

## Artikel 6

### En Smart industri kräver ett Smart Maintenance

*Industrie 4.0* (det vill säga en Smart industri) kan inte bygga på Underhåll 0.4. En Smart Industri kräver ett Smart Maintenance.

Smart Maintenance bygger på en kombination av teknik, människa och organisation. Detta kräver:

- *Datadrivna beslut.* Dessa utgörs av såväl stöd till mänskligt beslutsfattande (IA, intelligence augmentation), som i vissa fall, helt automatiserade beslut (AI, artificiell intelligens) för att fastställa vad, när och hur åtgärder skall vidtas. (Se artikel 3).
- *Kollektiv kompetens.* Kompetens utgörs av formella kunskaper, erfarenheter, färdigheter, individers egenskaper, styrande värderingar och det interna och externa kompetensnätverk som en individ har tillgång till. Smart Maintenance ställer avsevärt nya och annorlunda krav på kompetens än traditionellt underhåll. Kunskap om digital teknik, analysförmåga och nya sociala färdigheter är exempel på detta. (Se artiklarna 10, 11 och 12)
- *Intern integration:* Smart Maintenance måste vara avsevärt mer integrerat (analys, beslutsfattande, samarbete, etcetera) med andra funktioner i företaget än vad som ofta varit fallet med traditionellt underhåll. Smart Maintenance är snarare en "företeelse" än en avgränsad avdelning. (Se artikel 4).
- *Extern integration:* Utvecklingen (såväl den analoga som den digitala) sker allt oftare utanför det egna företaget. Kunskapsutveckling hamnar därigenom i andra organisationer än i den egna. Smart Maintenance måste därför utvidga sitt professionella, sociala nätverk till det egna företagets omvärld. Strategiska partnerskap och aktiv medverkan i branschöverskridande samarbetsorgan, som Sustainability Circle är två sådana sätt. (Se artikel 9 och 13).

\*\*\*

Anläggningar skall av både lönsamhets- och hållbarhetsskäl användas så effektivt som möjligt. Effektiviteten mäts med hjälp av OEE-tal (*overall equipment effectiveness*). I Sverige används ibland det svenska begreppet TAK (tillgänglighet, anläggningsutnyttjande och kvalitet).

- Tillgänglighet är ett uttryck för hur stor andel av den planerade drifttiden som används till produktion.
- Anläggningsutnyttjande är ett uttryck för hur stor andel produkter som producerats jämfört med vad som var planerat.
- Kvalitetsutbyte är ett uttryck för hur stor andel av det som producerats som inte behöver slängas eller omarbetas.

TAK antar ett värde mellan 0 och 100 genom att de tre faktorerna uttryckta i procent multipliceras med varandra. Det teoretiskt högsta TAK-värdet är därför 100% eller 1.

En högautomatiserad (smart) produktion kräver mycket höga OEE-tal om den skall vara lönsam. De medarbetare som kan ta över produktionen och laga det som slutat fungera skall ju minimeras. En smart produktion kräver, annorlunda uttryckt, ett successivt förverkligande av *en nollvision avseende haverier*.

Detta uppnås genom ett systematiskt lärande. Utgångspunkten för ett sådant lärande är *hotande fel*.

Hotande fel upptäcks via de *teknomarkörer* som fel nästan alltid genererar innan de orsakar haverier. En teknomarkör utgörs av data som indikerar försämrad funktionalitet och framtida haverier.

Teknomarkörerna fångas med hjälp av sensorer. Mängden möjliga exempel är enorm:

- Mätningen av en elmotors ständigt ökande effektuttag för att exempelvis stänga en garageport markerar ett framtida haveri av motorn.
- Ett fotografi av en växande spricka i en bro markerar att bron så småningom kommer att rasa.
- En doftmolekyl fångad av en doftsensor markerar varmgång och predikterar en framtida brand.

Tidsserier av teknomarkörer från enskilda sensorer lagras i big data och bildar *felutvecklingskurvor*. Felutvecklingskurvor har olika profil beroende på vad de mäter. Fem felutvecklingskurvor illustreras nedan:

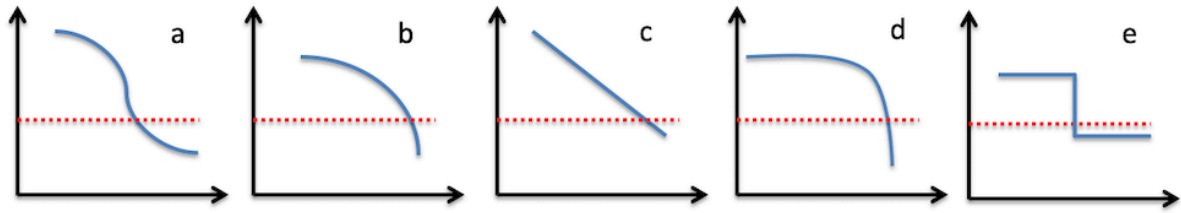


Illustration 1: Felutvecklingskurvor som ett resultat av tid (X-axeln) och funktionalitet (Y-axeln).

Den horisontella röda linjen i figur indikerar var på felutvecklingskurvan som de traditionella haverierna tidigare har inträffat. Den blå linjens avstånd till den röda linjen längs med x-axeln *predikterar* med andra ord ett förestående haveri.

Därmed möjliggörs ett *early warning system*.

Traditionellt finns felutvecklingskurvor bara som erfarenheter hos skickliga tekniker och ingenjörer. Det är de som varit "the early warning system". Det innebär att felutvecklingskurvan "går hem" när medarbetaren går hem.

Genom att digitalisera felutvecklingskurvorna behåller företaget tillgången till felutvecklingskurvorna och minskar sitt beroende av enskilda individer.

Applikationer, det vill säga en maskin eller anläggning, är system av olika tekniska komponenter. En del av en systemet påverkar med en viss fördröjning andra delar av systemet.

Fördröjningen från orsak till verkan kan i vissa fall utgöras av mikrosekunder (en turbin) och i andra fall av decennielånga skeden (sprickbildning i en byggnad).

Med hjälp av algoritmer kan datorn bygga en digital modell över hur systemet fungerar just nu. Det gör de genom att dels leta efter korrelationer i big data (att det finns ett statistiskt säkerställt samband mellan A och B), dels genom att via tidsmätning fånga kausaliteten (att det är B som påverkar A och inte tvärt om).

Sådana modeller efterliknar hur hjärnan fungerar och kallas därför *neurala modeller* eller *neurala nätverk*. Byggandet av en neural modell kallas för *inskolning av algoritmen*. (Se även artikel 7)

En digital neural modell blir snabbt mer avancerad än vad den biologiska förebilden (hjärnan) klarar. Det blir den av två skäl. Dels kan den fånga en oerhört mycket större *komplexitet* än hjärnan, exempelvis genom att beakta många väldigt små faktorer

och ett mycket stort antal dimensioner, dels kan den genom datorns outtröttlighet fånga den ständigt pågående *dynamiken* i applikationens miljö.

När en konstruktionsritning visar hur applikationen är tänkt att fungera så visar den neurala modellen hur applikationen de facto fungerar vid ett visst tillfälle. Därför har Smart Maintenance kunskap som andra saknar.

Den neurala modellen

- analyseras "nedströms" för att förutse (prediktera) haverier,
- "uppströms" för att hitta felorsaker samt
- föreslår prioriteringar utifrån hur nära felet är att hota nollvisionen och OEE-målen.

Detta görs på grund av de enorma informationsmängderna också av algoritmer. Tekniken är ett exempel på machine learning och artificiell intelligens.

Lärandet skall nu användas till ett så omfattande reuse och upcycling som möjligt samt minimera recycling. Detta görs på följande sätt:

Applikationen (maskinen byggnaden) modulariseras. Många små moduler skapar större potential till upcycling (se artikel 5) än få stora.

I varje modul finns en eller flera sensorer som mäter modulens funktionalitet. Genom de neurala modellerna fångas dessutom effektiviteten i modulens samverkan med andra moduler.

Moduler som inte längre anses vara ekonomiskt, miljömässigt eller säkerhetsmässigt hållbara utrangeras. Materialet återvinns (recycling).

Den utbytta modulen ersätts med hjälp av de kunskaper som felorsaksanalysen genererat ovan med en upcyclad (förbättrad) modul.

Resten av applikationen återanvänds (reuse).

Förfarandet innebär, när det tillämpas fullt ut, sammanfattningsvis, att

- Varje potentiell fel möjliggör ett lärande och en utveckling i riktning mot ett OEE-tal som närmar sig 100%. Därmed gynnas ekonomin på både kort och lång sikt (lönsamhet, långsiktigt aktieägarvärde och ekonomisk hållbarhet).

- De ständiga förbättringarna av det som kan förbättras och återanvändningen av den övriga tekniken innebär att säkerhet (social hållbarhet) och miljö (ekologisk hållbarhet) gynnas.

\*\*\*

För att uppnå de fyra aspekterna av Smart Maintenance, som diskuterades inledningsvis, måste företag anta ett antal implementeringsutmaningar. Dessa innefattar utmaningar kopplade till *investeringar*, *verksamhetsförändring*, samt *gränssnitt* mot externa aktörer.

De företag som lyckas bäst med Smart Maintenance förväntas kunna uppnå högre nivåer av prestanda gällande utrustningseffektivitet, säkerhet, miljö, produktivitet, ekonomi och konkurrens.

För ingående läsning om implementeringsutmaningar och förväntade effekter av Smart Maintenance, se Bokrantz et al. (2019b).

\*\*\*

I takt med att Smart Maintenance (SM) genomförs, lär vi oss också mer om svårigheterna med SM. För, även om alla är överens om att SM fungerar i teorin så är vägen förstås inte spikrak när teorin skall genomföras. Vilka är problemen, så som de upplevs av parktikerna?

- SM bygger på data som i första hand kommer från sensorer. Data genereras inte om sensorerna är trasiga, dåligt underhållna, otillräckliga eller, förstås, saknas helt.
- I vissa fall är sensorernas synkronisering i tid nödvändiga för att fånga kausala samband. Precisionen i denna synkronisering kan vara ett problem.
- Genereringen av data fungerar inte om den trådlösa uppkopplingen från sensorerna till big data och beslutsstödssystemen sviker, exempelvis på grund av tjocka väggar eller radioskugga.
- Gamla och underutvecklade IT-system som inte kan interagera med modern teknik är vanliga. Sådana system drabbar givetvis även SM.
- Databaser som inte städas från felaktiga data är ett problem som ofta nämns.

Dessa problem är tekniska. Men, det finns också en rad problem som är kopplade till management:

- Bristen på experter inom digitalisering är stor. Bristen gäller såväl land som stad.
- Olika sorters experter förstår inte varandra. Analog och digital teknik har väsentligen olika logik och terminologi. Det måste finnas en kunskapsmässig snittyta mellan experterna så att dialog och samarbete fungerar. Detta ställer krav på utbildning.
- Alla ser SM som ett sätt att möjliggöra prediktion av haverier. Men, få pratar om SM som ett sätt att möjliggöra digital rotorsaksanalys. Målet är inte bara att avskaffa haverierna utan att också hitta och eliminera rotorsakerna. Där finns den stora vinsten.
- I takt med att SM införs uppstår frågor om samarbeten med leverantörerna, som vill ta ansvar för att den teknik de levererat fungerar. Det kräver att leverantörerna är uppkopplade mot kundens big data. Detta väcker i sin tur en rad frågor av juridisk, affärsmässig och säkerhetsmässig (cyber security) art.
- Ekonomimodeller, som investeringskalkyler och resultaträkningar, fångar utgifter/kostnader men inte inkomster/intäkter trots att de senare är väsentliga. Därför kan det vara svårt att hantera diskussionen med ledningen.
- Slutligen drabbas allt i våra företag, även SM, av (a) ständiga successioner, (b) omorganisationer, (c) högkonjunkturer då vi inte hinner med något annat än att ta marknadsandelar och (d) lågkonjunkturer när vi inte har råd med annat än att spara. Bråttom går alltid före viktigt och det drabbar utvecklingen, bland annat SM.
- Det är ledningen som leder. Många företag blir allt mer centraliserade. Därför kräver lösningen av problemen ovan ett betydande engagemang från ledningens sida.

#### Referenser:

Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., Wuest, T., Stahre, J. (2019a), Smart Maintenance: an empirically grounded conceptualization. International Journal of Production Economics.

Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., Wuest, T., Stahre, J. (2019b), Smart Maintenance: a research agenda for industrial maintenance management. International Journal of Production Economics.

Praktikfall: Fortum/Öresundsbron?