

---

# INKLUDERINGS- METODEN

HUR DU KAN TA REDA PÅ DET DU INTE VISSTE ATT DU BEHÖVDE VETA OM DIN PRODUKTION

---



## **UTGIVEN AV BERGSSKOLAN KOMPETENSUTVECKLING**

Den här foldern har tagits fram för att sprida den metod som utvecklats inom ramen för projektet *SIAM 2.0 - Specialiserat innovations- och automationsstöd till små och medelstora metallriktade verkstadsföretag*. Ett samverkansprojekt som *Bergsskolan Kompetensutveckling*, tillsammans med *IUC Stål och Verkstad*, medverkat i och som finansierats av *EU, Region Värmland* och flera kommuner i regionen. Syftet med satsningen har varit att bistå gjuterier och verkstadsföretag med specialistkunskap inom områdena metallurgi, materiallära och värmebehandling för att stärka deras konkurrenskraft.

Grafisk form: HC Nilsson AB

Producerad av: HC Nilsson AB och Bergsskolan Kompetensutveckling AB

## **BERGSSKOLAN KOMPETENSUTVECKLING**

Bergsskolan, Bergsskolegatan 1, 682 24 Filipstad

För mer information och eventuella frågor besök:  
[www.bergsskolan.se/foretag-naringsliv/projekt/](http://www.bergsskolan.se/foretag-naringsliv/projekt/)

[www.bergsskolan.se](http://www.bergsskolan.se)

# INNEHÅLL

FÖRORD

**1**

---

METODENS BAKGRUND

**3**

Om industriella värdekedjor

3

Olika processfönster - och vad det innebär

6

6 Case - 6 Företag - 6 Unika lösningar

7

---

INKLUDERINGSMETODEN

**15**



# FÖRORD



Sett ur vårt perspektiv, som industrinära företag med ursprung i akademien och med fokus på forskning och utveckling inom materialteknik, är det främsta syftet med både projektet och metodspridningen att lämna kvar en arbetsmetodik för att systematiskt optimera processfönster och lägga grunden för fortsatt automatisering och digitalisering. Större företag i värdekedjan har oftare resurser att arbeta kontinuerligt med sin processutveckling på detta sätt, medan de små och medelstora företagen oftare behöver fokusera på lönsamhet och daglig produktion. För att ytterligare stärka värdekedjan och dess konkurrenskraft på den globala marknaden, ville vi med den här metodutvecklingen tillgängliggöra denna möjlighet i flera led. Det är också vårt bidrag till att svensk industri ska kunna leda omställningen till en globalt hållbar industri genom att vi tillsammans samarbetar inom och mellan värdekedjorna (Vinnova, 2022), se Figur 1.

Metoden har tagits fram genom besök och optimeringsinsatser hos de deltagande företagen i projektet. Genom att diskutera de utmaningar som upplevs i produktionen, har vi gemensamt valt ut insatsområden för att sedan ta fram de konkreta exempel som i en förlängning blivit en

specialanpassad, processoptimeringsmetodik för små och medelstora verkstadsföretag.

Utmaningarna har handlat om alltifrån hur olika metaller reagerar i varierande situationer, var svagheter finns i legeringar, till hur slitage och hållfasthet mäts. Frågorna kan vara avgörande och problemen kan bli många i produktionsprocessen om kunskap och kompetens är bristfällig. Något som påverkar kvaliteten och i slutändan både lönsamhet och konkurrenskraft.

Genom att tillgängliggöra den här metoden på ett populärvetenskapligt sätt är vår förhoppning att den ska spridas för att minska antalet kassationer, öka kundnöjdheten, resursoptimera och i en förlängning öka vinstmarginalen, kvaliteten och minska utsläppen hos gjuterier och verkstadsföretag nationellt. Som ett resultat stärks och utvecklas också beställarkompetensen, vilket skapar förutsättningar för innovation och optimering i hela värdekedjan genom utökad dialog företagen emellan. Därför ser vi också denna metod som en förutsättning för en fortsatt välfungerande industriell värdekedja. Vi är alla delar i en helhet. Med den kan både små, medelstora och stora företag ta reda på det de inte visste att de behövde veta i sin produktion – för ökad konkurrenskraft i alla led.

*Jörgen Andersson*



Figur 1: Värdkedjornas roll i den cirkulära ekonomin (Vinnova, 2022).

# METODENS BAKGRUND

## OM INDUSTRIELLA VÄRDEKEDJOR

Med industrisamhällets framväxt följde en lång period av stark ekonomisk utveckling. Den har präglats av en linjär ekonomi som förenklat bygger på att utvinna naturresurser, producera, konsumera och sedan bli kvitt avfallet, se Figur 2 a). Huvudproblemet med den linjära ekonomin är inte att begränsade råvaror "tar slut" utan att det material vi använder förr eller senare blandas och sprids, tappar sitt ekonomiska värde, blir svårt att nyttiggöra och i många fall slutar som miljögifter för människor och natur (Statens offentliga utredningar, 2017).

Cirkulär ekonomi kan som ett komplement till detta ses som en metafor för en ekonomi som fungerar inom gränserna för jordens bärkraft. Det är en ekonomi där avfall i princip inte uppstår, utan resurser kan behållas i samhällets kretslopp

eller på ett hållbart sätt återförs till naturen, se Figur 2 b). I den cirkulära ekonomin blir det relevant att tala om användare snarare än konsumenter och värdecykler snarare än värdekedjor (Statens offentliga utredningar, 2017).

I dessa värdecykler har *SIAM-projektet* också upptäckt att det finns fler interaktionspunkter mellan värdekedjans aktörer än de som illustreras av den linjära och cirkulära modellen för tillverkningsindustrins värdekedjor. Kunskapen om materialet och den kommunikation som behöver ske företagen emellan, oavsett processteg, är en förutsättning för fortsatt innovationshöjd och konkurrenskraft på den globala marknaden, se Figur 2 c). Den behöver ske mellan flera aktörer för att se till den blivande produktens hela livscykel, i syfte att öka potentialen för de ingående materialegenskaperna när produkten väl når slutkunden.

# LINJÄR EKONOMI

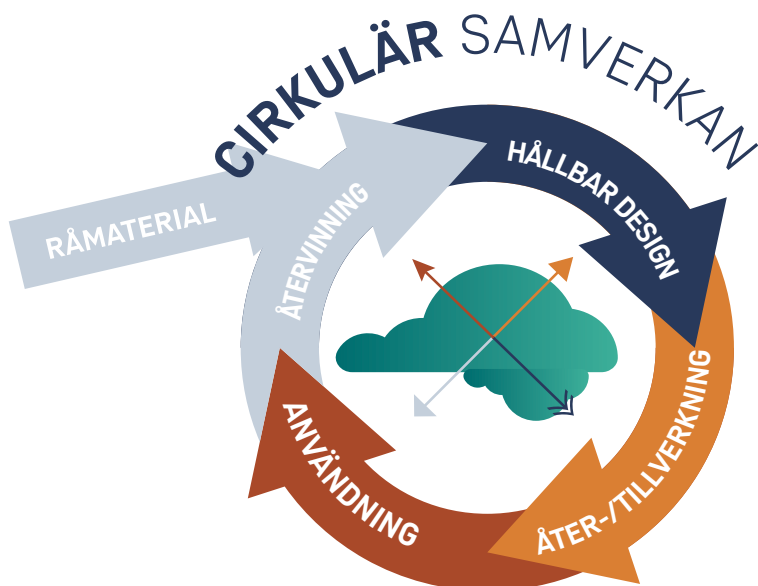
a)



b)



c)



Figur 2: Från värdekedja till värdecykel i SIAM-projektet.



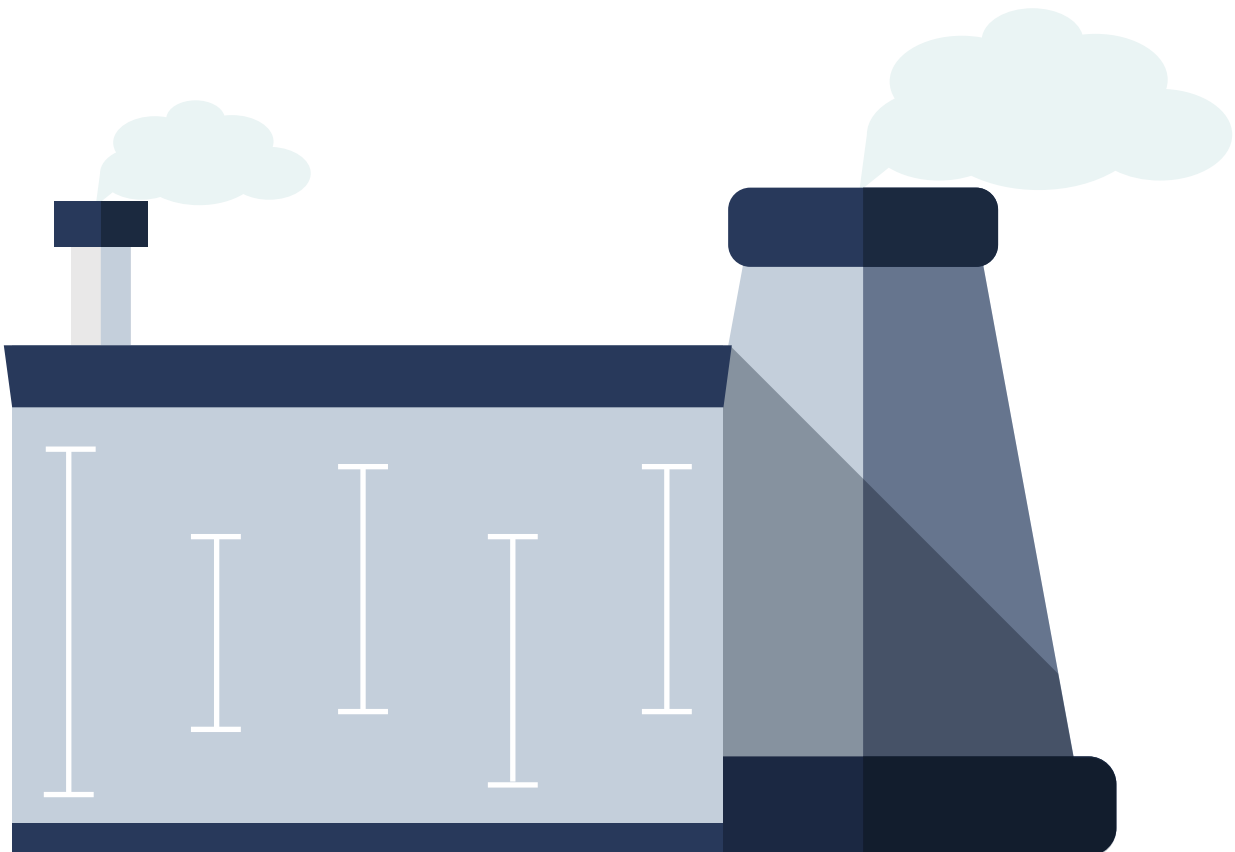




## OLIKA PROCESSFÖNSTER - OCH VAD DET INNEBÄR

I varje företag, oavsett storlek eller placering i de industriella tillverkningskedjorna, finns processteg som utförs i en viss ordning för att uppnå önskade egenskaper och prestanda hos en produkt eller detalj. För varje processteg finns olika parametrar som påverkar materialegenskaperna, som till exempel temperaturer, hastigheter och hålltider. Det finns ett maximalt och ett minimalt värde för var och en av dessa parametrar, och de

varierar dessutom med de material som används. Det är dessa parametrars övre och undre värden som kallas processfönster och som har undersökts hos företagen i projektet SIAM, se Figur 3. Varje enskilt företag har identifierat, valt ut och optimerat sådana kvalitetsavgörande processteg i mötet mellan akademiska och praktiska kunskaper. I en förlängning har detta också möjliggjort att flera av företagen vidare kan undersöka vilka digitaliseringsmöjligheter de har för sina respektive steg i produktionen, samt affärsutveckla på olika sätt.



Figur 3: Visualisering av de processfönster som kan optimeras i en produktion.

# METODENS BAKGRUND

## 6 CASE - 6 FÖRETAG - 6 UNIKA LÖSNINGAR

För att förstå hur Inkluderingsmetoden fungerar har vi valt att beskriva sex konkreta case från projektet, vilka sammantaget påvisat det mönster som resulterat i den specialanpassade, processoptimeringsmetodik för små och medelstora verkstadsföretag.



**Företag 1**



**Företag 2**



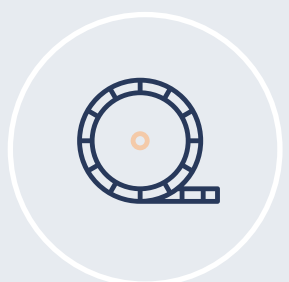
**Företag 3**



**Företag 4**



**Företag 5**



**Företag 6**





# METODENS BAKGRUND



## FÖRETAG 1

Flera olika material sammanfogas till en produkt, vilket skapar en komplex tillverkningsprocess och sprickor hos företagets slutkunder. Önskemålet var att förhindra detta genom att skapa en översiktlig tabell för vilka variationer som uppstår i varje processteg och för respektive material. För att utreda utmaningen ytterligare ställdes frågor till fler kompetenser inom företaget och besök gjordes i produktionen: Vad finns det mer som vi inte visste att vi behövde veta? Var uppstår problemet och vad säger produktionspersonalen om utmaningen? Genom dialog valdes flera processteg ut för provtagning.

Proverna skickades för analys till *Bergsskolan Kompetensutveckling*. Efter mätning och analyserande presenterades underlaget för Företag 1 där det akademiska och praktiska perspektivet möttes återigen för att gemensamt analysera och hitta ursprungsorsaken till utmaningen. Lösningen blev att lägga till ett förvärmningsmoment i ett av de inledande processtegen, för att minska de spänningar som annars uppstår mellan de olika materialen vid sammanfogningen och orsakar dessa sprickor och sänkt prestanda hos produkten.

### Ekonomisk hållbarhet

Färre kassationer.

Ökad prestanda.

Företaget fick tillbaka Volvo som kund (delvis på grund av aktiviteter inom SIAM).

### Social hållbarhet

Företaget har större förståelse för den egna fögningsmetodens olika parametrar och hur de kan spåras till kundens upplevda prestanda.

Under projektet slutade företagets processexpert och en man från produktionen tog av sig overallen för att delta i mikroskopering och tester. Med sin praktiska bakgrund och erfarenhet kunde han med sina nyvunna materialtekniska kunskaper finna flera innovativa lösningar på utmaningen, vilka dessutom fungerade i företagets befintliga produktion. Han arbetar fortfarande i produktionen, men byter overallen mot skjorta då Volvos tekniker besöker fabriken.

### Miljömässig hållbarhet

Färre kassationer leder till mindre miljöpåverkan.



## FÖRETAG 2

Uppdraget hos detta företag var att eliminera gasblåsor i svetsfogar vid bandtillverkning. För att undersöka utmaningens olika delar gjordes besök i produktionen, hos operatörer och tillsammans med ansvarig på företaget. Lämpligt provningsförfarande bestämdes gemensamt och prover togs ut för vidare undersökning i ett svepelektronmikroskop hos

*Bergsskolan Kompetensutveckling.* Genom ytterligare dialog och förändrat arbetssätt kunde sedan företaget lasersvetsa stålband helt utan gasblåsor i svetsfogarna.

### Ekonomisk hållbarhet

Lasersvetsningen som metod möjliggjorde en viss automatisering i processteget för fogning av stålband.

Kostnaden för operationen slipning kunde också minskas då lasersvetsning infördes.

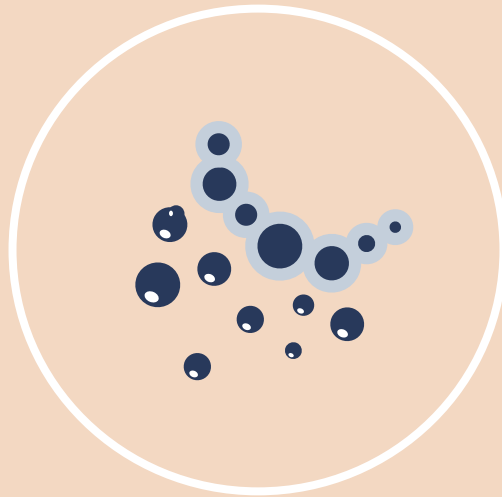
Färre kassationer.

### Social hållbarhet

### Miljömässig hållbarhet

Färre kassationer leder till mindre miljöpåverkan.

# METODENS BAKGRUND



## FÖRETAG 3

Företag 3 säljer blästermaskiner. Mätningar visade att företagets blästermetod skapar ett hårt ytskikt på de blästrade detaljerna. Företaget ville därför ta reda på varför denna yta uppstår och vilka konsekvenser det får för deras kunder.

Genom en materialundersökning, utförd av *Bergsskolan Kompetensutveckling*, fick ytskiktet

en teoretisk förklaring. Samma förklaring gav också företaget insikter och uppslag om nya affärsutvecklingsmöjligheter.

### Ekonomisk hållbarhet

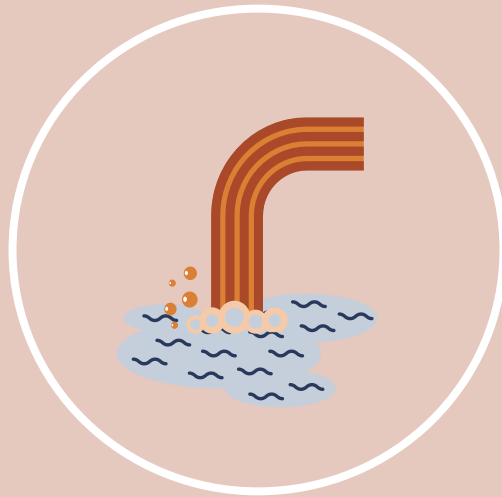
Ett helt nytt marknadssegment undersöks nu: Blästringen ökar nämligen de rengjorda detaljernas livslängd, ger bättre nötningsmotstånd och förbättrade utmattningsegenskaper.

### Social hållbarhet

### Miljömässig hållbarhet

Förlängd livslängd hos producerade produkter hos kund i nästa steg i värdekedjan, vilket resulterar i färre kassationer och därmed mindre påverkan på miljön.





## FÖRETAG 4

Inledningsvis var Företag 4 övertygade om vad som var orsaken till den utmaning de hade med sin produkt hos kund. Fler frågor ställdes ändå till andra inom företaget, samt till företagets leverantör. Denna leverantör hade en specialist med lång erfarenhet av gjutningssteget och efterföljande processfönster hos flera av deras kunder. När specialistens kompetens kunde kombineras och kontrasteras mot den kompetens

som projektmedarbetarna besatt, så kunde nya och fler typer av försöksprover väljas ut.

Materialundersökningar genomfördes av samtliga tester och en bredare vy av utmaningen upptäcktes. Effekten av detta nya perspektiv och efterföljande processförändring blev förbättrad prestanda hos befintliga produkter, samt uppslag till fortsatt produktutveckling.

### Ekonomisk hållbarhet

Förbättrad prestanda hos befintliga produkter.

Produktutveckling av en ny, exklusiv premiumprodukt.

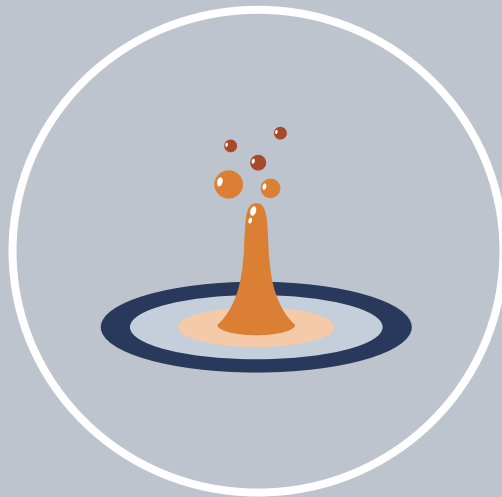
### Social hållbarhet

Kompetensutveckling av befintlig personal, samt minskandet av sociala klyftor på arbetsplatsen: Insikten om hur det teoretiska perspektivet kan växla upp lång praktisk erfarenhet och vice versa.

### Miljömässig hållbarhet

Förlängd livslängd hos produkten hos kund, vilket resulterar i färre kassationer och därmed mindre påverkan på miljön.

# METODENS BAKGRUND



## FÖRETAG 5

Företaget framställer granulat. Önskemålet var att öka utbytet i deras granuleringsprocess. Genom dialog valdes en lämplig mätmetod ut: En tekniker på företaget fick uppgiften att ta ut

lämpliga prover och använda svepelektronmikroskop för att bedöma kvalitén hos granulerna i syfte att löpande styra produktionen.

### Ekonomisk hållbarhet

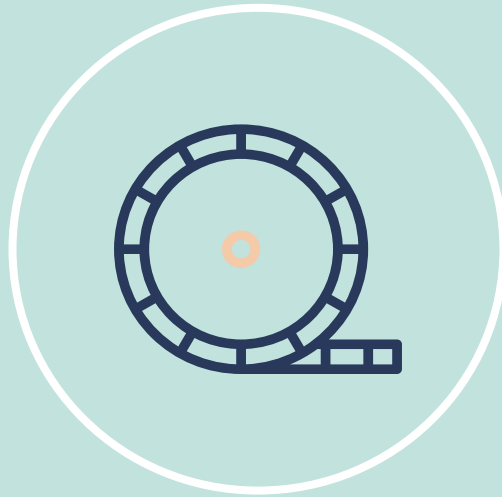
Införandet av uppföljning i processen, vilket inte bara förbättrar utbytet utan också skapar fler mätpunkter för kvalitetssäkring.

### Social hållbarhet

Förstärkt varumärke: Jämnare kvalitet på levererad produkt till kund.

### Miljömässig hållbarhet

Ökat utbyte bidrar till att mer material kommer till användning per batch och alltså optimerar även den miljömässiga påverkan genom färre batcher per producerad mängd granulat.



## FÖRETAG 6

Företaget ville utvärdera om samtliga värmebehandlingssteg var nödvändiga vid framställningen av deras bandprodukter. Genom ett produktionsbesök, dialog med processpersonal och operatörer kunde en lämplig testmetod väljas ut. Utmaningen med metoden visade sig vara att ta ut prover från ett sammansatt band. Företaget löste det själva genom påsvetsning av bandremsor, vilka senare kunde skickas vidare för analys till *Bergsskolan Kompetensutveckling*.

Företaget vet nu varför det är viktigt att genomföra vart och ett av värmebehandlingsstegen vid producerandet av stålband. De har också en ambition att själva genomlysna olika processteg i produktionen för vidare optimering av processen.

### Ekonomisk hållbarhet

Detaljerad kännedom om respektive värmebehandlingssteg möjliggör för finjusteringar och snabbare utvärderingar vid kassation eller felaktigheter, samt en god grund för framtida automation eller digitalisering.

### Social hållbarhet

Kompetensutveckling av befintlig personal: Allt från mätningar, provuttag och teori kring processerna ingår nu i företagets verktygslåda.

### Miljömässig hållbarhet

Fortsatt optimering av processen kommer att leda till minskade koldioxidutsläpp och mindre åverkan på miljön genom förhöjda utbyten per batch.



# INKLUDERINGSMETODEN

Här följer en beskrivning av *Inkluderingsmetoden*, vilken är ett arbetssätt för fortsatt processundersökning hos små och medelstora gjuterier och verkstadsföretag. Bakgrunden till metodens namn kommer från den typ av samlärande och gemensamt utforskande som använts i generationer i Bergsskolans studiemiljöer.

Det är ett sätt att förhålla sig till utmaningar, lösningar och det som sker däremellan för att öka både lönsamhet och innovationshöjd hos industriföretag. Metoden består av öppna dialoger där så många perspektiv som möjligt bjuds in att komma med idéer vid formuleringen och utvärdering av hypotesen. Inkluderingen av fler perspektiv och viljan att rådfråga en mångfald av kompetenser är och har varit Bergsskolans och dess studenters viktigaste värdeerbjudande till industrin sedan 1800-talet.





## BESÖK PRODUKTIONEN

Vad gör företaget och hur hänger produktionens helhet ihop? En närmare undersökning görs också av det processteg där ett processfönster ska optimeras.

### *Tips!*

Ger en förståelse för processfönstret och hur det fungerar i verkligheten innan teori blandas in.

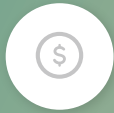


## FORMULERA UTMANINGEN & PROVNINGSFÖRFARANDET

Alternativ på tester och hypoteser sammanställs utifrån dialog mellan många perspektiv; produktionspersonal, egna processspecialister, ansvarig, utomstående specialister med materialkännedom (kan vara från akademi eller en erfaren praktiker från en annan del av värdekedjan).

### *Tips!*

Här är det vanligt att frustration lätt uppstår på grund av den diversifierade gruppens olikheter och varierade fackspråk. Finns förståelsen för att detta är naturligt, så finns det stora vinster att göra genom att fortsätta. Över tid kan de finna ett gemensamt språk, ökar samverkan över gränser, vilket i sin tur ökar företagets innovationsförmåga. Lämpligen väljs en person med diplomatiska egenskaper för att leda dessa möten.



## AVSÄTT TID OCH RESURSER FÖR TESTER

Ansvärlig projektledare väljs ut, tilldelas resurser och bestämmer prioriteringsordning för de aktiviteter som ska genomföras för att testa hypotesen.

### *Tips!*

Här kan ytterligare dialog behövas med enskilda kompetenser och perspektiv, beroende på vad som händer vid genomförandet av provningen.



## MÄTNING, ANALYS & UTVÄRDERING

Efter genomförd mätning och analys bjuds in till ytterligare dialog i en grupp av kombinerade kompetenser och perspektiv: Vad har inträffat under testet? Behöver hypotesen förändras eller har problematiken åtgärdats? Vad emotsäger det vi nu tror? Fler tester kan behöva genomföras. Begränsa till ca. 1-2 tester till.

### *Tips!*

Här kan fortsatt friktion finnas. Följ lämpligen fortsatt rådet under punkt 2: Person med diplomatiska egenskaper leder mötet. Bjud också in en ansvarig beslutsfattare i det här steget.



## VÄLJ LÖSNING

Rådfråga gärna en grupp av kombinerade kompetenser igen. Vilka alternativ på lösningar är mest effektiva med befintliga förutsättningar? Behövs en investering? Vill vi automatisera eller digitalisera i ett nästa steg för ytterligare optimering?

### *Tips!*

Här är det viktigt att göra en avvägning mellan kvalitet och ekonomisk nytta. Bjud in en ansvarig beslutsfattare i företaget, samt den som är mest teknisk kunnig med avseende på undersökt utmaning och den lösning som ska implementeras. Här behöver ofta en kompromiss göras.



## OPTIMERA PROCESSFÖNSTRET

Implementera den utvalda lösningen.

### *Tips!*

Rådfråga gärna den operatör som ska sköta processteget framgent innan implementeringen genomförs. Ibland kan ytterligare optimeringar tillföras tack vare detta perspektiv.



## UTVÄRDER & FÖLJ UPP RESULTATET ENLIGT DE TRE HÅLLBARHETSDIMENSIONERNA

Välj också ut mätvärden för uppföljning.

### *Tips!*

Detta steg hoppar många över, men vinsten av dessa data visar sig ofta kunna stärka underlag till ansökningar eller finansiering från annan extern part vid framtida investeringar. De kan också utgöra grund för extern kommunikation som stärker varumärket.



---

## TACK FRÅN OSS PÅ BERGSSKOLAN KOMPETENSUTVECKLING

*Bergsskolan Kompetensutveckling* är ett aktiebolag och komplement till det *Bergsskolan* som sedan 1830 har utbildat tekniker och ingenjörer i nära samråd med branschföreträdare inom Berg- och anläggningsteknik, samt Materialteknik, inriktning metallurgi. Genom Bergsskolan Kompetensutveckling möjliggörs företagsnära forskning, vidareutbildning för livslångt lärande och projekt med fokus på utveckling och innovation inom områdena materialteknik, metallurgi, geologi och bergteknik hos industriföretag. Bergsskolans och Bergsskolan Kompetensutvecklings starkaste kännetecken är dess nära och väl utvecklade samarbete med företag, näringsliv och industri.

Kontakta oss gärna om ni vill veta mer om *Inkluderingsmetoden*, arbetet bakom eller om ni också är intresserade av att utforska det ni inte visste att ni behövde veta om er produktion för ökad lönsamhet och konkurrenskraft.

---



**Bergsskolan**  
Kompetensutveckling AB

