeskældre. Der har hver bruger en personlig elektronisk nøgle og kan ved hjælp af denne booke én tid. Det vil eliminere risikoen for overbookning og kan betragtes som et slags kanbansystem, da der bliver givet signal om, at en facilitet er booket.

Det bør også undersøges, hvad potentialet er, såfremt der kan flyttes rundt på besøgshallene. Her menes, at man kan beslutte at lukke en konkret hal ned et par dage om ugen og flytte aktiviteterne til øvrige haller, med ligeledes lav belægning. Rent energiøkonomisk gælder det om enten at fylde hallerne eller alternativt have installationer, der kan matche et varieret behov, jf. Afsnit 0. Et fælles bookingsystem ville også hjælpe med at realisere dette, da det vil kunne skabe et samlet overblik over halbelægningerne.

Tal fra kommunen fortæller, at belægningen af hallerne er afhængig af aktiviteten, og at hallerne generelt er belagt med 100-150 personer pr. dag for tidsrummet 8:00-18:00, eller 10-15 personer i timen. Der var generelt en lavere belægning hen på aftenen, hvilket især var udpræget om fredagen. Disse tal burde umiddelbart være højere til en 800 m<sup>2</sup> stor idrætshal.

I Lean tales der om fordelene ved et ”transparent” system, en såkaldt visuel fabrik, hvor alle kan se målene, og hvordan det går i forhold til disse. Et bookingsystem lægger sig meget op af denne ide, og ud over bookingskemaer for haltider, vil det også være relevant at ophænge plots og målformuleringer for energiforbruget. Så kan alle interessenter (ledere, inspektører og brugere mm.) følge løbende med, og det er jo dem, der har indflydelse på ændringer. Derudover vil overvågningssystemet Energy Key skabe muligheden for helt tydeligt at vise status for energiforbrug etc., samt målet for energiforbrug og dermed også medvirke til en potentiel adfærdsændring.

### **7.6.3 Kommunekrav til drift og udnyttelse af cafeterier tilknyttet idrætsfaciliteter**

#### **Cafeterier**

Cafeterierne, der ofte er tilknyttet hallerne kan ikke løbe rundt. De er etableret som en mærkelig mellemløsning, der er til for at servicere brugerne.

Eliminering af cafeterierne og i stedet brug af automater til simpel føde (slik, sodavand, vand, små sandwiches etc.). Derudover kan der laves aftale med et cateringfirma, såfremt der måtte være behov for rigtig mad og betjening. Der kan eventuelt være mobilt/midlertidigt barudstyr i hallen, som man lige kan opstille efter behov.

Alternativt kan man lave kvalitetsrestauranter, så de selvstændigt kan løbe rundt. Ræsonnementet er, at hvis restauranterne er gode nok, vil folk komme og spise alligevel, og det kan måske kombineres med legefaciliteter til børn, så forældrene spiser, medens børnene leger eller ligefrem dyrker idræt. En analogi kunne være til McDonald’s restauranter, der ofte ligger afsides, men alligevel har masser af kunder, fordi det alligevel er attraktivt.

## **Brugerinddragelse**

Som der er lagt op til et par gange i de foregående afsnit, ligger der noget potentiale i at inddrage brugerne ved den daglige drift. Kan brugerne eksempelvis selv lære at sætte badmintonnet op, uden at de blive ødelagt, vil det være en stor fordel. Da det normalt er en del af halinspektørens arbejde, vil det bevirke, at halinspektøren kan lave noget andet i stedet, og en sådan omstilling vil sandsynligvis også gå hurtigere, hvis der er ti personer om det frem for en.

Ejerne af faciliteterne vil sandsynligvis stille sig skeptiske over for dette forslag af frygt for, at haludstyret bliver mishandlet og bliver defekt. Som analogi her, kan man fremhæve tidligere tiders forslag om, at folk selv kunne låne bøger på biblioteket. Her var man overbevidst om, at folk ville stjæle dem, men det har vist sig at fungere fint.

En af grundtankerne, når der arbejdes med Lean er, at inddrage brugerne (eksperterne) til at få skabt forslag til løbende forbedringer. Det er for mange år siden konkluderet, at eksperterne på specifikke processer er dem, der står i dem – eksempelvis ved en maskine i en produktionshal. I denne case er det brugerne der eksperterne, så her vil det være dem der skal inddrages i den løbende proces for udarbejdelse af forbedringsforslag vedrørende effektivisering, for såvel for energi som for tid. Et oplagt værktøj til dette er en kaizentavle, der fungerer ligesom en forslagspostkasse, som man kender dem fra i dag, blot mere systematisk. Man skal være opmærksom på, at hvis man igangsætter et sådan tiltag, er det kritisk, at man tager forslagene seriøst og får de gode forslag implementeret hurtigst muligt – om ikke andet får vist, at man er i gang. Gøres dette ikke, mister man hurtigt motivationen hos folk, og den kan være umulig at genskabe. Forslagssystemet kunne eventuelt være online og kombineres med bookingsystemet samt muligheder for at vinde præmier.

## **7.7 Erfaringer og evaluering af proces fra projekt- og procesforløb**

Formålet med dette projekt er at analysere, om der kan skabes synergi ved at anvende Lean tankegangen i forbindelse med energirådgivning. Derudover var det tanken, at analysen efterfølgende kunne fungere som en inspirationsguide til kommuner og andre offentlige instanser og ikke mindst idrætshaller, der gerne ville arbejde med Lean og energioptimering.

Som det fremgår gennem afsnittene for casen, viser der sig et stort potentiale for energioptimering ved at koble Lean og energirådgivning. Ved næsten alle aspekter for brug og drift af idrætshaller er det fundet, at der kan drages nytte af Lean principper og værktøjer.

Selvom denne case er lavet i en offentlig instans, som ikke har noget med en klassisk fabriktionsvirksomhed at gøre, adskiller casen sig ikke meget fra en sådan, med hensyn til at tænke Lean og energioptimering. Ved en fabriktionsvirksomhed er normalt hovedfokus på at analysere, hvad brugeren vil betale for, og som udgangspunkt har en virksomhed allerede et produkt, som kunden gerne vil eje. Det betyder, at fokus bliver på, om man kan levere samme eller bedre produkt og kvalitet, men for henholdsvis lavere eller samme kostpris.

Dette gælder også for denne case, hvor produktsalget er lig antallet af timer, man kan få brugere til at være aktive, og en vis andel af kostprisen udgøres her af energiforbruget. I begge tilfælde vil man blindt kunne forsøge at reducere energiforbruget, men der er risiko for, at det vil blive gjort på en uhensigtsmæssig måde. Et simpelt eksempel på dette kan være, at man vælger at sætte en LED-pære i en lampe, men hvis der nu slet ikke er brug for lampen, så er det måske en bedre løsning at sælge den helt. Denne risiko mindskes betydeligt ved at kombinere Lean og energioptimering.

I forbindelse med idrætshallerne i Horsens Kommune var der mange lignende eksempler på, hvordan Lean med energifokus havde potentiale. Hovedkonklusionen er, at når det som helhed er muligt at reducere det relative energiforbrug, samtidigt med at der optimeres på processerne og kommunens borgere bliver sundere og mere tilfredse, så har man en *win-win-situation*, der ikke bør negligeres.

Som et interessant tankeeksperiment kan man jo spekulere på, hvilket output der var kommet ud af en ren effektiviseringsanalyse. Her ville udgangspunktet sandsynligvis have været, at dagens aktivitetstilbud var fine, men hvordan kan det gøres billigere. Resultatet var nok endt med specialiserede haller med masser af LED-installationer mm.

Faktum er, at man altid bør tage udgangspunkt i kundens nutidige og fremtidige behov samt ønsker, og så kan det variere, om man også ønsker et forøget salg eller blot vil reducere kostprisen. Horsens Kommune havde et klart mål om sundere borgere, hvilket her er lig med et forøget salg. I den forbindelse er det alfa og omega at indtænke Lean. Som nævnt tidligere, får man ikke folk til at dyrke mere idræt ved at energioptimere på gymnastikfaciliteter, hvis ingen har interesse for at dyrke gymnastik.

Med hensyn til hvordan det vil være hensigtsmæssigt at indarbejde Lean tankegangen hos kommunale idrætshaller og/eller lignende instanser, er der et par punkter man bør holde sig for øje, hvis man vil opnå succes.

For det første bør der ikke parallelt køre lignende forandringsprojekter, der på nogen måde kan influere negativt. I dette projekt var det eksempelvis uhensigtsmæssigt, at idrætshalcasen var et mindre pilotprojekt, der kørte parallelt med opstart af den egentlige Lean afdeling i kommunen. Det betød, at der undertiden skulle tages hensyn til denne, og overordnet var der mere opbakning og fokus fra ledelsen til denne Lean afdeling. Generelt gælder jo for Lean og andre forandringsprojekter, at der **skal** være **110 %** opbakning fra ledelsen. I modsat fald er der lav chance for succes.

For det andet er det vigtigt at nævne, at hvis Lean skal tænkes ind i haller, skal det ske tidligt i processen<sup>13</sup> og højt oppe i organisationen. Det er ikke halinspektørerne, der skal trække Lean ind – det skal ske på rådhuset, eks. i kulturforvaltningen.

For det tredje er det en god ide at konferere med økonomiforvaltningen før start, da et sådant forandringsprojekt kan blive meget omkostningstungt<sup>14</sup>, og det er vigtigt også at have fuld opbakning herfra.

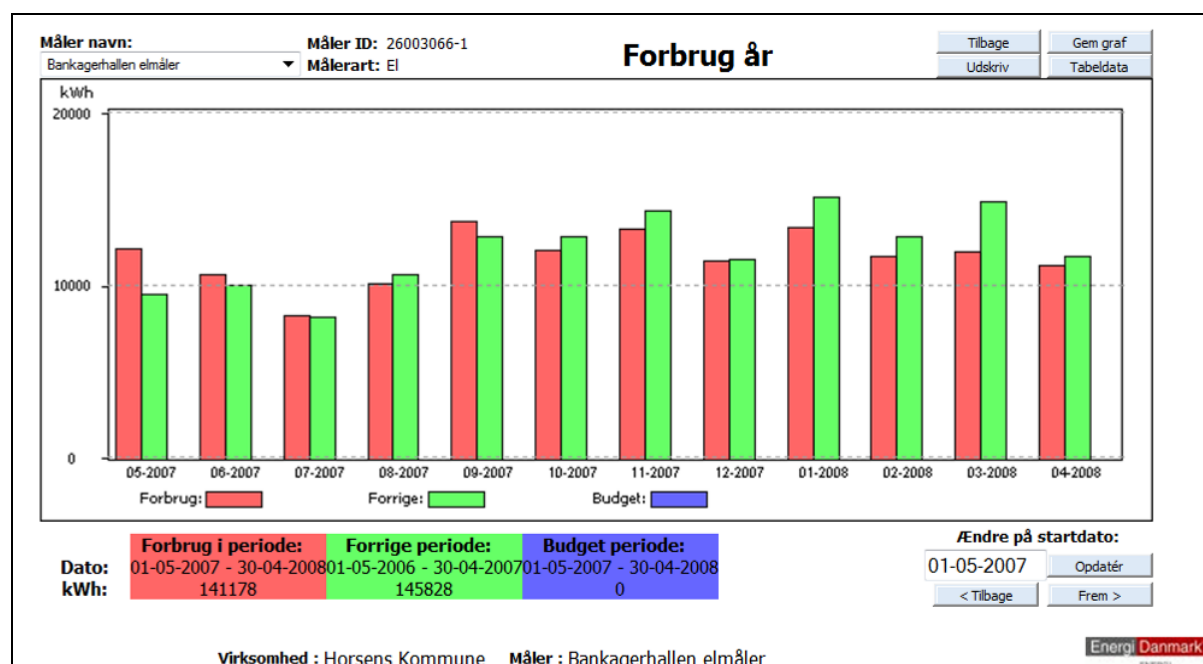
---

<sup>13</sup> For Horsens Kommune ville det have været praktisk at fokusere på både Lean og energioptimering ved udarbejdelse af deres moderniseringsplan.

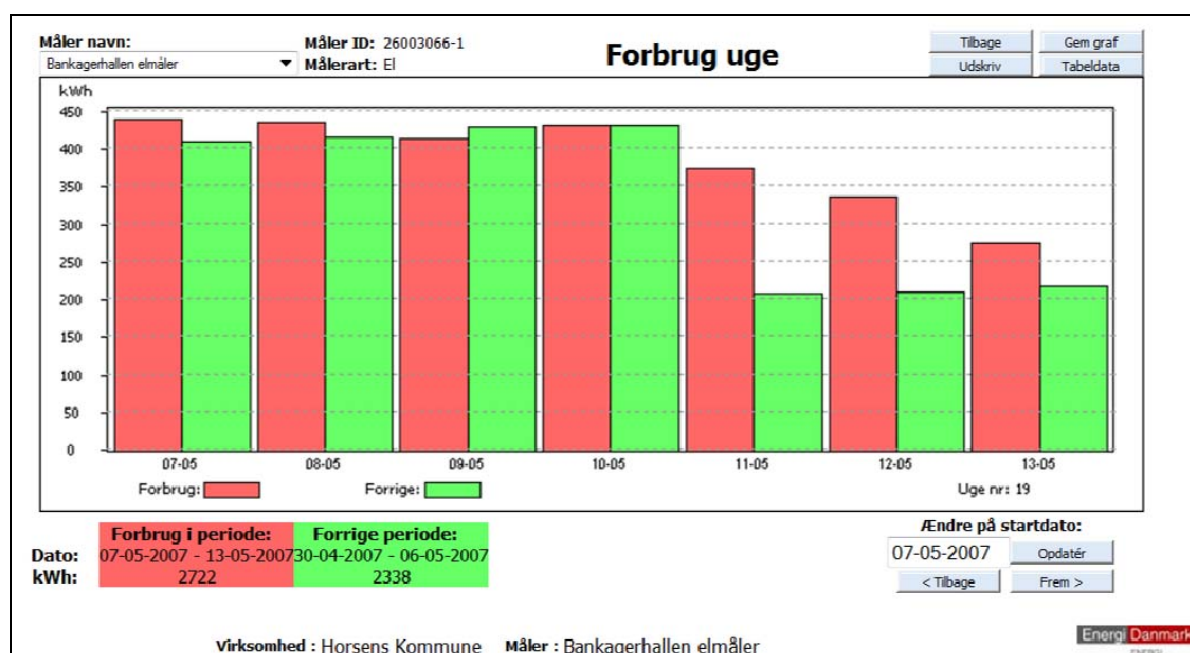
<sup>14</sup> jf. ”risiko for større omkostninger forbundet med ombygninger, frem for kun renovering.



## 7.8.2 Bilag 2. Elforbrug for Bankagerhallen

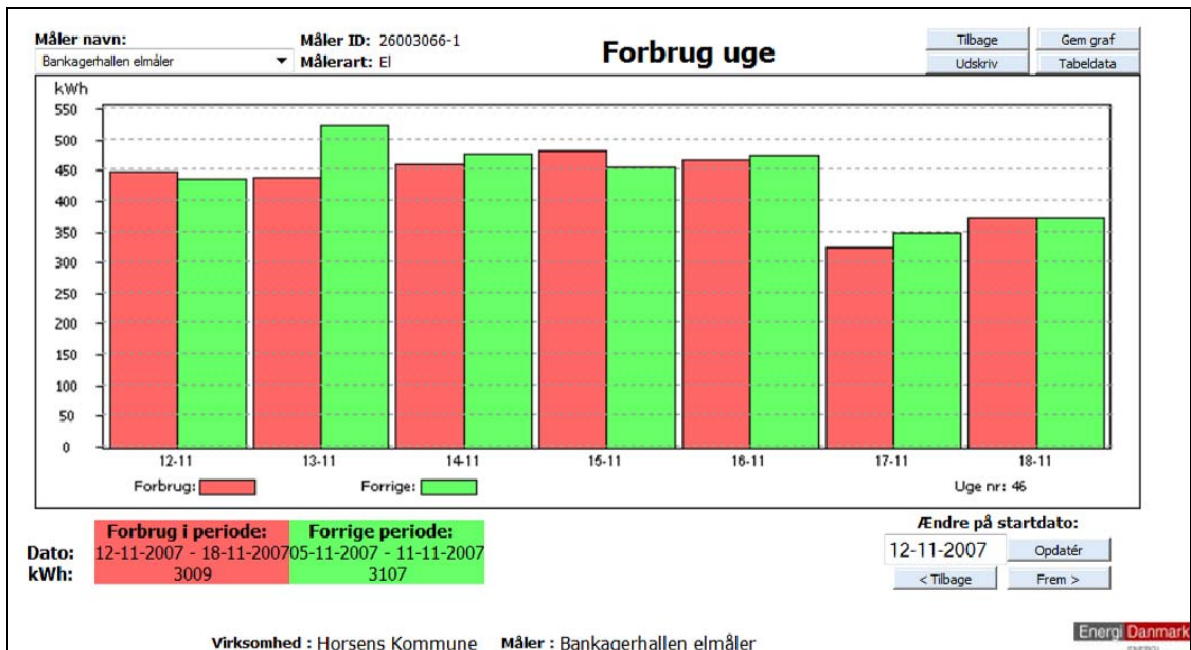


Figur 19. Årligt elforbrug for Bankagerhallen 2007

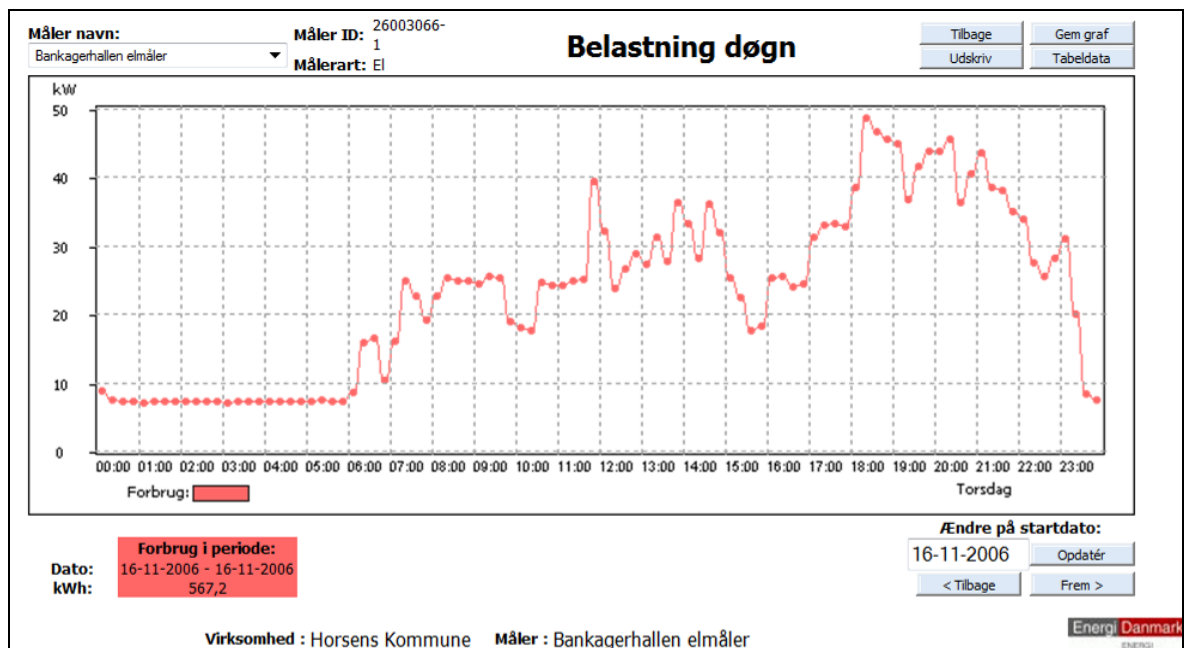


Figur 20. Ugebelastning, 7-13. maj 2007

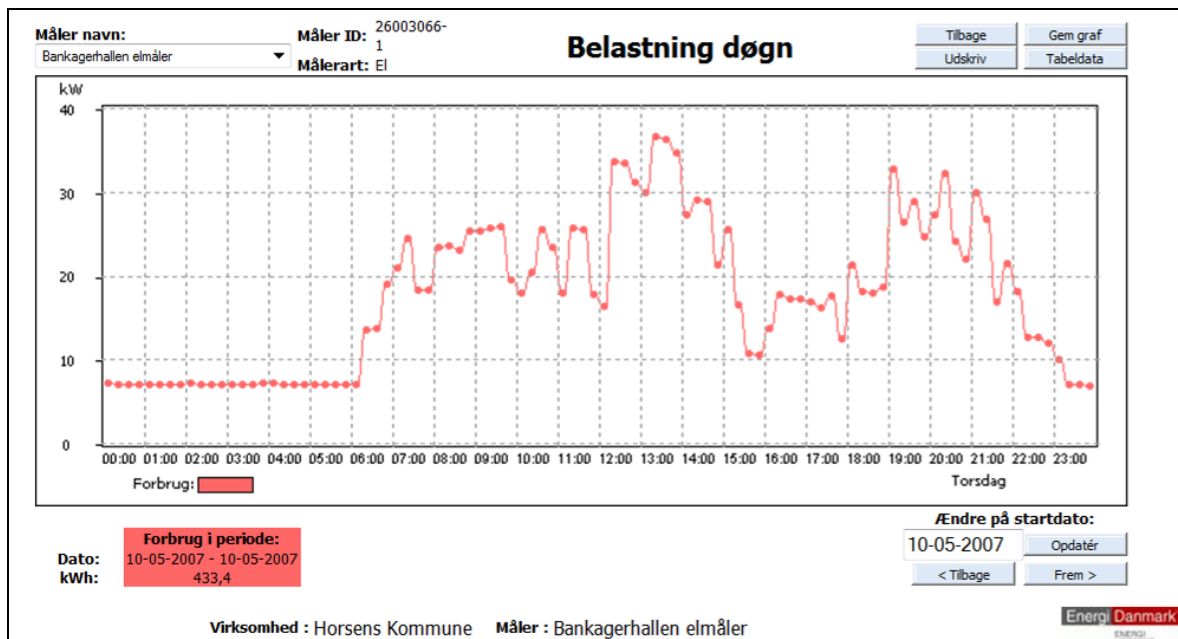




Figur 21. Ugebelastning, 12-18. november 2007

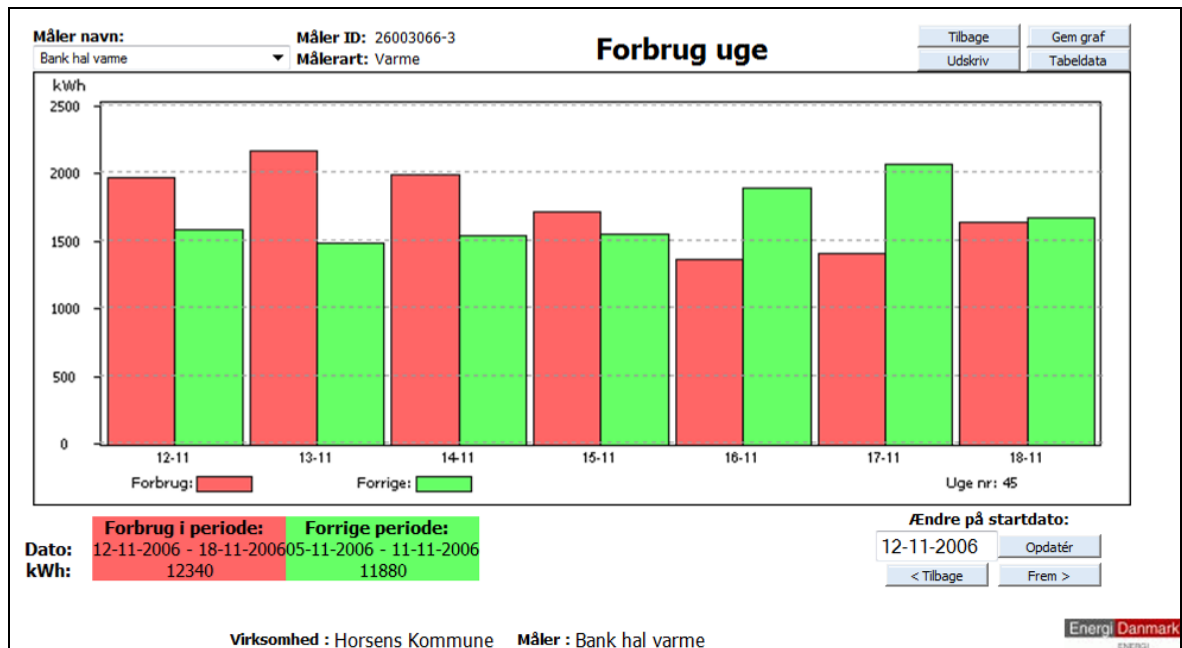


Figur 22. Døgnbelastning torsdag den 16. november 2006

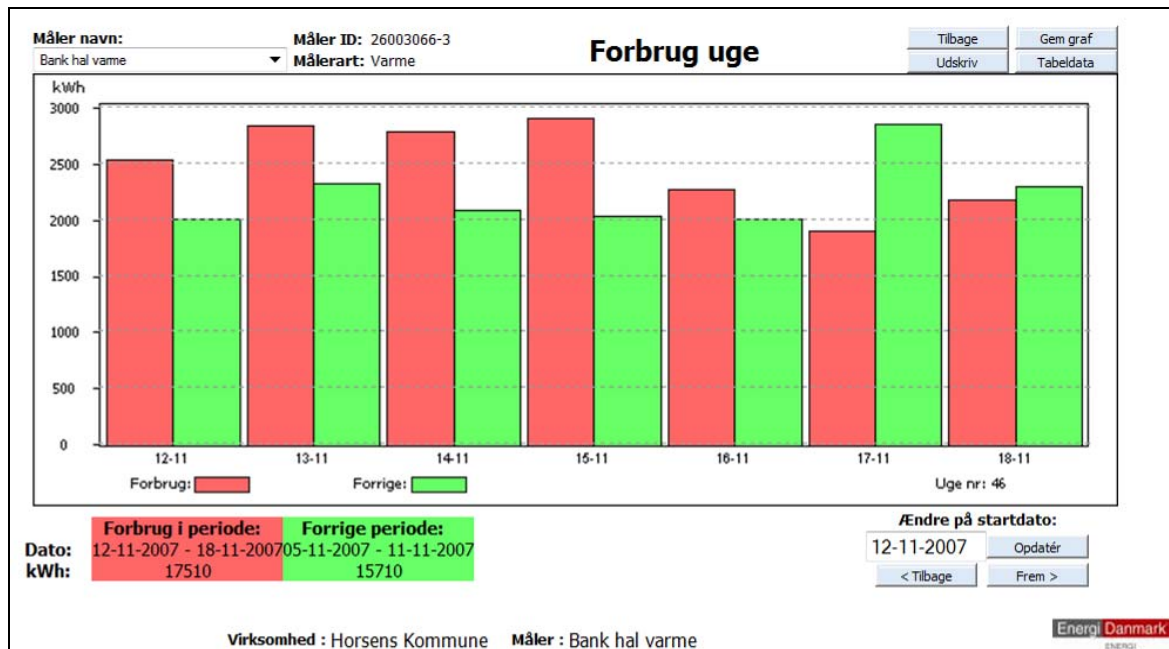


Figur 23. Døgnbelastning torsdag den 10. maj 2007

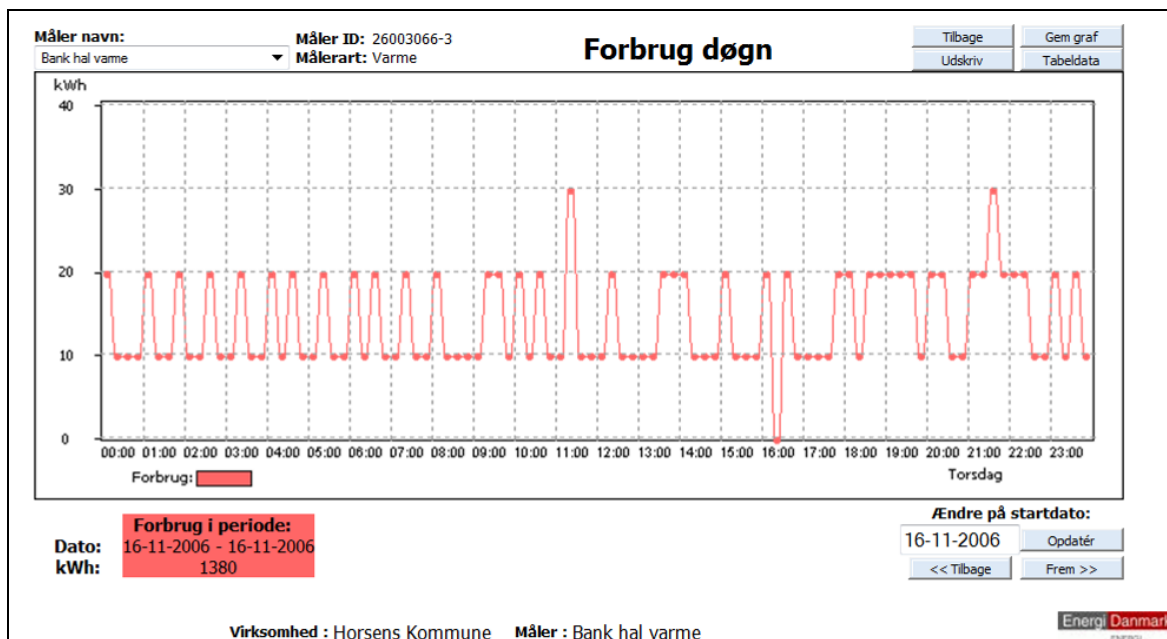
### 7.8.3 Bilag 3. Varmeforbrug for Bankagerhallen



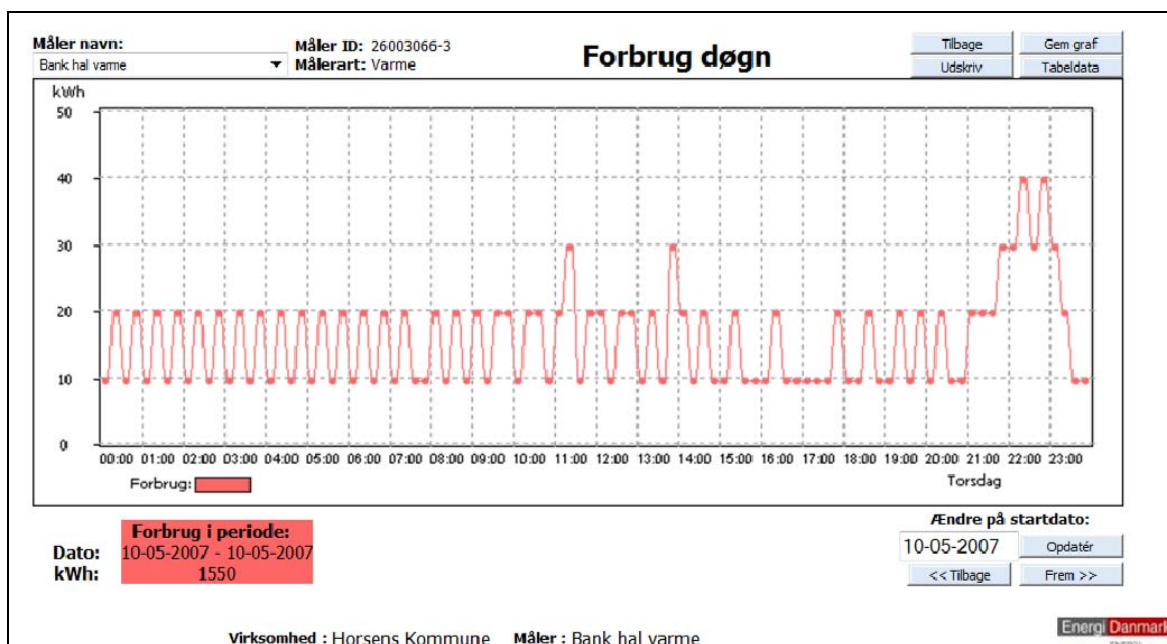
Figur 24. Ugebelastning, 7-13. maj 2007



Figur 25. Ugebelastning, 12-18. november 2006



Figur 26. Døgnbelastning torsdag den 16. november 2006



Figur 27. Døgnbelastning torsdag den 10. maj 2007

#### 7.8.4 Bilag 4. Regneeksempel

Dette regneeksempel omhandler et pilateshold, der træner 1,5 time om ugen i 40 uger hvert år. Opvarmning sker i eksemplet via ventilation. Belysningen er fra lysstofrør.

##### Ventilationsomkostninger

Volumen = længde · bredde · højde

$$V_{\text{hal}} = (20 \cdot 40 \cdot 10)\text{m} = 8.000 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{rum}} = (5 \cdot 10 \cdot 3)\text{m} = 150 \text{ m}^3$$

Vi antager at der skal være en udskiftning af luft på to gange pr. time. Dette giver et samlet luftflow på henholdsvis 16.000 m<sup>3</sup>/h og 300 m<sup>3</sup>/h for hal og rum.

Densitet for luft:  $\rho_{\text{luft}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

Specifik varmekapacitet for luft:  $c_{\text{luft}} = 1,0 \text{ kJ/kg}$

Temperaturforskel: Her er benyttet  $\Delta t = 7 \text{ }^\circ\text{C}$  som gennemsnit i fyringsperiode, ud fra den overbevisning at en del af luftens varme udnyttes ved hjælp af genvex.

Årligt varmeforbrug udregnes:  $Q = \text{flow} \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot C_{p,\text{luft}} \cdot \Delta t \cdot \text{tid}/\text{år}$

$$Q_{\text{hal}} = \frac{16.000 \text{ m}^3/\text{h}}{3.600 \text{ s/h}} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,0 \text{ kJ/kg} \cdot 7^\circ\text{C} \cdot 60 \text{ h}/\text{år} = 2240 \text{ kWh}/\text{år}$$

$$Q_{\text{rum}} = \frac{300 \text{ m}^3/\text{h}}{3.600 \text{ s/h}} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,0 \text{ kJ/kg} \cdot 7^\circ\text{C} \cdot 60 \text{ h}/\text{år} = 42 \text{ kWh}/\text{år}$$

Omregnes dette til årlige ventilationsomkostninger med 2 kr./kWh giver det:

$$\text{Ventilationsomk.}_{\text{hal}} = 2 \text{ kr./kWh} \cdot 2240 \text{ kWh} = 4480 \text{ kr./år}$$

$$\text{Ventilationsomk.}_{\text{rum}} = 2 \text{ kr./kWh} \cdot 42 \text{ kWh} = 84 \text{ kr./år}$$

En samlet besparelse på 4396 kr./år, der omregnet til procent svarer til ca. 98 %.

### Belysningsomkostninger

Det antages at der behøves ca.  $15 \text{ W/m}^2$ , hvilket giver følgende lysinstallationsbehov:

$$\text{Lysbehov}_{\text{hal}} = 800 \text{ m}^2 \cdot 15 \text{ W/m}^2 = 12 \text{ kW}$$

$$\text{Lysbehov}_{\text{rum}} = 50 \text{ m}^2 \cdot 15 \text{ W/m}^2 = 0,75 \text{ kW}$$

Årligt energiforbrug bliver:

$$\text{Forbrug}_{\text{hal}} = 12 \text{ kW} \cdot 60 \text{ h/år} = 720 \text{ kWh/år}$$

$$\text{Forbrug}_{\text{rum}} = 0,75 \text{ kW} \cdot 60 \text{ h/år} = 45 \text{ kWh/år}$$

Omregnet til årlige omkostninger giver det:

$$\text{Lysomk.}_{\text{hal}} = 2 \text{ kr./kWh} \cdot 12 \text{ kW} \cdot 60 \text{ h/år} = 1440 \text{ kr./år}$$

$$\text{Lysomk.}_{\text{rum}} = 2 \text{ kr./kWh} \cdot 0,75 \text{ kW} \cdot 60 \text{ h/år} = 90 \text{ kr./år}$$

En samlet besparelse på 1350 kr./år, der omregnet til procent svarer til ca. 94 %.

## 8 Integrations Case – MAN Diesel

### 8.1 Virksomhedsintroduktion

MAN Diesel er en førende leverandør af store dieselmotorer til skibsfremdrivningsanlæg og kraftværker. Sammen med det tyske moderselskab MAN Diesel SE i Augsburg udgør den danske virksomhed MAN Diesel A/S en del af den tyske industrigigant, MAN.

MAN Diesel A/S har afdelinger i København, Frederikshavn og Holeby. Medarbejderne i København udvikler, konstruerer og sælger MAN B&W low speed totaktdieselmotorer til marine og stationære anlæg. Salg og produktion af motor- og reservedele foregår også i København.

MAN B&W totaktsmotorer er førende på markedet. Totaktsmotorerne produceres i Frederikshavn samt af et globalt netværk af licenstagere. I Frederikshavn produceres også firetaktmotorer til fremdrift samt generatoranlæg til produktion af elektricitet ombord på skibe og til kraftværker. Derudover fremstilles gear og propellerudstyr.

Salgs- og serviceafdelingen for generatoranlæg er placeret i Holeby. I Augsburg udvikler MAN Diesel SE turboladere, medium speed firetakt dieselmotorer med stor og medium boring, og bygger motorer i effektområdet fra 3.000 til 21.600 kW.

Organisationen omfatter et globalt netværk af service centre og kontorer i de vigtigste shipping centre i verdenen.

### 8.2 Lean organisationen

MAN Diesel A/S har gennem en længere årrække satset stærkt på gennemførelse af produktionsforbedringer gennem Lean, idet der er oprettet en særlig stabsfunktion med reference til direktionen.

Organisatorisk fungerer Lean arbejdet ved, at der er ansat en fuldtids Lean koordinator, Martin Drost. Fra de involverede afdelinger tilføres personale, når Lean processer vedrører netop disse afdelinger gennemføres. Dette er gjort med forsøg i at forankre Lean arbejdet i de berørte afdelinger og blandt de ansatte. De medarbejdere, der tilføres Lean afdelingen er typisk maskinoperatører m.v., der i perioder på 3 – 6 måneder organiseres i Lean afdelingen.

I samarbejde med IMPLEMENT har MAN Diesel A/S opnået store forbedringer i processerne, som følge af satsningen på Lean. Målet er altid at gøre intern produktion konkurrencedygtig i forhold til underleverandører, typisk i Asien.

I denne case, hvor energiforbedringer er søgt implementeret, omfatter projektet Lean på en varmebehandlingsproces i forbindelse med fremstilling af bundstykker.

### 8.3 Case – varmebehandling af bundstykker

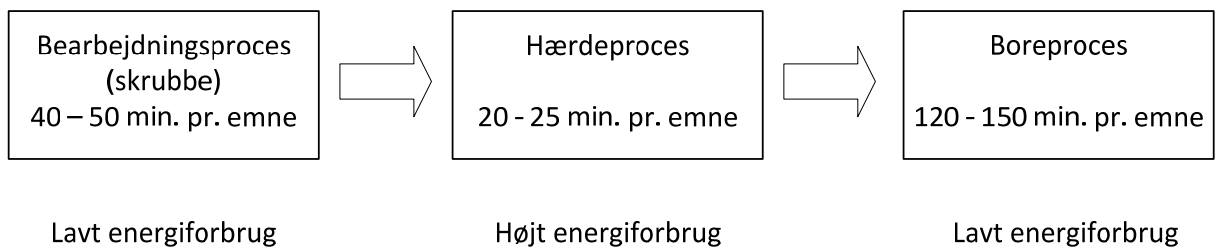


Figur 28. Bundstykker klar til varmebehandling.

Bearbejdning og fremstilling af bundstykker foregår i princippet i tre tempi efter følgende model:

1. En bearbejdningsproces, hvor bundstykket formes. Metalemner bearbejdes enkeltvist i bearbejdningsanlæg (CNC-anlæg), hvor den overordnede forarbejdning foretages. Hvert emne tager typisk 40 – 50 minutters procestid.
2. En varmebehandlingsproces (induktionshærdning og efterfølgende anløbning). Selve processen består af en hærdning og en efterfølgende anløbning. Der vil være en nærmere beskrivelse senere.
3. Boreproces, som er en finbearbejdning af bundstykket.





Figur 29

Der produceres op til 10 bundstykker pr. døgn. Bundstykkerne varierer i form og fylde, afhængig af det aktuelle formål. I den konkrete case er det 60 MC-bundstykker á 93 kg. pr. stk. der anvendes.

Energimæssigt udgør hærdeprocessen den mest interessante del af processen, idet energiforbruget i de øvrige processer alene omfatter mindre forbrug til bearbejdning og perifert forbrug til fx trykluft.

Selve casen og Lean programmet handler i dette tilfælde om, hvorvidt det er mest hensigtsmæssigt at producere bundstykkerne selv eller udlicitere opgaven til andre.

### 8.3.1 Make or by analyse

Udgangspunktet for Lean processen er et såkaldt "Make or Buy"-analyse (MB-analyse). Populært sagt er en MB-analyse en vurdering af, hvorvidt det er relevant at udlicitere en konkret opgave eller proces.

Nogle argumenter for at producerer selv (make) er:

- Høje transaktionsomkostninger ved brug af underleverandører
- Forsyningssikkerhed (levering)
- Særlige kvalitetskrav
- Fastholde og sikre teknologiske hemmeligheder
- Beskytte kernekompetencer
- Ingen alternative leverandører
- Ustabile leverandører
- Kapacitet
- Synergi mellem produkt og produktudvikling

Nogle argumenter for at outsource (buy) er:

- Adgang til at udnytte andre virksomheders specialkompetencer
- Faste omkostninger ændres til variable
- Leverandører har lavere produktionsomkostninger
- Organisationen har ikke den nødvendige know-how
- Strategisk fokusering på kernekompetencer
- Likviditet
- Frigøre kapacitet til andre formål

MB-analysen rummer således tre potentiale for optimering på tre hovedområder:

- Lønsomhed i produktion
- Konkurrenceevne i markedet
- Flexibilitet i organisation

Energioptimering vil typisk være omfattet af området ”Lønsomhed i produktion”, hvor energiomkostninger kan indgå som parameter. Dette er dog ikke typisk, idet det væsentlige fokus er på mandetid, maskintid og råvareomkostninger.

I det konkrete tilfælde, har Lean afdelingen gennemført en vurdering af, hvorvidt det kan gøres lønsomt at producere i København.

Med MB-analysen skal det vurderes, om det er muligt at fastholde produktionen i København. Udgangspunktet vil være, at en asiatisk underleverandør er i stand til at producere bundstykkerne ca. 67 % billigere end MAN Diesel A/S selv er i stand til. Dette skal vurderes op i mod de fordele/ulemper, som er beskrevet ovenfor.

Målsætningen for Lean projektet er således, at vurdere om det gennem optimering, standardisering og effektivisering af processer og arbejdsgang er muligt at reducere omkostningerne mærkbart.

De Lean værktøjer, der i den forbindelse er anvendt er bl.a.:

- VSM-analyse, hvor taktid og balancering mellem de enkelte procestrin analyseres
- Brug af standarder (SOP), herunder brug af opstillingsstandarder, kørestandarder, generelle forbedringer (Kaizen), rengøringsstandarder og TPM

Hos MAN Diesel A/S afgør prisdifferencen normalt, hvorvidt man ønsker at fastholde produktion eller udlicitere det til underleverandører. Under normale betingelser accepteres en ”overpris” på ca. 10 % ved at fastholde produktion, idet der også er en række andre fordele ved at beholde produktion.

### 8.3.2 Energiforhold og forbrug

Beskrivelse af energiforholdene er, jf. tidligere begrænset til selve varmebehandlingsprocessen.

Ved den nuværende proces, sker hærdning af emner enkeltvis i induktionshærder, og anløbning sker i el ovn (normalt flere emner).

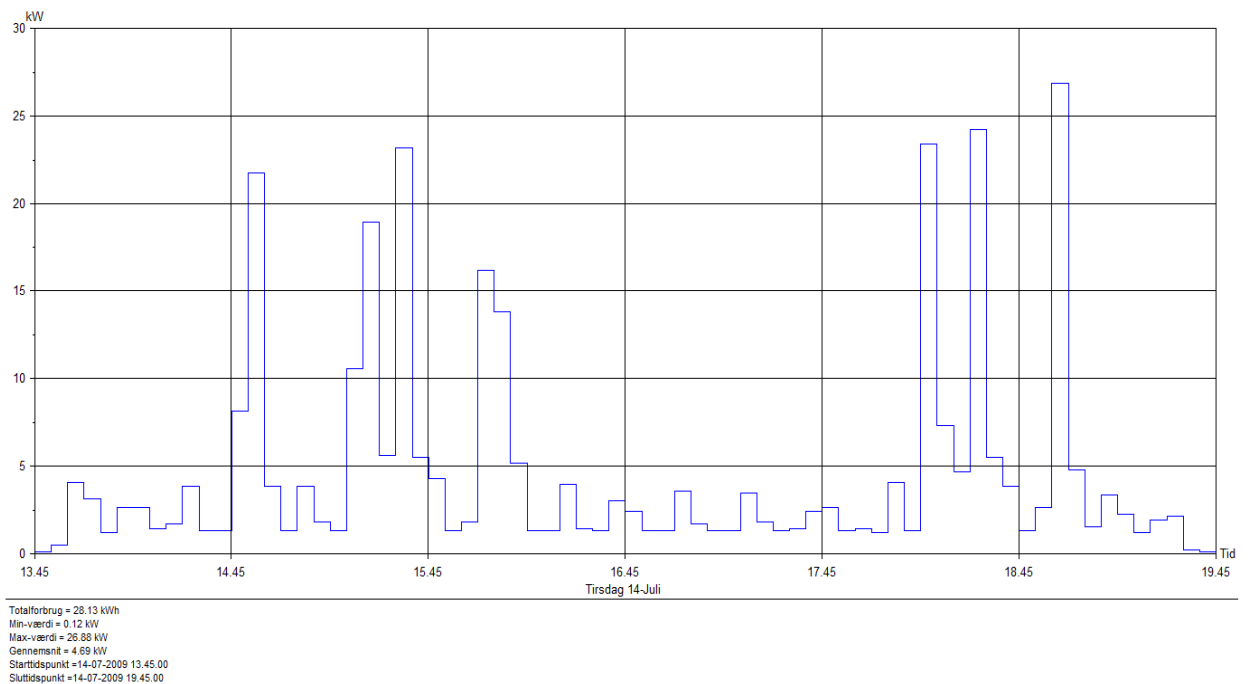
Induktionshærdning af ståloverflader sker ved brug af elektrisk induktionsopvarmning i en specialbygget induktionsspole. Ved en passende kombination af induktionsfrekvenser, energitilførsel og varighed, normalt nogle sekunder, kan man styre indhærdningsdybden. Metoden tillader at hærde udvalgte dele af en større genstand, men bliver på grund af specialudstyret først økonomisk forsvarlig ved et stort antal ens emner. Denne form for hærdning anses for at være meget energieffektiv.



Figur 30. Induktionshærder hos MAN Diesel A/S.

Anlægget er etableret i 1999 og leveret af Obel-P Product. Induktionsspolerne produceres løbende i takt med behovet og konstrueres ud fra bl.a. geometriske krav.

Energiforbruget i induktionshærderen er omtrent proportionalt med produktionen, som det fremgår af Figur 31 over elforbruget.



Figur 31.

Afhængig af selve hærdeprogrammet vil maksimaleffekten kunne udgøre op til ca. 100 kW i kortvarige perioder. I den pågældende måleperiode er der induktionshærdet i alt 7 bundstykker, hvilket giver et specifikt energiforbrug på ca. 3,7 kWh/bundstykke. Målsætningen for afdelingen er en årlig produktion på ca. 1.500 bundstykker, hvilket medfører et samlet energiforbrug på ca. 5.500 kWh.

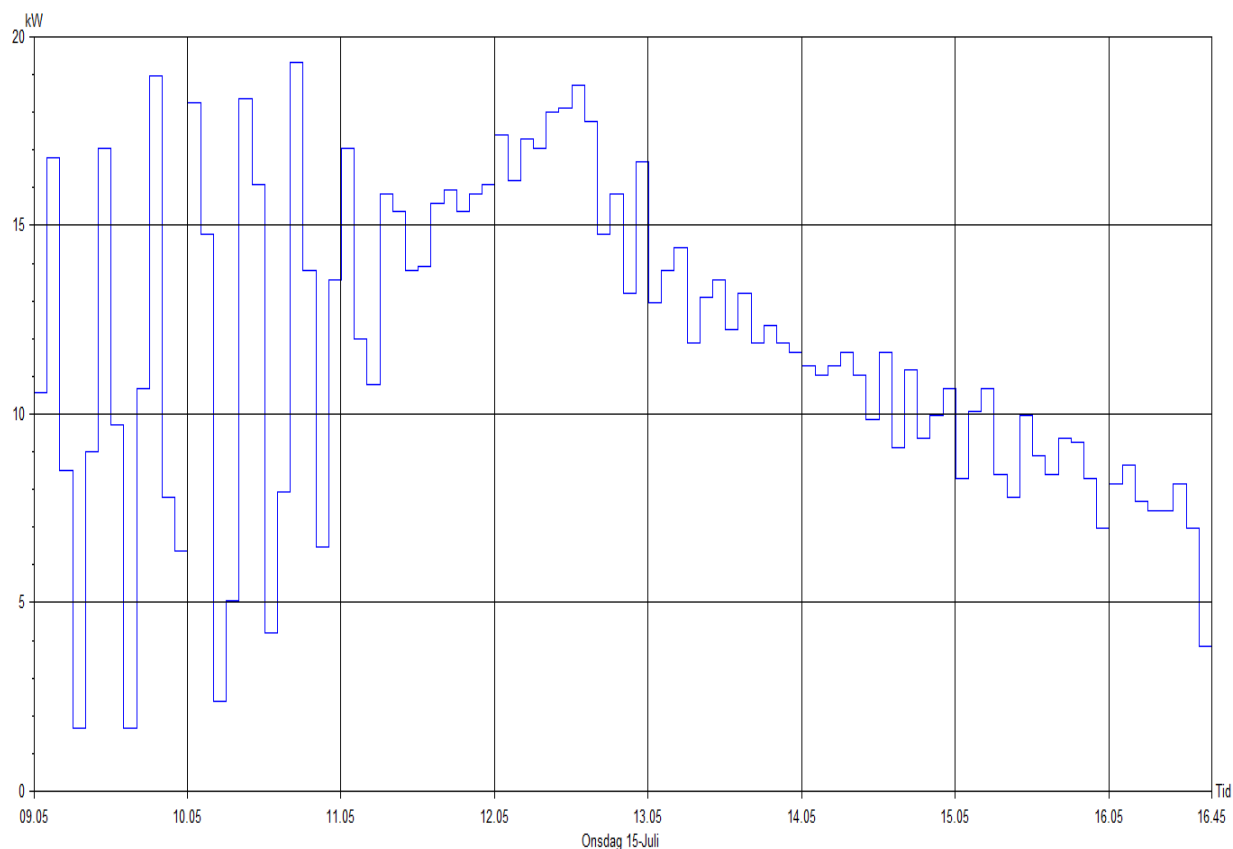
Efter hærkning skal bundstykkerne anløbes. Det sker i en 40 kW Scandia ovn. Anløbning er en termokemisk varmebehandlingsmetode, der styrker stålets hårdhed i godset.



*Figur 32.*

Energiforbruget i anløberen er uafhængigt af godsmængden og en optimale energieffektivitet afhænger således af kapacitetsudnyttelsen.

Energiforbruget fremgår af nedenstående Figur 33.

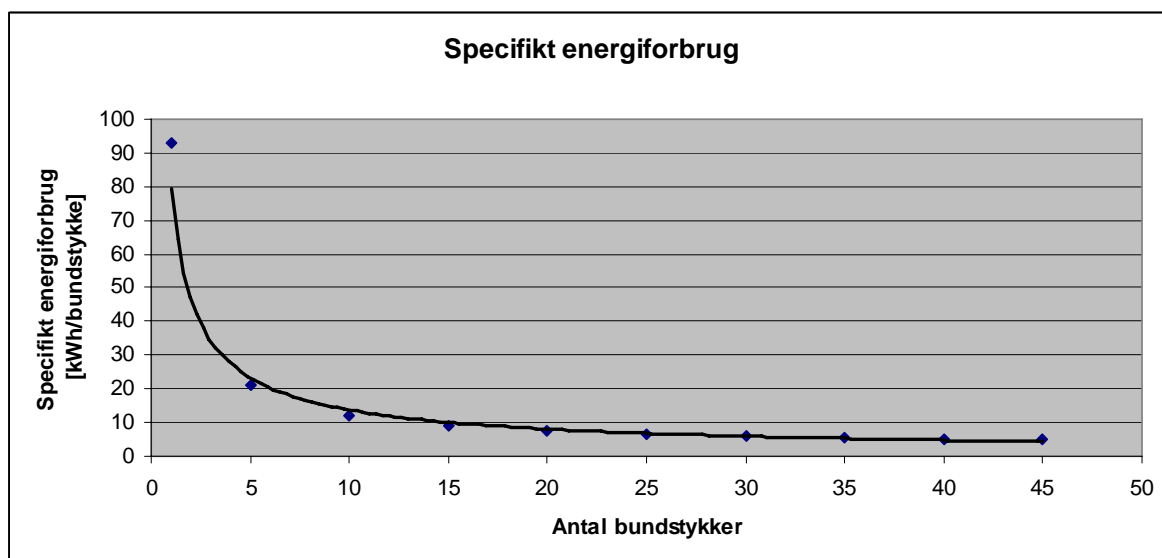


Totalforbrug = 90,26 kWh  
 Min-værdi = 1,68 kW  
 Max-værdi = 19,32 kW  
 Gennemsnit = 11,77 kW  
 Starttidspunkt = 15-07-2009 09 05 00

Figur 33.

Da anløbningsovnen har en vis kapacitet, vil det specifikke energiforbrug således være afhængig af evnen til at udnytte kapaciteten optimalt. Dette hænger sammen med en række andre logistiske parametre, og det er sjældent energiforbruget, der er afgørende parameter for udnyttelse af ovnen.

Det fremgår af figuren, at en anløbningsproces anvender ca. 90 kWh. Afhængig af kapacitetsudnyttelsen vil det specifikke energiforbrug kunne udtrykkes af nedenstående udtryk.



Figur 34.

Produceres der gennemsnitligt 3 bundstykker pr. charge, kan det specifikke energiforbrug bestemmes til ca. 80 MWh/år.

### 8.3.3 Forslag til forbedringer

Både energimæssigt og produktionsmæssigt er anløbningen en ”flaskehals”, og udnyttelse af kapaciteten har betydning for både energiforbrug og driftsomkostninger generelt. Derfor er netop denne del af processen interessant som forbedringsobjekt.

I design af nyt layout har der derfor været fokus på reduktion af tidsforbrug pr. emne. Dette har indflydelse primært på mandetimer.

Det er derfor foreslået fra Lean afdelingen, at anløbningsovnen erstattes af en induktionshælder, der enkeltvis kan anløbe produkterne. Ved at ændre layoutet samtidig og flytte en scrubber fra en anden afdelingen, vil det være muligt at opnå en mere optimal logistik uden flaskehalse, ventetider og lang intern transport.

Indkøb og installation af ny induktionshælder, ændringer af layout, flytning af maskiner og diverse følge omkostninger er beregnet til at andrage ca. 1.250.000 kr.

### 8.3.4 Energibesparelse

Analysen fra leverandøren af induktionshælder til anløbning peger på, at energiforbruget pr. anløbning i induktionshælder medfører et energiforbrug på ca. 3 kWh/bundstykke. Samlet set, vil energiforbruget således udgøre 6,7 kWh/bundstykke uafhængigt af, hvor mange bundstykker, der produceres.

Tages der udgangspunkt i en referencesituation som beskrevet ovenfor med 3 bundstykker pr. charce udgør den samlede energibesparelse:

Energiforbrug, før:	80 MWh/år
Energiforbrug, forbedring (1500 emner)	10 MWh/år

Energibesparelse udgør således ca. 70 MWh/år, svarende til en besparelse på ca. 45.500 kr./år ved en elpris på 650 kr./MWh.

Den simple tilbagebetalingstid bliver således 27 år.

Hvis det antoges, at der kun blev anløbet et bundstykke ad gangen i den nuværende anløber, vil det tilsvarende beregningseksempel udvise en simpel tilbagebetalingstid på 14 år (ca. 130 MWh besparelse pr. år).

### **8.3.5 Lean-regnestykket**

Ved at ændre setup i hærdeprocessen, således den nuværende anløbningsovn erstattes med induktionsovn, samtidig med at layoutet i afdelingen ændres, er det vurderet, at mandetiden kan reduceres med 57 % til ca. 3900 timer pr. år. Alene dette vil medføre en forbedring på ca. 1.200.000 kr./år.

Investering i den nye hærder samt følgeomkostninger beløber sig til ca. 1.250.000 kr. Projektet er således tjent hjem på ca. 1 år.

MAN Diesel vælger også at gennemføre investeringen – så ”make” vandt i dette tilfælde over ”buy”.

### **8.3.6 Konklusion vedrørende Lean og energi**

Under referencebetingelserne (3 emner pr. charge) udgør energibesparelsen ca. 70 MWh/år og tilbagebetalingstiden 28 år. Projektet ville således kasseres, da det ville være urentabelt.

Ved Lean projektet kan der peges på en tilbagebetalingstid på 1 år og en årlig driftsbesparelse på ca. 1.200.000 kr., mod de årlige energiforbedringer på ca. 45.000 kr. Energiforbedringen udgør således 3,6 % af den samlede energigevinst.

Uanfægtet dette viser cases, at der realiseres energibesparelser som følge af Lean projekter. Der er blot ikke tradition for at medregne disse ved opgørelse af forbedringspotentialer.

Generelt må det antages, at en lang række Lean projekter i Danske virksomheder kaster energibesparelser af sig, også selv om det er begrænsede isoleret set, må det antages, at disse energibesparelser er omkostningseffektive og dermed attraktive for energiselskaberne energispareforpligtelser.

Spørgsmålet er blot. Hvilke virkemidler, der kan føre til identifikation og dokumentation af disse energibesparelser, og hvorledes energiselskabernes energirådgivere inddrages i dokumentationen, eller får adgang til denne.



## 9 Forkortelser, Lean- og energibegreber

Her forsøges de mange benyttede udtryk, forkortelser og sammentrækninger beskrevet og forklaret i relativt enkle og korte vendinger. Primært de udtryk, der ikke er forklaret direkte i rapporten er taget med her, men afsnittet kan også benyttes til at resumere – danne sig overblik over – de mange termer der benyttes – i særdeleshed i Lean verdenen. Udtrykkene er opstillet i alfabetisk rækkefølge.

- **5S** – Orden og ryddelighed (standarder for arbejdsprocesserne). De 5 S'er er: Sortér, System i tingene, Systematisk rengøring, Standardiser og Selvdisciplin (fastholde). 5S bringer blivende orden og systematik ind i virksomheden, og kan også bruges i de administrative funktioner. 5S handler ikke kun om at rydde rodet væk, men om at etablere og fastholde den systematik medarbejderne indfører i fællesskab på arbejdsborde, værktøjsvægge og i kontorreoler.
- **De 7 spild (MUDA):**
  - Overproduktion (for meget produceret og for tidligt leveret)
  - Ventetid (materialer/udstyr/medarbejdere/information e.l. er ikke tilgængelig)
  - Transport (unødvendige flytninger)
  - Ikke nødvendige processer (papirarbejde, overflødige arbejdsgange pga. forkert værktøj, dårligt design o.l.)
  - Unødvendige lagre
  - Unødvendig håndtering (unødvendige bevægelser)
  - Fejl (fører til inspektion og omarbejde eller kassering)
- **DSM (Demand Side Management)** – Er styring af energiefterspørgselen. I Danmark er det ofte omtalt som DSM-aktiviteter rettet imod energibesparelser. Indtil 2006 har alle energiselskaber været pålagt at gennemføre adfærds- og markedspåvirkende aktiviteter for at hjemtage de for selskabet fastlagte DSM-mål.

Begrebet DSM benyttes ikke rigtigt mere i dag, da der siden 2006 ikke har været politiske krav til metoden – men til gengæld et øget fokus på realisering af energibesparelser

- **Flow-/cellelayout** – Ved at sætte udstyr og arbejdssteder tæt ved hinanden, undgås mellemvarelagre. Derved udvikles efterhånden en synkron produktion (der falder godt i tråd med en målsætning om, at én del af processen færdiggøres i takt med at den efterfølgende proces har brug for materialet/varen).
- **Gemba** – På japansk betyder “Gemba” produktionen. er netop i produktionen at værdier skabes og hvor god Lean ledelse foregår. Derfor “Gå ud i produktionen – go to Gemba!”. Når en ledelse vælger at implementere Lean, skal denne ledelse samtidig være klar til, bl.a. at deltage i mange tavlemøder om ugen. Ledelsen skal være synlig for at markere, at man står bag forandringen til Lean, og at man anerkender de forbedringer som foretages i produktionen.

- **HVAC** – Heating , Ventilation and Air Conditioning. Altså de energisystemer (installationer), der har til formål at sikre os mennesker et godt klima i de lokaler, vi befinder os i.
- **JIT (Just in time)** – der produceres kun det kunden efterspørger, og det produceres lige i rette tid til at dække efterspørgslen. Det vil sige, at der kun fremstilles noget i produkt-kæden, når næste proces har behov for det. Analyse af produktionsflowet, særlig fokus på takt-tid (produktionsdimensionering og -planlægning) og lager. Resultatet af JIT er små eller ingen lagre – og som følge deraf reduceret pladsbehov.
- **Kaizen** – Kai: ”at forandre” og Zen: ”god” – altså er der tale om forandring til noget bedre. Samtlige medarbejdere medvirker til at forbedre virksomhedens præstation. Forbedringsforslag opmuntres og fremprovokeres. Værktøjer: ”Plan-Do-Check-Action hjul” og ”De 7 kvalitetsværktøjer”.
- **Kanban/Træk-produktion (Pull)** – Én del af processen færdiggøres i takt med at den efterfølgende proces har brug for materialet/varen. Der kan bruges kanban-kort til at styre processen: Et kanban-kort laves idet kunden efterspørger et produkt, og kortet bevæger sig bagud i produktionskæden, idet det udveksles mellem de enkelte produktionsled til gengæld for varer/materialer. På den måde produceres kun de varer, kunden efterspørger – og kun de mellemvarer der er behov for, med henblik på produktion af varen.
- **Målstyring (målsætninger)** – Nedbryder virksomhedens strategiske målsætninger til konkrete mål, som er forståelige for medarbejderne (Kvalitet, Levering og omkostninger). Konsensusproces sikrer fælles forståelse af virksomhedens mål på alle niveauer. I praksis sættes disse mål ofte op på tavler meget synlige for alle fx i produktionen og der holdes møder med fast interval med det formål, at stile imod løbende forbedringer. En god målstyring kræver mål, der betyder noget for/i den enkelte virksomhed. Benyt evt. SMART metoden til at vurdere kvaliteten af målene (Er de: Specifikke, Målbare, Accepterede, Realistiske, Tidsbestemte?)
- **OEE (Overall Equipment Efficiency)** – opgørelse af hvor stor en del af produktionstiden der produceres salgbare produkter (fratrasket produktionsstop, produkter med fejl, omstilling osv.). Energiforbruget kan reduceres, hvis OEE øges. Dette resulterer i sig selv i højere produktivitet – og hvis der samtidig gennemføres andre effektiviseringer af arbejdsprocesserne, kan produktiviteten forbedres yderligere.

Novozymes har arbejdet med denne metode.

- **Pinch analyser eller ”PINCH-analyse”** – Betegnelsen blev introduceret i starten af 80’erne af englænderen Bodo Linnhoff ved Manchester Universitetet. Der er et sæt termodynamiske analysemetoder, som garanterer et minimalt energiforbrug i industrielle processer. Det benyttes til at beregne et teoretisk maksimalt varmegenvindingspotentiale mellem et sæt af processtrømme. En processtrøm betyder i denne sammenhæng et flow af et medium, som enten skal varmes op eller køles ned.

Analysen henter sin styrke i en enkel visualisering af samtlige energistrømme i industrielle processer, uanset hvor omfattende de er.

- **Poka-Yoke ("Undgå uagtsomme fejl")** – snedige mekanismer, der hindrer at emner placeres forkert, at komponenter glemmes o.l. Metoden fokuserer på at fjerne årsager til fejl. I erkendelsen af at menneskelige fejl er uundgåelige, er det vigtigt at finde de forhold, der kan forårsage fejl, og allerede tidligt indsætte advarselssignaler eller endnu bedre: Idiotsikre, så fejl ganske enkelt ikke kan opstå.
- **Sankey diagram** (se figuren i kapitel 5.5) – Er en specifik type flowdiagram, der illustrativt visualiserer eksempelvis et processystems forbrug og tab ved at lade flowpilenes bredde variere proportionelt med flowmængden. Det kan dermed hurtigt skabe en reel fornemmelse for hvad der er væsentligt at fokusere på. Sankey diagrammer er navngivet efter den Irske kaptajn Matthew Sankey, som menes at være den første til at benytte denne type diagram i en publikation fra 1898.
- **Six Sigma** – Kvalitet defineres ud fra kunden, processer og produkter designes, så uønskede afvigelser fra det optimale produkt undgås. Det vil sig hvert eneste produkt skal falde inden for en given variations-/fejlmargin. Begrebet "Six Sigma" relaterer sig til et antal matematiske defekter i en proces. I praksis handler det om at eliminere defekterne, således at man kommer så tæt på nul fejl som muligt. Hvis en proces kører efter Six Sigma, laves der ikke mere end 3,4 "fejl" pr. million mulige, det vil sige et statistisk beregnet fejlniveau. Til forbedring af eksisterende processer anvendes en systematisk tilgang, og enhver omstilling er styret af data og statistik. Værktøjer: Design for Six Sigma og DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control).
- **SMED (Single Minute Exchange of Dies)** – reduceret tidsforbrug til omstilling af produktionsapparatet. Adskil ydre og indre omstillingstid, så udstyret kan køre, mens man foretager de ydre omstillingsaktiviteter. Man kortlægger systematisk aktiviteterne i et værktøjsskift. Gennem blandt andet omorganisering af arbejdet, får virksomheden fjernet tid til unødvendig håndtering og transport, og dermed øget den produktive tid på maskinen.
- **SPC (Statistical Process Control)** – Med afsæt i statistisk undersøgelse af produktet, ikke bare det færdige produkt, men også råvaren og mellemvaren, afdækkes mulige kilder til fejl. Via stikprøver på forskellige punkter i fremstillingsprocessen, kan man finde frem til, hvor fejlene opstår, og derved afhjælpe dem. Der skelnes mellem specifikke og almindelige årsager til variationer i produktet (herunder råvaren og mellemvaren) – specifikke årsager kan forholdsvis nemt identificeres og afhjælpes, mens almindelige årsager er sværere at identificere. I princippet kan metoden anvendes overalt, hvor en proces konstant gentages.
- **Standardiseret arbejde** – Fastholder indførte forbedringer ved at beskrive processerne og udføre arbejdet efter beskrivelserne. En beskrivelse af en arbejdsgang udgør en standard.

En standardiseret arbejdsbeskrivelse indeholder en cyklustid, som arbejdet forventes gennemført på (som står i forhold til takttiden), en fast beskrevet sekvens for arbejdets udførelse og en opgørelse over den nødvendige mængde af igangværende arbejde, som kræves for at få arbejdet til at glide glat. Et vigtigt element i standardiseret arbejde er

desuden at sikre, at arbejdet kan udføres sikkert og uden risiko for nedslidning eller skader. Man forbedrer ved at udskifte én standard med en anden – og alle medarbejdere opfordres til at forholde sig kritisk til standarderne og prøve nye standarder af. Hvis en ny standard vinder i sammenligning med en eksisterende, udskiftes den eksisterende med den nye.

- **TPM (Total Productive Maintenance)** – Forebyggelse af nedbrud. Sikrer at udstyr er tilgængeligt hele tiden. Ordet ”Total” bruges, fordi metoden bygger på involvering af samtlige medarbejdere. I praksis involveres operatørerne i at opdage ”unormale tilstande” i produktionslinjen (udstyr såvel som proces), som kan føre til nedbrud.
- **TQM (Total Quality Management)** – En samlebetegnelse for en lang række underliggende værktøjer, herunder SPC. Indfører kundefokus i udvikling og produktion: Kvalitet defineres som ”fittnes for use” – man skal forstå kundens ønsker og designe sine processer efter det.
- **Visuel fabrik/kontor** – en leder skal på under 30 sekunder kunne konstatere, om området er i kontrol: Dagens produktion nås, kvaliteten er i orden, den rette kvalificerede bemanning er til stede, vi misser ingen ordrer til kunder, linjen er vedligeholdt og der bliver taget hånd om problemer.
- **VSM (Value Stream Mapping)** – kortlægning af værdiskabende processer i produktionskæden. En proces, hvor man i løbet af et par dage tegner et billede af en realiserbar fremtidig produktion med angivelse af de nødvendige forbedringsaktiviteter for at nå dertil. Der tegnes ”Current State Map” og ”Future State Map”. Ved at tage virksomheden fra den virkelige verden til en modelverden med et fast sprog og faste regler, kan man nå frem til en sand Lean produktion.

## 10 Kilder og referencer

### 10.1 Aktuelle artikler ift. udgivelsen af denne rapport

Fra on-line nyhedsportalen SCM - Supply Chain Magasinet - Opfordringen fra Dansk Industri: "Green Lean gavner bundlinjen" af 22. december 2009.

Se nærmere på: <http://www.scm.dk/hg/sc/artikel.nsf/0/KGJN-7YMHGK>

Fra on-line nyhedsportalen SCM - Supply Chain Magasinet - "Green Lean inde i varmen hos Velux" af 22. december 2009.

Se nærmere på: <http://www.scm.dk/hg/sc/artikel.nsf/0/KGJN-7YMHNG>

### 10.2 Kilder og referencer i øvrigt

James P. Womack og Daniel T. Jones: *Lean Thinking*. 2003 (1996). Forlag: Free Press.

Mike Rother og John Shook: *Lær at se*. 2003. Forlag: Dansk Industri.

Hans Andersen, Jutta Prip og Henning Bossen: *Optimal adfærdscændring af industrien*. 2005. Dansk Energi

Jens Christian Aggerbeck og Nanja Hedal: *Samspil mellem Lean Manufacturing og miljøoptimering*. 2006. DTU

LeanEnergyToolkit - fra US Environmental Protection Agency -  
<http://www.epa.gov/Lean/toolkit/LeanEnergyToolkit.pdf>

LEAD<sup>®</sup> Lean Advisors: The Lean Green Solution -  
[www.earthinstitute.ca/LeanGreenBrochure2.pdf](http://www.earthinstitute.ca/LeanGreenBrochure2.pdf)

Dansk Lean Akademi, Teknologisk Institut - <http://www.dansk-Lean-akademi.dk/>

Lean manufacturing, [http://en.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing](http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing)

Implement presentation: Highlights fra Lean

## 11 Bilag

Nedenstående er i hovedtræk samme ”gamle vin på nye flasker”, som vi har beskrevet i denne rapport. Den største forskel er, at canadiske LEAD<sup>®</sup> Lean Advisors Inc. har konceptet energispild som et 10. spild ud over de 9 spild, som de beskriver som traditionelle Lean-spild, og at de, som det er beskrevet, har udarbejdet et varemærke registreret værktøj ”EnVSM<sup>™</sup>”, som ifølge dem kan klarlægge energispild og komme med en systematisk plan for den fremtidige energireduktion.

Vi har valgt at tage dette med som bilag, for at vise et eksempel på, at der også arbejdes med de synergifordele imellem energi- og Lean optimering – man kan opnå – andre steder i verden end her.

Den CO<sub>2</sub> udledning/omregning de nævner, er heller ikke mindre væsentlig som argumentation for dette arbejde i fremtiden, med de videnskabelige og ikke mindst politiske vinde, der blæser på området for øjeblikket og i forbindelse med FN konferencen COP 15, der blev afholdt i København fra d. 7/12 – 18/12/2009.

### 11.1 Grøn Lean

Hvis Leans styrke kombineres med en kontrolleret reduktion af energiforbruget, vil det få en betydelig effekt på bundlinjeresultatet, samtidig med at CO<sub>2</sub>-udledningen begrænses.

#### 11.1.1 Introduktion

Hvad er Lean? Først og fremmest er Lean en måde at tænke på med hensyn til, hvordan information, produkter og tjenesteydelser bevæger sig gennem processerne i en virksomhed. Den traditionelle forestilling om at producere og flytte store mængder af produkter eller tjenesteydelser (information, varer eller papir), er ved at være forældet. Den nye måde at tænke Lean på er at holde disse arbejds-elementer i konstant bevægelse inden for systemet – fra ordre til levering. Lean tænkere kalder det flow.

For at opnå flow må spild elimineres fra end-to-end-systemet. Der er ni former for spild:

1. Overproduktion
2. Lagre
3. Ventetid
4. Transport
5. Bevægelser
6. Overforarbejdning
7. Fabrikationsfejl
8. Omprioritering
9. De ansattes kvalifikationer

Disse 9 former for spild udgør mere end 45 % af aktiviteterne i en proces. Hvis vi antager, at disse spild bruger en eller anden form for energi, er energi den 10. form for spild.

### 11.1.2 Energispild – den 10. form for spild

De fleste af ovennævnte 9 typer spild bruger unødvendig energi. Den type energispild, som kan forbindes direkte med – eller er et resultat af - de andre 9 energispild – betragtes som ikke-værdiskabende eller som energi, det ikke er muligt at genvinde. Disse former for energispild findes både internt og eksternt i de forskellige trin i processen. Et eksempel på energispild uden for processen er fx lagervarer. Disse skal opbevares i oplyste lagerrum - både internt og eksternt, lagervarerne skal holdes varme eller kolde, og de skal transporteres inden for lagerområdet.

En anden form for energispild opstår internt i et procestrin og kræver flere tekniske analyser og løsninger. Et eksempel kunne være en maskine eller et instrument, der skal køre 10 minutter hver time for at forarbejde (skabe værdi for) et produkt eller en ydelse. I realiteten kører maskinen konstant, og der er således 50 minutters energispild i dette procestrin. Det kan også være en maskines kapacitet, der er for stor i forhold til, hvad der er nødvendigt for at løse opgaven, og på den måde forbruger den mere energi end nødvendigt.

Udfordringen er at ændre vores måde at tænke på – ikke kun mht. flowet af varer og tjenesteydelser igennem organisationen, men også mht. hvordan vi bruger (eller misbruger) energi til fremstilling af produkter og ydelser.

Nogle eksempler på energispild er:

- Forkert dimensioneret udstyr
- Udstyr, der er i drift alt for ofte
- For meget udstyr, der er i drift
- Varmetab, det ikke er muligt at genvinde
- Lager (opvarmning, køling, belysning)
- Overproduktion (forbruger energi)
- Transport (af lagervarer – forbruger energi)
- Overforarbejdning (forbruger energi)
- Fabrikationsfejl (forbruger energi til omproduktion)
- Overemballering

### 11.1.3 Forbindelsen til Lean

De, som praktiserer Lean, har i årevis vidst, at hvis Lean er komplet implementeret, reduceres CO<sub>2</sub>-udledningen for en virksomhed, idet energiforbruget nedbringes. Hidtil har et reduceret energiforbrug været et biprodukt af Lean's eliminering af spild, og der har ikke eksisteret et værktøj, som har kunnet registrere energispildet eller har kunnet sætte tal på det.

Det værktøj findes nu og hedder Energy Value Stream Mapping (EnVSM™) (Kortlægning af energiværdistømme). EnVSM™ er udviklet sideløbende med Enterprise Value Stream Mapping (EVSM™) (Kortlægning af virksomhedsværdistrømme) og bruges som en praktisk præsentation af værdistrømme mht. at synliggøre spildet inkl. energispildet i virksomhedens

processer. På basis af foranalysen og udviklingen af EVSM<sup>TM</sup> og EnVSM<sup>TM</sup> bliver der udviklet en omfattende fremtidsmodel og implementeringsplan, som identificerer målbare forbedringer.

#### **11.1.4 Energy Value Stream Mapping (EnVSM<sup>TM</sup>)**

Energy Value Stream Mapping (EnVSM<sup>TM</sup>) er en del af Enterprise Value Stream Mapping (EVSM<sup>TM</sup>). I en forenklet udgave følger EVSM et produkt igennem en proces, mens den registrerer både værdiskabende og ikke-værdiskabende aktiviteter i processen og genererer en analytisk fremstilling, der viser den aktuelle forarbejdnings tid og den tid, emnet bruger på sin vej gennem værdistrømmen (gennemløbstid). Ofte viser det sig, at gennemløbstiden måles i dage eller uger, mens forarbejdnings tiden måles i minutter eller timer.

EnVSM<sup>TM</sup> afspejler EVSM<sup>TM</sup> ved at følge et produkt gennem en proces og registrere energiforbruget – både procesenergien og den energi, der anvendes uden for processens aktiviteter. Når disse analytiske fremstillinger er på plads, udarbejdes en plan, som systematisk fjerner energispild fra processen uden at påvirke den måde, hvorpå produktet eller tjenesteydelsen bliver produceret, og uden at der skal indkøbes nyt udstyr.

Energireduktionsplanen vil indeholde nogle af de samme spildreducerende aktiviteter som fremtids- og implementeringsplanen, som genereres fra EVSM<sup>TM</sup>, fx eliminering af fabriktionsfejl og omforarbejdning, lager- og transportreduktion osv.

Målet er at reducere energispildet betydeligt gennem implementering af Lean ved hjælp af tekniske analyser, hvor der måtte være behov for det, og være i stand til at kunne aflæse effekten på bundlinjen. Fx ved vi, at der mellem trin 3 og 4 er 3 dages lagerproduktion, som kræver 56 m<sup>2</sup> fugtighedskontrolleret lagerplads. I fremtidsmodellen kan 3 dages lagerproduktion fx være reduceret til ½ dag, hvilket resulterer i, at der kun er behov for ca. 9 m<sup>2</sup> lagerplads.

Det totale energispild vil blive klarlagt gennem EnVSM<sup>TM</sup> og systematisk reduceret gennem en plan for den fremtidige energireduktion. Nøglen til en vellykket implementering er at reducere eller eliminere spildet uden at påvirke måden, hvorpå produktet bliver fremstillet eller tjenesteydelsen bliver leveret. Tekniske løsninger skal planlægges og implementeres gennem strukturerede Kaizen-arrangementer på samme måde som Lean Kaizen-arrangementer bliver gennemført.

Elimineringen af energispildet kan have andre - mindre indlysende - fordele som fx reduktion af emissioner og farligt affald. Det vigtigste er at fokusere specielt på elimineringen af energispildet, og derved vil andre miljømæssige problemer blive identificeret og løst.

#### **11.1.5 Fordelene**

Reduktionen af energiforbruget vil spare betydelige beløb på bundlinjen hvert eneste år og reducere virksomhedens CO<sub>2</sub>-udledning samtidig med, at reaktionsevnen overfor kunderne forbedres og gør virksomheden mere konkurrencedygtig. Derudover kan eksperter omregne den sparede energi til tons CO<sub>2</sub>-udledning, som kan handles på de fleste børser – en glimrende måde at få yderligere fordele af indsatsen for at reducere energiforbruget.



Indførelse af Grøn Lean er en win-win-situation: den forbedrer virksomheden, skaber overskud og nedsætter efterspørgslen på naturlige ressourcer.

### **11.1.6 Højdepunkter fra Case Studies**

En mellemstor produktionsvirksomhed implementerede for nyligt Lean, hvilket resulterede i en betydelig reduktion af energispildet. Virksomheden sparer nu \$ 150.000 om året i energiudgifter og mere end 1.000 tons CO<sub>2</sub>-emissioner om året som et resultat af indførelsen af Grøn Lean. Besparelserne omfatter:

- Antallet af elektriske gaffeltrucks er blevet reduceret med 8, en besparelse på \$ 35.000 om året
- Transportbånd er blevet reduceret med hundredvis af meter, en besparelse på \$ 50.000 om året
- Lagerpladsen er blevet reduceret med knap 1.400 m<sup>2</sup>, hvilket både giver en besparelse på varme og en besparelse på \$ 5.000 om året på belysning
- Produktionsarealet er blevet reduceret, hvilket både giver en besparelse på varme og en besparelse på \$ 10.000 om året på belysning

Identifikation og eliminering af energispild gennem implementering af Grøn Lean vil hjælpe virksomheden til yderligere at reducere deres CO<sub>2</sub>-emissioner og føje besparelserne til deres bundlinje. De vil fortsat kunne positionere sig som en progressiv, effektiv og socialt bevidst virksomhed, hvilket i disse tider er, hvad markedet er på udkig efter.