

Smart og bæredygtig produktion

1. Kort introduktion

Høj produktivitet og en omstillingsparat produktion er sammen med modstandsdygtighed, digitalisering og bæredygtighed centrale fokusområder for danske produktionsvirksomheder i disse år. For et land som Danmark med begrænsede egne råstofressourcer, er smart og bæredygtig produktion ikke kun konkurrenceparametre, men også en vej mod større resiliens i forsyningskæden, et mindre klima- og miljøaftryk og en styrket innovativ hjemlig produktion.

Indsatsen vil facilitere produktionsvirksomheders overgang til en smartere og mere bæredygtig produktion i tæt samspil med digitalisering af processer og intelligent dataanalyse. Via de indbyggede effektivitetsforbedringer kan smart og bæredygtig produktion i høj grad være økonomisk selv bærende, samtidig med at det bidrager til en grøn omstilling.

Indsatsen fokuserer på tre hovedtemaer: In-line produktions- og produktkontrol, intelligent datadrevet analyse og optimering samt additive metoder med henblik på smartere og mere ressourceeffektiv produktion.

2. Markeds- og samfundsbehov

Europakommissionen har udarbejdet en ny Industri 5.0 agenda. Hvor Industri 4.0 var drevet af teknologier og løsninger til effektivitet og produktivitet, tilføjer Industri 5.0 et bredere sigte hvor mennesker, bæredygtighed og resiliens er i fokus ([Europakommissionen 2023](#)). For danske virksomheder, der har baseret deres konkurrencefordele på fleksibilitet og effektivitet, medfører det at nå nye bæredygtighedsmål en betydelig forøgelse af kompleksitet og omkostninger ([Uhrenholt et al., 2022](#)). Udfordringen ligger i at identificere og adoptere nye teknologier, der bidrager til at optimere ressourceforbrug og mindske spild, samtidig med at fleksibilitet og effektivitet fastholdes. I den forbindelse spiller digitale teknologier en væsentlig rolle ([Danmarks digitale vækst, 2023](#)). Skal virksomheder fortsat investere i produktion i Danmark, må den gøres mere intelligent og i et samspil med en arbejdskraft, der lider under stigende efterspørgsel.

Ved at forene know-how indenfor materialer, avanceret produkt- og proceskontrol, dataanalyse samt klima- og miljøvurderinger, vil indsatsen understøtte udvikling af effektive og bæredygtige produktionsmiljøer. En smart og bæredygtig produktion kan opnås ad flere veje, fx minimering af spild i produktionslinjer via hurtig og intelligent fejldetektion eller via nye processer som AM og 3D-print, der behøver færre ressourcer pr. fremstillet emne. Samtidig vil overvågning og digitalisering af produktionsdata til optimering og validering af materialestrømme danne grundlag for intelligent beslutningsstøtte.

Metoder til smart og bæredygtig produktionsoptimering har relevans for fremstillingsindustrien generelt, bl.a. segmenter som fx metervareproducenter af byggeprodukter og isoleringsmaterialer samt for fødevareproducenter med volumenproduktion, fx mejeri- og bryggerier samt i kemisk industri og stor-skala one-off produktion, hvor især AM vil kunne reducere materialebehovet. Indsatsen vil etablere know-how indenfor IoT til formålsspecifik dataopsamling med henblik på at etablere og analysere relevante produktionsdata til at understøtte effektivisering i ressourceudnyttelsen og udpege optimeringspotentialer i produktionen. Dette er særligt relevant for SMV'er, der typisk ikke har know-how til at løfte problemstillingen på egen hånd.

3. Ny teknologisk serviceydelse, kompetence og teknologi

Udvikling af know-how og serviceydelser tager afsæt i en række kernekompetencer i FORCE Technology indenfor materialer, spektroskopi- og røntgenteknikker, avanceret inspektion samt IoT og intelligent dataanalyse, der kan bidrage til at optimere processer. Nye services opbygges indenfor:

- Ressourcebesparende AM-metoder med henblik på fx energi-, food- og pharma- eller kemisk industri med særlige udfordringer i driftsforhold eller reservedelslogistik, hvor AM kan forbedre, levetidsforlænge eller give hurtig adgang til komponenter med ustabile eller usikre forsyningskæder.
- Metoder til kvalificering og kortlægning af materialeegenskaber for AM-emner, fx industrialisering af stor-skala CT-scanning facilitet og kvalificering op mod fx europæiske big-science installationer.
- Nye koncepter for inline og offline produkt- eller produktionskontrol, bl.a. videreudvikling af stor-skala/højenergi røntgen til kontrol af strukturelt komplekse produkter.
- Hurtige 3D-metoder til online produktionskontrol af emner, der er centrale for den grønne omstilling eller i kritisk infrastruktur, fx komplekse rør og kabler, hvor indmaden er kompleks og 'skjult' af emnets ydre.
- Optiske koncepter og teknologier til in-line produkt- og kvalitetskontrol, fx spektroskopiske finger printing-metoder til anvendelse i væsker (fx fermentorer, ost/mælkeproduktion, spildevand/drikkevand) eller på overfladen af emner (fx sortering af fødevarer, tekstiler eller analyse på planter direkte på marken)
- Metoder til formålsbestemt dataopsamling direkte fra produktionslinjen, fx via digitalisering og IoT, med henblik på procesoptimering og transparens til fx Digitale Produktpas (DPP), rapportering m.v.
- Metoder til AI-beslutningsstøttesystemer: Identifikation, tilpasning, test og evaluering med henblik på forøget resiliens og bæredygtighed, herunder:
 - Sammenligning af produktionskonfigurationer med henblik på identifikation af optimum for ydeevne.
 - Intelligente proceskonfigurationer med henblik på at tilpasse proceseffektivitet til bæredygtighedskrav (fx kvalitet, energieffektivitet, materialeforbrug m.v.)
 - Avancerede løsninger til vedligehold med henblik på at kæde prædiktive algoritmer fra realtids produktionsdata (ML) til intelligent root-cause-analyse og anbefalinger om reparation, baseret på vedligeholdsrapporter (GenAI)
 - Metoder til anvendelse af ML og AI på produktionsdata med henblik på automatisk evaluering og produktionsoptimering (fx metervarer i træfiber, isoleringsmaterialer, rørsystemer, kabler, vindmøllelevinger o.a.)
- Vidensspredning til industri, academia og læringsmiljøer, bl.a. via samarbejdspartnere.

Det forventes, at den know-how, som indsatsen skaber, vil være implementér- og demonstrerbar i prototypeskala ved indsatsens afslutning.

4. Centrale aktiviteter

Udviklingsaktiviteterne er opdelt i tre tematiske hovedspor:

1. Opbygning af teknologier og kompetencer indenfor in-line produktions- og produktkontrol, så industrien kan øge produktionsudbytte og optimere deres ressourceforbrug og bundlinje. Kontaktløse og automatiserbare målemetoder med digitaliseringspotentiale inkluderer fx digital radiografi til anvendelse på faste emner i fx rør-, kabel-, isolerings- og trævareproduktion eller 3D-print, og

spektroskopiske metoder til fx fødevarer- og medicindustrien eller evaluering af vandkvalitet i fødevarerproduktion og spildevand.

2. Udvikling af kompetencer til at løfte IoT-tilgængelighed, sporbarhed og højere opløsning af data fra produktionen og understøtte rapportering, digitale produkt pas (DPP) og dataanalyse til forøget bæredygtighed. Adgang til specifikke produktionsdata muliggør indførelse af digitale tvillinger og AI-baserede beslutningsstøttesystemer: Teknologier, der er udpegede som nøgletrends indenfor fremstillingsindustrien for at åbne for avanceret beslutningsstøtte med henblik på sikring af resiliens og bæredygtig udvikling, under fastholdelse af høj fleksibilitet, effektivitet og ydelse.
3. Udvikling af metoder til digital produktion via AM og 3D-print - metoder, der kendetegnes ved at anvende den minimalt nødvendige mængde råstoffer. Særligt for metaller savnes der kendskab til printede emners egenskaber. Indsatsen vil udvide paletten af AM- og printbare legeringer og kortlægge printede emners kvalitative egenskaber: En bred palette af printbare legeringer og viden om deres materialeegenskaber vil åbne døren for AM som produktionsmetode, både i forbindelse med ny fremstilling samt reservedele og reparation, og dermed mindske afhængigheden af internationale forsyningskæder og øge resiliens.

5. Mulige samarbejdspartnere

Indsatsen vil udvide etablerede relationer fra Resultatkontrakt 2021-2024, FoU-projekter samt med klynger og desuden opbygge nye relationer med henblik på videnhjemtagning og -spredning. Herunder:

Universiteter og institutter:

- DTU (Compute, Fysik og Wind): Simulering og beregning, AI-modellering, projekter, facilitering af spin-out af teknologier, videnformidling
- AU: Optiske metoder, optisk monitorering, facilitering af spin-out af teknologier, metoder, test og generalisering
- SDU: Facilitering af spin-out teknologier
- AAU Center for Industriel Produktion: Metoder, facilitering, videnformidling

GTS:

- DFM: Validering og sporbarhed
- Teknologisk Institut: Videnformidling, AM

Udenlandske samarbejdspartnere:

- BAM - Bundesanstalt für Forschung und Prüfung (DE): Validering
- EMPA - Materials Science & Technology (CH): Validering
- ESRF - European Synchrotron Radiation Facility (FR): Validering

Derudover klynger, bl.a. MADE og CenSec, Dansk Standard og Dansk AM Hub.

Desuden relevante aktive FoU-projekter som fx 'LSP: Large-Scale Ship Production' (Maritim stor-skala-AM) og 'RoboPrint' (Stor-skala 3DP i CFC-komposit).