

# Strategi for Systematisk ferdigstillelse

for SAMSPILL-/DETALJPROSJEKTERINGSFASEN, BYGGEFASEN OG PRØVEDRIFTSFASEN



## Revisjonslogg:

Dato	Revisjonsnr	Endret av	Beskrivelse
24.06.2018	1.0	Per Roger Johansen	Foreløpig versjon
06.09.2019	2.0	Per-Ivar Mikkelsen	Utgitt

Tabell 1: Revisjonslogg

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>3</b>
1.1	<i>Overordnet.....</i>	3
1.2	<i>Hvorfor Systematisk ferdigstillelse? .....</i>	3
<b>2</b>	<b>Systematisk ferdigstillelse i LV-prosjektet.....</b>	<b>5</b>
2.1	<i>Systematisk ferdigstillelse for LV.....</i>	5
2.1.1	Funksjon og geometri .....	5
2.1.2	Tablettest .....	6
2.1.3	Fabrikktest, test i benk og prøverom .....	6
2.1.4	Mekanisk ferdigstilt .....	6
2.1.5	Igangkjøring og idriftsettelse.....	6
2.1.6	Egenkontroll.....	6
2.1.7	Områdetest .....	6
2.1.8	System funksjonstest.....	7
2.1.9	Integrert test.....	7
2.1.10	Fullskallatest .....	7
2.1.11	Stabilitet- og ytelsestester.....	7
2.1.12	Virksomhetstest .....	7
2.1.13	Prøvedrift .....	7
2.2	<i>Mål for Systematisk ferdigstillelse .....</i>	8
<b>3</b>	<b>Elementer i Systematisk ferdigstillelse i LV-prosjektet .....</b>	<b>9</b>
3.1	<i>Prosesstenking .....</i>	9
3.2	<i>Dokumenter for systematisk ferdigstillelse.....</i>	9
3.3	<i>Testing og opplæring.....</i>	10
3.3.1	Prosess for testgjennomføring.....	10
3.4	<i>Opplæring.....</i>	11
3.5	<i>FDVU.....</i>	12
<b>4</b>	<b>Suksessfaktorer .....</b>	<b>12</b>

## 1 Innledning

### 1.1 Overordnet

Dokumentet «Strategier og Grep» beskriver hvilke strategier og hvilke grep som sammen skal bidra til at prosjektet Livsvitenskap skal bli et godt prosjekt for alle involverte. Der er også prosjektets overordnede mål, slik de fremkommer i styringsdokumentet, angitt.

Dette dokumentet tar spesifikt for seg strategien for Systematisk ferdigstillelse i prosjektet.

Prosjektet Livsvitenskap forkortes heretter til **LV**.

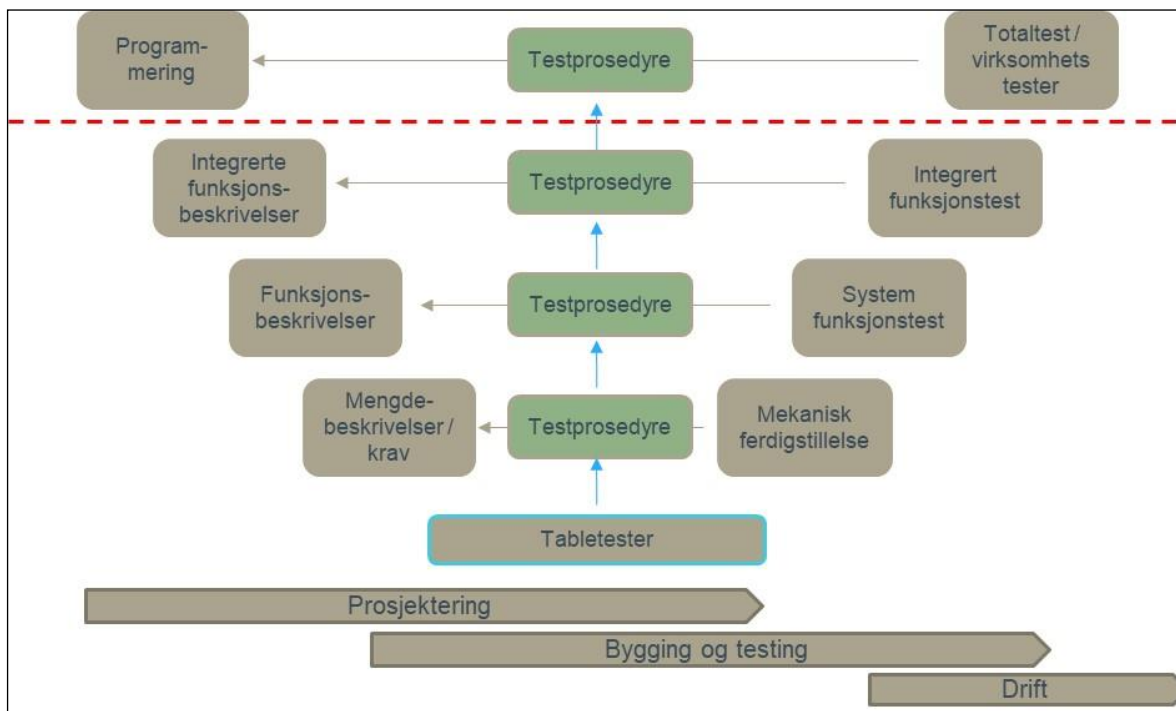
### 1.2 Hvorfor Systematisk ferdigstillelse?

Systematisk ferdigstillelse er definert som:

*«En sikkerhet for at prosjektet oppfyller alle funksjonskrav innenfor gitte tids-, kostnads- og kvalitetskrav, planlagt og verifisert gjennom en strukturert prosess som er ledelsesstyrt fra planlegging til overtakelse.»*

Systematisk ferdigstillelse handler altså ikke bare om den avsluttende ferdigstillelsen, men om hvordan man gjennom hele prosjektet kan tilrettelegge for en vellykket ferdigstillelse, med rett kvalitet til rett tid. Arbeidet bør starte ved prosjektoppstart og pågå i iterasjoner gjennom hele prosjektet. Dette krever såkalt bakover-planlegging der en starter med hvordan en ønsker at resultatet skal være. Ved tidlig å definere resultatet, med såkalte akseptanskriterier, er det enklere å bli konkret på hva som kreves i planlegging, bygging og prosjektering på et tidlig tidspunkt. Tanken er å bruke mer ressurser på planlegging og prosjektering, og mindre ressurser på avklaring underveis i byggeprosjektet som følge av unøyaktig grunnlag.

**V-modellen** under illustrerer sammenhengen mellom prosjektet grunnlag og testing av ferdigstilte systemer. I tillegg illustrerer figuren *tabletestenes* funksjon i form av kvalitetssikring av valgte løsninger og testprosedyrene for fysiske tester.



Systematisk ferdigstillelse definerer tydelige leveranser for de ulike aktørene i prosjektet fra utarbeidelse av dokumenter, ansvar for igangkjøring og idriftsettelse samt definerte leveranser i forbindelse med testing og verifisering.

Ett av hovedprinsippene i systematisk ferdigstillelse er tidlig testing for å sikre at prosjektet ikke planlegger eller bygger inn systemfeil som er gjentakende gjennom flere etasjer eller over flere systemer. Testingen skal starte som *tabletester*. Det er teoretisk testing av tekniske bygningsinstallasjoner før byggingen starter. Dette for å sikre at prosjektet har designet systemer som virker hver for seg og som kan integreres som forutsatt. I tillegg vil en slik tabletest kunne avsløre om de produktene som entreprenørene velger å benytte faktisk vil virke som forutsatt og at disse lar seg integrere sammen med andre komponenter i systemet eller de integrerte systemene som skal virke sammen. Deretter defineres fysiske tester slik at disse kan starte tidlig, med så lite som mulig av byggingen gjennomført. Dette for å kunne identifisere feil utførelse, feil bruk av komponenter eller avvik i funksjonaliteten så tidlig som mulig i byggingen.

Systematisk ferdigstillelse er en prosess som strukturert ivaretar:

- kvalitetssikring av forutsetninger for bygging
- kvalitetssikring av valg av komponenter og utførelse
- kvalitetssikring av testprosedyrer
- sikrer definerte akseptanskriterier
- involvering og opplæring av driftspersonell
- FDV-dokumentasjon levert i tide før oppstart av tabletester og fysiske tester
- tidlig testing
- geometri og funksjon i sammenheng

(FDV = Forvaltning, Drift, Vedlikehold)

## 2 Systematisk ferdigstillelse i LV-prosjektet

Byggenæringen har i de siste 20 årene hatt en lavere produktivitetsutvikling enn andre bransjer, og mange byggeprosjekter preges av at de tekniske systemene/de prosjekterte funksjonene ikke fungerer som de skal når bygget står ferdig. LV-prosjektet skal benytte Veileder for Systematisk ferdigstillelse samt de erfaringene og resultatene KHiB-prosjektet genererte, og man vil utvikle prosessen videre derfra.

I LV er Systematisk ferdigstillelse definert som en av hovedprosessene. Denne hovedprosessen skal planlegges av samspillsgruppen med deltakelse fra Statsbygg, prosjekteringsgruppen (PG), Entreprenører og Universitetet i Oslo (UiO) i oppstarten av detaljprosjekteringen. Det er en prosess som går gjennom hele prosjektet. Den ble startet av PG sammen med Statsbygg slik at elementer av dette er ivaretatt gjennom forprosjektet. Systematisk ferdigstillelse handler ikke om en avsluttende test, men om veien dit gjennom prosjektmodellens faser og gjennom oppgavene i de ulike fasene for de ulike aktørene.

### 2.1 Systematisk ferdigstillelse for LV

I takt med den teknologiske utviklingen verden har sett de siste tiårene, har byggene endret seg betraktelig. Byggene inneholder i dag en rekke tekniske systemer som i stor grad kommuniserer med hverandre. Byggene har blitt langt mer komplekse både for utbygger og bruker. Følgende begrep vil derfor være helt sentrale.

#### 2.1.1 Funksjon og geometri

Tradisjonelt sett planlegges bygg og tekniske funksjoner med utgangspunkt i geometrien på bygget. Hvordan de tekniske systemene skal testes og driftes blir i mindre grad hensyntatt. For at et prosjekt skal kunne gjennomføre tidlig testing, er det viktig at fokuset på det geometriske i byggingen sees i sammenheng med hvordan de tekniske systemene skal fungere og hvilke områder de forsyner. Dersom geometri og funksjon ikke passer sammen vil tidlig testing bli vanskelig å gjennomføre.

Det er altså viktig å planlegge følgende i sammenheng:

1. Hvilke områder som skal testes først / tas i bruk først
2. Hvordan de tekniske systemene er bygget opp for å forsyne de områdene som skal testes først
3. Tekniske støttesystemer som betjener systemene som skal forsyne områdene, f.eks. IKT-nettverket og SD-anlegget

#### 4. Byggerekkefølgen for områdene og etasjene

##### 2.1.2 Tabletest

Tabletest er en teoretisk test rundt bordet, hvor rådgivende, entreprenør, leverandør og prosjekt-/byggeledelsen knyttet til respektive system deltar. Drift og bruker deltar også med fordel. Tabletest skal gjennomføres før utstyr og komponenter bestilles.

Alle systemer kartlegges, og de gjennomgås i forma av tabletester deretter enkeltvis eller i naturlig sammenhengende grupperinger. F.eks. kan man kjøre en felles tabletest for alle systemer i energisentralen, en felles test for alle belysningssystemer, en felles test for like ventilasjonsanlegg osv.

##### 2.1.3 Fabrikktest, test i benk og prøverom

For enkelte systemer og leveranser er det aktuelt å gjennomføre fabrikktester før utstyr sendes til byggeplassen. Det er også ønskelig at enkelte grensesnitt testes i benk før man velger endelig løsning; f.eks. ventiler og *aktuatorer*, energimålere mot automatikkanlegg, regulator/styresystem mot belysning osv.

Det vil også bli bygget prøverom hvor man kan montere og idriftsette teknisk utstyr får å verifisere at dette fungerer som forutsatt.

##### 2.1.4 Mekanisk ferdigstilt

Når et system eller område er ferdig bygget, med alt av utstyr og komponenter tilkoblet og merket, samt at entreprenøren har utført sin egenkontroll, er det mekanisk ferdigstilt. Entreprenøren skal ha gjennomført all egenkontroll som kan gjøres på spenningsløst anlegg eller med provisorisk spenningssetting. Byggeledelsen gjennomfører så stikkprøvekontroll for å kontrollere at systemet er bygget som prosjektert.

##### 2.1.5 Igangkjøring og idriftsettelse

Etter at systemene er mekanisk ferdigstilt starter igangkjøringsfasen med spenningssetting, igangkjøring, innregulering, funksjonskontroll, områdetester og system funksjonstester. Ansvar for de forskjellige aktivitetene samt handover mellom aktørene skal planlegges og legges inn i taktplaner. Etter at system funksjonstester er ferdige, starter idriftsettelsesfasen med integrerte tester, fullskalatester og stabilitets og ytelsestester.

##### 2.1.6 Egenkontroll

Før tester gjennomføres skal entreprenører ha utført og dokumentert sin egenkontroll for å verifisere at systemene er klare for test.

##### 2.1.7 Områdetest

Områdetest er en fysisk test på plassen («on site») av et område. Denne gjennomføres gjerne selv om systemene ikke er komplette eller ferdig igangkjørte. Dette kan f.eks. vær IO-tester (IO = Input Output) eller mer reelle tester. Utføres kronologisk, dvs. at den delen som bygges først testes først. Testene kan kreve tiltak som f.eks. blanding av kanaler som fordeler luft til områder som ennå ikke er bygget, eller stenging av ventiler for varmeanlegg dersom ikke hele system, men deler av systemet testes.

### **2.1.8 System funksjonstest**

System funksjonstest er en fysisk test av komplett system, med relevant utstyr tilkoblet. Testen skal gjennomføres med tilhørende styresystem, også hvis styresystemet leveres i annen entrepris eller har eget systemnummer. Testen skal demonstrere at systemet har ønsket funksjonalitet.

### **2.1.9 Integrert test**

Integrert test er en fysisk test av samspillet mellom to eller flere tekniske systemer. Statsbygg har det overordnede ansvaret for å koordinere planlegging og gjennomføring av integrerte tester der to eller flere entreprenører er involvert. Testene vil bli planlagt i samråd med berørte entreprenører, BL (byggeledelse) og PG.

Hovedansvaret for koordinering og gjennomføring av hver enkelt test blir vurdert og fordelt i hvert enkelt tilfelle.

### **2.1.10 Fullskalatest**

Fullskalatest er en fysisk test av lokalenes og bygningens funksjon, med alle relevante delsystemer sammenkoblet. Statsbygg har hovedansvaret for å koordinere planleggingen og gjennomføringen av testene. Testene involverer gjerne flere entreprenører og mange systemer.

### **2.1.11 Stabilitet- og ytelsestester**

Stabilitet- og ytelsestester er tester av om de tekniske systemene er stabile og om ytelsene er i henhold til kontraktkravene.

Stabilitets- og ytelsestester utføres hovedsakelig i idriftsettelsesfasen før innflytting og oppstart prøvedrift, mens stabilitet over tid, og ytelser for forskjellige årstider, dokumenteres i prøvedriftsperioden.

I en stabilitet- og ytelsestest skal de største kapasitetene og ytelsene så langt som mulig testes, om nødvendig med simulering av laster og hendelser.

### **2.1.12 Virksomhetstest**

Virksomhetstest er en test som dokumenterer at lokalenes og bygningens funksjon, med alle relevante delsystemer sammenkoblet, fungerer som forutsatt sammen med alt av virksomhetens utstyr i normal bruk.

### **2.1.13 Prøvedrift**

Alle tekniske bygginstallasjoner, og deler av brukerutstyret, skal ha en prøvedriftsperiode. Omfang og lengde på prøvedriftsperioden vil variere ut fra utstyrets kompleksitet og behov for test over tid og/eller med varierende klimaforhold.

Prøvedriften skal dokumentere at kontraktens krav til ytelser, kapasitet, kvalitet, funksjonalitet og stabilitet oppfylles med utstyr og brukere i bygge og over forskjellige årstider. Prøvedriftsperioden skal også brukes til å optimalisere tekniske systemer og overføre kompetanse til drift.

Det skal utarbeides en egen plan for prøvedrift.

## 2.2 Mål for Systematisk ferdigstillelse

Statsbygg er åpen for innspill som kan gi en mest mulig optimal gjennomføring for alles beste. Det er likevel avgjørende at det er prosjektets overordnede mål som står i sentrum, ikke egne suboptimaliserte mål som kan medføre at totalprosjektet ikke lykkes. Det er avgjørende at de ulike aktørene er åpne og transparente om egne mål slik at alle kan arbeide sammen, og i samme retning, på en effektiv og rasjonell måte.

De overordnede målene for prosjektet er listet i dokumentet «Strategier og Grep». Her angis målene for systematisk ferdigstillelse.

- **Mål for prosjekteringsfasen** (skal defineres av samspillsgruppen)
  - Oversikt og struktur.
  - Tidlig valg av endelige løsninger og produkter.
  - Geometri og funksjon: Lean-arbeidet skal gi målbar økonomisk gevinst for alle involverte i prosjektet.
  - Komplette ferdige prosjekt (funksjon, geometri, brukerutstyr) til avtalt tidspunkt for ferdigstillelse: Sammen med strategiene for systematisk ferdigstillelse, logistikk og digitalisering skal strategien for Lean bidra til at bygget er komplett ferdig til avtalt tidspunkt for ferdigstillelse.
  - Enkel håndtering av FDV og med mål om at dette er på plass før hver enkelt test fra og med tabletester.
  - Fortløpende tabletesting før endelig løsning bestemmes og utstyr kan bestilles.
- **Mål for byggefasen** (skal defineres av samspillsgruppen)
  - Trinnvis fysisk ferdig til riktig tid.
  - Tidlig testing for kontinuerlig forbedring.
  - Oversikt og struktur i forholdet mellom geometri og funksjon.
  - Opplæring gjennomført trinnvis og kontinuerlig slik at driftspersonell er med i prosjektutviklingen og klare for å overta ved ferdigstillelse.
  - Avsluttende tester gjennomføres for å bevise at alt fungerer – ikke for å finne feil.
  - Rapporter, protokoller og som bygget dokumentasjon («As built») leveres fortløpende etter hvert som de forskjellige områdene og systemene ferdigstilles.
  - Innflytting og overlevering gjennomført strukturert og oversiktlig.
  - Alle feil og mangler som kan påvirke en vellykket prøvedriftsfase er utbedret og lukket.
  - Nødvendig testing og opplæring er gjennomført før oppstart av prøvedriftsfasen.
- **Mål for prøvedriftsfasen** (skal defineres av samspillsgruppen)
  - Driftsorganisasjonen er bemannet for å kunne overta det daglige driftsansvaret.
  - Prøvedriftsfasen brukes til å dokumentere stabilitet og ytelse og tid og ved forskjellige årstider.
  - Prøvedriftsfasen brukes til å optimalisere byggetekniske systemer.

Endringsønsker fra bruker bør i størst mulig grad avventes til etter prøvedriftsperioden for ikke å påvirke avtale akseptansekriterier. Etter avsluttet og godkjent prøvedrift kan endringsønsker gradvis bygges inn.



### 3 Elementer i Systematisk ferdigstillelse i LV-prosjektet

#### 3.1 Prosesstenking

LV skal benytte LEAN-metodikk både i prosjektering og gjennomføring, og fremdriftsplanleggingen skal bygges opp som en taktplan bygget opp rundt prosesser. Det skal etableres en prosessmodell for systematisk ferdigstillelse. Den skal vise den overordnede prosessen samt flere underliggende nivåer med egne underprosesser.

I all hovedsak kan man si at hovedprosessen systematisk ferdigstillelse inkluderer følgende underprosesser:

- Utarbeidelse av omforent grunnlag
- Igangkjøring og idriftsettelse
- Testing - i flere trinn
- Opplæring
- FDV

Testfasen i LV-prosjektet starter betydelig tidligere enn hva som generelt er vanlig i byggebransjen.

#### 3.2 Dokumenter for systematisk ferdigstillelse

Dokumenter for systematisk ferdigstillelse skal videreutvikles i detaljprosjekteringsfasen og skal være en del av det prosjekterte underlaget som foreligger før fase 2 (dvs. gjennomføring/bygging) starter. Samlet består grunnlaget av:

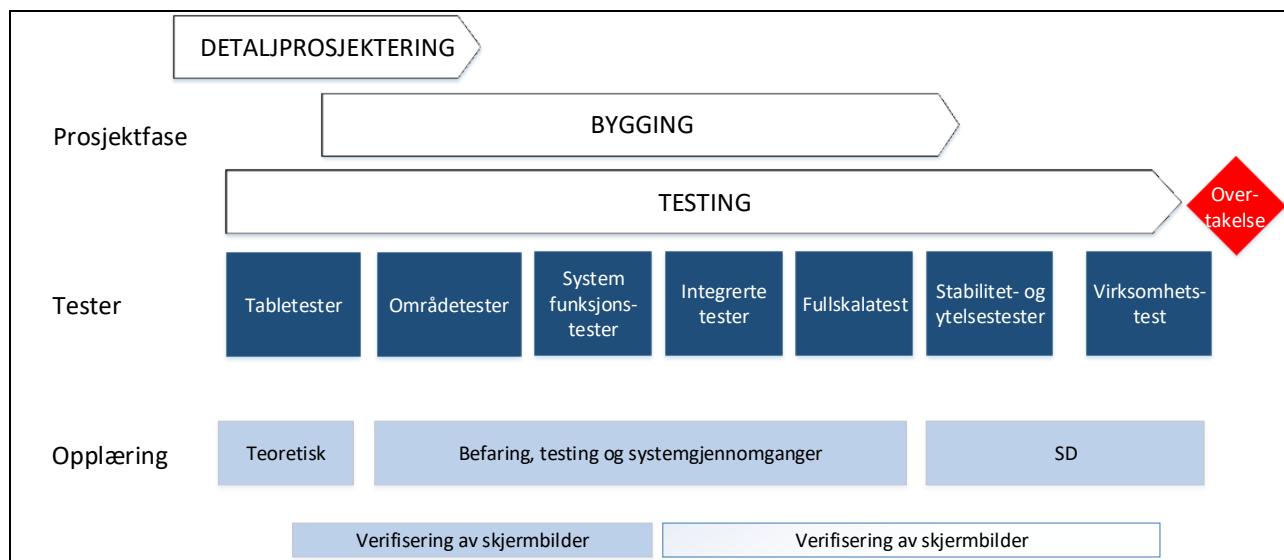
- Overordnede dokumenter for systematisk ferdigstillelse
  - Handlingsplan for systematisk ferdigstillelse
  - Systemliste
  - Overordnet teknisk infrastruktur
  - Testplan (tabletest, system funksjonstest, integrert test, stabilitet- og ytelsestest, fullskalatest og virksomhetstest)
  - Opplæringsplan
  - Plan for prøvedrift
  - Plan for FDV-innsamling
- Funksjonsbeskrivelser
- Systemskjema
- Integreerte funksjonsbeskrivelser
- Grensesnittmatrise
- Testprosedyrer
- Krav til FDV
- Risikovurderinger / analyser

##### Testprosedyrer

Testprosedyrene er en viktig del av grunnlaget. Testprosedyren forteller hvordan et system skal testes og inneholder konkrete akseptansekriterier. Prosedyren etableres og omforenes sammen med resten av grunnlaget.

### 3.3 Testing og opplæring

Sentralt i systematisk ferdigstillelse står tidlig testing og gjennomgående involvering og opplæring av driftspersonell gjennom hele byggeprosjektet. Figuren viser sammenhengen mellom testing og opplæring i prosjektets ulike faser.



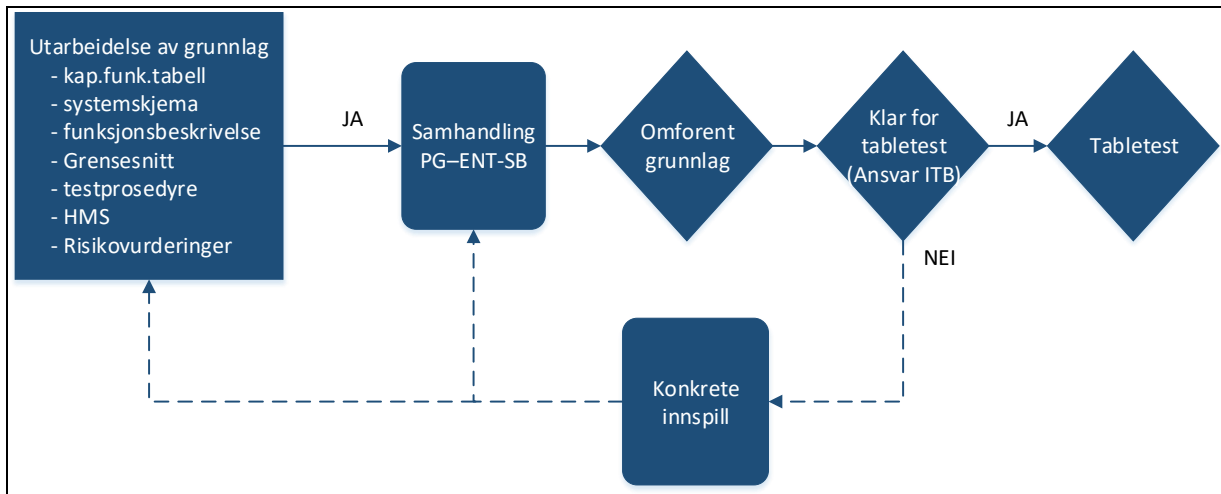
Hvorvidt ferdigstillelsen av et bygg er vellykket, verifiseres teknisk gjennom testing og igangsetting av byggets funksjoner. Tradisjonelt sett legges det inn en testfase kun i slutten av byggefasen.

I systematisk ferdigstillelse legges det opp til testing allerede i forbindelse med samspillsfasen. Innledningsvis er testene teoretiske, og etter hvert som systemene ferdigstilles på byggeplassen blir testene praktiske.

Prosjektet må kartlegge hvor tidlig de første testene kan gjennomføres. Målet er å få testet så mye som mulig så tidlig som mulig, før hele systemer med tilhørende komponenter ble bygget inn. På den måten vil eventuelle avvik som avdekkes i testene kunne utbedres før de samme avvikene bygges andre steder i bygget. Dette underbygger LEAN-filosofiens prinsipp om kontinuerlig forbedring.

#### 3.3.1 Prosess for testgjennomføring

Testgjennomføring vil ha stor verdi for alle aktørene i prosjektet dersom alle forutsetninger for de ulike testene er tilstede. I prosjektet skal det derfor legges opp til prosesser som sikrer en god gjennomføring der en sikrer at tester kan gjennomføres som planlagt med riktig resultat. Figuren nedenfor viser prosessen for tabletest. Prosjektleder (PL) Systematisk ferdigstillelse skal sammen med samspillsgruppen etablere testprosesser tilpasset LV.



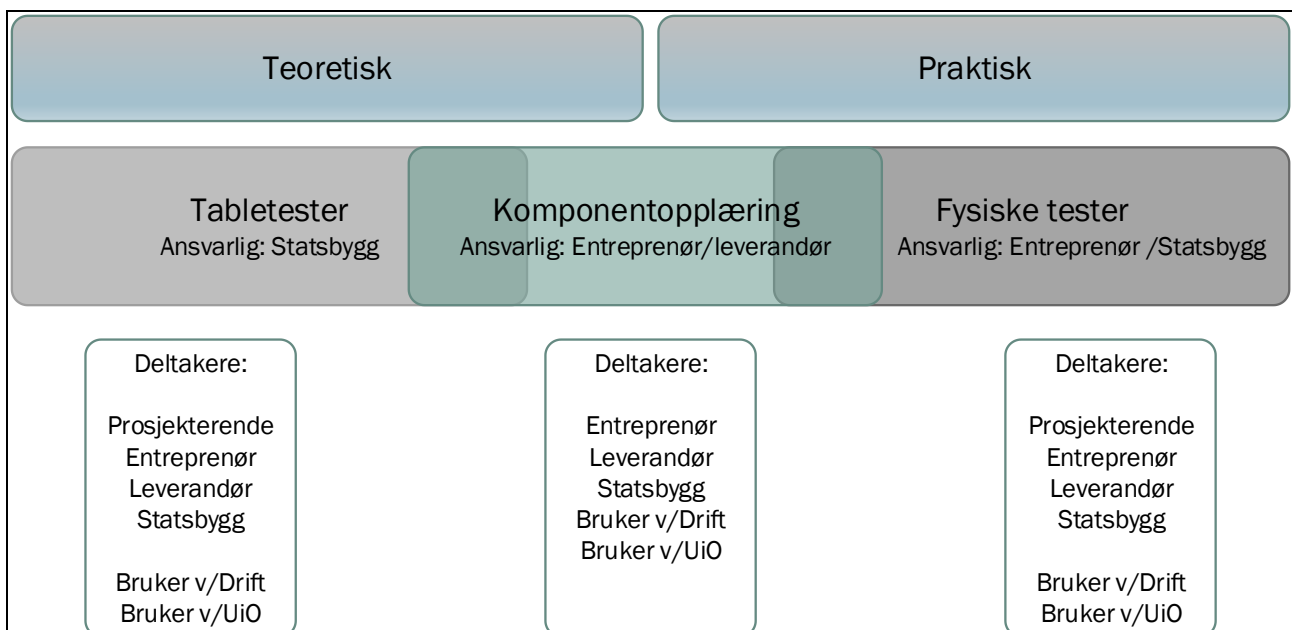
### 3.4 Opplæring

Det er viktig at de som skal bruke, drifte og vedlikeholde bygget kjenner byggets funksjoner og er komfortable med valg av systemer. Med systematisk ferdigstillelse legges det til rette for betydelig involvering av både bruker og drift gjennom hele byggeprosjektet. På den måten får prosjektet nyttige innspill fra de som overtar bygget, samtidig som brukere og drift får en grundig opplæring.

Opplæring av brukere og drift kan gjennomføres på ulike arenaer;

- teoretiske opplæringssesjoner
- deltakelse på tester
- praktiske opplæringssesjoner

Når bygget er ferdigstilt og overleveres til UiO, må brukere og driftere av bygget vite hvordan det skal brukes og driftes. I LV skal bygget, med alt av funksjoner og utstyr, brukes av UiO. UiO eiendom skal stå for drift og vedlikehold av bygget. Det betyr at begge brukergruppene må få opplæring innenfor sine respektive områder.



### 3.5 FDVU

Prosjektet skal følge UiO's krav til FDV. Ved hjelp av systematisk ferdigstillelse sikres sammenhengen mellom FDV-prosessene og opplæringsprosessene. Også her skal bruker være involvert i planleggingen.

For prosjektet skal det etableres en FDV-prosess som sikrer riktig utførelse første gang.

## 4 Suksessfaktorer

### Grundig, forebyggende planlegging («Frontloading»):

Tanken bak systematisk ferdigstillelse er å bruke mer ressurser på planlegging og prosjektering, og mindre ressurser på avklaring underveis i byggeprosjektet. Og helst ingen kostnader etter av bygget er ferdigstilt. Det betyr at både samspillsgruppen (PG og ENT) og leverandører må disponere sine ressurser på en litt annen måte enn de (kanskje) er vant med. Det kan også bety større arbeidsomfang for noen av aktørene, uten at gevinsten hentes ut hos samme aktør. Dette må både byggherre og aktører være klar over.

### Holdningsendring («Mindshift»):

Metodikken systematisk ferdigstillelse krever et nytt tankesett hos de involverte aktørene. Det betyr ikke at det totalt sett forventes et større arbeidsomfang, men det forventes en høyere grad av detaljering tidlig i prosjektet, med tanke på såvel planlegging og bygging som ferdigstillelse. Det er krevende å endre godt innarbeidede vaner i en hel bransje. Behovet for informasjon, forankring og oppfølging må ikke undervurderes.

### Involvering og transparens:

Omfattende involvering av brukere er hensiktsmessig, både for bruker og for prosjektet. Systematisk ferdigstillelse bidrar til en bred naturlig involvering gjennom testene, satt i system.

Også et transparent system er avgjørende. Det innebærer at prosesser, aktiviteter, frister og resultat er synlige, visuelle og lett tilgjengelige (f.eks. vha. tavler, skjermer ol.) og at de kan ses og forstås likt av alle involverte.

### Tabletester:

Tabletester er en svært nyttig aktivitet. Hensikten er å lukke skjulte, uavklarte spørsmål som vil være utfordrende og kostbare å håndtere under bygging eller testing.

En tabletest er avslutningen på et systems prosjektering, ikke en innledning på byggingen. Det er stor verdi i å samle prosjekterende, entreprenører, leverandører, drift og brukere rundt samme bord for å diskutere systemenes funksjon. Tabletestene bør holdes så tidlig som mulig. Derfor må entreprenørene kontrahere sine leverandører i tide til at riktig kompetanse deltar og bidrar i tabletestene.

### Struktur og informasjon:

Det er svært viktig at alle aktørene er lojale mot de retningslinjene som etableres for prosjektet slik at det opprettes en klar master systemliste. Alle må også følge det merkesystemet som prosjektet etablerer. I tillegg til å følge et definert tverrfaglig merkesystem (TFM) skal det utarbeides retningslinjer for hvordan dette merkesystemet brukes og hvordan de ulike digitale systemene (BIM, dRofus, andre databaser) håndterer informasjonen.