

# Veileder i teknologi- kvalifisering

VEILEDNING

Håndbok V726



## Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i Statens vegvesens håndbokserie. Vegdirektoratet har ansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Denne håndboka finnes kun digitalt (PDF) på Statens vegvesens nettsider, [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no).

Statens vegvesens håndbøker utgis på to nivåer:

**Nivå 1:** • Oransje eller • grønn fargekode på omslaget – omfatter *normal* (oransje farge) og *retningslinje* (grønn farge) godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

**Nivå 2:** • Blå fargekode på omslaget – omfatter *veiledning* godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

### Veileder i teknologikvalifisering

Nr. 726 i Statens vegvesens håndbokserie

Forsidefoto: Robot som lasersveiser en del til en brukasse. Foto: Prodtex

ISBN: 978-82-7207-773-9

# Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon 5</b>	
1.1	Formålet med teknologikvalifisering	5
1.2	Hensikten med denne veilederen	5
1.3	Bakgrunn	5
1.4	Gyldighetsområde	5
<b>2.</b>	<b>Begreper</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Prinsipper for teknologikvalifisering</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>Teknologikvalifiseringsprogram</b>	<b>9</b>
4.1	Introduksjon	9
4.2	Roller	9
4.2.1	Oppfølging av underleverandører	11
4.3	Utløsende og forbedrende teknologi	12
4.4	Utvikling av teknologier parallelt med pågående prosjekter	13
4.4.1	Forstudiefasen	13
4.4.2	Forprosjektfasen	13
4.4.3	Prosjektgjennomføringsfasen	13
4.5	Technology Readiness Level	14
<b>5</b>	<b>Prosess for teknologikvalifisering</b>	<b>16</b>
5.1	Etablere kvalifiseringsbasis	18
5.1.1	Beskrivelse av aktivitet	18
5.1.2	Inngående informasjon/grunnlag	19
5.1.3	Leveranse	19
5.2	Vurdere teknologi	20
5.2.1	Beskrivelse av aktivitet	20
5.2.2	Leveranse	22
5.3	Vurdere risiko	23
5.3.1	Beskrivelse av aktivitet	23
5.3.2	Inngående informasjon/grunnlag	26
5.3.3	Leveranse	26
5.4	Utarbeide kvalifiseringsplan	26
5.4.1	Beskrivelse av aktivitet	26
5.4.2	Inngående informasjon/grunnlag	29
5.4.3	Leveranse	29
5.5	Gjennomføre kvalifiseringsplan	29
5.5.1	Bekrivelse av aktivitet	29
5.5.2	Inngående informasjon/grunnlag	30
5.5.3	Leveranse	30
5.6	Vurdere resultatene	30
5.6.1	Beskrivelse av aktivitet	30
5.6.2	Inngående informasjon/grunnlag	31
5.6.3	Leveranse	31

<b>6</b>	<b>Dokumentasjon</b>	<b>32</b>
6.1	Kvalifiseringsbasis	33
6.2	Teknologivurdering	33
6.3	Risikovurdering	33
6.4	Kvalifiseringsplan	33
6.5	Rapporter fra kvalifiseringsaktiviteter	34
6.6	Teknologikvalifiseringsrapport	34
<b>7</b>	<b>Referanser</b>	<b>35</b>
<b>Vedlegg A</b>	Maler	36
<b>Vedlegg B</b>	Eksempel - Lasersveising	39
<b>Vedlegg C</b>	Eksempel - Brukonsept	43
<b>Vedlegg D</b>	Statens vegvesens prosjektmodell	48

# 1 Introduksjon

## 1.1 Formålet med teknologikvalifisering

Formålet med teknologikvalifisering er å fremskaffe bevis som underbygger at en teknologi vil fungere for angitt bruk innenfor angitte driftsbegrensninger. Teknologikvalifisering kan benyttes der kravene i eksisterende standarder ikke er dekkende for å verifisere teknologien.

Bruk av ny teknologi introduserer usikkerheter som kan medføre svikt. Konsepter med velkjent og utprøvd teknologi er derfor ofte foretrukket foran løsninger med ny teknologi. Teknologikvalifisering kan redusere risikoen når ny teknologi tas i bruk og dermed muliggjøre prosjekter som ikke lar seg realisere med kjent teknologi (utløsende teknologi), eller gi bedre sikkerhet, pålitelighet eller lavere kostnader ved bruk av ny teknologi (forbedrende teknologi).

## 1.2 Hensikten med denne veilederen

Hensikten med dette dokumentet er å veilede Statens vegvesen og deres underleverandører og konsulenter som trenger å bruke teknologikvalifisering i forbindelse med ny teknologi. Veilederen viser hvordan risiko ved ny teknologi kan håndteres systematisk ved å identifisere sannsynligheten for og hvordan teknologien kan svikte og deretter frembringe beviser for at farer og feilmoder er håndtert slik at gjenværende risiko er på et akseptabelt nivå. Systematikken skal sikre sporbarhet gjennom prosessen - fra fastsetting av funksjon, mål og forventninger, usikkerheter, til relevante farer og feilmoder, kvalifiseringsaktiviteter og bevis.

## 1.3 Bakgrunn

Systematikken i denne veilederen er basert på DNVGL-RP-A203 «Technology Qualification» og er tilpasset Statens vegvesens prosjektmodell for styring av prosjekter.

## 1.4 Gyldighetsområde

Denne veilederen beskriver en systematisk tilnærming til teknologikvalifisering for nye teknologier og konsepter. Prosessen i denne veilederen er ment å være komplementær til andre relevante spesifikasjoner og standarder, som for eksempel Håndbok N400 og andre relevante standarder som Eurokode, men som ikke fullt ut dekker den nye teknologien. Den er gyldig for både utbygnings- og vedlikeholds-prosjekter hvor ny teknologi er tenkt benyttet.

Dersom de enkelte delene av en teknologi er dekket av standarder, kan allikevel kombinasjonen av disse delene være slik at det vil være nødvendig å kvalifisere det totale systemet. Det samme gjelder dersom kjent teknologi benyttes i en ny kontekst eller utenfor tidligere begrensninger.

## 2. Begreper

Begrep	Beskrivelse	Referanse
Akseptkriterier	Et sett av krav til leveransen som sørger for at løsningen vil være kvalifisert for angitt bruk	DNV GL SE-0160
Angitt bruk	Avgrensning av bruk (formål og miljø) for å sikre definert ytelse	DNV GL SE-0160
Argument	Demonstrasjon av hvordan bevis støtter (underbygger) en påstand i en definert sammenheng	DNV GL SE-0160
Bevis	Informasjon (dokumentasjon, test resultater, demonstrasjoner, etc.) som beskriver teknologiens evne til å møte definerte akseptkriterier	
Element	Enhver del, komponent, innretning, delsystem, funksjonsenhet, utstyr eller system som kan betraktes individuelt	ISO IEC 60812
Fare	En hendelse som kan resultere i et uønsket resultat eller at en teknologi ikke yter i henhold til spesifisering eller krav.	
Feilmodus	Hvordan svikt i et element opptrer. Ofte uttrykt med hvilken funksjon som går tapt som for eksempel «tap av bæreevne»	ISO IEC 60812
Feilsannsynlighet	Sannsynligheten for at en svikt oppstår innenfor et spesifisert tidsrom, eller ved en spesifisert tilstand (for eksempel ved oppstart av en motor).	
FMEA/FMECA	FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) er en kvalitativ metode for systematisk analyse av mulige farer og feilmoder i et hardware-system, og identifisering av den resulterende effekten på systemet, funksjonen eller personell. FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) inkluderer også en kvantitativ prosedyre som rangerer farer og feilmoder i henhold til deres risiko, målt som kombinasjonen av feilsannsynlighet og konsekvens.	ISO IEC 60812
Forbedrende teknologi	En teknologi som introduserer en forbedring for sammenlignet med eksisterende teknologier. Den forbedrende teknologien vil typisk gjøre prosjektet hvor den anvendes billigere, forbedre ytelsen, øke sikkerheten, osv. Hvis kvalifiseringen av den forbedrende teknologien mislykkes så kan et prosjekt gjennomføres med en kvalifisert alternativ løsning, men som regel med økt kostnad, tid, osv. Se også utløsende teknologi.	
Fravik	Planlagt og godkjent endring fra gjeldende krav. Det er egne rutiner for fraviksbehandling fra kravene i Vegvesenets normaler og retningslinjer.	SVV Hb R760
Funksjon	En spesifikk virkemåte eller oppgave som teknologien skal utføre. Beskrivelsen vektlegger hva som skal oppnås og ikke hvordan.	
Funksjonssvikt	Terminering av et elements evne til å utføre en påkrevet funksjon	ISO IEC 60812
Gap	Element som ikke fullt ut dekkes av kravene en spesifisering eller en referanse standard.	
HAZID	HAZID (HAZard IDentification, fareidentifikasjon) er en systematisk metode for å identifisere eventuelle sikkerhetsmessige farer/ utfordringer.	
HAZOP	HAZOP (Hazard and Operability Study) er en systematisk metode for å undersøke hvordan avvik fra konstruksjon-betingelsene for et system kan oppstå, og hvorvidt disse avvikene kan medføre økt risiko.	IEC 61882
Kvalifiseringsbasis	Beskrivelse av teknologien, funksjoner, tiltenkt bruk, samt krav og forventninger til teknologien og kvalifiseringsmål.	
Kvalifiseringsplan	Plan som inneholder kvalifiseringsaktiviteter som er nødvendige for å adressere identifisert risiko.	
Kvalifiseringsprogram	Overordnet plan for gjennomføring av et kvalifiseringsprosjekt.	
Kvalifiseringsprosess	Definerte aktiviteter som gjennomføres i et kvalifiseringsprosjekt.	

Kvalifiseringsprosjekt	Prosjekt som har til hensikt å kvalifisere teknologielementer som ikke fullt ut dekkes av Håndbok N400 eller andre relevante standarder for bruk.	
Relevant standard	Dette kan være en kombinasjon av standarder som i sum gir relevante krav til en teknologi. Dette kan være utvalgte standarder med supplement fra andre standarder på deler av teknologien.	
Risiko	Risiko er uønskede konsekvenser med tilhørende usikkerhet, der usikkerhet uttrykkes ved hjelp av sannsynligheter.	
Svikt	Se funksjonssvikt	
Teknologikvalifisering (TK)	En prosess for å fremskaffe bevis som underbygger at en teknologi vil fungere for angitt bruk innenfor spesifiserte operasjonelle begrensninger.	DNVGL-RP-A203
Teknologikvalifiseringsprogram (TKP)	En beskrivelse av mandatet og rammeverket rundt en teknologiutvikling og kvalifiseringsprosess.	
Usikkerhet	Usikkerhet er en tilstand der det er mangel på informasjon, manglende forståelse av eller kunnskap om en hendelse, dens konsekvens eller mulighet for at den skal forekomme.	ISO 31000
Utløsende teknologi	En utløsende teknologi er en oppfinnelse eller innovasjon som man er avhengig av for å få realisert et prosjekt hvor teknologien er implementert. For en utløsende teknologi finnes det ingen eksisterende kvalifisert teknologi som man kan falle tilbake på dersom kvalifisering av den nye teknologien skulle mislykkes. Se også forbedrende teknologi.	
Validering	En forsikring om at et produkt, en tjeneste eller et system møter behovene til sluttbruker eller andre identifiserte interessenter.	Project Management Body of Knowledge (2013), PMI
Verifisering	En evaluering om hvorvidt et produkt, en tjeneste eller et system er i samsvar med forskrifter, krav, spesifikasjoner eller pålagte vilkår.	Project Management Body of Knowledge (2013), PMI
Ytelseskrav	Krav til ytelse hvor ytelse kan være tallfesting av hvor fort, hvor mye, hvor mange, kapasitet, etc. av en funksjon	
Årsak	Den fysiske, kjemiske, tidsmessige eller annen prosess som fører til eller har ført til funksjonsfeil (feilmodus)	

## 3 Prinsipper for teknologikvalifisering

For å sikre en robust kvalifiseringsprosess, skal følgende prinsipper legges til grunn:

**1. Kvalifiseringsprosessen er en systematisk og risikobasert prosess.**

En systematisk og strukturert tilnærming til teknologikvalifisering bidrar til effektivitet og sammenlignbare og pålitelige resultater. Teknologikvalifiseringsprosessen omhandler håndtering av definerte usikkerheter og konsekvensen av disse.

**2. Teknologikvalifisering er en del av et beslutningsunderlag.**

Teknologikvalifisering hjelper beslutningstakere til å ta velbegrunnede valg, prioritere handlinger og velge mellom alternative konsepter og løsninger.

**3. Teknologikvalifisering er en dynamisk og iterativ prosess.**

Et overordnet kvalifiseringsprogram implementeres for å føre teknologien fra dens eksisterende utviklings- og kvalifisering-stadium til ønsket kvalifiseringsstadium som definert i kvalifiseringsbasisen. Når usikkerheten er stor, kan kvalifiseringsprosessen utføres i iterasjoner for å identifisere og lukke gap. Jo større den teknologiske usikkerheten er, desto større kvalifiseringsinnsats kreves for å møte gitte krav.

**4. Teknologikvalifisering bygger på best tilgjengelig informasjon**

Innspillene til kvalifiseringsprosessen bygger på informasjonskilder som historiske data, erfaringer, industripraksis, ekspertvurderinger osv. Materialer, funksjonelle parametere og begrensninger brukt i analyser skal være basert på data fra tester, anerkjent litteratur eller bestemmes ved ekspertvurderinger basert på slike data. Mulige begrensninger ved dataene eller modellene som er brukt, må beskrives.

**5. Kvalifiseringsprosessen er dokumentert og sporbar.**

Spesifikasjoner og krav skal være klart definert, kvantifisert og dokumentert. Resultater med tilhørende usikkerhet fremskaffet i kvalifiseringsprosessen skal dokumenteres. Konklusjonene fra kvalifiseringsprosessen, inkludert eventuelle krav til fabrikasjon, installasjon eller drift, skal dokumenteres.



## 4. Teknologikvalifiseringsprogram

### 4.1 Introduksjon

Teknologikvalifiseringsprogrammet (TKP) er en beskrivelse av mandatet og rammeverket rundt en teknologiutvikling og kvalifiseringsprosess. Teknologiutvikling foregår typisk iterativt og TKP bør gjenspeile dette. TKP bør beskrive følgende elementer:

- De overordnede målsetningene for teknologien.
- Utviklingsstrategien.
- Beslutningspunkter og påkrevet informasjon ved hver av disse (f.eks. godkjenning av teknologikvalifiseringsplan).
- Beslutningstagere inkludert hvem som formelt godkjenner TKP og leveransen.
- Roller og ansvarlige personer, inkludert ansvarlig for kvalifiseringsprosessen (se kapittel 4.2).
- Identifisere viktige interessehavere (ledelsen, partnere, sluttbrukere, myndigheter, leverandører, osv.)
- Dokumentasjon og rapportering krav.
- Resultater fra markedsundersøkelse eller krav til gjennomføring av markedsundersøkelse.
- Myndighetskrav og obligatoriske standarder/håndbøker.
- Overordnede funksjonskrav og operasjonsmiljøet (ikke så detaljert at det begrenser løsningsrommet).
- Kvalitets-, miljø- og sikkerhets-krav.
- Tilgjengelige ressurser.
- Budsjet, tidsplan og milepæler.
- Om det er en utløsende teknologi eller en forbedrende teknologi (se kapittel 4.3).
- Hvis relevant, identifisere det første prosjektet hvor teknologien skal anvendes.

TKP bør inkludere en utvikling og kvalifiseringsstrategi som beskriver hvordan teknologien skal utvikles fra det nåværende stadiet til den ønskede modenhetsstadiet. Milepæler for vesentlige fremskritt bør etableres. Der det er mulig bør beslutningspunkter være knyttet til disse milepælene hvor en beslutning om å fortsette TKP eller ikke må tas, eventuelt om det skal gjøres endringer i TKP som for eksempel endringer i de overordnede målene eller utviklingsstrategien.

En TKP bør etableres når en teknologi trenger en formell kvalifisering. Vurderingen av teknologien bør utføres som beskrevet i Tabell 5-1. TKP er mandatet, rammeverket og forventningene fra ledelsen til vedkommende som er ansvarlig for gjennomføringen av kvalifiseringen. Den bør være kortfattet og spesifikk.

## 4.2 Roller

Følgende roller inngår i et kvalifiseringsprosjekt:

**Ansvarlig:** Typisk en prosjektleder fra Statens vegvesen

**Utførende:** Enhet i Statens vegvesen eller underleverandør/prosjekterende part som utfører teknologikvalifisering i henhold til denne veilederen, herunder å etablere kvalifiseringsbasis og etablere og gjennomføre kvalifiseringsplanen. Utførende kan sette bort kvalifiseringsaktiviteter til underleverandører. Den utførende parten kan variere etter hvilke steg i prosessen som gjennomføres.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

*For eksempel kan Statens Vegvesen sette en prosjekterende part til å utføre etableringen av en kvalifiseringsbasis, og selv utføre påfølgende steg som for eksempel risikovurderingen.*

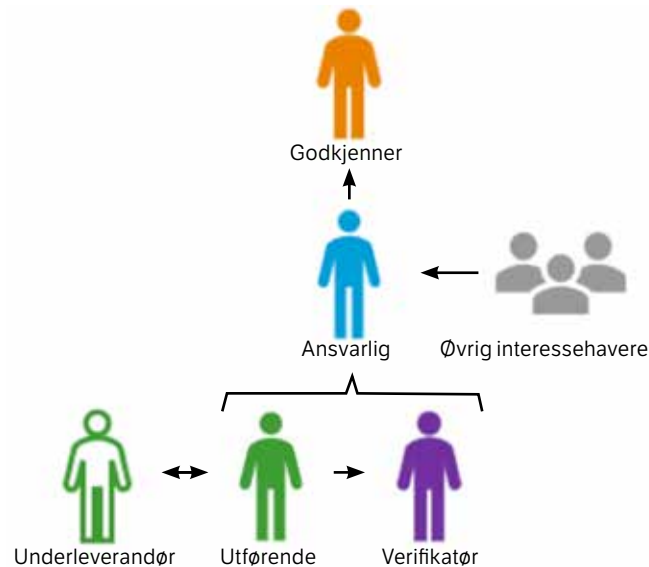
S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

**Verifikatør:** Uavhengig enhet i Statens vegvesen eller tredjepart som verifiserer kvalifiseringsprosessen og resultatet av denne. Det forutsettes at verifikatør har observasjons og innsynsrett under gjennomføring av kvalifiseringsprosessen etter avtale med Statens vegvesen. Dette kan typisk omfatte aktiviteter som deltakelse med relevant kompetanse i risikovurdering og relevant teknologi, fagekspertise innenfor temaer som kan påvirkes av teknologien, uavhengig gjennomgang av test- og analyseprosedyrer og verifikasjon av test- og analyserapporter. Uavhengige tester og analyser utført av verifikatøren eller dennes underleverandør kan også inngå som en del av verifikasjonsarbeidet.

**Godkjenner:** Relevant person i Statens vegvesen, avhengig av hvilket prosjekt teknologien skal brukes til (som for eksempel prosjektleder, direktør for utbyggingsområdet, divisjonsdirektør, vegdirektør, etc.).

**Øvrige interessehavere:** Avhengig av hvilken teknologi som skal kvalifiseres kan det være flere interessehavere enn de som er direkte med i prosjektet. Slike interessehavere kan være myndighetene, ledelse, nøkkelleverandører, offentligheten, osv. Slike interessehavere kan påvirke krav til prosjektet, for eksempel krav til utseende, sikkerhet, støy, funksjon, osv.

Hvilke personer eller enheter som innehar de forskjellige rollene i hvert prosess-steg skal defineres ved prosjektstart.



**Figur 4-1** De forskjellige rollene som inngår i et teknologiqualifiseringsprosjekt, og deres link mot hverandre.

#### 4.2.1 Oppfølging av underleverandører

Når underleverandører blir brukt for den utførende delen av teknologiqualifiseringen, er det den utførende parten som har ansvaret for å sørge for at underleverandørene har tilgang til nødvendig informasjon for å utføre jobben i henhold til f.eks. kvalifiseringsplanen. Den utførende parten skal også definere hva slags informasjon som må rapporteres tilbake fra underleverandørene, for å overholde dokumentasjons- og sporbarhetskravene til et teknologiqualifiseringsprosjekt.

Avhengig av størrelse og kompleksitet på teknologiqualifiseringsprosjektet kan det være nødvendig at flere underleverandører blir involvert.

Følgende bør utarbeides med eventuelle underleverandører;

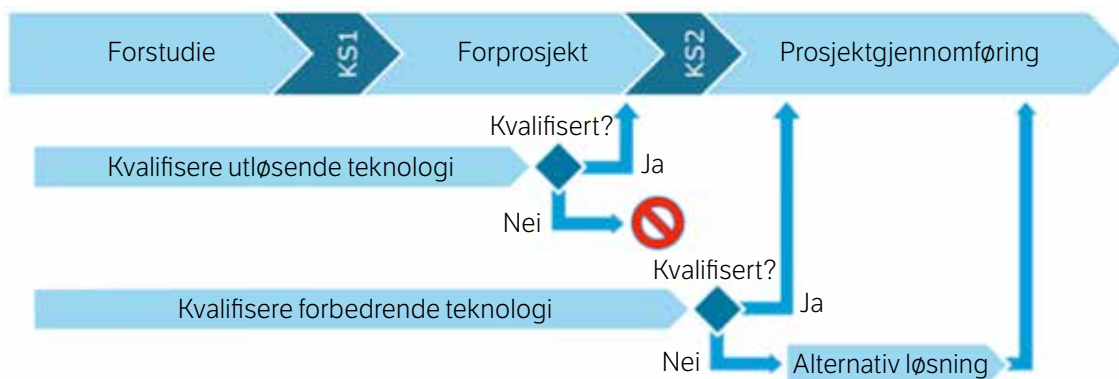
- Definere prosesskrav til det underleverandøren skal levere
- Definere interaksjonspunkter (arbeidsmøter, statusmøter, bevitning, osv.)
- Test- og analysekrav
- Tidsplan og milepæler
- Dokumentasjonskrav

### 4.3 Utløsende og forbedrende teknologi

Når man vurderer en teknologi brukt inn i et prosjekt så kan den kategoriseres som enten utløsende eller forbedrende teknologi avhengig av hvordan den blir innlemmet i en større helhet eller prosjekt. Disse kategoriene er definert som følger:

- Utløsende – En utløsende teknologi er en oppfinnelse eller innovasjon som man er avhengig av for å få realisert et prosjekt hvor teknologien skal implementeres. For en utløsende teknologi finnes det ingen eksisterende kvalifisert teknologi som man kan falle tilbake på dersom kvalifisering av den nye teknologien skulle mislykkes.
- Forbedrende – En teknologi som introduserer en forbedring til sammenligning med eksisterende teknologi. Den forbedrende teknologien vil typisk gjøre prosjektet billigere, forbedre ytelsen, øke sikkerheten, osv. Hvis kvalifiseringen av den forbedrende teknologien mislykkes, kan et prosjekt gjennomføres med en kvalifisert alternativ løsning, men som regel med økt kostnad, tid, osv. Hvis kostnadsøkningen er så stor at prosjektet ikke blir kommersielt lønnsomt, bør det ansees som utløsende.

Prosjekter som planlegger å innlemme teknologier som er under kvalifisering, må ta hensyn til om teknologien er utløsende eller forbedrende for å kontrollere projektrisiko. En utløsende teknologi bør være ferdig kvalifisert tidligere enn en forbedrende teknologi (se Figur 4-2).



**Figur 4-2** Prosjektplan for utløsende og forbedrende teknologier. KS1 og KS2 refererer til eksterne kvalitetssikringssteg.

## 4.4 Utvikling av teknologier parallelt med pågående prosjekter

### 4.4.1 Forstudiefasen

Som en del av konseptvalgutredningen kan det identifiseres og beskrives flere hovedkonsepter som anses relevant for videre studier. Beskrivelsen bør være tilstrekkelig detaljert, slik at eventuelle behov for utvikling av ny teknologi i forbindelse med de enkelte hovedkonseptene lar seg identifisere. Videre bør det identifiseres hovedutfordringer ved hvert enkelt konsept, inkludert teknologiutfordringer som har potensial til å stoppe konseptet. Om mulig skal det demonstreres at minst ett hovedkonsept er teknisk og økonomisk gjennomførbart. Det bør klargjøres om teknologien er utløsende eller forbedrende (se kapittel 4.3). Hvis teknologien er forbedrende, bør alternative kvalifiserte teknologier identifiseres, i en overordnet analyse av effekten av å falle tilbake på den alternative løsningen, for kost, tidsplan og sikkerhet.

Som en del av teknologivurderingen bør det også identifiseres tekniske hovedutfordringer, inkludert identifisering av mulig uoverkommelige hindre. Disse vurderingene bør inngå i beslutningsgrunnlaget i KS1 sammen med en teknologisk og økonomisk analyse for å dokumentere at minst ett av hovedkonseptene er gjennomførbare. Det kan være nyttig å angi TRL nivået (se kapittel 4.5) på de forskjellige teknologiene for å sammenligne den teknologiske modenheten.

### 4.4.2 Forprosjektfasen

Etter første kvalitetssikringspunkt (KS1) videreutvikles og optimaliseres konseptene. Konsepter som ikke tilfredsstillende definerte tekniske og økonomiske kriterier utelukkes og eventuelt nye konsepter introduseres. Identifiserte teknologigap danner grunnlag for separate teknologikvalifiseringsprogrammer. Slike teknologigap kan eksistere både på systemnivå og detaljnivå. I teknologikvalifiseringsprogrammene etableres akseptkriterier som gjennom testing, analyser eller andre kvalifiseringsaktiviteter skal påvises å være oppfylt.

For hvert konsept skal det etableres en teknisk beskrivelse som inngår i teknologikvalifiseringsprogrammet. For konsepter der det er identifisert teknologigap som krever kvalifisering, skal dokumentasjonen inkludere en kvalifiseringsbasis som beskrevet i kapittel 5.1.

Denne dokumentasjonen danner grunnlag for oppdatering av teknologivurderingen fra konseptvalgutredning (KVU), der tidligere identifiserte gap og nye gap dokumenteres og gjennomgår kvalifisering som beskrevet i kapittel 5.4.

### 4.4.3 Prosjektgjennomføringsfasen

Utløsende teknologi bør være ferdig kvalifisert innen KS2. For forbedrende teknologi kan det gis godkjenning for å fullføre gjennomføring av kvalifiseringsplanen i utbyggingsfasen. En slik godkjenning skal baseres på lav grad av usikkerhet relatert til resultatet av gjenstående kvalifiseringsaktiviteter.

## 4.5 Technology Readiness Level

Technology Readiness Levels (TRL) er en metode for å angi modenheten til en teknologi som er under utvikling. Hensikten med TRL er å kunne sammenligne modenheten til forskjellige men lignende teknologier og hjelpe ledelsen med å ta beslutninger om utvikling og implementering av teknologi. Det skal sees på som et av flere verktøy til å ta beslutninger om forsknings- og utviklingsaktiviteter og om teknologier er klare til å benyttes i prosjekter. Metoden var utviklet av NASA på 1970 tallet og det finnes flere forskjellige TRL definisjoner med forskjellige antall grader av modenhet (nivåer) se Tabell 4-1.

Tabell 4-1 viser en definisjoner på TRL-nivå basert på "Federal Highway Administration" sin TRL guidebook, som også er ekvivalent til ISO 16290 «Space systems — Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment».

TRL-angivelse for forskjellige teknologier kan brukes til:

- Skape en felles forståelse av status for en teknologi.
- Etablere en felles terminologi for teknologi-modenhet.
- Sammenligne modenheten til konkurrerende teknologier.
- Støtte beslutninger om videre teknologiutvikling eller om bruk av teknologier i prosjekter.

Ulempene med TRL er:

- Vurdering av TRL-nivået er relativt subjektivt.
- TRL sier ikke noe om påliteligheten eller feilsannsynligheten til teknologien.
- TRL sier ikke noe om hvor relevant teknologien er for en gitt applikasjon.
- TRL vurderingen er ikke gyldig hvis tiltenkt driftsmiljø endres.

Det kan ofte bli hevdet av en leverandør at en teknologi er kvalifisert til et angitt TRL-nivå eller at en sluttbruker som finansierer utvikling av en teknologi krever at den skal kvalifiseres til et angitt TRL-nivå. Det er ikke definert noen spesifikke akseptkriterier for de forskjellige TRL-nivåene slik at det må defineres for hver enkelt teknologi. Disse akseptkriteriene for de forskjellige TRL-nivåene skal defineres i teknologikvalifiserings-programmet og lede frem til spesifikasjonen og kriteriene som er definert i kvalifiseringsbasen (se 5.1).

**Tabell 4-1** Definisjoner på TRL-nivåer

TRL nivå	Fase	Beskrivelse	Nøkkelspørsmål som må besvares
1	Grunnforskning	Grunnleggende prinsipper observert	Støtter grunnleggende vitenskapelige prinsipper konseptet? Har teknologiutviklingsmetoden eller tilnærming blitt utviklet?
2		Konsept / applikasjon er beskrevet	Er potensielle applikasjoner identifisert? Er systemkomponenter og brukergrensesnittet overordnet beskrevet? Bekrefter foreløpige analyser eller eksperimenter at teknologien kan oppfylle brukerkravene?
3		Konseptet er testet	Er ytelseskravene etablert? Er teknologien gjennomførbar? Er systemkapasiteter/-ytelser validert av eksperimenter, modellering eller simulering? Fyller teknologien et behov eller og er det verdiskapende?
4	Anvendt forskning	Komponenter / funksjoner vellykket testet i laboratorium	Er teknologikravene dokumentert? Er et utkast til en integrasjonsplan laget og er valgte komponenter kompatibel med teknologikravene? Er test av individuelle komponenter i et laboratorium (et fullstendig kontrollert testmiljø der et begrenset antall kritiske funksjoner blir testet) vellykket?
5		System (integrerte komponenter / funksjoner) vellykket testet i laboratorium	Er eksterne og interne systemgrensesnitt dokumentert? Er mål- og minimums-driftskrav definert? Er integrasjon av komponenter demonstrert i et laboratorium?
6	Utvikling	Prototype demonstrert i relevant miljø	Er driftsmiljøet for teknologien fullt ut forstått (dvs. brukerkrav, fysiske omgivelser og input data, etc.)? Er prototypen testet i et realistisk og relevant miljø utenfor laboratoriet? Oppfyller prototypen alle operasjonelle krav når den blir utsatt for reelle operasjonsbetingelser?
7		Prototype demonstrert i representativt driftsmiljø	Er tilgjengelige komponenter representative for kommersielt tilgjengelige komponenter? Er den fullintegreerte prototypen demonstrert i et operasjonelt miljø (dvs. virkelige forhold, inkludert brukergrensesnitt)? Er alle grensesnitt individuelt stresstestet også under ugunstige / uregelmessige forhold?
8		Systemet er komplett og kvalifisert	Er alle systemkomponenter form-, toleranse- og funksjons- kompatible med hverandre og med driftsmiljøet? Er teknologien kvalifisert i et virkelig og tiltenkt driftsmiljø (dvs. oppfyller for ytelseskravene)? Er en tilstrekkelig test- og evalueringsprosess fullført? Oppfyller teknologien sitt oppgitte formål og funksjonalitet slik den er spesifisert?
8	Anvendelse	Faktisk system bevist i drift	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Er en tilstrekkelig test- og evalueringsprosess fullført?</li> <li>• Oppfyller teknologien sitt oppgitte formål og funksjonalitet slik den er spesifisert?</li> <li>• Har teknologien blitt implementert i det tiltenkte driftsmiljøet?</li> <li>• Har teknologien fungert i henhold til spesifikasjon i to år eller mer?</li> <li>• Har teknologien blitt tatt i bruk i flere prosjekter?</li> </ul>

## 5 Prosess for teknologikvalifisering

I dette kapitlet vil prosessen for teknologikvalifisering bli presentert, først overordnet og deretter mer detaljert i følgende underkapitler.

Den grunnleggende teknologikvalifiseringsprosessen (ref. /2/) omfatter følgende aktiviteter:

**Etablere kvalifiseringsbasis:** Etablere dokumentasjon som beskriver teknologien, dens funksjoner, tiltenkt bruk, miljø og operasjonsbegrensninger, så vel som forventninger til teknologien og målet for kvalifiseringen.

**Vurdere teknologi:** Vurdere om angitt funksjon og ytelse kan anses å være i samsvar med relevante standarder, eller om det er behov for teknologikvalifisering for å dekke konkrete gap; samt å identifisere hovedutfordringer knyttet til disse gapene.

**Vurdere risiko:** Identifisere hvordan teknologien kan svikte og kvantifisere usikkerheter og resulterende feilsannsynlighet.

**Utarbeide kvalifiseringsplan:** Plan som inneholder de kvalifiseringsaktivitetene som er nødvendig for å lukke identifiserte gap.

**Gjennomføre kvalifiseringsplan:** Gjennomføre aktivitetene i henhold til kvalifiseringsplanen. Underlagsmateriale fremskaffes gjennom analyser, tester og dokumentert erfaring.

**Vurdere resultatene:** Vurdere hvorvidt resultatene som er fremskaffet viser at kravene / akseptkriteriene i kvalifiseringsbasisen er nådd.

Hvert trinn i prosessen skal dokumenteres for at konklusjonene skal være sporbare. Det vil i mange teknologikvalifiseringsprosjekter være naturlig å kombinere resultatene fra flere steg i én rapport, som vist i Figur 5-1, og beskrevet i kapittel 6.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

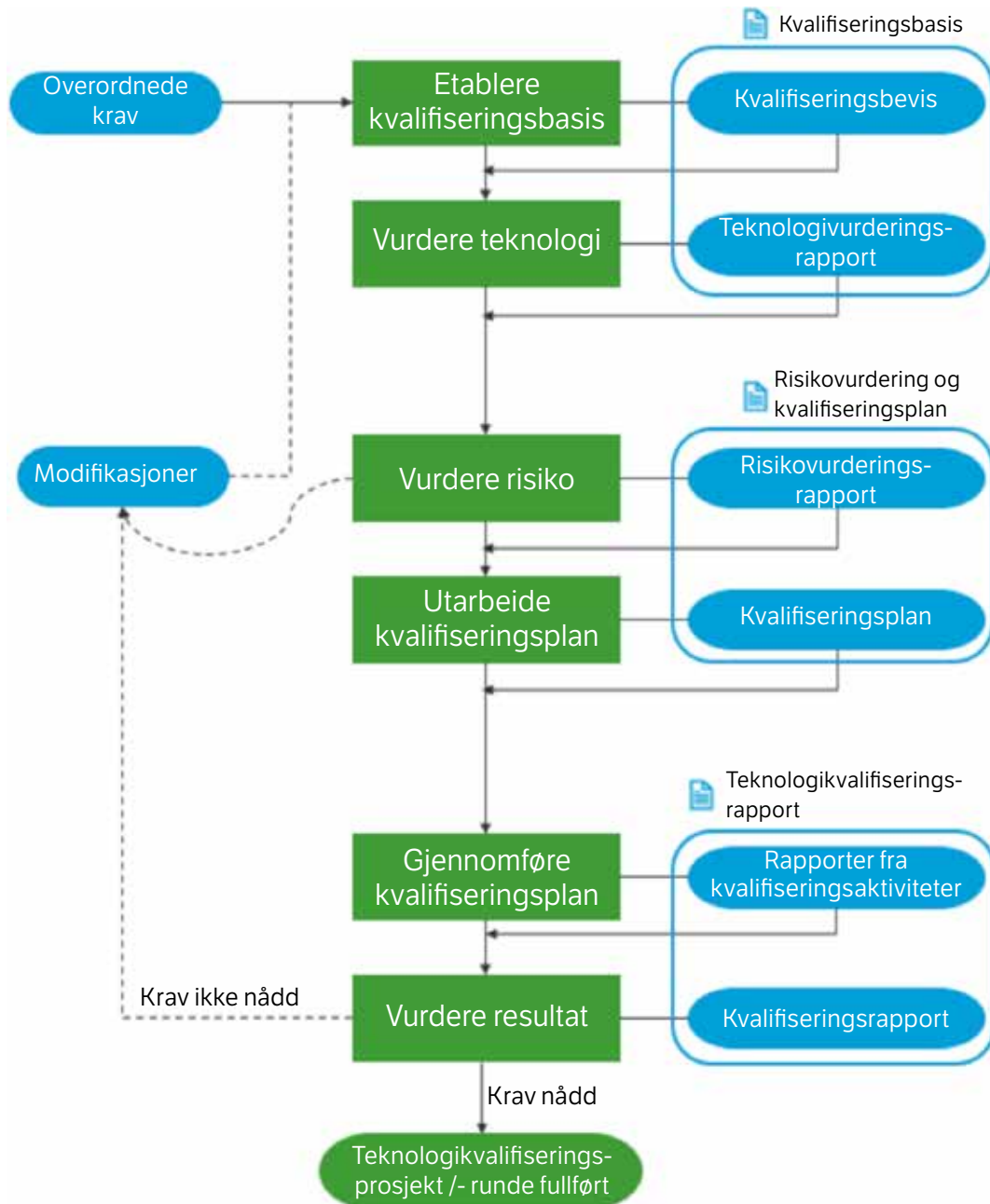
*For å etablere en kvalifiseringsbasis skal man gjøre en vurdering av tiltenkt bruk av teknologien, samt hvilken operasjons-, funksjons- og ytelseskrav som skal gjelde for teknologien. Det er derfor naturlig at leveransen fra disse stegene kan sammenfattes til én rapport. Det samme gjelder påfølgende steg.*

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

Det vil være tilbakekoblinger mellom trinnene da teknologikvalifisering er en iterativ prosess som følger gangen i teknologiutviklingen. Gjennom kvalifiseringsprosessen kan for eksempel designendringer vurderes for å bedre sikkerheten, systemets levetid, ytelse, økonomi osv. I slike tilfeller må foregående prosesssteg revurderes for å se om endringene kan ha hatt en påvirkning på for eksempel risikovurderingen eller kvalifiseringsplanen. Andre endringer kan være endringer i spesifikasjoner og krav.

Prosesskart for teknologikvalifisering er vist i Figur 5-1.





**Figur 5-1** Prosess for teknologikvalifisering. De grønne boksene viser hoved-stegene i et teknologikvalifiseringsprosjekt. De blå boksene viser grunnlag (venstre) og leveranse (høyre).

## 5.1 Etablere kvalifiseringsbasis

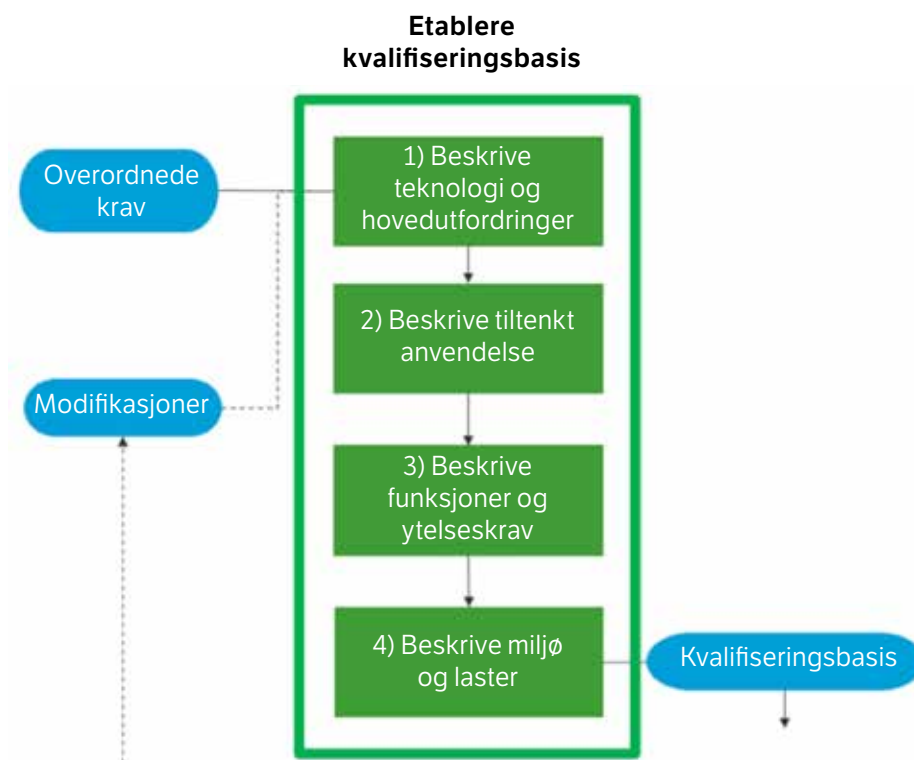
Hensikten med kvalifiseringsbasen er å etablere et felles sett med kriterier som alle kvalifiseringsaktiviteter og beslutninger skal vurderes mot.

Etablering av kvalifiseringsbasis settes i gang når et behov for ny teknologi er identifisert. Eventuelt, i et allerede pågående kvalifiseringsprosjekt kan en etablert kvalifiseringsbasis revurderes etter behov for modifikasjoner er identifisert. Ved modifisering av en kvalifiseringsbasis er det viktig å huske på konteksten for hvorfor teknologikvalifiseringsprosjektet gjennomføres.

### 5.1.1 Beskrivelse av aktivitet

Kvalifiseringsbasen skal beskrive teknologien, definere hvordan teknologien skal anvendes, hva slags miljø, laster og operasjonelle betingelser som er gjeldende, funksjonskrav og akseptkriterier. Prosesskart for denne aktiviteten er vist i Figur 5-2.

Teknologien skal beskrives entydig og fullstendig. Kvalifiseringsbasen kan omfatte referanser til designbasis, rapporter, datablader, tegninger og andre relevante dokumenter. Funksjonsbeskrivelse og begrensninger av teknologien samt alle relevante grensesnitt skal være entydig definert. Alle faser i livssyklusen av både teknologien og dens bruksområde skal beskrives.



**Figur 5-2** Prosess for etablering av kvalifiseringsbasis. De grønne boksene representerer understeg i etableringen av kvalifiseringsbasis, mens de blå boksene representerer informasjonsgrunnlag for understegene (venstre) og leveranse (høyre).

### 1) Beskrive teknologi og hovedutfordringer

Teknologien skal beskrives entydig og fullstendig slik at man kan få en god forståelse av

- Hva teknologien går ut på.
- Hvordan den benyttes i dag, og i hvilke industrier den benyttes i.
- Relevante regelverk, operasjonskrav, funksjonskrav og designkrav.
- Hvilke hovedutfordringer og begrensninger den har.

### 2) Beskrive tiltenkt anvendelse

Den tiltenkte anvendelsen til teknologien (bakgrunnen for teknologikvalifiseringsprosjektet) skal beskrives, inkludert

- Hvordan den tiltenkte bruken blir løst i dag.
- Antatte hovedutfordringer med tanke på bruk av den nye teknologien.

### 3) Beskrive funksjoner og ytelseskrav

Hva slags funksjoner og krav som teknologien skal tilfredsstille skal bli presentert. Slike krav kan være;

- Operasjonelle krav – Fokus på hensikten og miljøet teknologien skal operere i.
- Funksjonelle krav – Fokus på hva teknologien må gjøre.
- Fysiske- / designkrav – Fokus på hvordan teknologien er konstruert.

### 4) Beskrive miljø og laster

Hva slags miljø og laster teknologien blir utsatt for skal beskrives, blant annet

- Hvor teknologien skal fungere.
- Hvilket miljø teknologien skal opereres i.
- Hva slags lastbilde teknologien skal operere i.
- Miljø og lastbilde for de forskjellige faser (lagring, transport, installasjon, drift, osv.).

Kvalifiseringsbasen bør forankres med interessehaverene inkludert sluttbrukere, for å sikre at kravsettet og ytelser møter forventningene.

#### 5.1.2 Inngående informasjon/grunnlag

Kvalifiseringsbasen etableres på grunnlag av tilgjengelig prosjektdokumentasjon, inkludert beskrivelser av mulige tekniske løsninger. I de tilfellene der ny teknologi må utvikles, vil dette være en prosess som foregår før eller parallelt med teknologikvalifisering. Begge deler kan medføre at ett eller flere trinn i kvalifiseringsprosessen må gjentas (iterasjon) ettersom løsningene endres og/eller detaljeres.

#### 5.1.3 Leveranse

Leveransen fra dette trinnet er et dokument som inneholder kvalifiseringsbasis for teknologien. Kvalifiseringsbasen skal verifiseres mot denne veilederen før neste trinn i kvalifiseringsprosessen påbegynnes.

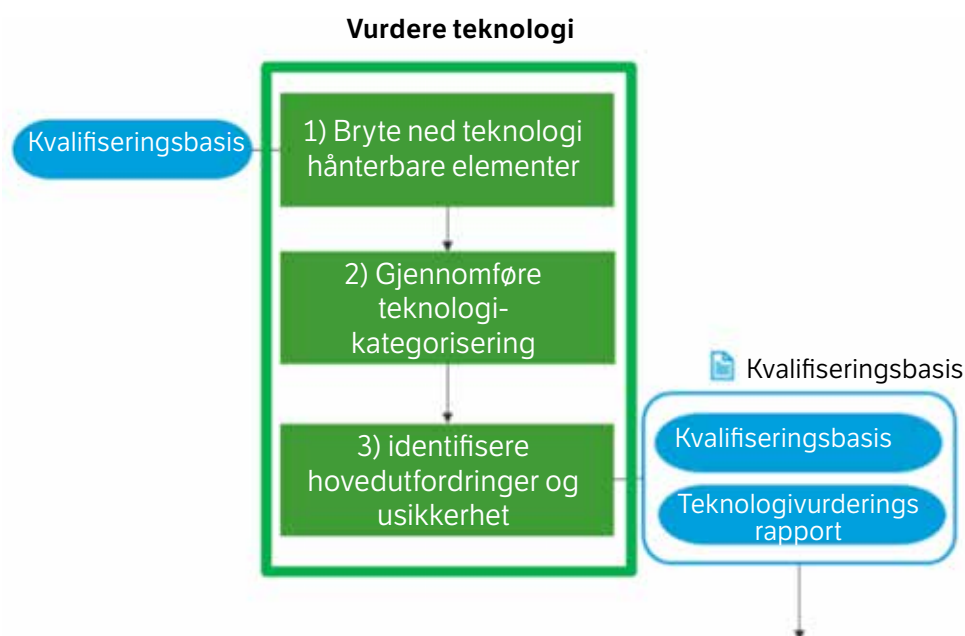
I mange tilfeller vil det være hensiktsmessig å inkludere leveransen fra dette steget og neste steg «Vurdere teknologi» i ett dokument. Se kapittel 6.

## 5.2 Vurdere teknologi

Teknologivurdering innebærer å vurdere om angitt funksjon og ytelse kan anses sikret ved samsvar med relevante krav, for eksempel relevante standarder, eller om det er behov for teknologikvalifisering for å dekke konkrete gap; samt å identifisere hovedutfordringer knyttet til disse gapene. Teknologivurderingen gjennomføres på grunnlag av kvalifiseringsbasisen.

### 5.2.1 Beskrivelse av aktivitet

Teknologivurdering gjøres i tre trinn som vist i prosesskartet i Figur 5-3.



**Figur 5-3** Prosess for vurdering av teknologi. De grønne boksene representerer understeg i vurderingen av teknologien, mens de blå boksene representerer informasjonsgrunnlag for understegene (venstre) og leveranse (høyre).

#### 1) Bryte ned teknologi i håndterbare elementer

Hensikten med å bryte ned teknologien i elementer er å sikre at alle steg, funksjoner, systemer, faser, osv., blir vurdert i de neste stegene. Nedbrytingen bør skje med et helhetlig perspektiv og til et nivå som vurderes hensiktsmessig for å avdekke elementer av ny teknologi og avvik fra relevante standarder eller regelverk. Nedbrytingen vil være utgangspunkt for senere teknologikategorisering og risikovurdering.

Nedbrytningstrategien må tilpasses teknologien som skal vurderes og kan for eksempel baseres på:

- Funksjoner og delfunksjoner.
- Delsystemer og komponenter.
- Prosessfaser (f.eks. oppstilling, gjennomføring og inspeksjon).
- Prosjektfaser (f.eks. produksjon, installasjon og drift).

## V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

En teknologi kan være sammensatt av kvalifiserte komponenter, uten at systemet er kvalifisert. Det vil si at ved en teknologivurdering må man både se på komponenter og delsystemer, samt systemet som helhet.

## S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

## 2) Gjennomføre teknologikategorisering

Ny teknologi kan baseres på eksisterende (kjent) teknologi, og normalt er bare enkelte elementer av teknologien ny. Usikkerhet assosieres hovedsakelig med de nye elementene. For å fokusere på områder der usikkerheten er størst, kategoriseres hvert element med hensyn til teknologimodenhet og anvendelsesområde som vist i Tabell 5-1. Både modenheten av den tekniske løsningen og den tiltenkte bruken påvirker usikkerheten knyttet til teknologien.

Teknologikategoriseringen gjennomføres ofte som et arbeidsmøte som involverer et panel av eksperter som dekker alle relevante fagfelt. Alle faser i livssyklusen av teknologien skal hensyntas.

**Tabell 5-1** Teknologikategorisering utføres ved å definere grad av modenhet for både anvendelse og teknologi.

Anvendelsesområde	Modenhet av teknologi		
	1 - Utprøvd/Kjent	2 - Begrenset erfaring <sup>1</sup>	3 - Ny
1 - Kjent	1	2	3
2 - Begrenset kunnskap/erfaring	2	3	4
3 - Nytt	3	4	4

Definisjoner av kategoriene i Tabell 5-1 kan være: Anvendelsesområde (usikkerheten ligger i anvendelsesområdet);

- 1 Kjent: Teknologien brukes allerede til tiltenkt anvendelse i samme industri.
- 2 Begrenset kunnskap/erfaring: Begrenset erfaring med bruk av teknologien innenfor den tiltenkte anvendelses området.
- 3 Nytt: Teknologien brukes ikke innenfor samme eller lignende industri.

Modenhet av teknologi (usikkerheten ligger i selve teknologien):

- 1 Utprøvd/Kjent: Det finnes standarder relevant for tiltenkt anvendelse i samme industri.
- 2 Begrenset erfaring: Teknologien er benyttet, men erfaringen begrenser seg til 1-2 prosjekter.
- 3 Ny: Det finnes ingen standarder og ingen erfaring fra bruk.

Ved valg av nivå på anvendelsesområde og modenhet av teknologi vil teknologielementene få en kategorisering fra 1 til 4. Kategoriseringen i Tabell 5-1 innebærer følgende videre kvalifiseringsprosess for elementer i de forskjellige kategoriene:

<sup>1</sup> For eksempel teknologi benyttet i andre land som ikke har vært tatt i bruk i Norge, eller teknologi benyttet i Norge med begrenset drift erfaringen.

1:	Teknologikvalifisering ikke nødvendig, verifikasjon mot etablerte krav eller standarder er tilstrekkelig. Det skal dokumenteres at elementene er dekket av standardene.
2-4:	Teknologikvalifisering iht. denne veilederen. Jo høyere kategori, jo større er usikkerheten og innsatsen for kvalifisering bør heves tilsvarende.

Teknologielementer som havner i kategori 2-4 blir tatt med videre til neste steg for å identifisere gap og farer. Begrunnelsen for hvilken kategorier de forskjellige teknologielementene havner i skal dokumenteres.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

*Skillet mellom kategori 1 og 2-4 er viktig, da det vil definere hva som skal tas videre til risikovurdering, og hva som antas å være kjent. Om en teknologi kategoriseres som 2, 3 eller 4 er mindre viktig, men vil gi et inntrykk av hvor stor usikkerheten er.*

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

### 3) Identifisere hovedutfordringer og usikkerheter

Hovedutfordringer og usikkerheter grunnet teknologigapene skal identifiseres som en del av teknologivurderingen. For komplekse systemer anbefales det at hovedutfordringer og usikkerheter identifiseres ved å gjennomføre en HAZID på overordnet nivå. Hensikten med en HAZID er å heve forståelsen for systemet på et tidlig tidspunkt i utviklingen, og å identifisere hvilke deler av systemet som trenger videre utvikling eller mer detaljert dokumentasjon før neste steg i kvalifiseringsprosessen, risikovurdering. HAZID kan gjennomføres som et arbeidsmøte som involverer en gruppe av eksperter som dekker alle relevante fagfelt. Gruppens sammensetning og den enkeltes kompetanse og erfaring skal dokumenteres.

#### 5.2.2 Leveranse

Leveransen fra dette trinnet er en rapport fra teknologivurderingen som angir

- Hvilke elementer som skal tas videre til neste steg i kvalifiseringsprosessen.
- Hvilke elementer det skal søkes avviksbehandling for.
- For de elementene som ikke trenger teknologikvalifisering.
- Hvilke krav som anses dekkende for elementene i kategori 1.
- Identifiserte hovedutfordringer og usikkerheter med teknologien.

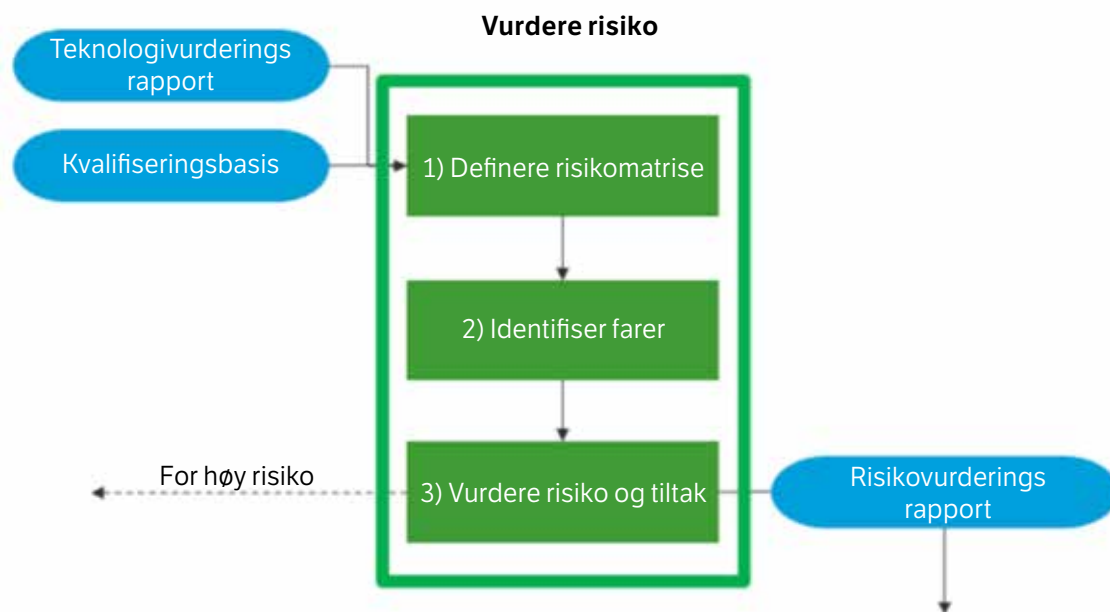
Det er ofte hensiktsmessig å kombinere leveransen fra teknologivurderingen og kvalifiseringsbasis til ett dokument. Se kapittel 6.

## 5.3 Vurdere risiko

Hensikten med denne aktiviteten er å identifisere farer og tilhørende risiko (både sannsynlighet og konsekvens) for de teknologielementene som er kategorisert som ny teknologi. De identifiserte farene vil danne grunnlag for hvilke aktiviteter som må håndteres i kvalifiseringsplanen i senere steg. I tillegg kan denne aktiviteten identifisere relevante forslag til risikoreducerende tiltak og aktiviteter som kan redusere og dokumentere risiko og dokumentere oppfyllelse av funksjonskrav.

### 5.3.1 Beskrivelse av aktivitet

Prosesskart for denne aktiviteten er vist i Figur 5-4.



**Figur 5-4** Prosess for vurdering av risiko. De grønne boksene representerer understeg i vurderingen av risiko, mens de blå boksene representerer informasjon grunnlag for understegene (venstre) og leveranse (høyre). Ved for høy risiko kan det være nødvendig med modifikasjoner, se Figur 5-1.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

*Dersom det blir vurdert i dette prosess-steget at risikoen er uakseptabelt høy i forbindelse med ett eller flere punkter kan man for eksempel utføre modifikasjoner i design, akseptkriterier eller lignende. I så tilfelle må man revurdere kvalifiseringsbasis og utføre risikoanalysen på nytt (se stiplet linje fra «Vurdere risiko» i Figur 5-1).*

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

#### 1) Definere risikomatrise

Før man begynner å identifisere farer og feilmøder og vurdere risiko må prosjektet bli enige om en risikomatrise. Risikomatrisen bør vurderes for hvert teknologikvalifiseringsprosjekt for å sørge for at den er hensiktsmessig for teknologien.

Nedenfor er et eksempel på en enkel risikomatrise. Risikomatrisen kan gjøres med detaljert ved å legge til flere sannsynlighets- og konsekvensnivåer eller konsekvenskategorier, som vist i eksempel gitt i Vedlegg B og C.

**Tabell 5-2** Eksempel på risikomatrixe

Konsekvensnivå	Konsekvenskategori	Sannsynlighetsnivå				
	Personell	Miljø	Økonomi	Lav	Middels	Høy
1	Lav	Lav	Lav			
2	Middels	Middels	Middels			
3	Høy	Høy	Høy			

Det må også etableres definisjoner for de forskjellige sannsynlighets- og konsekvensnivåene for hvert teknologikvalifiseringsprosjekt.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

En risikomatrixe og de tilhørende definisjonene vil være avhengig av type teknologi som skal kvalifiseres. For eksempel vil en risikomatrixe for kvalifisering av brukonsepter og for kvalifisering av ny sveiseteknologi kreve forskjellig fokus, og potensielt bruke forskjellige metoder for å definere sannsynlighet (kvantitativ mot kvalitativ).

Hvis kvantitativ bør det være omtrent en faktor på 10 mellom hver kategori, både for konsekvens- og sannsynlighetskategorier.

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

Eksempel på definisjoner av sannsynlighets- og konsekvensnivå: Konsekvensnivå – Personell:

- Lav: Mindre skade på personell som ikke fører til sykemelding..
- Middels: Skade på personell som kan føre til sykemelding.
- Høy: Skade på personell som fører til varige skader eller død.

Sannsynlighetsnivå:

- Lav: Usannsynlig, én hendelse hvert 100. år.
- Middels: Ikke usannsynlig, én hendelse hvert 10. år.
- Høy: Sannsynlig, én hendelse i året.

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

## 2) Identifisere farer

Identifiseringen av farer skal gjennomføres av eksperter med relevant kunnskap, vanligvis i plenum i for eksempel et arbeidsmøte, og bør følge et kjent og hensiktsmessig format som FMECA, HAZID, HAZOP eller lignende. En liste over de mest brukte fareidentifiserings-metodene er beskrevet i Tabell 5-3.

Hensikten er å identifisere farer for elementer kategorisert som ny eller ukjent teknologi.



**Tabell 5-3** Metoder for fareidentifisering

Metode	Beskrivelse
HAZID	En overordnet tilnærming til å identifisere farer uten å se detaljert på teknologiens enkelte komponenter. Mest egnet i en tidlig fase for å identifisere farer som det bør tas hensyn til i designet.
HAZOP	Identifisering av de operasjonelle farene som kan oppstå ved bruk av teknologien. Her vurderes også menneskelig feil og operasjonelle tiltak ved svikt i et delsystem.
FMECA	En metode hvor man identifiserer effekten av svikt i enkelt komponenter / delsystemer og hvordan det påvirker total systemet.

Farer vil inkludere både feilmoder og operasjonelle feil. For hver fare bør følgende informasjon noteres;

- Teknologielement / komponent / sub-system / prosess.
- Feilmode/usikkerhet som kan resultere i tap av funksjon eller en uønsket hendelse.
- Årsak til feilmoden/faren.
- Potensiell konsekvens, lokalt og globalt (systemnivå).
- Eksisterende registrerings-/deteksjonsmetode for å fange opp faren.
- Eksisterende sikkerhetsfunksjoner for å redusere feilsannsynligheten, og eventuelle konsekvenser.
- Aksjoner for oppfølging etter arbeidsmøtet (se «3 - Vurdere risiko og tiltak»).

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

*Foreslåtte kvalifiseringsaktiviteter eller endringer av teknologien som kommer frem underveis i fareidentifiseringen bør fanges opp som aksjoner som kan følges opp etter arbeidsmøtet. Det kan være fristende å løse utfordringer i arbeidsmøtet, men dette er ikke tidseffektivt. Det er effektivt å identifisere og beskrive farer før man begynner å vurdere risikokategorier.*

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

### 3) Vurdere risiko og tiltak

Når farer er identifisert, skal disse bli evaluert ved bruk av risikomatriksen definert for prosjektet.

Risikonivået for en fare skal vurderes og rangeres etter;

- konsekvensene av hendelsen på relevante funksjoner, tilkoblede elementer, drift, vedlikehold, HMS.
- sannsynligheten knyttet til konsekvensen angitt over.

I tillegg bør også følgende indentifiseres:

- tiltak som kan redusere risikoen dvs. tiltak som reduserer feilsannsynligheten og/eller konsekvensen.
- kvalifiseringsaktiviteter som kan vise at teknologien oppfyller kravene.

Begge disse gjøres på overordnet nivå for senere å bli detaljert ut (se 5.3.2).

Risikonivået skal vurderes ut ifra slik systemet foreligger, med de eksisterende deteksjonsmetodene og sikkerhetsfunksjonene og man tar ikke høyde for de foreslåtte tiltakene før de faktisk er implementert. Risikoen kan nedjusteres når disse endringene / tiltakene er implementert i designet. Det må også vurderes om de foreslåtte endringene / tiltakene introduserer nye risikoer eller endrer risikonivået for farer som allerede er identifisert.

#### 4) Risikoreducerende tiltak

Risikoreducerende tiltak er tiltak som reduserer enten sannsynligheten for at en fare inntreffer og / eller konsekvensen av den hvis den inntreffer. Slike tiltak kan inkludere:

- Deteksjon av mulige uønskede hendelser og/eller feil før disse inntreffer (gitt at man kan gjøre noe med det).
- Inkludere sikkerhetsfunksjoner.
- Inkludere redundante systemer/løsninger.
- Definere operasjons-prosedyrer for å unngå faren.
- Inkludere forriglinger som hindrer brukerfeil.
- Øke sikkerhetsmarginer i design når det er store usikkerheter.

Det er fristende å komme med forslag til løsninger når man gjennomfører en fareidentifisering, men løsningen bør vurderes grundigere i etterkant av et arbeidsmøte hvor man vurderer gjennomførbarhet, kost, nytte og effekten av å introdusere endringene.

Hvis det identifiseres kvalifiseringsaktiviteter i forbindelse med arbeidsmøte så bør disse noteres ned. Dette bør da inkludere foreslåtte metode (e.g. en type test eller analyse) og hvilke forhold eller scenario som skal utforskes (e.g. last og miljø betingelser, operasjonell situasjon). Denne informasjonen vil bli brukt videre i utarbeidelsen av kvalifiseringsplanen (se 5.4).

#### 5.3.2 Inngående informasjon/grunnlag

Blant annet vil følgende informasjon danne grunnlag for risikovurderingen:

- Kvalifiseringsbasis,
- teknologivurderingsrapport,
- erfaringsdata
- hendelsesstatistikk for beregning av sannsynlighet for uønskede hendelser, farer eller feilmoder som danner grunnlag for risikovurderingen

#### 5.3.3 Leveranse

Leveransen fra dette trinnet er en rapport som presenterer identifiserte farer og feilmoder og tilhørende risiko. I tillegg skal rapporten beskrive alle relevante forslag til tiltak og aktiviteter som kan redusere og dokumentere risiko og dokumentere oppfyllelse av funksjonskrav.

## 5.4 Utarbeide kvalifiseringsplan

Hensikten med denne aktiviteten er å definere kvalifiseringsaktiviteter som adresserer identifiserte farer og feilmoder med det formål å skaffe dokumentasjon på at risikoen for disse farene er på et akseptabelt nivå og at funksjoner og ytelser for teknologien er i henhold til de krav som er spesifisert i kvalifiseringsbasisen.

#### 5.4.1 Beskrivelse av aktivitet

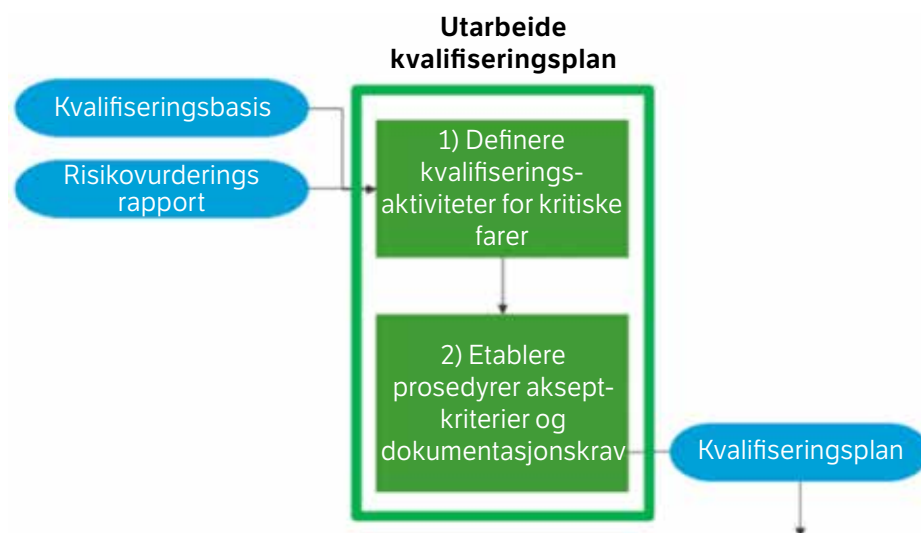
En plan skal utarbeides for kvalifiseringsaktiviteter som skal gjennomføres for å redusere / fjerne usikkerheten forbundet med en identifisert fare. Planen skal vise hvilke aktiviteter som skal utføres og kan gi referanse til prosedyrer, analyserapporter og andre relevante informasjonskilder.

Kvalifiseringsplanen skal gi en oversikt over alle aktivitetene som skal utføres for å fremskaffe bevis på at teknologien fungerer slik den er beskrevet i kvalifiseringsbasisen og at usikkerheten og risikoen forbundet med de identifiserte farene er tilstrekkelig lav. Kvalifiseringsplanene skal inneholde følgende informasjon:

- Identifisere hvilken del av teknologien som aktiviteten gjelder.
- Link til den faren eller ytelseskrav som skal dokumenteres.
- Beskrivelse av metode for aktiviteten (test teknikk, analyse metode, utvikling av prosedyre, fremskaffe dokumentasjon på tidligere erfaring, osv.).
- Akseptkriteriene for aktiviteten.
- Link til eventuell testprosedyre.
- Link til resultater fra aktiviteten (når de er tilgjengelig).

Kvalifiseringsplanen beskriver hvordan resultatene fra kvalifiseringsaktivitetene skal kunne vise om kravene i kvalifiseringsbasisen er tilfredsstillt. I forbindelse med utviklingen av kvalifiseringsplanen er det viktig å vurdere argumentasjonen og hvilke bevis som behøves for å kunne hevde at hele teknologien er kvalifisert.

Prosesskart for denne aktiviteten er vist i Figur 5-5 og en mal for kvalifiseringsplanen finnes i vedlegg A.



**Figur 5-5** Prosess for utarbeiding av kvalifiseringsplan. De grønne boksene representerer understeg i utarbeidingen av kvalifiseringsplanen, mens de blå boksene representerer informasjonsgrunnlag for understegene (venstre) og leveranse (høyre).

### 1) Definere kvalifiseringsaktiviteter for kritiske farer

For hver fare som er vurdert til å utgjøre en betydelig usikkerhet skal det defineres kvalifiseringsaktiviteter. Kvalifiseringsaktivitetene skal planlegges og gjennomføres slik at resultatene vil bidra til å redusere usikkerhet og dokumentere at den gjenværende risikoen er akseptable. En kvalifiseringsplan består av flere kvalifiseringsaktiviteter hvor hver aktivitet er beskrevet med følgende informasjon:

- Komponent eller delsystem det gjelder.
- Hvilken fare(r) som skal adresseres (link til fareidentifisering).
- Formålet med aktiviteten.
- Last, miljø og operasjonssekvens som er relevant for aktiviteten.
- Metoden eller prinsipp for hvordan kvalifiseringsbevis skal fremskaffes. Dette kan inkludere hvilken analyse som skal utføres, hvilke tester, hvor lignende dokumenterbar erfaring kan hentes, hva slags prosedyre som skal utvikles for å unngå faren, verifikasjon, osv.
- Akseptkriteriene for aktiviteten (målbare og relatert til kvalifikasjonsbasen).

En praktisk måte å sette opp en kvalifiseringsplan er i tabellform hvor en del beskriver planen (med punktene ovenfor) og en del oppsummerer oppfølgingen av denne planen. Oppfølgingen av planen kan bestå av følgende informasjon:

- Hvem som er ansvarlig for gjennomføring.
- Referanse til testprosedyre, hvis relevant.
- Referanse til test-, analyse-, prosedyre-rapport, osv.
- Status på gjennomføringen.
- Vurdering av resultatene fra kvalifiseringsaktivitetene. Viser resultatene at akseptkriteriene er møtt og at restrisikoen er tilstrekkelig lav?

Etter at en kvalifiseringsplan er etablert skal man vurdere (og eventuelt godkjennes) om planen er komplett (alle relevante farer adressert) og relevant (at aktivitetene faktisk vil gi relevant informasjon). Godkjenner skal være definert i TKP (se 4.1).

En tids- og kostnadseffektiv kvalifiseringsplan kan baseres på å

- kombinere metodene, for eksempel bruke tester til å validere beregningsmetode for så å bruke validert beregningsmetode som grunnlag for kvalifiseringen.
- redusere de største usikkerhetene med enkle midler først, slik at senere aktiviteter og eventuelt teknologien kan tilpasses det man lærer før endringer blir for kostbare og tidkrevende.
- fokusere på farer som vil kunne stoppe prosjektet dersom de ikke håndteres.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

*Noen kvalifiseringsaktiviteter vil utgjøre større eller mindre farer for kvalifiseringsprosjektet i sin helhet. Som et eksempel vil «utarbeide prosedyre for håndtering av sveisetilsats» være adskillig mer håndterlig enn «demonstrere sterk nok sveis iht standarder».*

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

## 2) Etablere prosedyrer, akseptkriterier og dokumentasjonskrav

For aktivitetene som skal utføres skal prosedyrer, akseptkriterier og dokumentasjonskrav defineres, slik at

- aktiviteten utføres på en trygg og repeterbar måte.
- aktiviteten utføres på måte som er representativ for teknologien og grensebetingelsene som skal kvalifiseres.
- akseptkriteriene gjenspeiler kvalifiseringsbasis.
- det er klart hva slags dokumentasjon som skal fremskaffes fra hver aktivitet.
- dokumentasjonen er sporbar.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

*Etablering av prosedyrer for hvordan enkelte aktiviteter skal gjennomføres kan også være en del av neste steg «Gjennomfør kvalifiseringsplan». Dette vil typisk være tilfelle når underleverandører med fagekspertise skal gjennomføre aktivitetene, og prosedyrene er avhengig av denne fagekspertisen.*

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

### 5.4.2 Inngående informasjon/grunnlag

Kvalifiseringsplanen utarbeides på bakgrunn av kvalifiseringsbasis og risikovurderingen.

### 5.4.3 Leveranse

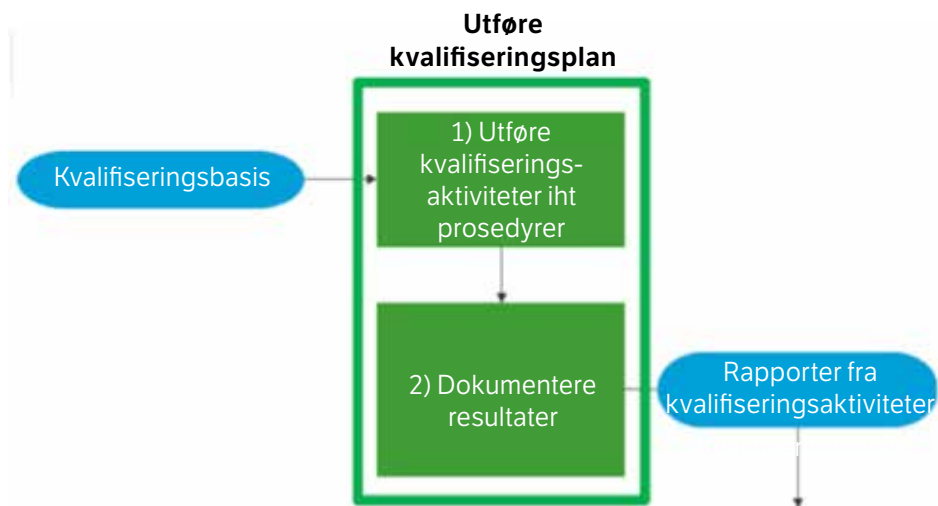
Leveransen fra dette trinnet er en kvalifiseringsplan som inneholder en beskrivelse av kvalifiseringsaktivitetene. Se kapittel 6.

## 5.5 Gjennomføre kvalifiseringsplan

Kvalifiseringsaktivitetene beskrevet i kvalifiseringsplanen gjennomføres og dokumenteres for å kunne vurdere om kravene i kvalifiseringsbasen kan oppfylles.

### 5.5.1 Beskrivelse av aktivitet

Prosesskart for denne aktiviteten er vist i Figur 5-6.



**Figur 5-6** Prosess for utførelsen av kvalifiseringsplan. De grønne boksene representerer understeg i utførelsen av kvalifiseringsplanen, mens de blå boksene representerer informasjonsgrunnlag for understegene (venstre) og leveranse (høyre).

#### 1) Utføre kvalifiseringsaktiviteter i henhold til prosedyrer

Første trinn i gjennomføring av kvalifiseringsplanen består av å utføre kvalifiseringsaktiviteter i henhold til prosedyrer, herunder å

- utarbeide detaljerte prosedyrer, dersom ikke allerede definert i utarbeidelsen av kvalifiseringsplanen (se veiledning i 5.4.1 - 2).
- utføre aktivitetene i kvalifiseringsplanen i henhold til prosedyrene.

## 2) Dokumentere og verifisere gjennomføringen av hver kvalifiseringsaktivitet

Under og etter utførelsen skal kvalifiseringsaktiviteten dokumenteres. Dette innebærer å

- samle inn og dokumentere data generert av de respektive kvalifiseringsaktiviteter som bevis.
- verifisere at aktivitetene er gjennomført i henhold til prosedyrene og at dokumentasjonen av resultatene er korrekt og konklusjonene som trekkes er tilstrekkelig underbygget.
- sikre sporbarhet av disse dataene.

Aktivitetene i kvalifiseringsplanen skal gjennomføres som angitt, med mindre avviket er planlagt og godkjent.

Forutsetningene og betingelsene som må være oppfylt for kvalifisert teknologi i design, fabrikasjon og bruk skal dokumenteres.

For å sikre sporbarhet, skal dokumentasjonen være organisert på en slik måte at det er en klar sammenheng mellom trinnene i kvalifiseringsprosessen, fra kvalifiseringsbasis til resultatvurdering.

### 5.5.2 Inngående informasjon/grunnlag

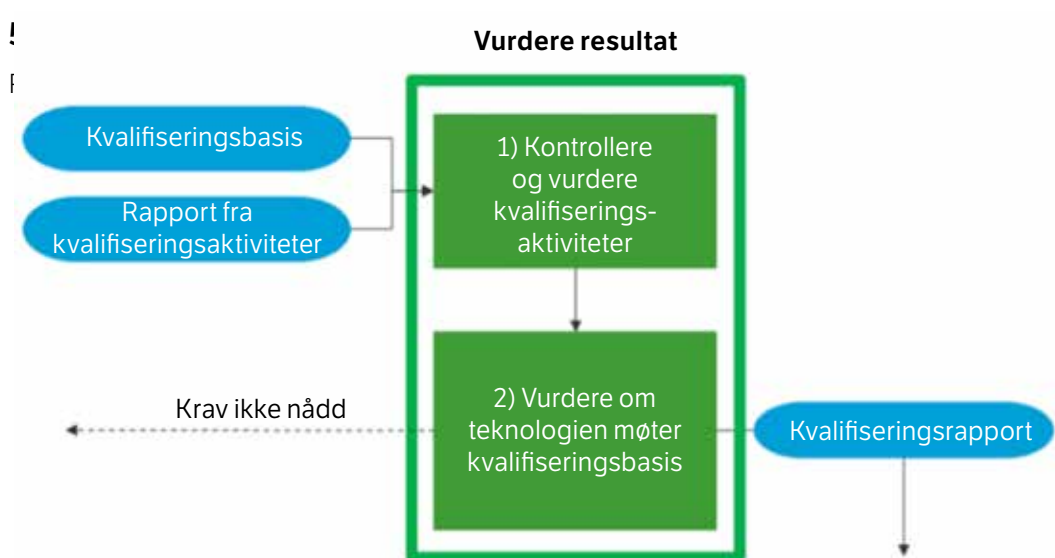
Kvalifiseringsplanen danner grunnlaget for denne aktiviteten.

### 5.5.3 Leveranse

Leveransen fra dette trinnet er rapporter og analyser fra kvalifiseringsaktivitetene. Se kapittel 6.

Vurdering av resultater bør gjøres av relevant fagekspertiser / fagmiljøer og disse vurderingene bør dokumenteres.

## 5.6 Vurdere resultatene



**Figur 5-7** Prosess for vurdering av resultat. De grønne boksene representerer understeg i vurderingen av resultat, mens de blå boksene representerer informasjonsgrunnlag for understegene (venstre) og leveranse (høyre). Hvis krav ikke er nok går prosessen tilbake til tidligere steg, se Figur 5-1.

### 1) Kontrollere og vurdere alle kvalifiseringsaktiviteter

Når hver kvalifiseringsaktivitet har blitt utført skal dokumentasjonen gjennomgås for å

- Kontrollere at aktiviteten har blitt utført i henhold til kvalifiseringsplanen.
- Vurdere gyldigheten av resultatet.
- Kontrollere at aktiviteten har håndtert den relevante faren, for eksempel ved å senke risikoen knyttet til faren.
- Vurdere resultatene fra aktiviteten opp mot relevante krav fra kvalifiseringsbasis.
- Fastsette ytelsesmargin for hver fare.

Relevante erfaringer som er kommet frem gjennom kvalifiseringsaktivitetene skal fremlegges slik at de blir tatt med videre inn i videre bruk av teknologien.

## 2) Vurdere om teknologien møter kvalifiseringsbasis

Som et siste ledd i kvalifiseringsprosjektet skal det gjøres en helhetlig vurdering om de utførte aktivitetene har redusert risikoen og usikkerheten knyttet til farene tilstrekkelig.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

*Hvor man i et delsteg i 5.5 verifiserer gjennomføringen av hver kvalifiseringsaktivitet er altså fokuset i dette steget, 5.6, å vurdere helheten når data fra alle kvalifiseringsaktiviteter er tilgjengelig.*

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

Resultatvurdering skal måle suksess ved å vurdere tilgjengelige kvalifiseringsbevis mot kvalifiseringsbasisen. De følgende er eksempler på hvordan bevis kan brukes:

- for å bekrefte at de funksjonelle og ytelseskrav er oppfylt.
- for å kontrollere at alle kvalifiseringsaktiviteter har blitt gjennomført.
- for å kontrollere at alle akseptkriteriene er oppfylt.
- for å oppdatere risikomatriksen basert på vurderte resultater fra datainnsamlingen.
- for å dokumentere konklusjonen i form av akseptkriterier som må oppfylles gjennom design, fabrikasjon og bruksbegrensninger som må etterleves for at akseptkriteriene skal forbli oppfylt.

Dersom enkelte akseptkriterier ikke er oppfylt, men at det vurderes som at relevant fare er tilstrekkelig håndtert gjennom andre aktiviteter, kan kvalifiseringsbasis bli oppdatert. Risikovurderingen bør da revurderes. Se stiple linje fra «Vurdere resultat» i Figur 5-1.

### 5.6.2 Inngående informasjon/grunnlag

Resultatvurderingen skal baseres på dokumentasjon fremskaffet under utførelsen av kvalifiseringsplanen.

### 5.6.3 Leveranse

Leveransen fra dette trinnet er en kvalifiseringsrapport som skal angi akseptkriterier og bruksbegrensninger som må overholdes i prosjektering, bygging og drift. Den må gi sporbarhet til bevisene som underbygger kvalifiseringen slik at de kan ettergås i kontroll og godkjenning.

## 6 Dokumentasjon

Alle seks stegene i et teknologikvalifiseringsprosjekt skal dokumenteres slik at aktivitetene kan repeteres og at sporbarheten er opprettholdt. I dette kapitlet vil typisk innhold fra hvert steg bli definert. Det kan være hensiktsmessig at flere steg blir beskrevet i én rapport, avhengig av hvordan gjennomføringen er utført.

Avhengig av størrelsen på et teknologikvalifiseringsprosjekt, kan mengden med informasjon fra kvalifikasjonsaktivitetene bli stor og uoversiktlig. Det er viktig å planlegge for hvordan informasjonen fra aktivitetene dokumenteres og organiseres slik at sporbarheten og relasjonene (linkene) mellom krav, farer og bevis kan opprettholdes. Dette er viktig for å kunne objektivt argumentere for at hele teknologien er kvalifisert. I enklere prosjekter så kan denne informasjonen organiseres ved hjelp av regneark, men blir omfanget og/eller kompleksiteten for stor blir et regneark fort utilstrekkelig. Det anbefales i slike tilfeller å ta i bruk dedikerte verktøy for slik informasjonshåndtering.

V-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t

*To eksempler på hvordan fordelingen av dokumentasjonen kan fordeles på ulike rapporter.*

*Eksempel 1:*

- *Rapport 1:*
  - *Kvalifiseringsbasis*
  - *Teknologivurdering*
- *Rapport 2:*
  - *Risikovurdering*
  - *Kvalifiseringsplan*
- *Rapport 3:*
  - *Gjennomføring av kvalifiseringsplan*
  - *Vurdering av resultat*

*Eksempel 2:*

- *Rapport 1:*
  - *Kvalifiseringsbasis*
  - *Teknologivurdering*
  - *Risikovurdering*
- *Rapport 2:*
  - *Kvalifiseringsplan*
- *Rapport 3:*
  - *Gjennomføring av kvalifiseringsplan*
  - *Vurdering av resultat*

*I eksempel 2 kan det for eksempel ha tatt noe tid før man valgte å gå videre gitt risikoen som ble identifisert, noe som gjorde det hensiktsmessig å avvente utarbeiding av kvalifiseringsplan.*

S-l-u-t-t p-å v-e-i-l-e-d-n-i-n-g-s-n-o-t-a-t



## 6.1 Kvalifiseringsbasis

Se kapittel 5.1.1 for punkter som bør adresseres i en kvalifiseringsbasis.

Se Vedlegg B og C for et eksempel på en innholdsfortegnelse.

## 6.2 Teknologivurdering

Følgende er punkter som bør være med i en teknologivurdering:

- Referanse til kvalifiseringsbasis, dersom den er beskrevet i et separat dokument.
- Beskrivelse av hvordan teknologivurderingen ble gjennomført.
- Nedbryting av teknologien til håndterbare elementer.
- Kategoriseringen av teknologi-elementene.

Se Vedlegg A «Vurderer teknologi» for forslag til mal som kan innlemmes i denne leveransen, og Vedlegg B og C for et eksempel på malen i bruk.

## 6.3 Risikovurdering

Følgende er punkter som bør være med i en risikovurdering:

- Referanser til kvalifiseringsbasis og teknologivurdering, dersom de er beskrevet i separate dokumenter.
- Beskrivelse av hvordan og i hvilke format risikovurderingen ble gjennomført.
- Definisjon av risikomatrix og begrunnelse.
- Resultat av risikovurdering.

Se Vedlegg A «vurderer risiko» for forslag til mal for både FMECA og HAZOP som kan innlemmes i denne leveransen, og Vedlegg B og C for et eksempel på malene i bruk.

## 6.4 Kvalifiseringsplan

Følgende er punkter som bør være med i en kvalifiseringsplan:

- Referanser til kvalifiseringsbasis, teknologivurdering og risikovurdering, dersom de er beskrevet i separate dokumenter.
- Beskrivelse av kvalifiseringsaktiviteter, med referanse til faren de skal adressere.
- Beskrivelse av type bevis som hver kvalifiseringsaktivitet har til hensikt å produsere.
- Beskrivelse av sammenhengen mellom faren kvalifiseringsaktiviteten skal adressere og beviset som skal produseres, samt sammenhengen til kvalifiseringsbasis.
- Beskrivelse av detaljer som er nødvendig å ta med i kvalifiseringsaktiviteter for å adressere relevante farer.
- Beskrivelse av akseptkriteriet for kvalifiseringsaktiviteten.

Se vedlegg A «etablere kvalifiseringsplan» for forslag til mal som kan innlemmes i denne leveransen, og vedlegg B og C for et eksempel på malen i bruk.

Revisjoner av denne rapporten kan være hensiktsmessig ettersom aktiviteter blir gjennomført og nye tilføres. Se vedlegg A for mal for å følge opp kvalifiseringsaktiviteter.

## 6.5 Rapporter fra kvalifiseringsaktiviteter

Rapporter fra de forskjellige kvalifiseringsaktivitetene skal inneholde;

- Referanse til kvalifiseringsplan.
- Bakgrunn for kvalifiseringsaktiviteten.
- Krav til utføring av aktiviteten slik at den adresserer relevant fare.
- Prosedyrer som beskriver hvordan aktiviteten har blitt utført.
- Resultat.
- Relevante usikkerhetsmomenter ved kvalifiseringsaktiviteten og resultatene.
- Eventuelle funn i løpet av aktiviteten som er kritisk for å oppnå resultatene.

## 6.6 Teknologikvalifiseringsrapport

- Referanser til kvalifiseringsbasis, teknologivurdering, risikovurdering, kvalifiseringsplan og rapporter fra utførte kvalifiseringsaktiviteter.
- Vurderinger, som beskrevet i kapittel 5.6.1.

## 7 Referanser

- /1/ Håndbok N400 Bruprosjektering, Statens vegvesen, 2015
- /2/ DNV-RP-A203 Technology Qualification, DNV GL, September 2019

# Vedlegg A

## Maler

I dette kapitlet beskrives maler for hvordan de forskjellige stegene i en teknologikvalifisering kan dokumenteres på en ryddig måte. Eksempler på disse malene i bruk er gitt i vedlegg B og C.

### Vurdere teknologi

Komponent / prosessfase / prosjektfase	Funksjon	Nytt aspekt	Anvendelsesområde			Modenhet av teknologi			Teknologi-vurdering
			Kjent	Begrenset erfaring	Nytt	Kjent	Begrenset erfaring	Nytt	

**Komponent / prosessfase / prosjektfase:** Hvilken del av teknologien er det som vurderes?

**Funksjon:** Hva slags funksjon har komponenten / fasen?

**Nytt aspekt:** Hva er nytt eller ukjent med teknologien eller teknikken?

**Anvendelsesområde:** Definer om anvendelsesområdet er kjent, begrenset erfaring eller nytt, basert på definisjonene som er satt for disse tre kategoriene.

**Modenhet av teknologi:** Definer om modenheten av teknologien er kjent, begrenset erfaring eller nytt, basert på definisjonene som er satt for disse tre kategoriene.

**Teknologivurdering:** Basert på hva som ble satt på «anvendelsesområde» og «modenhet av teknologi», hvilken kategori havner teknologien i, i henhold til teknologikategoriseringsmatrisen? 1, 2, 3 eller 4.

### Vurdere risiko

#### FMECA:

Følgende mal er tiltenkt for vurdering av risiko der FMECA-fremgangsmåten blir brukt:

Fare-ID	Feil-mode	Årsak	Konsekvens		Deteksjon	Risiko-reduserende tiltak	Risikoanalyse			Kvalifiserings-aktivitet / sannsynlighets-reduering / aksjonspunkt
			Lokalt	Globalt			Konsekvens	Sannsynlighet	Risiko	

**Fare-ID:** Unik Fare-ID for senere referanse.

**Feilmode / fare:** Beskrivelse av hvilken funksjon som kan gå tapt.

**Årsak:** Beskrivelse av mekanismen som kan forårsake tapet av den angitte funksjonen

**Konsekvens:** Hvilken konsekvens har feilmoden på gjeldende delsystem?

**Globalt:** Hvilken konsekvens kan feilmoden ha på systemet / andre systemer i et større perspektiv?

**Deteksjon:** Hvilke eksisterende systemer finnes for at årsaken / faren kan detekteres (enten indikator på at det kommer til å skje eller at det har skjedd)?

**Risikoreduserende tiltak:** Hvilke risikoreduserende tiltak eksisterer for å redusere sannsynlighetene og / eller konsekvensene av en fare. Det er viktig å kun vurdere de risikoreduserende tiltak som er implementert og ikke de man kan tenke på, men som ikke er inkludert i designet enda.

**Risikoanalyse:** For risikoanalysen skal en definert risikomatrise benyttes.

**Konsekvens:** Konsekvenskategori i henhold til risikomatrise.

**Sannsynlighet:** Sannsynlighetskategori i henhold til risikomaterise.

**Risiko:** Basert på konsekvens- og sannsynlighetskategoriene valgt vil faren få en totalrisiko i henhold til risikomatrisen.

**Kvalifiseringsaktivitet / sannsynlighetsreduering / aksjonspunkt:** Hva slags tiltak bør gjennomføres for å redusere risiko til et akseptabelt nivå?

#### HAZOP:

Følgende mal er tiltenkt for vurdering av risiko der HAZOP-fremgangsmåten blir brukt:

Fare-ID	Operasjonelt avvik / fare	Årsak	Konsekvens	Deteksjon	Risiko-reducerende tiltak	Risikoanalyse			Kvalifiseringsaktivitet / sannsynlighetsreduering / aksjonspunkt
						Konsekvens	Sannsynlighet	Risiko	

**Fare-ID:** Unik Fare-ID for senere referanse.

**Operasjonelt avvik / fare:** Avvik fra en planlagt operasjon eller farer (ytre farer eller systemsvikt) som kan føre til en uønsket hendelse

**Årsak:** Grunnen til at det operasjonelle avviket skjer

**Konsekvens:** Beskrivelse av den potensielle konsekvensen av at det operasjonelle avviket inntreffer

**Deteksjon:** Hvilke systemer finnes nå for at faren detekteres?

**Risikoreduserende tiltak:** Hvilke risikoreduserende tiltak eksisterer for å redusere sannsynlighetene og / eller konsekvensene av en fare. Det er viktig å kun vurdere de risikoreduserende tiltak som er implementert og ikke de man kan tenke på, men som ikke er inkludert i designet enda.

**Risikoanalyse:** For risikoranalysen skal en definert risikomatrise benyttes.

**Konsekvens:** Konsekvenskategori i henhold til risikomatrise.

**Sannsynlighet:** Sannsynlighetskategori i henhold til risikomaterise.

**Risiko:** Basert på konsekvens- og sannsynlighetskategoriene valgt vil faren få en totalrisiko i henhold til risikomatrisen.

**Kvalifiseringsaktivitet / sannsynlighetsreduering / aksjonspunkt:** Hva slags tiltak bør gjennomføres for å redusere risiko til et akseptabelt nivå?

## Kvalifiseringsplan

Ved utarbeiding av en kvalifiseringsplan kan følgende Excel-mal tas i bruk:

Q-ID	Kvalifiseringspunkt	Sub-system	Fare-ID	Formål	Last / miljø	Kvalifiseringsmetode	Aksept kriterier

**Q-ID:** Unik ID slik at kvalifiseringsaktiviteten kan refereres til.

**Kvalifiseringspunkt:** Hva er det som skal kvalifiseres?

**Sub-system:** Hvilket sub-system hører det som skal kvalifiseres til?

**Fare-ID:** Hvilke farer er kvalifiseringsaktiviteten ment å adressere? Her refereres det til fare-ID som er tidligere definert. Flere fare-ID kan være gjeldende for en kvalifiseringsaktivitet.

**Formål:** Hva ønsker vi å bevise med kvalifiseringsaktiviteten?

**Last/miljø:** Hvilke lastbilde og miljø må kvalifiseringsaktiviteten utføres ved?

**Kvalifiseringsmetode:** Hvordan skal kvalifiseringsaktiviteten utføres?

**Akseptkriteria:** Hva er akseptkriteriet for at kvalifiseringsaktiviteten skal ha bevist at faren kan håndteres?

## Følge opp og vurdere resultat fra kvalifiseringsplan

Følgende kolonner er ment å legges til malen for kvalifiseringsplanen, slik at hver «Q-ID» får nye punkter å adressere:

Q-ID	...	Ansvarlig	Prosedyre-referanse	Rapport-referanse	Dato	Status	Vurdering av resultat	Tillit til resultat	Kommentar
	...								
	...								

**Ansvarlig:** Hvem er ansvarlig for kvalifiseringsaktiviteten?

**Prosedyrereferanse:** Referanse til beskrivelsen av hvordan kvalifiseringsaktiviteten skal utføres.

**Rapportreferanse:** Referanse til rapport som beskriver utførelsen og resultatet av kvalifiseringsaktiviteten.

**Dato:** Dato for denne vurderingen.

**Status:** Hvordan er status på kvalifiseringsaktiviteten? I henhold til plan, foran plan, bak plan, utført, på vent.

**Vurdering av resultat:** Har kvalifiseringsaktiviteten oppnådd akseptkriteriet?

**Tillit til resultat:** Hvor stor tillit har man til resultatet og metoden som ble brukt? Veldig høy, høy, medium, lav, ikke akseptabelt.

**Kommentar:** Andre relevante punkter å få med.

# Vedlegg B

## Eksempel - Lasersveising

I dette vedlegget vil eksempler på hvordan malene i Vedlegg A kan brukes. Eksempelet som brukes er fra et teknologikvalifiseringsprosjekt mot lasersveising av bruplater.

*Merk: Dette er et eksempel for å vise hvordan oppsummering av forskjellige steg i en teknologikvalifisering av lasersveising av bruplater kan se ut. Ingen av stegene er fullstendige.*

### Kvalifiseringsbasis

Følgende er et eksempel på hvordan en kvalifiseringsbasis kan være bygget opp, og hva slags informasjon som er inkludert i hvert kapittel.

Innholdsfortegnelse:

1. Sammendrag
2. Introduksjon
3. Grunnlag for oppdraget
  - Bakgrunn for teknologikvalifiseringen: «Vesentlig kostnadsbesparelser ved bruk av lasersveising istedenfor konvensjonell sveising»
  - Påstand for kvalifisering: «... prosessen vil på S355 konstruksjonsstål med tykkelse 6-10 mm resultere i sveis som har minst like gode egenskaper, ... , som sveis produsert med mer tradisjonelle sveiseprosesser, ...»
4. Sveiseteknologi
  - Introduksjon av den nye teknologien, inkludert fordeler og ulemper: Høyere hastighet på sveiseprosessen, ingen tilsatsmateriale, liten deformasjon under sveising, ...
  - Anvendelse og begrensninger i dag: Brukes mye innenfor bil- og skipsindustrien. Brukes for relativt tynne platetykkelser.
  - Tilgjengelige standarder: Håndbøker og ISO standarder.
5. Tiltentk anvendelse
  - Beskrivelse av tiltentk anvendelse: Bruk på brukonstruksjoner med annerledes miljø, laster og fabrikasjon.
  - Forskjeller fra dagens anvendelse: Tykkere plater og høyere fasthet enn dagens anvendelse.
  - Miljø, laster og operasjonelle krav: Lastbilde, utmatting, korrosivt miljø, ...
  - Krav til tiltentk anvendelse: Funksjonskrav fra Håndbok R762 og relevante ISO standarder.

**Vurdere teknologi:****Inndeling av håndterbare elementer:**

**Komponenter:** laserkilde, grunnmateriale, sveisehode, sveiserobot, sveiseverksted

**Prosessfaser:** Preparering av sveisefuger, oppsett av sveiserobot, sveising, inspeksjon av sveis,

**Prosjektfaser:** kvalifisering av sveiseprosedyrer, sveising av bruplater, sammenstilling av bru på anlegg, inspeksjon av sveiser i bruk,

Komponent / prosessfase / prosjektfase	Funksjon	Nytt aspekt	Anvendelsesområde			Modenhet av teknologi			Teknologi-vurdering
			Kjent	Begrenset erfaring	Nytt	Kjent	Begrenset erfaring	Nytt	

**Lasersveising av bruplater**

Totalbildet	Sveise sammen bruplater ved bruk av laser	Kombinasjonen av materialtykkelse og fasthet er utenfor hva lasersveising vanligvis er brukt til idag.			X		X		3
-------------	---	--	--	--	---	--	---	--	---

**Komponenter**

Laserkilde	Lage laserlys med nok energi til å smelte grunnmateriale	Bruker standard laserkilde som er kjøpt fra e.g. Trumpf	X			X			1
Grunnmateriale	Gi nok styrke til bruplatene, både grunnmaterialet og når sveist	Høyere fasthet enn hva som vanligvis blir sveiset med laser, kan føre til høye hardhetsverdier, bl.a.			X	X			3

**Prosessfaser**

Preparering av sveisefuger	Kutte platene slik at fugen blir som tiltenkt med riktig avstand mellom to plater	Lasersveising er mer ømfintlig for overflaten til fugen enn konvensjonell sveising		X		X			2
Preparering av sveisefuger	Rengjøre fugene for olje og andre urenheter.	Urenheter kan bli fanget i sveis pga rask avkjøling. Nøye rengjøring av fuge trengs.		X		X			2
...									



## Vurdere risiko

Definere risikomatrixe:

Konsekvensnivå	Konsekvenskategori			Sannsynlighetsnivå		
	Personell	Miljø	Økonomi	Lav	Middels	Høy
1	Lav	Lav	Lav			
2	Middels	Middels	Middels			
3	Høy	Høy	Høy			

Definisjon av konsekvensnivåer for de forskjellige konsekvenskategoriene:

1. Personell: Mindre skade på personell. Sykehusbesøk ikke nødvendig. Miljø: Mindre utslipp, ingen rapporteringsplikt. Økonomi: Mindre opphold i produksjon (timer).
2. Skade på personell. Sykehusbesøk kan være nødvendig. Miljø: Utslipp, rapporteringsplikt. Økonomi: Opphold i produksjon (dager).
3. Alvorlig skade på personell. Fare for liv og helse. Miljø: Større utslipp med konsekvenser for nærområdet. Økonomi: Opphold i produksjon (uker) eller signifikant inspeksjon/modifikasjon av bru etter installasjon.

Definisjoner av sannsynlighetsnivåer:

- Lav: Usannsynlig (kvalitativ), eller  $< 10^{-4}$  (kvantitativ)
- Middels: Sannsynlig (kvalitativ), eller  $> 10^{-4}$  og  $< 10^{-2}$  (kvantitativ)
- Høy: Forventet (kvalitativ), eller  $> 10^{-2}$  (kvantitativ)

Risikovurdering:

Fare-ID	Fare	Årsak	Konsekvens		Deteksjon	Risiko-reducerende tiltak	Risikoanalyse			Kvalifiseringsaktivitet / sannsynlighetsreduering / aksjonspunkt
			Lokalt	Globalt			Konsekvens	Sannsynlighet	Risiko	
1	Laserkilde får ikke tilgang på nok strøm	Strømbrudd	Opphold i produksjon til strømmen er tilbake		Ingen	Ingen	2	2		Vurder om sikkerhetskritiske funksjoner fortsatt vil fungere ved et strømbrudd.
2	Feil grunnmateriale	Leveringsfeil	Bruplater vil potensielt ikke ha den styrken de skal ha		Produksjonstesting	Ingen	3	1		Vurder krav om 3.1 eller 3.2 sertifikat, eventuelt PMI (positive material identification)
...										
14	For dårlig egenskaper i sveis	Uriktig sammenstilling av plater pga ruhet etter laser-kutting	Sveis tilfredsstillende ikke krav		Visuell inspeksjon	Ingen	3	2		Teste forskjell mellom maskinerte og laser-kuttete fuger
15	Urenheter i sveis	olje og urenheter i fugen før sveising	Porer i sveis, sveis tilfredsstillende ikke krav		Produksjonstesting og NDT	Ingen	3	2		Definere prosedyre for hvordan preparering av sveisefuge skal gjennomføres.
...										

**Etablere kvalifiseringsplan:**

Q-ID	Kvalifiseringspunkt	Sub-system	Fare-ID	Formål	Last / miljø	Kvalifiseringsmetode	Akseptkriterie
Q.1	Inkludere krav om 3.1 eller 3.2 sertifikat ved innkjøp	Grunnmateriale	2	Sikre at riktig grunnmateriale er levert	N/A	Definere prosedyre	En definert og godkjent prosedyre hvor krav om 3.1 eller 3.2 sertifikat er inkludert.
Q.2	Definere max gap mellom plater	Preparering av fuger	14	Ved å definere maks gap mellom fuger som gir akseptable resultater, kan krav til ruhet i fuger defineres	N/A	Testsvise med forskjellige gap- størrelser mellom platene, og teste / inspisere hva som gir akseptable resultater	Flytestyrke iht materialsertifikat, og porer, sprekker osv iht relevant standard
Q.3	Inkludere krav om rengjøring av alle sveiseflater med acetone	Preparering av fuger	15	Ved å fjerne eventuelle oljerester og urenheter fjernes denne usikkerheten	N/A	Definere prosedyre	En definert og godkjent prosedyre hvor rengjøring med acetone er inkludert.

**Følge opp og vurdere resultat fra kvalifiseringsplan**

Q-ID	...	Ansvarlig	Prosedyre-referanse	Rapport-referanse	Dato	Status	Vurdering av resultat	Tillit til resultat	Kommentar
Q.1	...	SVV	Inkluderes i prosjektkrav	-	29.10.2020	I henhold til plan	-	-	-
Q.2	...	Under-leverandør	Q-1-0012 –	1234-2020 –	29.10.2020	Utført	I henhold til	Middels	Noe få antall
		«Hei Sveis AS»	Preparering av fuger	Utføring av sveise-testing			akseptkriterier		prøver i testinga, men resultatene var lovende
			Q-1-0017 – Utføring av lasersveis						
			Q-2-0002 - Strekktesting						
Q.3	...	SVV	Inkluderes i prosjektkrav	-	29.10.2020	I henhold til plan	-	-	-
...									

# Vedlegg C

## Eksempel - Brukonsept

I dette vedlegget vil et eksempel på hvordan malene i Vedlegg A kan brukes. Eksempelet som brukes er fra et teknologikvalifiseringsprosjekt mot forskjellige brukonsepter.

Eksemplene under er basert på at hele brukonseptet beskrives i kvalifiseringsbasisen. Teknologivurdering kan avdekke at bestemte deler (funksjoner, komponenter) av brua er ny teknologi (for eksempel fundamenteringen), mens øvrige deler av brua er kjent teknologi. Det kan være behov for å oppdatere kvalifiseringsbasisen etter teknologivurdering med ytterligere detaljer spesifikt for deler som er ny teknologi (for eksempel fundamenteringen og de deler av brua som vekselvirker med fundamenteringen).

*Merk: Dette er et eksempel for å vise hvordan oppsummering av forskjellige steg i en teknologikvalifisering av brukonsept kan se ut. Ingen av stegene er fullstendige.*

### Kvalifiseringsbasis

Følgende er et eksempel på hvordan en kvalifiseringsbasis kan være bygget opp, og hva slags informasjon som er inkludert i hvert kapittel.

Innholdsfortegnelse:

1. Sammendrag
2. Introduksjon
3. Grunnlag for oppdraget
  - Bakgrunn for teknologikvalifiseringen
  - Påstand for kvalifisering
4. Tiltentk anvendelse
  - Forskjeller fra dagens anvendelse.
  - Miljø og laster: grunnforhold, oversiktskart, detaljkart, lengde- og tverrprofil vegtrase, lengdeprofil på brusted, tidevannsdata, strøm, vind og bølgefôrhold, temperaturforhold og variasjoner, vanntrykk, skipstrafikk og dimensjoner på fartøy, andre lokale forhold, last fra egenvekt, last fra trafikk, last fra midlertidig utstyr, snø og islast, last fra skred, jordskjelv, o.l., ulykkeslaste.
5. Krav
  - Funksjoner og ytelseskrav: Trafikkmengde og fartsgrense, krav til bredde, sikring, maksimum deformasjon, svingninger og rotasjon, dreneringsevne, vedlikehold, levetid, oppetid, sikkerhetsnivå
  - Grensesnitt: bruender, fundamentering, overflater, minimum fri høyde over brua, minimum fri høyde og bredde under brua
  - Relevante standarder og krav: Eurokoder, ISO-standarder, ...

## Vurdere teknologi

### Inndeling av håndterbare elementer:

**Komponenter / delsystemer:** Brubane, tårn, bærekabler, beregningsverktøy, flyter/TLP plattform, strekkstag (fundamentering i fjell, stag, innfesting i flyter), toppkabel.

**Funksjoner:** miljølaster, konstruksjonsrespons, dimensjonering mot lasteffekter.

**Prosjektfaser:** installering av delsystemer, bruk / operasjon, vedlikehold, fjerning

Komponent / prosessfase / prosjektfase	Funksjon	Nytt aspekt	Anvendelsesområde			Modenhet av teknologi			Teknologi-vurdering
			Kjent	Begrenset erfaring	Nytt	Kjent	Begrenset erfaring	Nytt	
<b>Nytt brukonsept</b>									
Totalbildet				X				X	2
<b>Komponenter</b>									
Broane	Bære bilene	Kjent, N400	X			X			1
Bærekabel	Bære broane	Kjent, N400	X			X			1
Beregningsverktøy	Beregning av laster	Gyldighetsområde og valideringsstatus, hydroelastiske effekter			X	X			3
Fundamentering i fjell	Forankring	Overføre stor kraft. Nytt design			X			X	4
Stag	Stabilitet og forankring av flyter	Fabrikasjon og installasjon pga lengde		X		X			2
<b>Prosessfaser</b>									
Installering av delsystemer	Sammenstilling av bruelementer på anlegg ved sveising	Kjent, N400	X			X			1
Bruk / operasjon	Overvåkning av bevegelse	Flere måleområder		X			X		2
Vedlikehold	Inspeksjon av sveis	Inspeksjon av lasersveis			X			X	3

**Vurdere risiko**

Definere risikomatrise:

Konsekvens nivå <sup>a</sup>	Konsekvens kategorier			Økende sannsynlighet (hendelser pr år)					
	Personskade	Miljø	Kostnader (mill. kr)	1	2	3	4	5	6
				Føll er ikke forventet < 10 <sup>-5</sup>	Aldri hørt om i vår industri 10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-5</sup>	En hendelse har skjedd i verden 10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-4</sup>	En hendelse har skjedd i noen ganger i Norge 10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>-3</sup>	En hendelse skjer noen ganger pr år i Norge 10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-2</sup>	Hendelsen skjer flere ganger pr år pr anlegg >10 <sup>-1</sup>
<b>1</b> Ingen personskader		Minimal effekt på miljøet	< 0,1 mill	L	L	L	M	M	M
<b>2</b> Lett personskade, få dagers sykemelding		Minimal effekt på miljøet. Brudd på retningslinjer.	0,1 - 1 mill	L	L	M	M	M	H
<b>3</b> Alvorlig personskade, langtids sykemelding		Lokal forurensning	1 - 10 mill	L	M	M	M	H	H
<b>4</b> Ett dødsfall, uførhet		Vesentlig forurensning / miljø skade	10 - 100 mill	M	M	M	H	H	H
<b>5</b> Flere dødsfall		Massive forurensning / miljø skade over stort område	> 100 mill	M	M	H	H	H	H

Vurdere risiko

Fare-ID	Komponent	Feilmode / Fare	ÅrsakÅrsak	Konsekvens		Deteksjon	Risikoreduserende tiltak	Risikoanalyse			Kvalifiseringsaktivitet / aksjonspunkt
				Lokalt	Globalt			Konsekvens	Sannsynlighet	Risiko	
1	Fundamentering i fjell	Løsner	Sprekk i mørtel	Mister strekk i staget. Økt belastning på andre stag.	Eventuelle skader på flyter. Eventuell tap av stabilitet av flyter.			3	3	M	
2	Fundamentering i fjell	Løsner	Ukjent / for lav friksjon mellom fjell og mørtel	Mister strekk i staget. Økt belastning på andre stag.	Eventuelle skader på flyter. Eventuell tap av stabilitet av flyter.			1	3	L	
3	Innfestning i flyter	Stag løsner	Støt/kollisjon mot innfestning	Brudd i stag.	Ødeleggelse av flyter			1	3	L	
...											
12	Beregningsverktøy	Feil i beregninger	Usikkerhet ved laster på spesielt eksponerte lokasjoner					4	4	H	
13	Beregningsverktøy	Feil i beregninger	Usikkerhet ved lastkombinasjoner på lange spenn					4	4	H	
14	Beregningsverktøy	Feil i beregninger	Usikkerhet ved kobling mellom last og respons					4	4	H	
15	Beregningsverktøy	Feil i beregninger	Usikkerhet ved gyldighetsområde for beregningsverktøy					4	4	H	
...											

**Etablere kvalifiseringsplan:**

Q-ID	Kvalifiseringspunkt	Sub-system	Fare-ID	Formål	Last / miljø	Kvalifiseringsmetode	Akseptkriterier
Q.1	Styrken på fundamentering i fjell	Fundamentering i fjell	1			Test av mørtel mot oppsprekking.	Visuell inspeksjon av oppkappet prøvebit. Ingen sprekker.
Q.2	Styrken på fundamentering i fjell	Fundamentering i fjell	2		Representativt lastbilde.	Friksjonstest med representativt lastbilde.	Løsner ikke under testing.
Q.3	Beregningsverktøyets validitet	Beregningsverktøy	13	Validere verktøyets nøyaktighet ved kompliserte lastbilder	Representativt lastbilde	Modellering av et forenklet testregime, for deretter å sammenligne beregning og faktisk testresultat	+/- 10% nøyaktighet

**Følge opp og vurdere resultat fra kvalifiseringsplan**

Q-ID	...	Ansvarlig	Prosedyre-referanse	Rapport-referanse	Dato	Status	Vurdering av resultat	Tillit til resultat	Kommentar
Q.1	...	Stagstrekk AS	2020-103	SSAS-2020-103-R-Rev1	16.12.2020	Utført	Resultater ihht akseptkriterier	God	
Q.2	...	Stagstrekk AS	2020-104	SSAS-2020-104-R-Rev1	16.12.2020	Pågående	-	-	-
Q.3	...	Trippelkonsult	-	-	16.12.2020	Ikke startet	-	-	-
...									

# Vedlegg D

## Statens vegvesens prosjektmodell

Statens vegvesen har definert en prosjektmodell. Modellen inkluderer Finansdepartementets krav om at det skal utarbeides en konseptvalgutredning (KVU) i henhold til kravene i retningslinjer gitt av Finansdepartementet. Etter høring av KVU-rapporten skal det gjennomføres ekstern kvalitetssikring (KS1) av konseptvalgutredningen. Regjeringen fatter deretter beslutning om valg av konsept (vegkorridor) og om videre planlegging. Prosessen for KVU og KS1 skal gjennomføres før prosjektplanlegging etter plan- og bygningsloven. I slutten av forprosjektfasen skal det gjennomføres ekstern kvalitetssikring (KS2) og Stortinget skal fatte vedtak om utbygging. Figur D-1 viser en fremstilling av SVVs prosjektmodell.

Teknologikvalifiseringsprosessen kan gå over flere av prosjektfasene som vist i Figur D-2. Den starter i KVU hvor vegkorridoren er viktig, fortsetter i kommunedelplan hvor veglinjen er viktig og videre til reguleringsplan hvor bruløsning og brualternativer er viktig. Noe teknologisk restrisiko vil imidlertid kunne tas inn i og løses i detaljprosjekteringen. På KVU-nivå er utredningene mer overordnet enn på KDP-nivå. For reguleringsplan kreves det detaljering på forprosjektnivå.

Dokumentasjon fra kvalifiseringsprogrammet inngår som grunnlag til de forskjellige beslutningspunktene.



**Figur D-1** Statens vegvesens prosjektmodell.



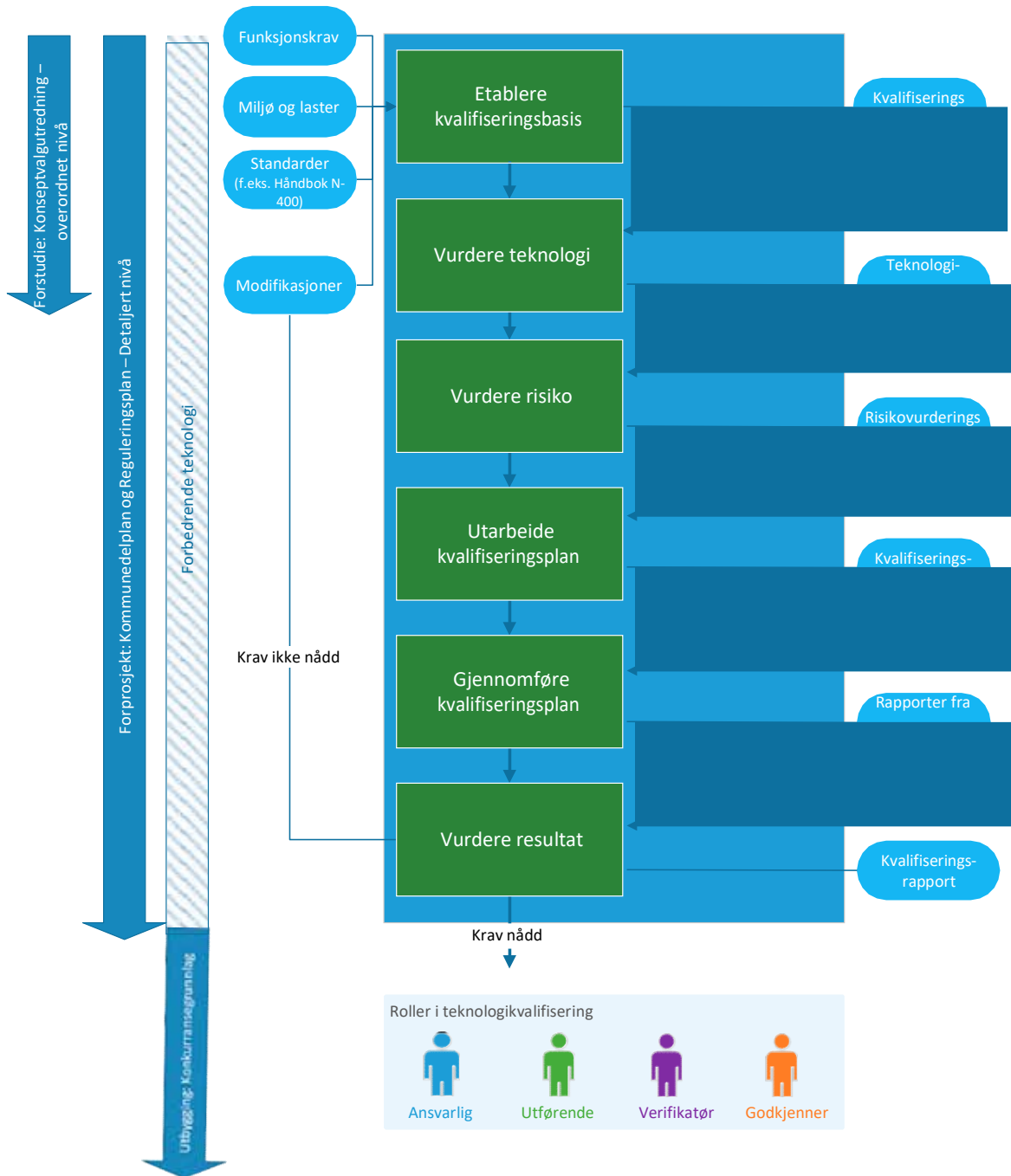
### Prosess for teknologikvalifisering

**Hensikt:** Kvalifisere ny teknologi ut fra identifisert behov i Statens Vegvesens Fjordkryssingsprosjekt

**Start:** Behov for ny teknologi identifisert

**Stopp:** Ny teknologi kvalifisert for Statens Vegvesens Fjordkryssingsprosjekt

**Styring:** Denne veilederen og Håndbok N400 Bruprosjektering



**Figur D-2** Prosess for teknologikvalifisering illustrert sammen med Forstudie, Forprosjekt og Utbygging. For forbedrende teknologi kan det være akseptabelt med teknologikvalifisering under utbygging. For utløsende teknologi skal teknologikvalifisering være ferdig før utbygging starter.



[www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker](http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker)

ISBN 978-82-7207-773-9