

Sikkerhed i design og planlægning af produktionssystemer

Ole Broberg og Tina Weller Nielsen
Danmarks Tekniske Universitet, DTU Management

Jette Paulsen
Risø DTU

Kim Lyngby Mikkelsen
Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø

September 2008

Indhold

Resumé	3
1. Indledning	5
1.1 Projektets formål	
1.2 Designprocesser og produktionssystemer	
2. Metoder og dataindsamling	8
3. Resultater	9
3.1 Resultater vedr. praksis i case 1	
3.2 Resultater vedr. praksis i case 2	
3.3 Resultater intervention i case 2	
3.4 Resultater vedr. praksis i case 3	
3.5 Resultater vedr. intervention i case 3	
3.6 Resultater vedr. praksis i case 4	
3.7 anbefalinger	
4. Formidling	14
Referencer	15

Resumé

Titel: Sikkerhed i design og planlægning af produktionssystemer

Baggrund: Forebyggelse af arbejdsulykker sker mest effektivt i design og planlægningsfasen. Praksis viser imidlertid, at virksomhederne har svært ved at gennemføre dette. Formålet med dette studie var at undersøge, hvordan sikkerhedsaspekter inddrages i design og planlægning af industrielle produktionssystemer i dag samt hvordan dette kan fremmes.

Metode: Én industrivirksomhed er indgået i et retrospektivt studie og tre industrielle virksomheder er indgået i et forløbsstudie med intervention i to af dem. På alle virksomheder er der gennemført interviews med nøgleaktører. I de to forløbsstudier er der yderligere gennemført interventioner i form af workshops baseret på arbejdsbøger, deltagelse i projektgruppemøder samt en feed back workshop. Endelig er der gennemført sikkerhedsvurderinger i produktionen og spørgeskemaundersøgelse vedrørende sikkerhedsaspekter i virksomhedernes arbejdsmiljøarbejde.

Resultater vedr. nuværende praksis: Det retrospektive studie viste, at sikkerhedsovervejelser ikke indgik i kravspecifikationer til nyt produktionsudstyr. Det nye udstyr medførte en forbedring af sikkerhedsniveauet, men det var som en ikke-intenderet sideeffekt af teknisk-funktionelle krav. Det ene forløbsstudie med intervention viste, at sikkerhedsaspekter ikke blev inddraget systematisk i design af ny fabrik. Årsagen hertil var især, at der ikke var forbindelse mellem arbejdsmiljøorganisationen og designorganisationen. Et arbejdsmiljøledelsessystem, som skulle sikre integration af arbejdsmiljø i planlægning, virkede ikke i praksis. Interventionen var med til at gøre dette klart.

Det andet forløbsstudie med intervention viste, at medarbejderdeltagelse i en projektgruppe med den opgave at udarbejde kravspecifikationer til nyt produktionsudstyr havde positiv effekt på at indarbejde sikkerhedsaspekter. Metoden arbejdsbøger viste sig stærk til at afdække sikkerhedsproblemer i nuværende produktion og formulere krav til nyt udstyr.

Det tredje forløbsstudie viste, at en virksomhed med formaliserede procedurer for, hvordan og hvornår sikkerhed skal inddrages i tekniske udviklingsprojekter kan opretholde et højt teknisk sikkerhedsniveau men har vanskeligere ved at håndtere arbejdsorganisatoriske forhold som ensidigt gentaget arbejde. Det kræver desuden en person i arbejdsmiljøfunktionen, som aktivt opsøger og holder de tekniske udviklingschefer op på kravene i procedurerne.

Anbefalinger vedr. fremtidig praksis: Ulykkesforebyggelse i design og planlægningsfasen kræver at virksomheden fokuserer på et produktionssystem og ikke kun maskinsikkerhed og indretning. Der skal være en klar forbindelse mellem designere og planlæggere på den ene side og arbejdsmiljøaktører på den anden. Procedurer gør det ikke alene. Der skal være aftalt ansvar, roller og deltagelse, evt. i form af en "gatekeeper". Sikkerhedsleder/arbejdsmiljøkoordinator skal have legitim adgang

til aktører i design- og planlægningsarbejdet. Jo mere systematisk og gennemsigtig dette arbejde er, jo bedre muligheder for at inddrage sikkerhedsaspekter. Det er vigtigt at bruge visuelle metoder til at anskueliggøre, hvordan det nye vil komme til at se ud. Metoder til systematisk risikoanalyse kan bringes i anvendelse af arbejdsmiljøprofessionelle.

Projektet er støttet af Arbejds miljøforskningsfonden, projektnr. 3-2004-03

1. Indledning

Det er en forskningsmæssig såvel som praktisk erfaring, at design og planlægning af produktionssystemer har stor indflydelse på rammerne for, hvorledes det daglige arbejde bliver i praksis og herunder også sikkerhedsniveauet på virksomheden. Det er både maskinsikkerheden, der fastlægges i løbet af designfasen og rammerne for arbejdsorganisering og arbejdsprocedurer og derigennem den daglige sikkerhed. Derudover er det kendt, at forebyggelsen af ulykker har størst effekt hvis ulykkesrisici helt fjernes (SINTEF Teknologiledelse 1997). Dette kan gøres ved at tilstræbe at produktionssystemer designes på en måde, der eliminerer disse risici. For at dette kan lade sig gøre kræver det, at sikkerhed bliver inddraget i designprocessen.

Der er tidligere i Danmark lavet undersøgelser, der på forskellig vis belyser problemstillingen med at inddrage arbejdsmiljøhensyn i udviklingsprocesser (se eksempelvis Broberg 1997 og 2007). Undersøgelserne viste bl.a., at konstruktører og produktionsteknikere via deres arbejde har betydelig indflydelse på arbejdsmiljøforhold i produktionen, men at de er meget lidt bevidste herom. Derudover oplevede de ingen efterspørgsel på arbejdsmiljøovervejelser i designarbejdet. Faktisk mente designerne generelt, at arbejdsmiljø er det kriterium, der prioriteres lavest i løsning af en designopgave, både i deres egen prioritering og i ledelsens (Broberg 1999 og 2007). Denne problematik forstærkes af forskelle imellem fagkulturer, fx mellem designere og produktionsfolk. Desuden viste det sig, at designprocessen forløber helt ind i implementeringen af teknologien på virksomheden. Der fastlægges således væsentlige parametre for sikkerhed og arbejdsmiljø helt frem til ibrugtagning af et anlæg (Broberg, 1999). Dette lægger op til, at der ikke kun er ét tidspunkt i designprocessen, hvor der skal tænkes på sikkerheden af det fremtidige produktionssystem, men at det skal være et emne i hele processen samt under implementeringen på virksomheden. Derudover skal der være fokus både på, hvorledes maskinsikkerheden bliver i det endelige produktionssystem, og på hvorledes systemet påvirker arbejdsorganiseringen og om medarbejdernes sikkerhed bliver inddraget i arbejdet.

Design og planlægning af nye produktionssystemer foregår i dag i et kompliceret samspil mellem mange forskellige interne og eksterne aktører, der kan have forskellige roller og opgaver i løbet af processen. Dette betyder, at designprocessen ikke kun skal ses som en virksomheds interne proces, men ofte må ses i et netværksperspektiv, hvor både interne og eksterne aktører spiller en væsentlig rolle for sikkerheden.

1.1 Projektet formål

Der mangler viden om, hvilke barrierer der findes for at inddrage sikkerhed i design og planlægning af produktionssystemer og hvad der skal til for at fremme sikkerhedsaspektet. Formålet med dette projekt var at undersøge følgende spørgsmål:

- Hvorledes sikkerhedsaspekter i dag i praksis inddrages i design og planlægning af industrielle produktionssystemer?

- Hvordan sikkerhed i fremtiden kan fremmes i design og planlægning af produktionssystemer?

1.2 Designprocesser og produktionssystemer

Begrebet *designprocesser* blev i projektet brugt som en samlet betegnelse for de aktiviteter, der drejer sig om at komme fra en idé, vision eller forestilling om et nyt produkt, system eller anlæg til at etablere et konkret grundlag, der gør det muligt at fremstille det nye eller ændrede. Fælles for designprocesser er, at de involverer visualiseringer af begreber, planer og idéer i form af bl.a. skitser, tegninger, modeller eller prototyper med henblik på at kunne give instruktioner til, hvordan noget nyt eller ændret skal fremstilles. Design og planlægning af produktionssystemer involverer ofte et samspil mellem en virksomheds ingeniører, teknikere og planlæggere på den ene side og leverandører af maskiner og anlæg samt evt. konsulenter på den anden side.

Design og planlægning af produktionssystemer blev undersøgt ved hjælp af to forskellige tilgange, der kunne supplere hinanden. Den første tilgang var en *socioteknisk tilgang*, som bygger på teorier om designprocesser som åbne forløb, hvor hverken problemforståelse eller resultat er givet på forhånd. Der lægges vægt på samspillet mellem en række aktører med forskellige interesser og perspektiver på, hvad det er, der designes. Udfaldet af designprocessen – et produktionssystem – afhænger af hvordan dette samspil forløber i en specifik organisatorisk og netværksmæssig kontekst. Det, der skal designes, er ikke entydigt fra starten, men er genstand for de involverede aktørers fortolkninger og interesser (Bucciarelli 1994; Bijker 1995). Ud fra denne tilgang blev der sat fokus på, hvordan sikkerhedsaspekter blev formuleret, hvilke aktører, der forsøgte at føre dem frem under designprocessen og hvordan det gik i praksis.

Den anden tilgang var en *teknisk rationel tilgang*. Den baserer sig på en forståelse af designprocessen som en lineær problemløsningsproces af et veldefineret problem. Der kan godt forekomme iterationer i processen, men grundlæggende er der tale om en rationel proces, hvor det handler om at vælge de rigtige skridt for at nå frem til et specificeret mål. Denne tilgang er normativ og i relation til sikkerhed peger den på, i hvilke faser af processen bestemte sikkerhedsaspekter skal vurderes (Hale et al. 2007). Tilgangen blev anvendt til at undersøge, i hvilken udstrækning virksomhedernes designproces fulgte en sådan fasemodel, herunder om sikkerhedsaspekter blev taget op i de rigtige faser.

Resultaterne fra de to tilgange førte frem til en samlet analyse af barrierer samt udvikling af forslag til, hvad der skal til for at fremme sikkerhedsaspekter i design og planlægning af produktionssystemer.

Produktionssystemer blev defineret som bestående af fire dimensioner: 1) *teknik* i form af maskiner, udstyr, it-systemer, hjælpemidler m.m., 2) *organisation* i form af arbejdets organisering, ledelsessystemer og viden, 3) *rumlig indretning* i form af layout, lokaleindretning m.m. og 4) *økonomi* i form af effektivitetskrav, produktivi-

tet m.m. (inspireret af Horgen et al. 1999) Denne model blev brugt til at undersøge i hvilken udstrækning sikkerhedsaspekter blev tænkt ind i forhold til alle fire dimensioner samt til at udvikle anbefalinger.

Sikkerhed forstås som fraværet af ulykker og nærved-ulykker. Arbejdsulykker defineres som pludselige utilsigtede hændelser, der forårsager personskade af alvorlig eller mindre alvorlig grad. Arbejds miljøbegrebet i mere bred forstand betegner både fraværet af sygdom, herunder fraværet af arbejdsulykker og erhvervsbetingede lidelser, men også tilstedeværelsen af et sundt arbejde, som er socialt og psykisk udviklende og dermed bidrager til den enkeltes velfærd.

Teoretisk giver det god mening at foretage en skelnen mellem sikkerhed og arbejdsmiljø, idet det afgrænser problemstillingen. Men man skal dog være varsom med en skarp skelnen mellem arbejdsmiljø og sikkerhed i praksis. For det første kan både arbejdsulykker og arbejdsbetingede lidelser komme fra samme kilde fx ergonomiske arbejdsforhold. Sikkerhed i den snævre betydning kan komme til at begrænse perspektivet på selve ulykkesforebyggelsen ved kun at sætte fokus på de tekniske foranstaltninger, der kan forårsage en ulykke. Dette er problematisk, fordi arbejdsulykker ofte kan forklares med en kæde af begivenheder, der eksempelvis starter ved strukturelle forhold på virksomheden. Aktuell sikkerhedsforskning fokuserer da også lige så meget på sikkerhedskultur og organisationsstrukturer som væsentlige faktorer for ulykkesforebyggelse (Hale et al. 2007).

2. Metoder og dataindsamling

Projektets spørgsmål er undersøgt gennem fire casestudier af industrivirksomheder:

1. Case 1: Et retrospektivt studie af en virksomhed som bestilte nyt produktionsudstyr hos en udenlandsk maskinleverandør.
2. Case 2: Et forløbsstudie med intervention hos en virksomhed, der skulle designe en ny fabrik som led i et stort lean-projekt.
3. Case 3: Et forløbsstudie med intervention hos en virksomhed, som skulle indkøbe nyt produktionsudstyr hos en maskinleverandør.
4. Case 4: Et tværsnitstudie af en virksomhed som i tæt samarbejde med en maskinleverandør udviklede en specialmaskine til en produktionslinje.

Derudover er international litteratur om emnet gennemgået.

Dataindsamling i casestudierne blev gennemført ved hjælp af:

- Semi-strukturerede interviews om designprocessens forløb og sikkerheds-overvejelser heri
- Audit af virksomhedens arbejdsmiljøarbejde med fokus på sikkerhed (baseret på vurderingsskema)
- Spørgeskemaundersøgelse blandt medarbejdere om virksomhedens arbejdsmiljøarbejde
- Deltagelse i projektgruppe-møder (case 3)
- Teknisk sikkerhedsvurdering af produktionssystemet gennemført af konsulent
- Interview med maskinleverandør (case 4)

Intervention har omfattet:

- Gennemførelse af arbejdsbog-sessioner, som omfattede medarbejderes kommentarer til fotos af nuværende produktionsanlæg og efterfølgende opsamling i en workshop med henblik på at formulere krav og ønsker til det nye anlæg (case 2 og 3)
- Historieværksted om virksomhedens evne til at inddrage sikkerhed i design og planlægning (case 1)
- Feed back workshop, hvor forskerne præsenterede resultater på virksomheden som udgangspunkt for en udvikling af virksomhedens evne til at håndtere sikkerhed i design og planlægning (case 2)
- Dialog med arbejdsmiljøkoordinatorer, produktionsteknikere og konstruktører om muligheder for at inddrage sikkerhed i design og planlægning

3. Resultater

De følgende resultater vedrørende den kortlagte praksis i.f.m. sikkerhedsaspekter i design og planlægning er delt op i hvert enkelt case. De efterfølgende anbefalinger gengives samlet men bygger på alle fire cases.

3.1 Resultater fra litteraturstudie

I den internationale litteratur findes der kun et begrænset antal studier af, hvordan sikkerhedsaspekter kan inddrages i designfasen af produktionssystemer og endnu færre studier, som rapporterer om hvilke værktøjer og metoder, der har været anvendt og hvad resultatet har været.

3.2 Resultater vedr. praksis i case 1

- Teknikere som står for indkøb af nyt produktionsudstyr tænker ikke af sig selv på sikkerhedsaspekter i.f.m. udarbejdelse af kravspecifikationer og forhandlinger med leverandøren. Teknisk funktionalitet og kvalitetskrav er i fokus.
- En procedure i kvalitetsstyringssystemet for at inddrage sikkerhedsaspekter virker ikke af sig selv eller tolkes som ikke gældende.
- Sikkerhedsniveauet blev forbedret med det nye udstyr, men det var en tilfældighed og ikke resultat af bevidste tiltag.
- Intervention i form af Historieværksted gjorde det klart for fabrikschef og andre teknikere at det var en mangel at sikkerhed ikke blev tænkt ind i forhold til kravspecifikation og forhandlinger med leverandøren.

3.3 Resultater vedr. praksis i case 2

- Sikkerhed bliver ikke synliggjort og inddraget i design og planlægning af en lean-fabrik, som styres af eksterne konsulenter. Sikkerhedsmæssige overvejelser mangler især i.f.m. layout af fabrikken og nye arbejdsprocedurer som følge af lean.
- Der er klare procedurer for krav til sikkerhed, når nye maskiner indkøbes. Sikkerhedsrepræsentant deltager nogle gange i besøg hos leverandøren inden maskinen anskaffes. Problemet er, at sikkerhedsrepræsentanten har svært ved at vurdere sikkerhed i den rumlige og organisatoriske sammenhæng, som maskinen kommer til at indgå i.
- Et højt formaliseret arbejdsmiljøledelsessystem (OHSAS 18001) med procedurer for, hvordan sikker og arbejdsmiljø skal ind i projektering og planlægning virker ikke altid i praksis. Procedurerne er for vagt formulerede og teknikere i udviklingsafdelingen kender dem ikke eller tror at andre tager sig af det.
- Det er vanskeligt systematisk at tænke sikkerhed ind i design og planlægningsfasen, fordi den foregår med mange ændringer hele tiden og delvis uklare ansvarsforhold. Det er vanskeligt at afgrænse fremadskridende faser i design og planlægning.

- Visuelle metoder som at lægge papstykker (repræsenterende maskiner) ud i den tomme produktionshal er gode til at anskueliggøre for alle, hvordan pladsforhold vil blive med nye maskiner.

3.4 Resultater vedr. intervention i case 2

- Forskergruppens indgang til virksomheden var arbejdsmiljøkoordinatoren (ej sikkerhedsleder). Fra denne organisatoriske position var det nødvendigt via koordinatoren at få adgang til andre aktører med henblik både på afdækning af nuværende praksis og støtte til at sikkerhed blev taget op i design og planlægning af en ny fabrik. Dette udgangspunkt illustrerede, hvordan det er nødvendigt at navigere i organisationen for at fremme at sikkerhed indgår i design og planlægning.
- En session baseret på den såkaldte arbejdsbog-teknik viste, at det at tage fotos i den eksisterende produktion og efterfølgende diskutere dem på en struktureret måde var en god metode til at få formuleret medarbejdernes erfaringer med det eksisterende og ønsker til det nye. Sessionen havde desværre ikke deltagelse af alle relevante aktører. Især manglede personer fra design og planlægning, hvilket betød at det var vanskeligt at få resultaterne ind i den videre designproces.
- Forskergruppen gennemførte en workshop, hvor resultater om den nuværende praksis blev præsenteret for deltagere fra både arbejdsmiljø- og designsidens. Deltagerne blev bedt om selv at evaluere, hvad der hidtil var lykkedes godt og ikke så godt med hensyn til at inddrage sikkerhed. Derefter skulle de i fællesskab nå frem til "ti bud" på, hvordan virksomheden fremover kunne blive bedre til at inddrage sikkerhed i design og planlægning. Denne workshop afklarede brister i kommunikation og samarbejde mellem arbejdsmiljøaktører og virksomhedens projektafdeling (design og planlægning). Nye procedurer og samarbejdsflader blev udarbejdet i fællesskab.

3.5 Resultater vedr. praksis i case 3

- Virksomheden havde fået god erfaring med at inddrage medarbejdere i design og planlægning. Lederen af projekt og vedligehold nedsatte derfor en projektgruppe med operatører, vedligeholdelsesfolk, sikkerhedsrepræsentant og arbejdsmiljøkoordinator. Opgaven var at nå frem til en kravspecifikation af det udstyr, der efter udbud skulle bestilles hos en leverandør.
- Projektgruppen arbejdede både med teknisk funktionalitet, layout, effektivitet, kapacitet, arbejdsprocesser, vedligeholdelsesmuligheder og sikkerhed og arbejdsmiljø i løbet af møderækken. Sikkerhed blev således en integreret del af det at designe et nyt produktionssystem og de fremtidige brugere var repræsenteret i designfasen.
- Sikkerhedsrepræsentant og arbejdsmiljøkoordinator havde en vigtig rolle i forhold til at fastholde sikkerhed og arbejdsmiljø. Menige operatører havde stor fokus på effektivitet og forhold, der kunne lette deres daglige arbejde.

- Mange sikkerhedsaspekter var ikke knyttet til det udstyr, der skulle indkøbes, men til grænsefladerne i form af råvarehåndtering og –påfyldning, skift af tilslutninger o.lign. Denne problematik blev forsøgt fastholdt af arbejdsmiljøkoordinatoren og delvis vedligeholdelsesfolkene.
- Mange af de fremkomne sikkerhedsmæssige aspekter indgik i den kravspecifikation, der udgjorde udbuddet til potentielle leverandører.
- På det sidste møde i projektgruppen fremlagde projektlederen de fem tilbud, der var kommet fra leverandører. Faktorer som tillid til leverandør og pris så ud til at gå foran sikkerhed og arbejdsmiljø i udvælgelsen.

3.6 Resultater vedr. intervention i case 3

- En session baseret på arbejdsbog-teknikken var god til at afdække medarbejdernes erfaringer med det eksisterende produktionssystem og få formuleret krav og ønsker til det nye. Det var en styrke, at både operatører, vedligeholdelsesfolk, sikkerhedsrepræsentant og arbejdsmiljøkoordinator var til stede, idet de supplerede hinanden godt. Både sikkerhed og effektivitet blev inddraget i erfaringsopsamling og ønsker til det nye anlæg.
- De fleste af de sikkerhedsmæssige aspekter, der kom frem i sessionen, blev overført til udbudsmaterialet i form af en kravspecifikation.
- De krav og ønsker, som vedrørte grænseflader til det nye udstyr, blev dog ikke en del af kravspecifikationen, men er fastholdt i systematiske lister udarbejdet af forskergruppen som opfølgning på arbejdsbogssessionen og er blevet anvendt i det daglige sikkerhedsarbejde.

3.7 Resultater vedr. praksis i case 4

- Virksomhedens udvikling af nyt produktionsudstyr er højt formaliseret med projektleder, projektgruppe og styregruppe, en fasemodel samt en række procedurer for, hvordan et udviklingsprojekt gennemføres. Herunder findes også en procedure for at sikkerhedsmæssige aspekter skal inddrages og der er udarbejdet en manual for dette.
- Der er ansat en arbejdsmiljøspecialist til udelukkende at håndtere sikkerhed og arbejdsmiljø, når der udvikles og købes nye maskiner.
- Der gennemføres en sikkerhedsgodkendelse af maskiner hos leverandøren og dernæst i egen pilot plant.
- Maskinsikkerhed befinder sig på et højt niveau i virksomheden.
- Ses der på et samlet produktionssystem er håndteringen af ensidigt gentaget arbejde ikke norm- og procedurefastsat men mere udsat for en politisk håndtering. EGA forhandles mellem arbejdsmiljøafdeling og projektleder.
- Der er ingen ansvarlige for design af et samlet produktionssystem. Ansvar for maskiner ligger et sted, mens ansvaret for layout og arbejdsorganisation ligger et andet sted.

- På trods af procedurer og manualer må arbejdsmiljøafdelingen selv være meget opsøgende over for projektledere i den tekniske udvikling med hensyn til at få sikkerhed og arbejdsmiljø behandlet i designfasen.

3.8 anbefalinger

- Det er vigtigt, at der i virksomheden etableres en forståelse af, at et produktionssystem ikke kun er maskiner men også omfatter layout, arbejdets organisering, lønsystemer, ledelsessystemer og økonomi. Alle disse faktorer spiller sammen i skabelsen af et sikkerhedsniveau.
- Der skal være klare aftaler mellem arbejdsmiljøsystemet (sikkerhedsorganisation, sikkerhedsleder, arbejdsmiljøkoordinator) og designorganisation (produktionsteknisk udvikling, projektafdeling o.lign.) om, hvem der har hvilke opgaver og forpligtelser når der igangsættes design eller redesign af et produktionssystem.
- Procedurer i et arbejdsmiljøledelsessystem skal være meget præcise omkring hvem der skal inddrages hvornår ved forandring af et produktionssystem. Sådanne procedurer skal kunne genfindes i evt. ledelsessystemer eller fasemodeller for produktionsteknisk udvikling.
- Hvis virksomheden bruger fasemodeller for produktionsteknisk udvikling bør der i hver fase stilles spørgsmål om sikkerhed. Svar skal rapporteres og grundlag for beslutninger fastholdes. Det skal være klart, hvem der deltager i møder i de enkelte faser.
- Der skal etableres læringsrum for opsamling af sikkerhedserfaringer med det nuværende produktionssystem som input til design af nyt. Det er vigtigt, at både brugere/medarbejdere og designere deltager i denne aktivitet.
- Læringsrum kan etableres som workshops, der styres af en facilitator (f.eks. virksomhedens arbejdsmiljørådgiver eller arbejdsmiljøkoordinator). Der bør bruges visuelle og narrative metoder til at anskueliggøre det nye produktionssystem frem for blot arkitekt- og maskintegninger. Det kan være mock-ups, 3 D skalamodeller, brugsscenerier hvor de fremtidige arbejdsprocesser fortælles og "spilles" med fokus på sikkerhedsmæssige aspekter.
- Medarbejderinddragelse i designprocessen bør ikke indskrænkes til at omfatte sikkerhed og arbejdsmiljø. Medarbejderes erfaringer er ofte helhedsorienterede i forhold til et produktionssystem og de kan derfor bidrage til at skabe både sikre og effektive arbejdspladser. Designprocessen bør ses som en gensidig læreproces mellem designere og medarbejdere.
- Sikkerhedskrav bør altid være en del af udbud eller kravspecifikationer til maskinleverandører. Det er imidlertid lige så vigtigt at have øje for de sikkerhedsmæssige aspekter når maskine eller anlæg placeres ind i et specifikt produktionssystem i virksomheden.
- Virksomhedens arbejdsmiljørådgiver bør involveres i opsamling af sikkerhedserfaringer fra nuværende produktion, da de ofte identificerer belastninger, som medarbejderne ikke nødvendigvis opfatter som sådanne.
- Systematiske metoder til sikkerhedsanalyse i designfasen kan ligeledes tages i brug af arbejdsmiljørådgiveren i samarbejde med både arbejdsmiljø- og designaktører i virksomheden.

- Ved forandringer af produktionssystemer, som er baseret på koncepter (f.eks. lean) og under vejledning af eksterne konsulenter, er der særligt behov for at tidligt afklare, hvordan og af hvem sikkerhedsaspekter håndteres.
- Designprocessen fortsætter når medarbejdere tager et nyt produktionssystem i brug. Der vil ske tilpasninger og videreudviklinger baseret på medarbejdernes arbejdspraksis. Derfor skal også sikkerhedsmæssige vurderinger fortsætte efter ibrugtagning. Dette kan f.eks. ske ved regelmæssige refleksionsmøder med deltagelse af medarbejdere, arbejdsmiljøaktører og produktionsteknikere. Udgangspunktet skal være at forstå den nuværende arbejdspraksis og dernæst i fællesskab prøve at finde løsninger på evt. sikkerhedsmæssige brister.

4. Formidling

Rapport: Nielsen, T.W., Paulsen, J., Broberg, O. & Mikkelsen, K.L. (2008). *Sikkerhed i design og planlægning af produktionssystemer*. DTU Management & NFA.

Rapport: Nielsen, T.W., Paulsen, J. & Broberg, O. (2008). *Sikkerhed i design og planlægning af produktionssystemer: Et litteraturstudie af metoder til inddragelse af sikkerhed i designprocesser*. DTU Management & Risø DTU.

Rapport: Nielsen, T.W., Mikkelsen, K.L. & Jensen, E. (2006), *Undersøgelse af sikkerhedsniveauet Tagfabrik*. AMI & COWI.

Rapport: Jensen, E., Nielsen, T.W. & Paulsen, J. (2008). *Registrering af risici og sikringsløsninger i specialafdeling og montage på køkkenelementfabrikken den 8. marts 2007 og 2. april 2008*. COWI, NFA, DTU.

Rapport: Jensen, E., Nielsen, T.W. & Paulsen, J. (2008). *Registrering af risici og sikringsløsninger i farve-lakfabrik den 9. december 2006 og medicovirksomhed den 4. december 2007*. COWI, NFA, DTU.

Videnskabelig artikel: Broberg, O., Nielsen, T.W. & Paulsen, J.. Safe design of production systems. *Safety Science* (under udarbejdelse)

Videnskabelig konference: Dyhrberg, M., Broberg, O. & Jacobsen, P. (2006). Safety in the redesigning of production lines. IEA 2006 16th World Congress on Ergonomics, Maastricht (6 pp.)

Konference: Broberg, O., Paulsen, J., Nielsen, T.W. & Mikkelsen, K.L. (2007). Sikkerhed i planlægning og design af nye produktionssystemer. Arbejds miljøforskningsfondens årskonference, København 24. oktober.

Konference: Nielsen, T.W., Broberg, O. & Paulsen, J. (2008). *Opportunities and barriers in integrating safety in designing new production systems in three industrial companies*. NES 2008 Ergonomics is a lifestyle, Reykjavik. (poster)

Konference: Nielsen, T.W. & Broberg, O. (2008). *Barrierer og muligheder for at inddrage sikkerhed i planlægning og design af produktionssystemer*. AM 2008 Arbejds miljøkonferencen, Nyborg. (workshop)

Følgegruppe: 5 møder i projektets følgegruppe med repræsentanter fra Dansk Industri, Sikkerhedslederne i Danmark, Arbejds miljørådgiverne/FRI, Arbejdstilsynet og Teknisk Landsforbund.

Referencer

Bijker, W.E. 1995. *Of Bicycles, Bakelite, and Bulbs. Towards a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge: The MIT Press.

Broberg, O. 1997. *Inddragelse af arbejdsmiljø i produktudvikling*. København: Arbejdsmiljøfondet.

Broberg, O. 1999. Inddragelse af arbejdsmiljøhensyn i designprocesser. I Clausen, C, Jensen, P.L. Kamp, A. Nielsen, K.T. (red). *Perspektiv forandringer i arbejdsmiljøet – en antologi fra 'Arbejdsmiljø og Teknologisk Udvikling'*. AAU, DTU, RUC.

Broberg, O. (2007). Integrating ergonomics into engineering: Empirical evidence and implications for the ergonomists. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing* 17(4), 353-366.

Bucciarelli, L.L. 1994. *Designing Engineers*. Cambridge: The MIT Press.

Hale, A., Kirwan, B., & Kjellén, U. (2007). Safe by design: Where are we now? *Safety Science*, 45(1-2), 305-327.

Horgen, T.H., Joroff, M.L., Porter, W.L. & Schön, D.A. (1999). *Excellence by Design*. New York: John Wiley & Sons.

SINTEF Teknologiledelse. 1997. *Systematisk HMS-arbeid i SMB, Hefte 5*. Trondheim: SINTEF Teknologiledelse.