

Ole Jonny Klakegg

# Kompleksitet

Forklaringa på alt som er vondt og vanskeleg?

Rapport nr. 5

Trondheim, 23.03.2022



Optimaltid – Rett kompetanse på Rett oppgave til Rett tid

NTNU

## Optimaltid-prosjektet 2020-2024

Involvering av rett kompetanse på rett tidspunkt har stor betydning for offentlige investeringer. Det gir bedre løsninger, lavere driftskostnader og grunnlag for effektiv gjennomføring.

Fremtidens transportsystemer må bli mer bærekraftige og de offentlige midlene må utnyttes best mulig. Dette kan bli resultatet hvis den riktige kompetansen blir engasjert inn i prosjektene på det tidspunktet da deres bidrag har mest å bety for utfallet, samtidig som både regelverk og andre rammebetingelser hensyntas. Det er ingen enkel sak å vurdere hva som er rett tidspunkt og det mangler foreløpig en systematikk for dette.

Optimaltid-prosjektet skal utvikle en slik metode og prøve den ut i fem ulike prosjekter for å dokumentere effekten. Arbeidet krever ny kunnskap om virkningen av tidlig involvering av partene. Den resulterende metoden skal gjøres tilgjengelig gjennom et verktøy eller en veileder som hjelper offentlige utbyggere å vurdere riktig tidspunkt for å engasjere entreprenørkompetansen i infrastrukturprosjekter.

Optimaltid-prosjektet støttes av Norges forskningsråd (NFR p. nr. 309726) gjennom programmet Transport 2025. Prosjektet eies av Statens vegvesen. I tillegg består konsortiet av Nye Veier, Bane NOR, Bodø kommune, Veidekke og WSP. NTNU er akademisk partner og står for metodeutviklingen, mens Prosjekt Norge er kanalen som gjør informasjonen lett tilgjengelig.

## Innholdsfortegnelse

Optimaltid-prosjektet 2020-2024.....	i
Innholdsfortegnelse.....	ii
Liste over forkortinger .....	iii
1. Introduksjon.....	1
1.1 Erkjenning av eit viktig fenomen for prosjektfaget .....	1
1.2 Kompleksitet i norsk prosjektedelse .....	1
2. Kompleksitetsbegrepet – grunnleggande.....	4
2.1 Kompleksiteten sin natur.....	4
2.2 Definisjonar av kompleksitet .....	5
3. Måling av graden av kompleksitet.....	7
3.1 Behovet for å måle kompleksiteten.....	7
3.2 Måleinstrumentet CIFTER.....	7
3.3 Verktøy for vurdering av prosjektkompleksitet og risiko .....	8
3.4 Prosjektets modenhet - PDRI .....	9
3.5 Nordic 10-10 benchmarking og kompleksitet.....	9
3.6 Rollo sitt verktøy for måling av kompleksitet i infrastrukturprosjekt.....	11
4. Kompleksitet i ulike perspektiv .....	14
4.1 Kompleksitet som del av systemet sine eigenskapar .....	14
4.2 Kompleksitet og leiarskap.....	15
4.3 Kompleksitet og innovasjon.....	17
5. Kompleksitet og prosjektdimensjonen .....	18
5.1 Kompleksitet og storleik er to uavhengige dimensjonar.....	18
5.2 Kompleksiteten påverkar prosessen .....	20
6. Kompleksitet på ulike nivå i organisasjonen .....	22
6.1 Rolla og posisjonen du ser frå avgjør kompleksiteten.....	22
6.2 Kompleksitet på ulike nivå i organisasjonen.....	24
6.3 Kompleksitet på oppgåvenivå .....	26
7. Konklusjon.....	28
Referanseliste.....	29

## Liste over forkortinger

Forkorting	Forklaring	Referanse/kjelde
CIFTER	Crawford-Ishikura Factor Table for Evaluating Roles	<a href="https://www.pmpfessions.org/our-tools">https://www.pmpfessions.org/our-tools</a>
CII	Construction Industry Institute	<a href="https://www.construction-institute.org/">https://www.construction-institute.org/</a>
FD	Forsvarsdepartementet	<a href="https://www.regjeringen.no/no/dep/fd/id380/">https://www.regjeringen.no/no/dep/fd/id380/</a>
GAPPS	Global Alliance for Project Performance Standards.	<a href="https://www.pmpfessions.org">https://www.pmpfessions.org</a>
ICCPM	International Centre for Complex Project Management	<a href="https://iccpm.com/">https://iccpm.com/</a>
ICE	Institution of Civil Engineers	<a href="http://www.ice.org.uk">www.ice.org.uk</a>
KVU	Konseptvalgutredning	<a href="https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/statlig-okonomistyring/ekstern-kvalitetssikring2/veiledninger-for-statens-prosjektmodell/id2703533/">https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/statlig-okonomistyring/ekstern-kvalitetssikring2/veiledninger-for-statens-prosjektmodell/id2703533/</a>
Nordic 10-10	Nordic 10-10 gir tilgang til å måle sine prosjekter mot andre prosjekter med verktøyet CII 10-10.	<a href="https://nordic10-10.org/">https://nordic10-10.org/</a>
OPS	Offentlig-Privat Samarbeid	<a href="https://anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/offentleg-privat-samarbeid">https://anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/offentleg-privat-samarbeid</a>
PCRA	The Project Complexity and Risk Assessment Tool	<a href="https://www.canada.ca/en/treasury-board-secretariat/services/information-technology-project-management/project-complexity-risk-assessment-tool.html">https://www.canada.ca/en/treasury-board-secretariat/services/information-technology-project-management/project-complexity-risk-assessment-tool.html</a>
PDRI	Project Definition Rating Index	<a href="https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/pdri-overview">https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/pdri-overview</a>
PRINSIX	PRINSIX-prosjektmodell gjeldende i forsvarssektoren fra 01.01.2020.	<a href="https://www.fma.no/prinsix">https://www.fma.no/prinsix</a>
PUD	Plan for utvikling og drift	<a href="https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/olje-og-gass/pud---plan-for-utbygging-og-drift/id2001287/">https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/olje-og-gass/pud---plan-for-utbygging-og-drift/id2001287/</a>

## 1. Introduksjon

### 1.1 Erkjenning av eit viktig fenomen for prosjektfaget

Ein kort innføring i kompleksitetsteori er tilgjengeleg på nett (Park, 2017). Park framhevar at kompleksitetsteori både erstattar og endrar tradisjonell teori på fleire vitskapsområde.

Kompleksitet er eit fenomen eller ein karakteristikk som har hengt med prosjektfaget lenge. Williams (1997) oppsummerte starten på utviklinga med å vise til Dalcher (1993): *“Dagens prosjektledelse er karakterisert ved sein levering, budsjettoverskridning, redusert funksjonalitet og tvilsom kvalitet. Etter kvart som kompleksiteten og storleiken på prosjekta aukar, blir evna til å gjennomføre dei med suksess dramatisk redusert.”* Williams oppsummerte difor korleis ein kan definere begrepet med det føremål å gjere oss betre i stand til å handtere dei, og forstår kvifor det er så stor forskjel på å handsame enkle og komplekse prosjekt. I åra som har gått sidan Williams først oppsummerte kunnskapen om kompleksitet har prosjektfaget utvikla seg mykje med ny teori og praksisen har blitt meir profesjonalisert.

Mest kjent internasjonalt for å løfte kunnskapen om kompleksitet innafor prosjektfaget er The International Centre for Complex Project Management (ICCPM) i Australia. ICCPM er ein organisasjon som samlar ulike aktørar i offentleg og privat sektor for å utvikle organisasjonar sin kapabilitet for det dei kallar «complex project management» - prosjektledelse for komplekse prosjekt. Australiske fagmiljø er i fronten av denne utviklinga og vi vil difor ta med ein del oppdatert kunnskap derfrå i denne rapporten.

### 1.2 Kompleksitet i norsk prosjektedelse

Korleis er kompleksitet handsama i norske prosjekt? Eg har ikkje gjort ei undersøking i reelle prosjekt som kan vise korleis det står til, kor bevisst ein er om kompleksitet i prosjekta. Heller ikkje har eg undersøkt i dei akademiske fagmiljøa, men nokre eksempel gir eit hint. Nokre norske lærebøker i prosjektfaget nemner ikkje kompleksitet i det heile tatt. Nokre gjer det:

Rolstadås, Johansen, Olsson og Langlo (2020, s 32) tar utgangspunkt i internasjonal litteratur og konstaterer som venta at kompleksiteten har stor påverknad på sjansen for suksess. Kompleksiteten er ikkje å finne som ein eigenskap i prosjektet aleine men også i omgjevnadane og samfunnssituasjonen. For ein organisasjon (eller prosjektleiar) som har liten erfaring kan sjølv relativt enkle prosjekt verke komplekse. Ut over denne erkjenninga står det lite om kompleksitet.

Skyttermoen og Vaagaasar (2015, s 317-319) tar temaet opp i lys av innovasjonsdiamanten til Shenhari og Dvir (2007). Eg vel å omtale denne nedanfor som eit eige tema. Skyttermoen og Vaagaasar dreg fram kompleksiteten si kopling til usikkerheit og nytten av innovasjonsdiamanten til bruk i evaluering av prosjekt og påpeikar at kompleksiteten bør påverke korleis vi organiserer prosjekta. Så mykje meir om kompleksitet er der ikkje.

Den norske læreboka som mest eksplisitt tek opp kompleksitet som tema er Aarseth, Rolstadås og Klev (2016). Med tittelen «Project Leadership Challenges» skulle det berre mangle. Boka er basert på ei spørjeundersøking gjort i regi av Prosjekt Norge. I undersøkinga er ikkje kompleksitet eit separat tema, men det er stilt spørsmål om mange av dei separate dimensjonane som vi seinare skal sjå inngår i definisjon av kompleksitetsbegrepet – sjå kap. 3. Boka omhandlar utfordringane for prosjektledelse under overskriftene interessentar (stakeholders), usikkerheit og beslutningar (decision process), organisasjon (organizational complexity) og teknologi (technological complexity). Her er dei to siste eksplisitt nemnt som kompleksitet, men som vi seinare vil sjå er alle dei nemnte tema inkludert i den moderne definisjonen på kompleksitet.

Concept-programmet er eit anna fagmiljø som jobbar med komplekse prosjekt. Welde (2016) konstaterer at både statlege og kommunale prosjekt ofte opplever kostnadsoverskridinger. Mellom årsakene han trekker fram er at usikkerheita er undervurdert eller ikkje gjort synleg i planar og overslag. Welde (2017) følgjer opp med ei stor undersøking om kostnadsstyring i store statlege investeringsprosjekt der han konstaterer at det totalt sett står bra til med norske statlege prosjekt, men at når det går gale så er det typisk omfangsendringar og svakheiter i kontraktgrunnlaget som dei viktigaste årsakene til overskridinger. Også i denne rapporten vert årsakene til overskridinger knytt til undervurdert usikkerheit. Sjølv om Welde ikkje nyttar kompleksitet som forklaring på årsakene til overskridinger vil vi seinare sjå av definisjonen av kompleksitet er ein viktig del av dette biletet.

Sivertsen og Thiis (2022) konstaterer at «*Kontraktstrategi innenfor bygg- og anleggssektoren må bygge på en god forståelse av prosjektets kompleksitet, risikoprofil og markedets leveringskapasitet.*» Det er altså ikkje berre estimering og planlegging som krev forståing for kompleksiteten, men også kontraktene og oppfølginga. Gjennomføringa av BAE-prosjekt er heller ikkje utan utfordringar. Skancke Hansen (2022) seier i Byggeindustrien «*lever vi med et prosjektmarked der det i perioder er ekstremt høy produksjon, og hvor prosjektene de senere årene har økt i både kompleksitet og omfang. Disse mekanismene og variasjonene i markedet skaper store svingninger i behovet for fagarbeidere, og gjør det svært vanskelig, i praksis nærmest umulig, å opprettholde stabil bemanning til å ta unna toppene som kommer når prosjektene går for fullt.*» Dette er ein del av den komplekse diskusjonen om bruken av bemanningsbyrå som pågår i starten av 2022. Kompleksitet er eit dagsaktuelt tema.

Blikeng (2014) fastslo følgjande basert på Investeringsutvalget (1999) og ei analyse av nyare prosjekt i olje og gassnæringa: «*Investeringsutvalget fikk i 1998 i oppgave å analysere investeringsutviklingen på norsk sokkel. Det ble den gang påpekt at noen av hovedgrunnene for kostnadsoverskridelsene var urealistiske PUD estimator grunnet overdreven optimisme, for kort prosjektplanlegging og dårlig oppfølging, samt svikt i verftenes forståelse av kompleksitet og gjeldende standarder og regelverk. I dag, 15 år senere, har problematikken igjen blitt satt på dagsorden med bakgrunn i at 4 utbyggingsprosjekter på norsk sokkel har stått for overskridelser på over 40 milliarder kroner, og det viser seg at overaskende lite har skjedd siden Investeringsutvalget gjorde sin analyse.*» Dei som trudde ein berre kan kopiere løysingar frå olje og gassnæringa må tru om att.

Forskning.no (Kristiansen, 2009) har undersøkt tilstanden i IT-sektoren og konkluderer at hovudårsaka til kostnadsoverskrideringar er mellom anna overoptimisme og manglande læring av eigen erfaring. Artikkelen refererer til professor Magne Jørgensen som seier: «*I de helt store prosjektene har man ofte undervurdert risiko og vanskelighetsgrad. Man tror at det er en oppskalering av tidligere prosjekter, men slik er det ikke. Det er ofte ikke 10 ganger mer vanskelig, men 100 ganger.*» Risiko og vanskegrad er klare hint til kompleksiteten. Heller ikkje IT-bransjen sit med svara.

Forsvaret er eit anna samfunnsområde der store prosjekt har vist seg å bli dyrare og gå over tida frå tid til annan. I sin prosjektstyringsmetodikk PRINSIX viser Forsvaret at dei har er kjent med kompleksiteten og kor viktig den er<sup>1</sup>: «*Hensikten med konseptfasen er å skape en dokumentert og sporbar sammenheng fra et identifisert behov til valg av et alternativ. Valget skal være basert på en helhetsvurdering av den konsept løsningsalternativet som best ivaretar samfunnets og forsvarssektorens behov gitt rammer og føringer fra FD. For å bidra til dette skal PRINSIX-mal for konseptvalgutredning (KVU) benyttes for å dokumentere grunnlaget, tilpasset prosjektets størrelse, kompleksitet og egenart.*» Å tilpasse til storleik, kompleksitet og eigenart er ikkje ei enkel oppgåve.

Heilskapsinntrykket: Kompleksiteten er nemnt men ikkje gjort til eit viktig tema i lærebøkene på norsk. Det er derimot eit tema ein møter ganske ofte i forklaringar på kvifor ting ikkje går som venta. Dette tek eg som eit signal om at dette temaet bør løftast fram. Eg vonar denne rapporten kan bidra til det.

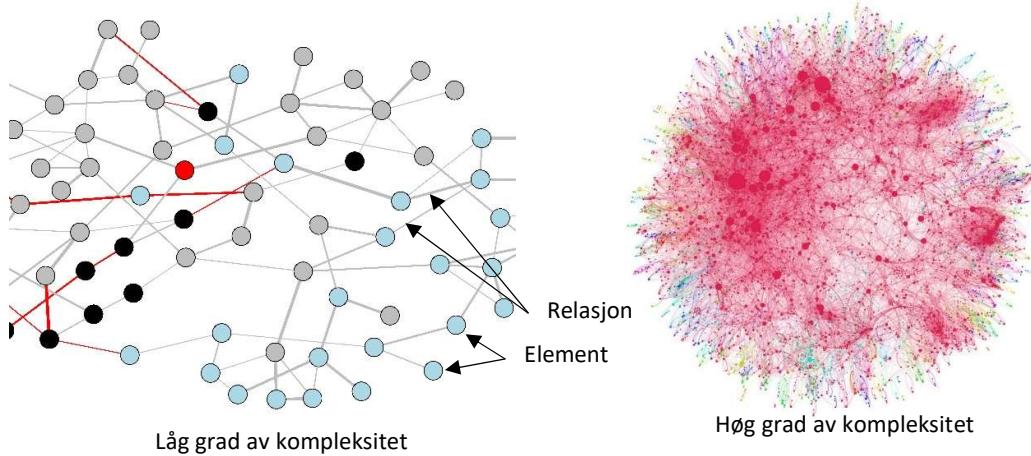
---

<sup>1</sup> <https://www.fma.no/prinsix/prosjektfaser/konseptfase>

## 2. Kompleksitetsbegrepet – grunnleggande

### 2.1 Kompleksiteten sin natur

Kompleksitet har hatt ulike definisjonar opp gjennom tidene. Over tid har kompleksitet vaksen frå å vere eit teknisk omgrep som berre handla om kor mange element som inngår i problemstillinga og relasjonane mellom dei – til å vere eit stort og breitt tema som omfattar også situasjonen rundt «problemet», rørlege mål og generell usikkerheit. Figur 1 viser to illustrasjonar som tener til å skildre grunnleggande forståing av kompleksitet. Den enkle forståinga av kompleksitet<sup>2</sup>, kontra den omfattande forståinga av kompleksitet<sup>3</sup>.



Figur 1 Låg og høg grad av kompleksitet illustrert.

Så lenge ein kan identifisere alle element og forstå relasjonen mellom dei er situasjonen enkel. Dette kallar vi låg grad av kompleksitet. Når det er høg grad av kompleksitet er vi ikkje lenger i stand til å isolere kvart einskild element og kvar relasjon. Det er heller ikkje enkelt å definere kva som er utafor og innafor. Dermed oppstår situasjonen illustrert til høgre i figuren. Ein kan ikkje lenger sjå alle aspekt av problemstillinga. Ingen kan løyse problemet aleine.

Verknaden av dette er at situasjonen vert meir og meir uoversiktleg, ustabil, uordna, ikkje-lineær, irregulær, rekursiv, «tilfeldig» og usikker dess lenger mot høgre ein kjem. Situasjonen blir «framveksande» - ting blir til medan vi går. Ingen kan sjå alle konsekvensar av handlingar og det finst ikkje ei oppskrift du kan følgje.

<sup>2</sup>Illustrasjon av enkel kompleksitetsforståing: <https://www.physics.uu.se/research/physics-education-research/ongoingresearch/Complexity+Thinking+in+Physics+Education+Research/>

<sup>3</sup>Illustrasjon av den omfattande forståinga av kompleksitet: <https://medium.com/@jumptech/an-introduction-to-complexity-theory-3c20695725f8>

## 2.2 Definisjonar av kompleksitet

Kompleksitet som fenomen vart sett på dagsorden med «sommerfugleffekten» av biologen Lorenz i 1972. Han viste at startbetingelsane avgjer konsekvensen i eit komplekst system.

Williams (1996) oppsummerte at kompleksitet i prosjekt er eit samansett fenomen. Det består for det første av strukturell kompleksitet, det vil seie talet på, og den gjensidige avhengigheita mellom element (dette følgjer definisjonen til Baccarini – sjå nedanfor). I tillegg kjem kompleksiteten av usikkerheit om mål og midlar (dette følgjer Turner and Cochrane – sjå nedanfor). Graden av kompleksitet aukar når desse elementa aukar. I prosjekt blir dette forsterka av tendensen til å stramme inn på tidsfristar og gjennomføringstider.

Baccarini (1996) definerte prosjektkompleksitet som “består av mange og gjensidig avhengige deler”. Definisjonen vart operasjonalisert i form av differensiering —antal ulike element—og gjensidig avhengigheit —graden av innbyrdes avhengigheit mellom dei (connectivity). To sider ved prosjekt er klassiske tema for kompleksitet:

**Organisasjonskompleksitet:** Differensieringa er representert med kor mange organisasjonsnivå, organisasjonseiningar, oppgåver, spesialiseringar etc. Avhengigheita kjem an på kor gjensidig tett kopla dei er med tanke på informasjonsutveksling, kompetanse, beslutningstaking, mm.

**Teknologisk kompleksitet:** Differensieringa består av graden av variasjon i innputt, utputt, koplingar, integrasjon, spesialiseringar etc. Avhengigheit består av gjensidig utveksling av signaler og informasjon mellom ulike oppgåver, element, system, team, teknologiar.

Turner og Cochran (1993) påpeika at om metodane er usikre så kan ikkje dei grunnleggande byggesteinane for prosjektstyringa være kjente. Prosjektnedbrytinga (WBS), arbeidspakkane, aktivitetane og deira plassering og sekvens på tidslina. Heller ikkje organisasjonsstrukturen, kostnadsstrukturen etc. Når ein planlegg på slikt grunnlag vil det måtte medføre endringar seinare. Dei deler usikkerheita i to ulike kategoriar:

**Usikkerheit om mål:** Kva problem som skal løysast, omfanget av oppgåva, krava det må tilfredsstille.

**Usikkerheit om metode:** Korleis løyse problemet, kva kompetanse og ressursar som trengs, kva kapasitet som må til.

Som vi ser av desse definisjonane så er kompleksitet og usikkerheit tett kopla. Ein kan alltid diskutere høna og egget – kva som kjem først av usikkerheit og kompleksitet – men det ein må lese ut av dette er at det er både kompleksitet og usikkerheit i eit kvart prosjekt og ein kvar situasjon. Der det er låg grad av kompleksitet kan det likevel vere høg grad av usikkerheit på grunn av variabilitet.

I denne rapporten er det viktigast å legge merkje til at høg grad av usikkerheit vil gjere kompleksiteten enno større og meir krevjande å handtere.

Geraldi, Maylor og Williams (2011) oppsummerte den historiske utviklinga av definisjonen av omgrepet kompleksitet frå 1996. Basert på eit systematisk litteraturstudium fann dei at den «komplette» definisjonen av kompleksitet har følgjande fem dimensjonar (med eksempel):

1. Strukturell kompleksitet (organisasjon og teknikk)
2. Usikkerheit (informasjon, teknologisk utvikling)
3. Dynamikk (variabilitet, endringsfart)
4. Tempo (fart, lengde på syklusar, omsetnad per tidseining)
5. Sosio-politisk kompleksitet (mål, prioriteringar)

Mange forfattarar har studert ulike sider ved kompleksitet knytt til prosjekt. Det siste tiåret har merksemda flytta seg frå den tekniske og organisatoriske kompleksiteten og over mot meir overordna og eksterne perspektiv. Priemus, Bosch-Rekveldt og Giezen (2013) påviste at kompleksiteten er ein kjernekarakteristikk ved beslutningsprosessane i store prosjekt. Klakegg, Williams og Shiferaw (2015) framheva at spesielt for offentlege prosjekt er den politiske dimensjonen ei kjelde til kompleksitet. Seinare har Williams, Vo, Samset og Edkins (2019, s. 1148) peika på at kompleksiteten må forståast som ein del av konteksten for prosjekt. Dei framheva kor viktig det er å identifisere og måle graden av kompleksitet og viser til ei rekke ulike metodar for det. Dei gjekk ikkje inn på grunngjevinga for måling, så vi kjem attende til det nedanfor.

### 3. Måling av graden av kompleksitet

#### 3.1 Behovet for å måle kompleksiteten

Det er ikkje sjølv sagt at ein treng å måle kompleksiteten. Nokre vil seie at ein kjenner att kompleksitet når ein ser det. Basert på erkjenningsa av at kompleksitet er ein subjektiv ting som betyr ulike ting for kvart individ avhengig av kompetanse, erfaring og tilgang på informasjon er det lett å tenke at det trengs bevisstheit om fenomenet – men at måling er fånyttes.

Eg vil likevel påstå at måling av kompleksiteten har nytteverdi i prosjekt. Graden av kompleksitet gjev ulike utfordringar og set ulike krav. Det er viktig for prosjekteigaren å sikre at den som vert sett til å leie prosjektet er kompetent til å handtere den aktuelle graden av kompleksitet som må forventast. System, metodar og verktøy må ha kapasitet til å handtere kompleksiteten i situasjonen. Team og individ med ansvar for forvaltning, planlegging, prosjektering, bygging og drift må meistre den kompleksiteten som løysinga, prosjektet og situasjonen byr på. Dette blir meir og meir kritisk dess meir kritisk (strategisk viktig) prosjektet er, og det blir viktigare dess høgare grad av kompleksitet.

Ein bør difor ikkje ta lett på dette. Det er nytlig å ha eit måleinstrument for kompleksitet. Det gjer bevisste og informerte val mogleg.

#### 3.2 Måleinstrumentet CIFTER

Dette er eit rammeverk for å differensiere leiarroller basert på kompleksiteten i prosjektet som skal styrast. Det er utvikla i Australia av GAPPS – en organisasjon for internasjonal standardisering i prosjektfaget<sup>4</sup> og oversett til norsk av underteikna. Måleinstrumentet består av 7 spørsmål som respondenten svarar med ein karakterskala frå 1 til 4 (GAPPS, 2007). Dette gjer CIFTER<sup>5</sup> til det enkleste kjende måleinstrumentet for graden av kompleksitet. Tabell 1 viser dei sju spørsmåla og karakterskalaen i CIFTER.

Summen av svara frå respondenten gjev ein totalscore mellom 7 og 28 som beskrev kompleksiteten. Høg score svarar til høg grad av (opplevd) kompleksitet. Score frå 7 til 11 definerer låg grad av kompleksitet. Dette er under grenseverdien for GAPPSS standarden og reknast difor som enkle forhold (ref. Cynefin-rammeverket i figur 2). Score mellom 12 og 18 viser moderat kompleksitet. Dette definerer nivå 1 for GAPPSS standarden. Score over 19 viser høgt nivå av kompleksitet. Dette definerer nivå 2 for GAPPSS standarden.

CIFTER i si opphavlege form er forma som eit verktøy for å måle om ein prosjektleiar har den naudsynte kompetansen til å leie eit prosjekt som har slik grad av kompleksitet som scoren viser. GAPPSS standarden beskrev difor i detalj kva kompetansar som krevst for å leie eit slikt prosjekt. Andre føremål og bruksområde vert demonstrert seinare i denne rapporten.

<sup>4</sup> <https://www.pmpfessions.org/>

<sup>5</sup> Crawford-Ishikura Factor Table for Evaluating Roles (CIFTER)

Tabell 1 CIFTER - måling av kompleksitet (GAPPS, 2007)

Kompleksitet for prosjektledelsen	Karakteristikk og poeng			
1. Stabilitet i prosjektets omgivelser.	Svært høy (1)	Høy (2)	Moderat (3)	Lav eller veldig lav (4)
2. Antall disipliner, metoder og angrepsmåter som trengs for å gjennomføre prosjektet.	Lav eller svært lav (1)	Moderat (2)	Høy (3)	Svært høy (4)
3. Omfanget av juridiske, sosial eller miljømessige implikasjoner ved å gjennomføre prosjektet	Lav eller svært lav (1)	Moderat (2)	Høy (3)	Svært høy (4)
4. Den totale forventede finansielle virkningen (positiv eller negativ) på prosjektets interesserenter	Lav eller svært lav (1)	Moderat (2)	Høy (3)	Svært høy (4)
5. Strategisk betydning av prosjektet for virksomheten(e) som er involvert	Svært lav (1)	Lav (2)	Moderat (3)	Høy eller veldig høy (4)
6. Grad av enighet mellom interessentene om produktet eller prosjektets karakteristikker	Høy eller svært høy (1)	Moderat (2)	Lav (3)	Veldig lav (4)
7. Antall og variasjon i grensesnitt mellom prosjektet og andre organisatoriske enheter	Svært lav (1)	Lav (2)	Moderat (3)	Høy eller veldig høy (4)

### 3.3 Verktøy for vurdering av prosjektkompleksitet og risiko

The Treasury Board of Canada (2009) har utvikla eit verktøy: The Project Complexity and Risk Assessment Tool (PCRA). Verktøyet er basert på eit enkelt spørjeskjema med 7 kategoriar:

1. Prosjektkarakteristikkar (18 spørsmål)
2. Strategisk risiko (6 spørsmål)
3. Innkjøpsrisiko (9 spørsmål)
4. Personell (HR) relatert risiko (5 spørsmål)
5. Forretningsrisiko (5 spørsmål)
6. Prosjektintegrering (6 spørsmål)
7. Prosjektkrav (15 spørsmål)

Føremålet med verktøyet er å støtte opp under planlegging av nye prosjekt og program for den canadiske staten. Bruksområdet er kontroll av at alle nye prosjekt som blir lagt fram for godkjenning og avgjerd om finansiering har akseptabelt nivå av kompleksitet og risiko. Dei har henta inspirasjon frå retningsliner for IT-prosjekt. Dette er i og for seg eit praktisk verktøy med gode og grundige forklaringar og hjelp til å tolke kategorisering og karaktersetting, men ressursbruken er naturlegvis ganske stor for å svare ut til saman 64 spørsmål. Resultatet av vurderinga er ein score som totalt kan bli 320. Score blir brukt til å plassere prosjektet i ein av følgjande kategoriar:

1. «Sustaining»: Under 45. Låg grad av risiko og kompleksitet. Moderat ressurskrevjande og påverkar ikkje store deler av organisasjonen.
2. «Tactical»: 45 til 63. Påverkar fleire deler av organisasjonen. Enkelte risikoforhold kan ha betydeleg innverknad, men på avgrensa område.
3. «Evolutionary»: 64 til 82. Dette er prosjekt som er meint å medføre endring. Omfanget er relativt stort og påverkar over organisasjonsgrenser.
4. «Transformational»: 83 og høgre. Dette er dei mest krevjande prosjekta og kan medføre dramatisk påverknad i store deler av offentleg sektor. Resultatet kan vere avgjerande for omdømme.

Det som skil PCRA frå CIFTER er først og fremst detaljeringsgraden og fokuset i PCRA på sjølve prosjektet. Likevel er dei ganske like i det at dei dekkar eit utval av kriterier som er i samsvar med den vide definisjonen av kompleksitet gitt i Gerald, Maylor og Williams (2011).

### 3.4 Prosjektets modenhet - PDRI

Måling av prosjektet sin kompleksitet og risiko minner om metodikken for å måle graden av modenhet. Det klassiske måleverktøyet for prosjektet (eigentleg omfanget) sin grad av modenhet er Project Definition Rating Index (PDRI) utvikla av Construction Industry Institute (CII). Opphavleg vart den utvikla til same formål som PCRA – støtte for å vurdere om prosjektet var klar for å bestemme budsjett og ta avgjerd om finansiering og gjennomføring. Basert på fleire tiår med samla empiriske data har CII utvikla ein heil familie av tilpassa indeksar for å vurdere ulike typar prosjekt, inkludert byggeprosjekt til ulike føremål, industri, prosessanlegg, gruvedrift og infrastruktur.

Verktøyet er meint for bruk i tidlegfaseplanlegging og byggjer på erkjenninga av at eit prosjekt (omfangsdefinisjonen – altså innhaldet i prosjektet) må nå ein viss grad av modenhet før ein kan ta avgjerd om kvalitet, kostnad, framdrift på eit godt nok grunnlag. Godt nok betyr at det er gjennomarbeida tilstrekkeleg til å utgjere eit stabilt og detaljert nok grunnlag til at konklusjonen er til å stole på. Det vil ikkje endre seg så mykje i den vidare prosessen at til dømes kostnaden veks mykje, eller den tekniske gjennomføringsmåten kan bli endra. Det er ikkje ein måling av kor gode planane eller kostnadsestimata er i seg sjølv.

PDRI gjer forskjel på små og store prosjekt. CII påpeikar at det ofte vert antatt at små prosjekt er enkle, har mindre grad av kompleksitet og for eksempel er eigna som «treningsarena» for mindre erfarte prosjektleiarar. For å sikre at også slike prosjekt vert vurdert nøyne og har eit godt grunnlag for beslutning om budsjett har dei utvikla spesielle utgåver av PDRI for små industri-, bygge- og infrastrukturprosjekt. For øvrig seier ikkje PDRI mykje om kompleksitet.

### 3.5 Nordic 10-10 benchmarking og kompleksitet

Construction Industry Institute har utvikla ei rekkje verktøy og eit av dei er 10-10. Ti spørsmål innafor ti kategoriar som til saman utgjer eit (rimeleg) enkelt verktøy for benchmarking av

prosjekt. Hensikten med dette verktøyet er å auke prestasjonen til prosjekta og identifisere på kva områder dei scorar høgt og lågt samanlikna med andre. Sjølv evaluatingsprosessen er ein tilrettelagt og styrt gruppeprosess med brei deltaking slik at den også verkar som ein lærearena i seg sjølv. Verktøyet er gjort tilgjengeleg i Norden av Nordic 10-10 – ein medlemsorganisasjon som let medlemmene få tilgang til verktøyet og benchmarkingtenestene. Prosjektet blir då målt opp mot liknande prosjekt frå Norge og andre deler av verda for å sjå korleis det presterer. Verktøyet er oversett til norsk og tilpassa nordiske forhold.

Nordic 10-10 måler kompleksitet gjennom å registrere kor mange av følgjande faktorar som er identifisert som kompliserande i prosjektet. Føresetnaden er at prosjektet vert oppfatta som komplekst, og «målinga» identifiserer kvifor. Brukaren blir beden om å krysse av dei som gjeld for prosjektet av følgjande ni årsaker:

- Storleik
- Plan (til dømes kort tid)
- Kontraktstrategi
- Lokalisering
- Teknisk kompleksitet
- Prosessomfang
- Mangfald i prosjektteamet
- Leveringsdyktighet hos leverandør
- Andre forhold

I tillegg har 10-10 verktøyet ein måling av vanskegrad i fire nivå:

1. Nybygg eller rehabilitering med god plass og tilgang, ingen kompliserande eksterne restriksjonar.
2. Litt begrensa tilgang slik at enkelte bevegelsar er hindra, urbane omgjevnader eller därlege grunnforhold.
3. Avgrensar tilgang, kan ikkje jobbe fritt til alle tider av døgnet, bruk av skiftordning.
4. Mange eksterne restriksjonar (arbeidstid, lyd, støv, vibrasjonar) og arbeid nær inntil eller i bygg eller anlegg i drift.

Haaskjold, Andersen og Langlo (2021) har analysert data frå 134 norske prosjekt i Nordic 10-10 databasen. Prosjekta scorar i snitt 1,72 på ein kompleksitetsskala frå 0 til 5. Det er relativt lågt, og data viser også at dei fleste prosjekta er lite til moderat komplekse, men at nokre få er svært komplekse og dreg snittet opp.

Forfattarane analyser korrelasjon mellom ulike karakteristikkar av prosjekt og konstaterer mellom anna følgjande:

- Det er ikkje noko klar samanheng mellom graden av kompleksitet og kor mykje ressursar som blir brukt til å styre prosjekta.
- Det er heller ikkje nokon klar samanheng mellom «burn rate» - kor stor omsetnad per tidsperiode eit prosjekt har (ein potensiell kompleksitetsindikator) – og bruken av ressursar til å styre prosjektet. Prosjekt med lav burn rate og lang tid har gjerne større

ressursbruk til styring. Prosjekt med lave kostnader og kort tid synest også å bruke ein relativt stor del av ressursane til styring.

- Når dei analyserer samanhengen mellom kompleksitet og burn rate finn dei ingen systematisk samanheng i det heile tatt. Alt i alt kan funna tyde på at prosjekteigarane (som er ansvarleg for å velje hensiktsmessig gjennomføringsmodell - organisering og styring for prosjekta) ikkje har forhold til desse begrepa i det heile tatt.
- Likevel kan ein sjå av resultata at svært komplekse prosjekt med låg burn rate brukar store ressursar på styring. Det heng truleg saman med at prosjekt som er svært komplekse vil ha større grad av avhengigheiter som medfører venting og låg ressursutnytting.

Alt i alt er desse resultata eit signal om at det er for lite merksemd på kompleksitet i norske prosjekt.

### 3.6 Rollo sitt verktøy for måling av kompleksitet i infrastrukturprosjekt

Mike Rollo (2020) utvikla eit måleverktøy for kompleksitet som synleggjer eit viktig poeng: Det avgjerande er ikkje kompleksiteten aleine, men i kombinasjon med evna til å handtere den. Måleverktøyet er vist i figur 2, med eit eksempel på måling lagt inn for illustrasjon.

Rollo sin metode er utvikla for store infrastrukturprosjekt. Eksempelet i figur 2 (representert ved kryss i tabellen) har ein total kompleksitet på 70 som her er karakterisert som høg grad av kompleksitet. Forklaringa til denne klassifiseringa er som følgjer:

Øvste delen av skjemaet i figur 3 viser vurderinga av kor god evne prosjektorganisasjonen har til å handtere kompleksitet. Vurderinga har 8 ulike målepunktar og omhandlar leiarkompetanse og teamet si erfaring, organisasjonskulturen og haldninga til usikkerheit, tilgong til og erfaring med relevante tekniske system, og stabilitet i og rundt organisasjonen. Legg merke til karakterskalaen som har høge verdiar til venstre og låge verdiar til høgre. Høge verdiar stabiliserer situasjonen og motverkar kompleksiteten – god evne til å handtere den.

Nedste delen av skjemaet i figur 2 viser vurderinga av kor stor utfordringa er i prosjektet og situasjonen. Vurderinga har 12 ulike målepunktar der ein del av dei viser storleiken av prosjektet i form av omfang, kostnad og tid. Den neste sekvensen handlar om kritikalitet i form av nødvendighet (urgency), risiko for ulykker/skader. Dernest ein sekvens som beskriv den tekniske kompleksiteten i form av nyhetsgrad i teknologien, kor mange og modne/stabile krava er, vidare kor komplekst interessentbiletet er i form av antal og variasjon/stabilitet. Til slutt tre separate vurderingar som står for seg sjølv; stabiliteten i reguleringar og eigarskap, gjennomføringsmodellen og kontrakta (risikofordeling), og til slutt ei heilskapsvurdering av kor mange komponentar og relasjonar sjølv løysinga har. Legg merke til karakterskalaen som har låge verdiar til venstre og høge verdiar til høgre. Høge verdiar representerer stor påkjenning eller utfordring for prosjektorganisasjonen.

Factor			Rating				
	Organisational Capability (Internal Environment)		Very Low [5]	Low [4]	Moderate [3]	High [2]	Very High [1]
1.1	Leadership style, experience, behavioural attributes inspiration and influence					X	
1.2	Team experience, structure and track record					X	
1.3	Learning culture flexibility creativity				X		
1.4	Risk aversion – risk seeking culture : Level of Risk Management experience					X	
1.5	Internal project organisation stability					X	
1.6	External JV partners organisation stability				X		
1.7	Process and technology platform effectiveness				X		
1.8	Team experience with the platform				X		
Project Specific Factors (External Environment)			Very Low [1]	Low [2]	Moderate [3]	High [4]	Very High [5]
2.1	Level of Scope allocated						X
2.2	Level of Cost (spend per diem)					X	
2.3	Duration (limitations to complete)				X		
2.4	Urgency / criticality				X		
2.5	Intricacy or novelty of the outcomes					X	
2.6	Safety risk (unmitigated)						X
2.7	Requirements immaturity and instability					X	
2.8	Number of external stakeholders to work with						X
2.9	External stakeholder instability (incl client)					X	
2.10	Level of External regulation and governance factors to comply with						X
2.11	Contracting model (risk allocation to the contractor)					X	
2.12	Number of component parts and their interactions and relationships					X	

Table A-8: Mega Infrastructure Project A - Complexity Assessment Scores

Level of Complexity	Very Low <20	Low < 40	Moderate <60	High <80	Very High >80	Overall Rating	20 + 50 = 70 [ High]

Table A-9: Mega Infrastructure project A - Complexity Assessment Rating

Figur 2 Måleverktøy for kompleksitet (Rollo, 2020)

Eksempelet i figur 2 illustrerer ein uheldig kombinasjon. Prosjektorganisasjonen er relativt uerfaren med låg score på læringskultur og kreativitet, stabilitet i omgjevnadane og lite erfaring med systemet. Score 20 av 40 moglege. Dette gjer at prosjektorganisasjonen har middels til låg evne til å handtere kompleksitet. Prosjektet i seg sjølv har dels svært høg utfordring, spesielt når det gjeld omfang, sikkerheit, talet på eksterne interesser og eksterne reguleringar. Score 50 av maksimalt 60. Summen av dei to scorane – 70 – markerer ein svært kompleks utfordring for prosjektorganisasjonen. Prosjektet er ei utfordring i overkant av det denne prosjektorganisasjonen kan handtere.

## 4. Kompleksitet i ulike perspektiv

### 4.1 Kompleksitet som del av systemet sine eigenskapar

Prosjekt kan forståast som teknologisk-sosiale-økonomiske system. Å forstå korleis slike system fungerer, heng saman og ikkje minst korleis dei samhandlar med sine omgjevnader er eit viktig tema i forskinga på slike system (Helbing et al., 2011). Dette er spesielt viktig når prosjekta (systema) har høg grad av kompleksitet. Kompleksiteten i slike system er nettopp ein konsekvens av at sistema er avhengig av samvirke mellom det tekniske, det sosiale (menneska, organisasjonen), og det økonomiske. Helbing et al. sin artikkel oppsummerer historia bak utviklinga av denne teorien, og viser eit bilet på korleis kompleksiteten påverkar leiarskap i slike system. Seinare har ord som «resilience» blitt sentral i denne debatten. Eg skal ikkje gå inn i debatten om resiliens her. I staden vil eg referere til to studier av nyare dato som illustrerer kunnskapsfronten på komplekse prosjekter i 2022.

Institution of Civil Engineers (ice.org.uk) er sentrale i utviklinga av kunnskapen om komplekse system. Rapporten ‘A Systems Approach to Infrastructure Delivery’ (ICE, 2020) summerer opp ein gjennomgang av temaet – korleis systemtenking (systems thinking) kan brukast til å forbetre evna til å leve komplexa infrastrukturprosjekta. Eit grunnleggande poeng i rapporten er at ein ser prosjekta som ein inngrisen i eit eksisterande komplekst system. Dette gjer for eksempel at korleis ein definerer systemgrensene (avgrensinga til prosjekta) svært viktig. Omgjevnadane til prosjekta er i seg sjølv svært komplekst og endrar seg raskt. Ein treng å forstå «the extended system» - prosjekta i situasjonen. Rapporten påpeikar at «heroisk prosjektleiing», basert på tradisjonell tilnærming der prosjekta vert skjerma frå omgjevnadane og leia av ein sterk leiarfigur, ikkje er eigna for komplekse prosjekta. Ein må sette brukarane og drifta i fokus. Rapporten gjev vidare ei rekkje gode råd og definerer prinsipp for ei meir systembasert tilnærming til prosjektleiing for komplekse prosjekta. Desse vil vere nyttige for å utvikle faget vidare, men er ikkje tema i denne rapporten.

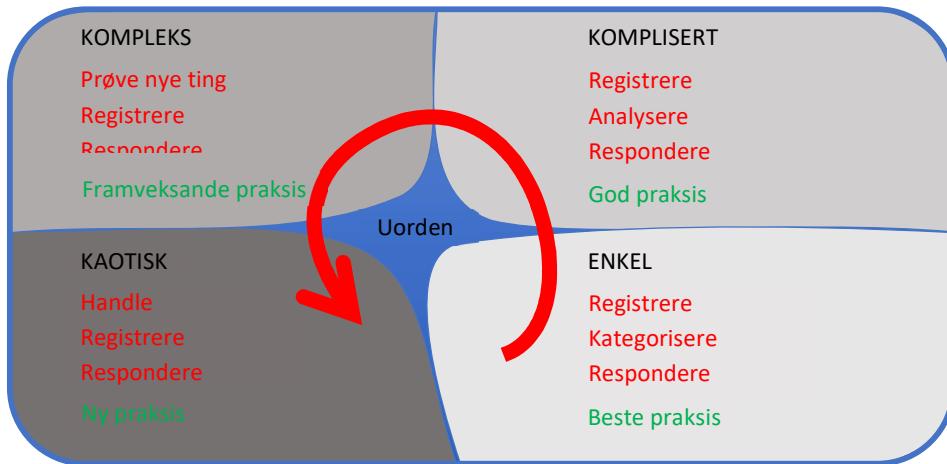
International Centre for Complex Project Management (ICCPM) i Australia er alt nemnt i innleiinga til denne rapporten. Dei ga nyleg ut ein viktig rapport som summerer opp den siste utviklinga på feltet (Bensley, Smith & Barber, 2021). Hovudbodskapen er at ein må forstå dei framveksande (emergent) eigenskapane til eit komplekst system for å kunne styre slike prosjekta. Likeins som rapporten frå UK framhevast også her behovet for å forstå systemet som heilskap, og korleis alt heng saman, men det er viktig å forstå at ein ikkje kan forstå alt på førehand. Korleis kan ein då sikre gode beslutningar og planlegging? Eit hovudbodskap frå rapporten er at ein må bruke ulike perspektiv og vitskaplege paradigmar for å verkeleg forstå. Rapporten refererer eit utsegn frå ein deltakar slik (s. 14): «*In complexity, we cannot seek simplicity, and we cannot seek to know everything, and we cannot seek control, but we can seek clarity and focus*». Nettopp dette går att i både den engelske og den australske rapporten: Å sikre klar retning og fokus gjennom å sette opp og vedlikehalde den rette målforståinga i prosjektorganisasjonen.

## 4.2 Kompleksitet og leiarskap

Baccarini (1996) gjev startpunktet for denne diskusjonen. Han løftar fram kor viktig kompleksiteten er for prosjektleieren. Det påverkar i stor grad prosjektlearen si oppgåve. I tillegg er kompleksiteten avgjerande i den strategiske styringa av prosjektet – det vil vi i dag oversette til prosjekteigarstyring. Dette poenget vart tidleg påpeika av Morris and Hough (1987) når dei konstaterte at konvensjonell leiing og system ikkje er eigna for komplekse prosjekt: “*complex projects demand an exceptional level of management, and that the application of conventional systems developed for ordinary projects have been found to be inappropriate for complex projects*”.

Seinare har mange jobba med nettopp dette. Vi har alt nemnt australske ICCPM som har via alt sitt virke til nettopp eigarstyring av, og utvikle praktisk prosjektleiing for, komplekse prosjekt. Remington og Pollack (2007) samla kunnskapen om komplekse prosjekt og gjer tilgjengeleg ei rekkje strategiar og verktøy for å styre komplekse prosjekt avhengig av kva type kompleksitet som karakteriserer den aktuelle situasjonen og oppgåva.

Vi skal imidlertid plukke fram rammeverket til Snowden og Boone (2007) her: Cynefin-rammeverket, som vist i ei norsk oversetting i Figur 3. Snowden og Boone framhevar at kompleksitet er meir ein filosofi eller tenkjemåte enn det er eit spørsmål om verktøy.



Figur 3 Cynefin rammeverket (Snowden og Boone, 2007)

Snowden og Boone startar i nedre høgre hjørne, følgjer pila og beskriv rammeverket slik:

- Enkle forhold: Området der beste praksis er realistisk. Her er situasjonen karakterisert ved stabilitet og klare samanhengar. Den som er i stand til å kategorisere situasjonen rett og velje rett lerebok-oppskrift kan også styre eit prosjekt.
- Kompliserte forhold: Her handlar det om å velje ein god praksis for å respondere til situasjonen. Med stor grad av detaljkunnskap og brei erfaring kan det rette svaret finnast. Dette er ekspertane sitt domene.

- Komplekse forhold: Situasjonen er uoversiktleg og det finst ikkje ei oppskrift. Ein leiari må kunne utvikle ny praksis basert på forståing av dei rådande tilhøva og erfaringane som følgjer av å prøve seg fram. Dette minner om forsking og er området der ny praksis vert utvikla.
- Kaotiske forhold: Situasjonar som krev rask handling for å etablere orden slik at målretta tiltak kan settast i verk. Den vidare prosessen kjem an på responsen som oppstår og leiaren må prøve seg fram og utvikle ny praksis som resultat av dette.

Kompleksiteten er altså ikkje upåverkeleg og ein er ikkje dømt til å fortsette å prøve seg fram i blinde gjennom kaoset. Kunsten er å jobbe seg attende med klokka i figur 3 og gradvis gjere situasjonen meir styrleg. Det som først vert opplevd som kaotisk kan snart vise gjentakande mønster som betyr at situasjonen no er kompleks. Når ein har fått erfaring med dei responsane som opptrer kan situasjonen stå fram som komplisert, men ikkje lenger uoverkomeleg. Når ein har fått god oversikt over forholda og har lært seg korleis den skal handsamast så blir den gradvis enklare. Med andre ord: Det er enkelt viss ein kan det.

Leiarskap i komplekse situasjonar handlar om å skape kapabilitet til å handtere utfordringane. Snowden og Boone (2007) nemner nokre grep som er til hjelp:

- Opne opp for diskusjon. Interaktiv dialog er det einaste sikre verktøyet i situasjonar med høg grad av kompleksitet. Dette betyr at gruppeprosessar og involvering av interessentar er viktige for å sikre tilgong til idéar og kunnskap som elles ikkje ville vore tilgjengeleg for planlegging og beslutningstaking.
- Sette opp barrierer. Barrierer set grenser for åferd og tillet at grupper og individ kan få respondere autonomt innafor dei definerte grensene. Dette gjev klart handlingsrom. Kombinert med mandat til å ta eigne beslutningar gjev dette eit større spekter av responsar til å møte kompleksiteten.
- Bygg på diversitet og ulike perspektiv. I komplekse situasjonar er debatt og ulikskap ein styrke. Ein må bygge ein kultur i organisasjonen som ikkje berre toler dissens men oppmodar til å utfordre både det beståande og nye framlegg. Det er avgjerande at kritiske perspektiv vert fokusert på problemet og ikkje personen.
- Bruk «tiltrekkarar» («attractors» i systemteorien) til å etablere resiliens og stabilitet. Tiltrekkarar gjer at organisasjonen vender attende til eit ønska mønster eller system så snart forholda tillet det. Dermed vil ein oppnå at avvik på grunn av kompleksiteten ikkje leiari til oppløysing av normer og mønster.
- Registrer start-tilstandar og overvak utviklinga slik at framveksande utviklingstrekk vert registrert og oppfatta tidleg. Utkome er vanskeleg å forutsjå i komplekse situasjonar, men om ein ikkje følgjer nøye med er det i alle fall ikkje råd. Hensikten med den årvakne haldninga er å sikre at ein ikkje går glipp av moglegheiter til å skape noko betre i den framveksande situasjonen.

### 4.3 Kompleksitet og innovasjon

Shenhar og Dvir (2007) er kanskje dei som har løfta kompleksiteten tydelegast opp som avgjerande for prosjektfaget. Dei byggjer på inngående studier av ei rekke store prosjekt i praksis og brukar begrepa innovasjon og kompleksitet som argument for å «finne opp prosjektfaget på nytt». Tanken er interessant innafor ramma av denne rapporten.

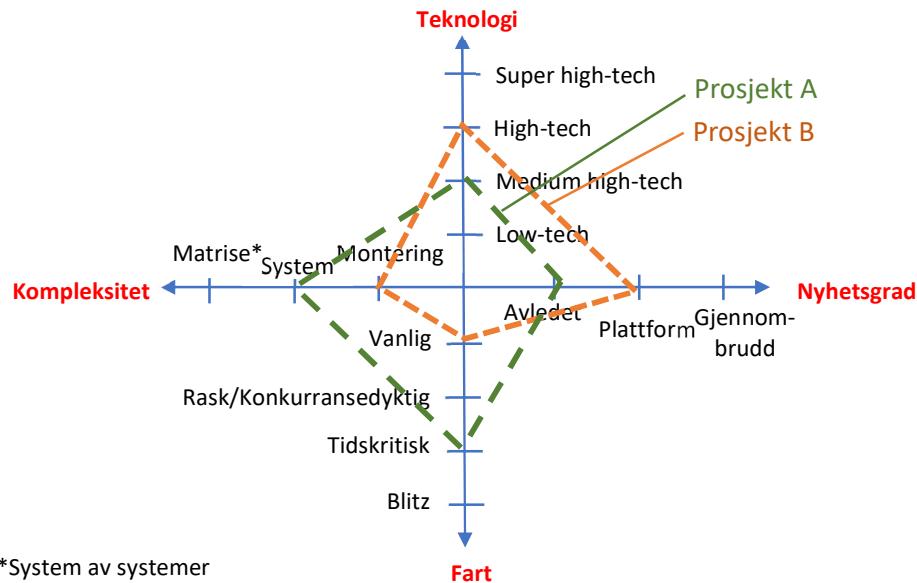
Utgongspunktet til Shenhar og Dvir er at innovasjon har fire dimensjonar eller grader av:

- Unik – grad av nyheit, ikkje gjort før
- Kompleks – grad av komplisert og samansett
- Teknologi – i kor stor grad teknologien er styrande for prosjektet og produktet
- Tempo – kor kort tid, høgt tidspress ein må jobbe under.

For kompleksiteten definerer Shenhar og Dvir tre nivå:

- Samling – montere fleire komponentar som saman utgjer ein heilskap, eit produkt.
- System – foreining av mange samlingar som påverkar kvarandre og tener fleire funksjonar samstundes.
- Samanstilling – når prosjektet må handtere eit heilt register av komplekse system eller samordne mange organisatoriske einingar for å løyse oppgåva i ei matrise.

Tilsvarande definerer dei nivå for alle fire dimensjonane av innovasjon. Når dei set saman alle dimensjonane med sine definerte nivå får dei eit verktøy for å drøfte leiarstil, organiseringsform og styring i prosjekt under ulike grader av innovasjonsbehov. Sjå eksempel i figur 4.



Figur 4 Diamantmodellen (Shenhar og Dvir, 2007)

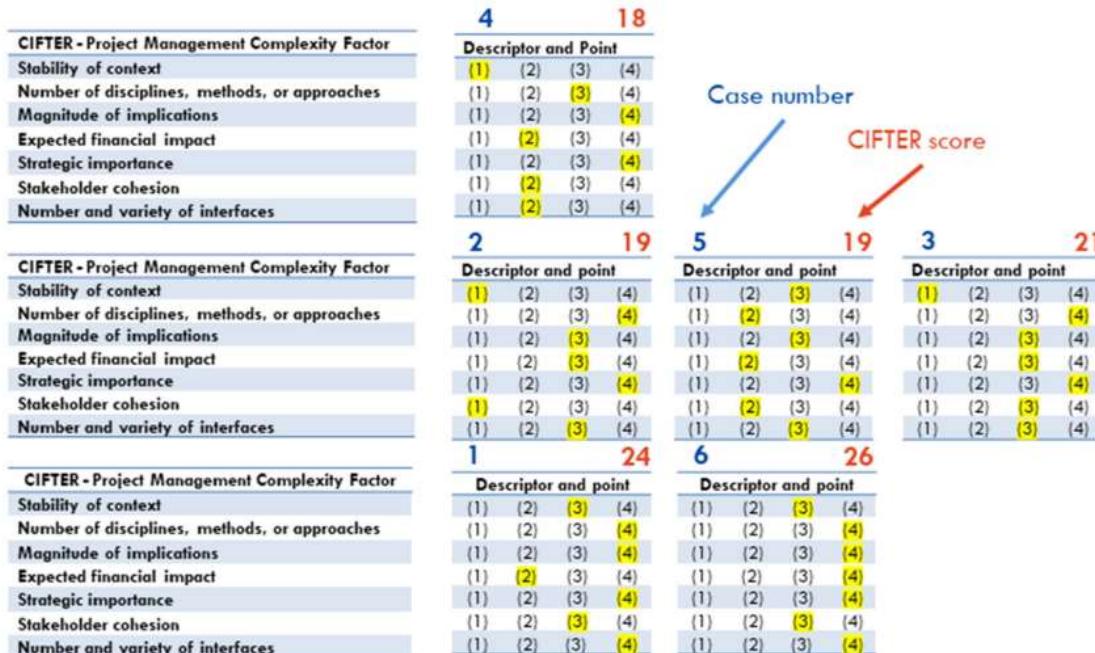
Shenhar og Dvir (2007) gir råd om leiarskap, organisering og styring avhengig av kor høgt prosjektet scorar på dei fire ulike dimensjonane i diamanten. Dei to prosjekta som er illustrert i Figur 4 er soleis ulike tilfelle som ville få ulike råd, men det er ikkje tema her.

## 5. Kompleksitet og prosjektdimensjonen

Som vist i kapitla framfor handlar kompleksitet om å forstå prosjektet i ein større samanheng. Kompleksitet oppfattast ulikt av ulike individ avhengig av deira posisjon/rolle, kompetanse/kunnskap og erfaring og kva utfordring personen står overfor. Det betyr at kompleksiteten vil oppfattast ulikt i ulike perspektiv. Hensikten med å måle kompleksiteten er difor å innføre ein felles målestokk og eit instrument som gjer at ein er i stand til å registrere vurderingar av dei same aspekta for samanlikning, slik det vart gjort greie for i kapittel 3.

Vidare i dette kapittelet vil eg vise nokre eksempel som illustrerer utvalde sider av dette. Kjelda er ein forskingsrapport laga under eit forskingsoppdrag i Australia i 2019-20 (Klakegg, 2020). Eksempla er australske byggeprosjekt og måleverktøyet for kompleksitet som er brukt her er CIFTER (sjå kap. 3.2 for meir detaljar om målemetoden). Figur 5 viser resultata av kompleksitetsmålingar i dei seks ulike prosjekta og tabell 2 følgjer opp med å vise eit enkelt utval av fakta frå prosjekta for samanlikning. Sjå tabell 1 s. 8 for spørsmåla i CIFTER verktøyet.

### 5.1 Kompleksitet og storlek er to uavhengige dimensjonar



Source: O.J. Klakegg, April 2020 Roundtable: Designing Contractual Relationships for the Future

Figur 5 Resultat av kompleksitetsmåling (CIFTER) i seks ulike prosjekt, rangert ovanfrå ned med veksande grad av kompleksitet. Gult markerer respondentane sine svar.

Tabell 2 Fakta om dei seks ulike prosjekta i figur 4. Her rangert frå venstre mot høgre etter storleik. Kostnad i australske dollar (AUD) – p.t. er kursen 0,16: 1 mill. AUD er 6,25 mill. NOK.

Prosjekt ID	1	2	3	4	5	6
CIFTER	24	19	21	18	19	26
Type	Bygg	Bygg	Bygg	Bygg	Infrastruktur	Infrastruktur
Sektor	Bustad	Universitet	Universitet	Sjukehus	Jernbane	Bane og veg
Kostnad	4 mill.	70 mill.	140 mill.	340 mill.	2 800 mill.	18 000 mill.
Kontrakt	Utførelse	Utførelse	Utførelse	Utførelse	OPS	Allianse

Målinga vart utført ved at skjemaet (tabellen 1 s. 8) saman med retningslinene for bruk vart sendt til prosjektleiarene for kvart prosjekt. Dei markerte sine svar i tabellen som førebuing til eit oppfølgande intervju som vart gjennomført ansikt til ansikt nokre dagar seinare. Nokre av respondentane kjende CIFTER frå før. Intervjuet førte ikkje til endring av nokon svar, så i praksis er dette resultatet av eigenvurdering. Talet på prosjekt er lite, så grunnlaget for konklusjonen på dette forsøket er svakt, men resultata viser svært klar konklusjon.

Resultatet av vurderingane for kvart einskild prosjekt viser spreiing i graden av kompleksitet – frå 18 til 26. I følgje retningslinjene i CIFTER er altså prosjekt nr. 4 som scorar 18 moderat komplekst men heilt oppe under grensa (19) mot høg grad av kompleksitet. Det prosjektet som scorar høgst er prosjekt nr 6 som er ekstremt komplekst med 26 av maksimalt 28 i score. Utvalet inneheld altså berre prosjekt med stor til svært stor grad av kompleksitet.

Den mest interessante observasjonen i denne målinga er at det ikkje er nokon samanheng mellom storleik og kompleksitet. Det mest komplekse prosjektet (nr. 6) er eigentleg eit kjempestort program med mange små og store prosjekt. Det nest mest komplekse prosjektet (nr. 1) er eit lite program av mange små bustadprosjekt (sosial bustadbygging). Forskjelen i storleik målt i kostnad er enorm: 1 til 4500. Likskapen er at dei begge er samansette program som scorar høgt på alle dimensjonar av kompleksitet i CIFTER – unntatt at det minste prosjektet som ikkje har stor økonomisk innverknad ut over dei direkte involverte interessentane. Dette bør vere til ettertanke for dei som meiner økonomisk storleik kan vere eit eigna uttrykk for graden av kompleksitet.

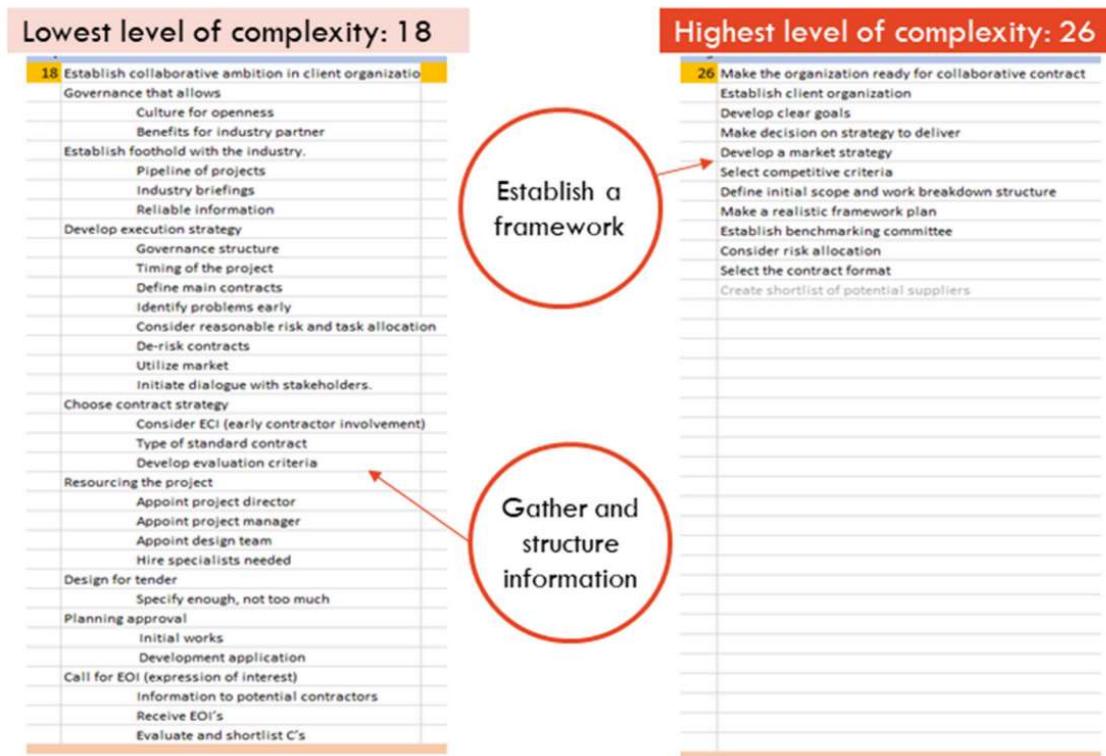
Prosjekt 2, 3 og 4 er store enkeltbygg som alle inngår i ein større samanheng som del av ein campus i full drift (universitet og sjukehus). Dei er komplekse, men ligg i nedre del av spekteret som CIFTER kategoriserer som komplekse. Det eine prosjektet (nr 3) har høgare score på grunn av stor sprik i oppfatning om prosjektet mellom dei sentrale aktørane. Prosjekt nr 5 er eit stort OPS-prosjekt for oppgradering av jernbanetilbodet i og rundt Sydney. Med unntak for strategisk viktigkeit scorar det middels på alle kriteria. I denne gruppa av prosjekt er det altså stor forskjel i storleik: forholdet 1 til 40, utan at det sler ut i ulik grad av kompleksitet.

Konklusjon: Storleik og grad av kompleksitet er to uavhengige dimensjonar.

## 5.2 Kompleksiteten påverkar prosessen

I lys av det vi har gått gjennom over er det ikkje overraskande at graden av kompleksitet sler ut i ulike behov og krav til prosessen å utvikle eit prosjekt. I forskingsrapporten om førebuing til godt samspel i kontrakt (Klakegg, 2020) såg eg spesielt på kontraheringsprosessen og kor ulike aktivitetane og informasjonsutvekslinga arta seg i lys av kompleksiteten. Det var ikkje nokon enkle prosjekt med i dette utvalet. Resultatet er oppsummert i figur 6. Analysa er utført med eigaren – byggherren – sitt perspektiv.

Rapporten (Klakegg, 2020) inneholder komplette sjekklistar for førebuing til samarbeid i kontrakt basert på intervju og gjennomgang av prosessen i alle dei seks prosjekta presentert i kapittel 5.1. Dette resulterte i at det vart mogleg å skilje på ulike grader av kompleksitet og sjå korleis dei ulike krava og behova for informasjon og dialog mellom partane endra seg med kompleksiteten. Figur 6 forenklar dette biletet med å berre fokusere ytterpunktane – det enklaste og det mest kompliserte prosjektet og berre for eit steg av prosessen: Identifisere og sjekke ut moglege partnerar for samarbeid.



Source: O.J. Klakegg, April 2020 Roundtable: *Designing Contractual Relationships for the Future*

Figur 6 Illustrasjon av forskjellen i førebuanede aktivitetar før kontrakt i prosjekt med ulik grad av kompleksitet.

Figur 6 viser ein klar forskjel i aktivitetar og informasjonsutveksling med moderat grad av kompleksitet og høg grad av kompleksitet. Så lenge kompleksiteten er moderat har prosessen karakter av å vere dominert av samling og tilrettelegging av informasjon som er relevant for tilbydarar når dei skal utarbeide tilbod. Informasjonen er faktabasert og baserer seg på at byggherren har definert alle dei vesentlege premissane på førehand. Å nå ut med informasjon til marknaden (alle relevante aktørar) er viktig. Byggherren kjenner marknaden sin godt, eller må foreta ei systematisk kartlegging av den. Prosessen er stort sett einvegs – frå byggherren til marknaden. Verkemidlane kan veljast i lys av dette. Informasjonsmengda som partane må forholde seg til er stor frå start av dialogprosessen. Mykje er kjent.

Når kompleksiteten er svært høg er det ikkje mogleg for byggherren å ha alle svara på førehand. Førebuingane er dominert av at ein må utvikle mål og strategiar for ei ferd gjennom ukjent terren. Evna til å handtere kompleksitet må sikrast så utvikling av eigen organisasjon er meir viktig enn å samle masse detaljert informasjon. Det er ikkje råd på førehand å eksakt plukke ut den relevante informasjonen, og om ein samlar masse informasjon er det ganske sikkert at den vil endre seg fleire gongar i løpet av prosessen. Ein kan difor med fordel redusere på informasjonsmengda og bør heller fokusere meir på dialog mellom partane. Prosessen framfor signering av kontrakt handlar om å utvikle eit felles rammeverk for samarbeid. Mykje er ukjent.

Sjølv om eksempelet er frå kontraheringsprosessen vil ein finne dei same utfordringane i andre prosessar av planlegging og styring gjennom heile prosjektet.

Konklusjon: Kompleksitet og usikkerheit (mangel på informasjon) er nær i slekt.

## 6. Kompleksitet på ulike nivå i organisasjonen

### 6.1 Rolla og posisjonen du ser fra avgjer kompleksiteten

For å illustrere poenga i dette kapittelet hentar eg fram eit eksperiment med måling av kompleksitetsgraden i eit norsk jernbaneprosjekt: Bane NOR sitt InterCity-prosjekt på Eidsvoll: Venjar – Langset. Prosjektet vart evaluert av eit team frå NTNU og Sintef Community i løpet av 2021 (Klakegg, Ekambaram og Olsson, 2021). Nøkkelopplysningar om prosjektet og dei to delprosjekta er vist i figur 7.

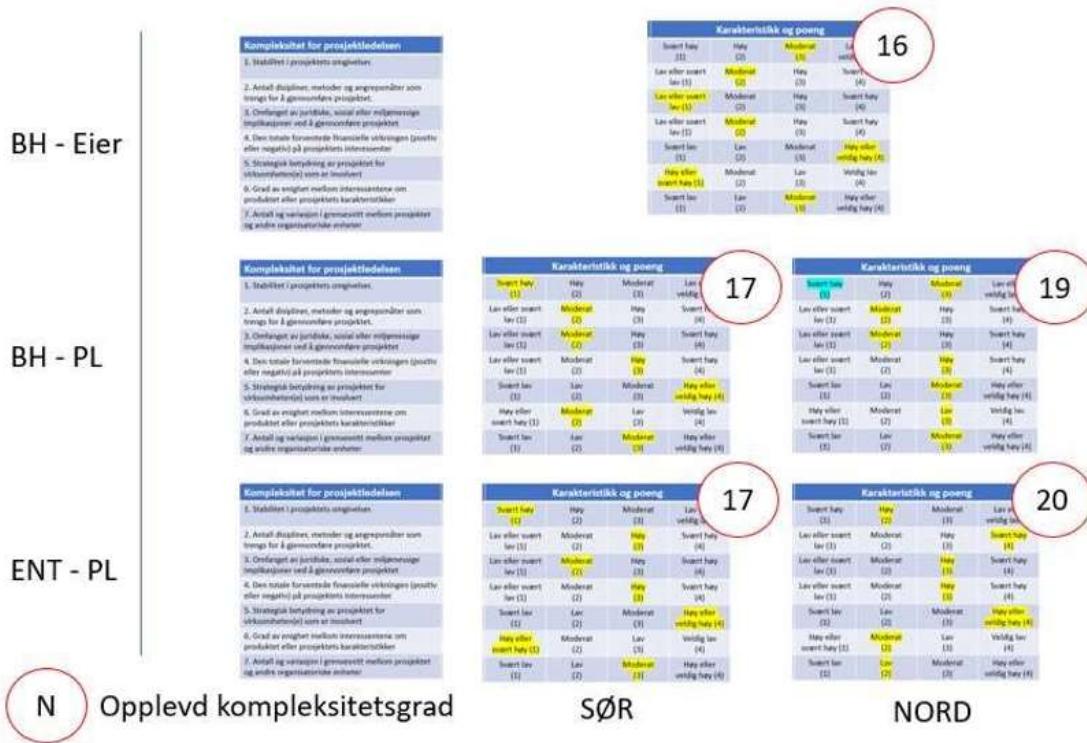
VEN: Venjar – Eidsvoll nord	ENL: Eidsvoll nord – Langset
 <p>4 km enkeltspor i parallel med eksisterende 5 km nytt dobbeltspor fra Eidsvoll st. nordover Wergeland løsmassetunnel, 380 m. 4 Underganger/kulverter, 18 til 108 m. 5 Jernbanebruer, 36 til 197 m. Jernbaneteknisk arbeid Nytt kobilingshus</p> <p>Framdrift: Byggearbeidene startet i 2018 og skal være ferdig i 2022. Entreprenør: NCC Budsjett: 1,6 mrd.</p>	 <p>4,5 km dobbeltspor Minnevik jernbanebru, 836 m. 2 jernbanebruer, 61 og 65 m. 1 Driftsveibru, 40 m. Kråkvål jernbanetunnel, 80 m. Sætre kulvert, 48 m. 8 km turvei «Vormtråkk» (nasjonal sykkelvei #7)</p> <p>Framdrift: Byggearbeidene startet i 2019 og skal være ferdig i 2023. Entreprenør: Arbeidsfellesskapet Hædre/PNC Budsjett: 2,2 mrd.</p>

Figur 7 Nøkkelopplysningar om Bane NOR sitt InterCity-prosjekt Venjar - Langset (Klakegg, Ekambaram og Olsson, 2021)

Prosjektet skal knyte saman eksisterande dobbeltspora jernbane på Gardermobanen sør for Eidsvoll med dobbeltporet som er etablert på Dovrebanen nord for Minnesund. Det er to ulike delstrekningar som utgjer kvar sitt definerte delprosjekt. Dei består av to ulike, store kontrakter med ulike entreprenørselskap. Heilskapen er ganske omfattande og inneholder enkelte element som er krevjande både teknisk, organisatorisk og på annan måte. Prosjektet er framleis i gjennomføringsfasa.

Evalueringa hadde som mål å dokumentere lærdom frå prosjektet til forbetring av seinare prosjekt, spesielt når det gjeld bruken av ein ukonvensjonell gjennomføringsmodell med utførelseskontrakter som inneholder både underbygging og jernbaneteknikk samla (normalt er desse delt) i kombinasjon med deling av overforbruk og innsparinger mellom partane. Eg la i tillegg inn ambisjon om å prøve ut CIFTER som kompleksitetsmålemetode i eit norsk prosjekt, noko som eg ikkje kjenner til er gjort før.

Målinga vart gjennomført ved at forfattaren stilte dei sju spørsmåla i CIFTER-metoden i eit kort intervju på Teams til fem nøkkelpersonar i sentrale roller i prosjektet. Respondenten kunne svare på spørsmåla utan førebuing og det heile tok om lag 15 minutt per person. Resultatet av målt grad av kompleksitet i ulike deler av prosjektet er vist i figur 8. Alle respondentane har i ettertid vurdert resultatet og bekrefta at dei kjenner seg att i det. Sjå tabell 1 s. 8 for spørsmåla.



Figur 8 Målt kompleksitetsgrad i ulike deler og ulike nivå av jernbaneprosjektet Venjar – Langset. Gult markerer respondentane sine svar. (Klakegg, Ekambaram og Olsson, 2021)

Byggherresida, representert ved prosjektdirektør, svarte ut frå heilskapen i prosjektet. Sett frå denne overordna posisjonen er prosjektet eit normalt jernbaneprosjekt med normal kompleksitet. Sjølv om prosjektet er stort fungerer prosjektorganisasjonen som normalt og har dei normale tekniske utfordringane ein må vente. Derimot er situasjonen eksternt nokså krevjande med omorganisering av Bane NOR og mange strenge og dels konfliktfylte krav til prosjektet og organisasjonen utanfrå. Også handtering av konsekvensane av Covid-19 var merkbare som kjelde til utfordringar. Frå denne posisjonen er kompleksiteten dominert av eksterne forhold og rammebetingelsar. CIFTER score er 16 – tilsvarende middels kompleksitet.

Delprosjekt sør er karakterisert ved arbeid like ved jernbane i full drift over heile strekninga, dels langs vassdrag og i krevjande terreng. Det punktet som var teknisk sett mest krevjande var Wergelandstunnelen der grunnforholda og nærføring til eksisterande tunnel ga ekstra utfordringar. Prosessen har likevel vore god, og samarbeidet mellom partane framifrå. Dette delprosjektet har handtert prosessen godt og resultatet ser ut til å bli utmerka. Prosjektleiarene både på byggherresida og på entreprenørsida ga svar som resulterte i CIFTER score på 17. Dei var samstemt på dei aller fleste svar.

Delprosjekt nord har vore gjennom ein litt meir krevjande prosess med ein del utfordringar i samarbeidet frå starten. Evalueringsteamet brukte kompleksitetsmålinga til å sjekke om det kanskje var graden av kompleksitet som kunne forklare dei vanskane som oppsto i starten. Det mest markante i dette delprosjektet, og som også er det mest komplekse og krevjande tekniske elementet, er Minnevika bru. Dette blir Norges lengste jernbanebru når den er ferdig. Grunnforholda er krevjande og entreprenøren ville ikkje bruke prosjektert løysing. Gjennom ein intens samarbeidsprosess fann partane saman fram til ein betre og billegare løysing. Etter kvart gjekk også samarbeidet merkbart betre. Den største utfordringa elles var restriksjonane som følgde av Covid-19. Den internasjonale entreprenøren var avhengig av å kunne flytte både utstyr og personell over landegrensene og dette var ikkje råd i periodar av pandemien. Saman med bane NOR fann dei løysingar og Bane NOR tok meirkostnaden.

Det ein kan legge merkje til her er at byggherren og entreprenøren har litt ulike oppfatningar om graden av kompleksitet. Byggherren vurderer den til score 19 medan entreprenøren vurderer den til 20. Forskjelen ligg på noko større teknisk og organisatorisk kompleksitet på entreprenøren si side – og samanlikna med sørden er det her fleire grensesnitt i utgangspunktet. Byggherren sin prosjektleiar vurderte også at om det ikkje var for Covid-19 så ville også dette delprosjektet hatt ein score på 17.

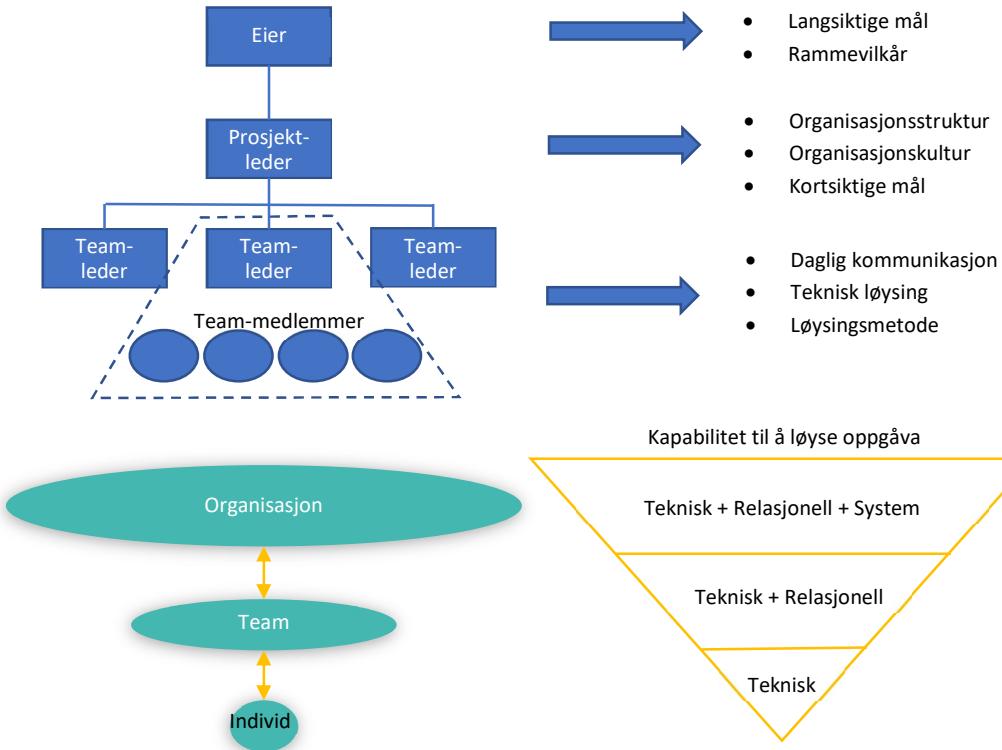
## 6.2 Karakteristisk kompleksitet på ulike nivå i organisasjonen

Vi har altså no sett at ulike posisjonar ser kompleksiteten ulikt, og det er tydeleg at graden av kompleksitet er farga av kva respondenten på det aktuelle nivået i organisasjonen er ansvarleg for. Dette er rimeleg.

Dei som sit i ei overordna posisjon har ansvar for å sikre stabile og forutsigbare forhold slik at prosjektet kan lykkast. Dei er opptatt av eksterne og interne rammebetingelsar, ressurstilgong, framdrift og måloppnåing i vid forstand og med relativt lang tidshorisont.

Mellomnivået, som i Venjar-Langset eksempelet er representert ved prosjektleiinga med sitt motstykke i form av den ansvarlege på entreprenørsida. Desse er djupt involvert i den daglege samarbeidsprosessen med å avklare tekniske føresetnader og sikre beslutningar som gjer at framdrifta går som planlagt og kostnaden er under kontroll. Grensesnitta mellom kontraktpartane og oppover mot overliggande nivå er dominande omsyn. Her er organisatoriske utfordringar i framgrunnen.

Det meir operasjonelle nivået er der dei tekniske problemstillingane vert løyst, anten det er i prosjekteringa eller bygginga. Her er det svært naturleg at tekniske utfordringar kjem i framgrunnen og tek det meste av merksemda. Grensesnitt mot – og mellom – underentreprenørar og leverandørar er viktige problemstillingar, saman med arbeidsmetodar, kritisk verktøy/utstyr og tilgong til materialar og personressursar. Figur 9 illustrerer dette på ulike måtar.



Figur 9 Illustrasjoner av fokus på ulike organisasjonsnivå

Vi har sett i eksempelet at det overordna ansvarlege nivået i organisasjonen (eigarstyringa) har ansvar for å legge til rette ved å sikre rammevervilkår og stabilitet til å kunne gjennomføre prosjektet. Dette gir fokus på dei langsiktige måla og eksterne forhold, og det å sikre beslutninger så ikkje framdrifta blir hindra. Med definisjonen på kompleksitet i kapittel 2.2 i minnet kan vi sjå at sosio-politiske utfordringar og usikkerheit karakteriserer kjeldene til kompleksitet på dette nivået. Evne til forhandling om vilkår, og implementering av effektive system for informasjonshandtering er avgjerande kapabilitetar på dette nivået.

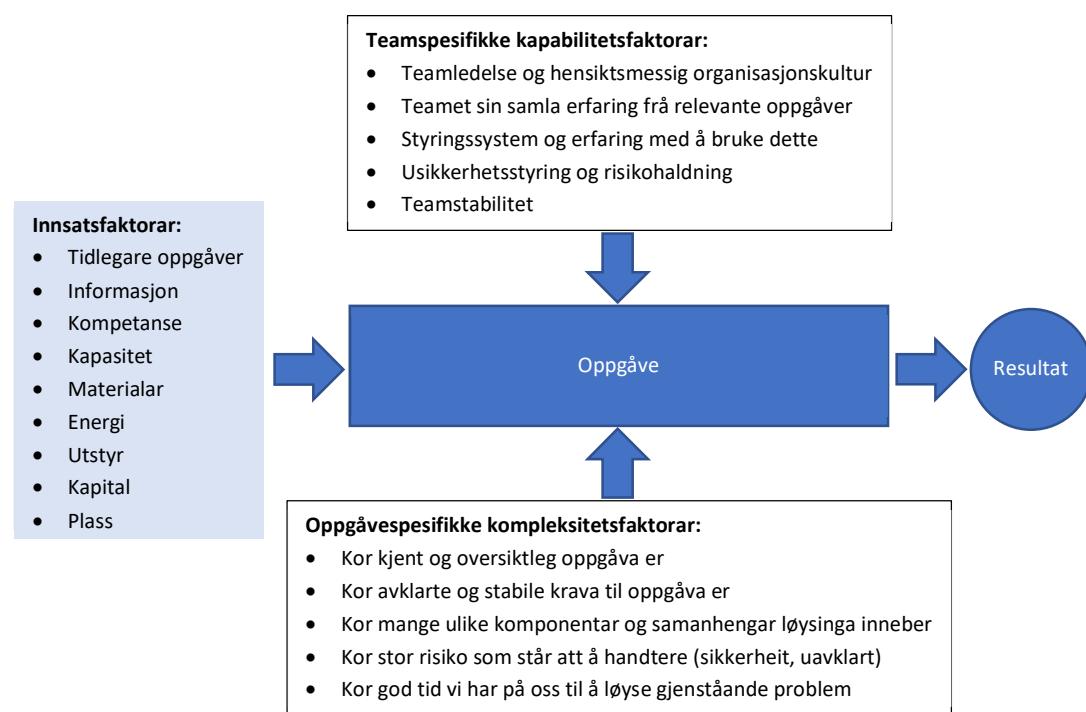
Vidare kunne vi konstatere at prosjekteiarnivået har ansvar for å planlegge, koordinere innsats og sikre klarheit som tillet gjennomføringa å ha framdrift og finne løysingar med god kvalitet innan rammene for kostnad og sikkerheit. Dette nivået har fokus på dei kortsiktige måla. På dette nivået er dei fundamentale årsakene til kompleksiteten organisatoriske utfordringar, dynamikk og ulikt tempo mellom ulike oppgåver. Verktøyet for å lykkast er å etablere strukturar og synleggjering av samanhengar og grensesnitt som gjer koordinering og delegering mogleg. Oppfølging er naturlegvis også ein kritisk kapabilitet.

Teamnivået og individua som er medlemmer i dei ulike team er nær dei daglege utfordringane av meir akutt og teknisk karakter. Fokuset er på oppgåva rett framfor deg. Dagleg kommunikasjon og problemløsing er spesielt viktig for dette nivået. Det viktigaste verktøyet er den tekniske kompetansen (material, metode, system, integrasjon) og relasjonane til andre teammedlemmer med komplementerande kompetansar og kapasitet til å hjelpe deg i oppgåveløysinga.

Konklusjon: Alle sider ved kompleksiteten (ref. definisjonen i kap. 2.2.) er relevant i prosjektet, men ikkje alle er like viktige på alle nivå i prosjektet.

### 6.3 Kompleksitet på oppgåvenivå

Oppgåva er det lågaste nivået i prosjektet som eg vil omtale i denne rapporten. Det vert ofte definert som ein arbeidspakke i planleggingsteorien. Eg vil definere oppgåva som ein samansett prosess som løyer eit definert problem eller når eit delmål innafor eit steg i prosjektprosessen. Det treng ikkje vere ein detaljert aktivitet i ein framdriftsplan. Det er meir naturleg å tenkje på ein arbeidspakke som er tilordna ein ansvarleg person, med ressursar og gitte rammer for kostnad, tid og kvalitet. Figur 10 illustrerer kompleksitet på oppgåvenivå. I denne modellen har eg bygd på Rollo sin kompleksitetsmodell vist i kapittel 3.6, men tar med berre dei faktorane som er relevante på oppgåvenivå her. Oppgåva er relatert til teamnivået i organisasjonen. Innsatsfaktorane er føresetnader for at oppgåva kan løysast – kvar og ein av dei representerer større eller mindre grad av usikkerheit. Sjølv om dei ikkje er kompleksitetsfaktorar i seg sjølv viss dei er kjende og tilgjengelege så vil dei også bidra til å auke den opplevde kompleksiteten i oppgåva.



Figur 10 Oppgåverelatert kompleksitet, basert på Rollo (2020) tilpassa teamnivået.

Det er ynskjeleg med ein enkel modell, difor er figur 10 avgrensa til å fokusere berre dei faktorane som knyter seg direkte til oppgåva. Kompleksiteten løyer seg uttrykkje gjennom fem kapabilitetsfaktorar og fem kompleksitetsfaktorar. Andre sider ved kompleksiteten vil vere meir aktuelle på høgare nivå i organisasjonen som vist i kapittel 6.2. Dette uttrykkjer difor ikkje heile kompleksiteten som prosjektet representerer. Hensikten er å fokusere oppgåvenivået.

Tabell 3 Kompleksitetsmodell for oppgåvenivå - Optimaltid

Nr.	Faktor				
Teamspesifikke kapabilitetsfaktorar		Låg [4]	Moderat [3]	Høg [2]	Svært høg [1]
1.1	Teamledelse og hensiktssmessig organisasjonskultur				
1.2	Teamet sin samla erfaring frå relevante oppgåver				
1.3	Styringssystem og erfaring med å bruke dette				
1.4	Usikkerheitsstyring og risikohaldning				
1.5	Teamstabilitet				
Oppgåvespesifikke kompleksitetsfaktorar		Låg [1]	Moderat [2]	Høg [3]	Svært høg [4]
2.1	Kor kjent og oversiktleg oppgåva er				
2.2	Kor avklarte og stabile krava til oppgåva er				
2.3	Kor mange ulike komponentar og samanhengar løysinga inneber				
2.4	Kor stor risiko som står att å handtere (sikkerheit, uavklart)				
2.5	Kor god tid vi har på oss til å løyse gjenståande problem				

I likheit med Rollo sin modell set eg opp teamet sin kapabilitet opp mot utfordringa i oppgåva. Difor snur eg også karakterskalaen slik som i Rollo sin modell. For kapabilitetar er høg positivt (stor evne) og lav er negativt (liten evne). For oppgåva er naturlegvis høg eit uttrykk for at kompleksiteten er stor og utfordringa krevjande. Låg er naturlegvis karakteren for ei enklare oppgåve.

Eg veljer å gjere karakterskalaen litt enklare enn Rollo og brukar heller skalaen frå CIFTER med fire steg. Enkel bruk og forståing er også styrande for resultatkategoriene i Tabell 4.

Yttergrensene for kompleksitetsvurderinga er som følgjer:

Lågast moglege score på kapabilitet gjev  $5 \times 4 = 20$  i score (største bidrag til kompleksitet).

Høgste moglege score på teamets kapabilitet er ein score på 5 (minste bidrag til kompleksitet).

Høgaste moglege score for kompleksitet i oppgåva er tilsvarande 20 i score.

Lågaste moglege score for kompleksitet i oppgåva er  $5 \times 1 = 5$  i score.

Altså blir totalscoren ein stad mellom 10 (dyktig team med enkel oppgåve) og 40 (usikkert team med svært krevjande oppgåve).

Tabell 4 Resultatkategoriar for oppgåvekompleksitet i Optimaltid

Oppgåvetype	Trygg	Kontrollert	Usikker
Kompleksitetsnivå (score)	10 – 19	20 – 29	30 – 40

- Ei oppgåve i kategorien Trygg (score 10-19) er ein heldig situasjon. Teamet skal vere godt skodd for å løyse oppgåva den er tildelt. I ein slik situasjon er det sannsynlegvis ikkje behov for tiltak.
- Ei oppgåve i kategorien Kontrollert (score 20-29) er ein situasjon der teamet og oppgåva står greitt til kvarandre. Føresetnaden er at det ikkje er spesifikke kapabilitetar som må supplerast. Følg med på utviklinga.
- Ei oppgåve i kategorien Usikker (score 30-40) tilseier at det er naudsynt med tiltak. Her står ikkje kapabiliteten til utfordringa teamet er tidelt. Her er det viktig å vurdere nøyne kva kapabilitetar teamet må tilførast for å kome i balanse mot kompleksiteten.

## 7. Konklusjon

Aukande kompleksitet medfører at situasjonen vert meir og meir uoversiktleg, ustabil, uordna, ikkje-lineær, irregulær, rekursiv, «tilfeldig» og usikker. Difor er kompleksitet årsaka til «alt» som er vondt og vanskeleg i prosjekt.

Kompleksitet kjem av at mange ulike element av eit system heng saman på måtar vi ikkje lett kan sjå eller forstå. Komplekse prosjekt er teknisk-sosiale-økonomiske system som er vanskeleg å skilje klart frå sine omgjevnader. Kompleksiteten gjer at ein ikkje kan sjå på førehand alle utfordringar og utviklingstrekk som vil kome. Kompleksiteten gjev systemet framveksande eigenskapar. Leiarskap og styring i slike prosjekt er mykje meir krevjande enn i enkle prosjekt.

Konsekvensane av kompleksiteten er ulike grader av usikkerheit. Usikkerheit er både ei kjelde til – og ein konsekvens av kompleksiteten. Å vere leiar i komplekse prosjekt er krevjande og set krav til evne til å leve med usikkerheit og til å utvikle resiliens – evna til å kome attende etter ein påkjenning. Det handlar om fleksibilitet, å sikre seg handlingsrom og å ha handlekraft, og ikkje minst evna til å forstå ting frå mange ulike perspektiv.

Ein kan ikkje berre lage ein plan og så holde seg til den. Difor er det viktigaste verktøyet for å styre komplekse prosjekt at retninga og ambisjonane er klare – målet må vere tydeleg uttrykt og klart formidla. Det er ikkje noko ein gjer seg ferdig med i starten, men må vedlikeholde heile vegen gjennom prosjektet. Tydeleg og klar kommunikasjon er botemiddel mot kompleksitet.

For å kunne gjere bevisste val og systematisk forholde seg til kompleksiteten er det nyttig å kunne måle graden av kompleksitet. Mange har bidratt med ulike modellar og metodar for måling. Dei ulike modellane er laga til ulike føremål og er difor eigna i ulike situasjonar. Ved å bruke kjende måleverktøy er det i denne rapporten vist at:

- Storleik og grad av kompleksitet er heilt ulike og uavhengige dimensjonar.
- Kompleksitet og usikkerheit (mangel på informasjon) er nær i slekt.
- Alle sider ved kompleksiteten er relevant i prosjektet, men ikkje alle er like viktige på alle nivå i prosjektet.

Basert på denne erkjenninga er det i denne rapporten utvikla ein modell for måling av kompleksitet på oppgåvenivå (arbeidspakke) og teamet sin kapabilitet til å handtere den. Dette er eit ledd i grunnlaget for å svare kor til som er rett for å involvere entreprenøren i Optimaltid-prosjektet.

## Referanseliste

Aarseth, W.; Rolstadås, A.; Klev, R. (2016) Project Leadership challenges. Their nature and how they are managed. Fagbokforlaget.

Baccarini, D. (1996) The concept of project complexity—a review. *International Journal of Project Management*, 14 (1996), pp. 201-204.

Bensley, J.; Smith, C.; Barber, R. (2021) Harnessing Emergence in Complex Projects. Rethinking Risk, Opportunities & resilience. International Centre for Complex Project Management (ICCPM) og Queensland University of Technology Professional and executive education (QUT eX). Tilgjengeleg fra [www.iccpm.com](http://www.iccpm.com) (Henta 23.11.2021)

Blikeng, S.F. (2014) Årsaker til kostnadsoverskridelser på norsk sokkel – en teoretisk analyse. Masteroppgave. Universitetet i Stavanger. <http://hdl.handle.net/11250/223219>

Dalcher, D. (1993) The new project management mindset for the 21<sup>st</sup> century. *Proc. 1<sup>st</sup> British Project Management Colloquium*, Henley-on-Thames, UK, December 1993.

GAPPS (2007) A Framework for Performance Based Competency Standards for Global Level 1 and 2 Project Managers. Global Alliance for Project Performance Standards. Tilgjengelig fra: <https://www.pmpfessions.org/our-tools> (Henta: 27.01.2022).

Geraldi, J.; Maylor, H.; Williams, T. (2011) Now, let's make it really complex (complicated). A systematic review of the complexities of projects. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 31 No. 9, 2011. pp. 966-990.

Haaskjold, H.; Andersen B.; Langlo J.A. (2021) Dissecting the project anatomy: Understanding the cost of managing construction projects. *Production Planning and Control*.

Helbing, D., Balietti, S., Bishop, S. et al. (2011) Understanding, creating, and managing complex techno-socio-economic systems: Challenges and perspectives. *Eur. Phys. J. Spec. Top.* 195, 165 (2011). <https://doi.org/10.1140/epjst/e2011-01410-7>

ICE (2020) A Systems Approach to Infrastructure Delivery. ICE Knowledge. Tilgjengeleg fra [ice.org.uk](http://ice.org.uk) (Henta 12.2.2022)

Investeringsutvalget (1999) Analyse av investeringsutviklingen på kontinentalsokkelen. NOU 1999: 11, oppnevnt av Olje- og energidepartementet 28. august 1998.

Klakegg, O. J., Williams, T. and Shiferaw, A. T. (2016) Taming the ‘Trolls’: Major Public Projects in the Making. *International Journal of Project Management* 34 (2): 282–296.

Klakegg, O.J.; Ekambaram, A.; Olsson, N.O.E. (2021) Evaluering av prosjektet Venjar – Langset. Bane NOR sitt InterCity Prosjekt på Eidsvoll. Rapport datert 4. desember 2021.

Klakegg, O.J. (2020) Preparing for successful collaborative contracts. Designing Contractual Relationships for the Future. Research report. School of Project Management. The University of Sydney. Australia. Tilgjengelig fra: [https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2020/12/Klakegg\\_May-2020\\_Designing-Contractual-Relationships\\_Preparing-for-successful-collaborative-contracts\\_.pdf](https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2020/12/Klakegg_May-2020_Designing-Contractual-Relationships_Preparing-for-successful-collaborative-contracts_.pdf) (Henta: 24.1.2022).

Kristiansen, N. (2009) *Overskridelser helt normalt*. 08. september 2009. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/bransje-ikt-ledelse-og-organisasjon-informasjonsteknologi/overskridelser-helt-normalt/901679> (Henta: 24.1.2022).

Morris, P.W.G.; Hough, G.H. (1987) *The anatomy of major projects: a study of the reality of project management*, Wiley, Chichester.

Park. J. (2017) An Introduction to Complexity Theory. What it is, what it replaces, and why it's important. 8. Oct. <https://medium.com/@jungp01/an-introduction-to-complexity-theory-3c20695725f8> (Henta 17.03.2022)

Priemus, H., Bosch-Rekveldt, M. and Giezen, M. (2013) Dealing with the Complexity, Uncertainties and Risk of Megaprojects: Redundancy, Resilience and Adaptivity. In *International Handbook on Mega-Projects*, edited by Hugo Priemus and Bert van Wee, 83–110. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Remington, K.; Pollack, J. (2007) *Tools for Complex Projects*. Gower, Aldershot, UK.

Rollo, M. (2020) Managing mega infrastructure projects - Linking theory with practice. Doctoral thesis. University of Sydney.

Rolstadås, A.; Olsson, N.O.E.; Johansen, A.; Langlo, J.A. (2020) *Praktisk prosjektleidelse: Fra idé til gevinst* (2. utg. 2020), Fagbokforlaget.

Sivertsen, A.; Thiis, C. (2022) Innlegg: Hvordan kan kontraktstrategien gi bedre prosjekter og økt lønnsomhet? Publisert 17.01.2022. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/innlegg-hvordan-kan-kontraktstrategien-gi-bedre-prosjekter-og-okt-lonnsomhet/1488147/> (Henta: 24.1.2022).

Shenhar, A.J.; Dvir, D. (2007) Reinventing project management. The diamond approach to successful growth and innovation. Harvard Business School Press.

Skarcke Hansen, T. (2022) Innlegg: Når innleiekartet stemmer dårlig med terrenget. Publisert 17.01.2022. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/innlegg-nar-innleiekartet-stemmer-darlig-med-terrenget/1488133/> (Hentet: 24.1.2022).

Skyttermoen, T.; Vaagaasar, A.L. (2015) Verdiskapende prosjektledelse. Cappelen Damm Akademisk.

Snowden, D.J.; Boone, M.E. (2007) A Leader's Framework for Decision Making. *Harvard Business Review*, 69–76. November 2007. PMID 18159787

Treasury Board of Canada (2009) The Project Complexity and Risk Assessment Tool (PCRA). Tilgjengeleg frå: <https://www.canada.ca/en/treasury-board-secretariat/services/information-technology-project-management/project-management/project-complexity-risk-assessment-tool.html> (Henta: 27.1.2022).

Turner, J.R.; and Cochrane, R.A. (1993) Goals-and-methods matrix: coping with projects with ill-defined goals and/or methods of achieving them. *International Journal of Project Management*, 11 (1993), pp. 93-102.

Welde, M. (2016) Mange årsaker til kostnadsoverskridelser i kommunale investeringsprosjekter. *Kommunal økonomi*. Januar 2016.

Welde, M. (2017) Kostnadskontroll i store statlige investeringer underlagt ordningen med ekstern kvalitetssikring. *Concept-rapport nr. 51*. NTNU. Tilgjengeleg frå <https://www.ntnu.no/concept/>

Williams, T.M. (1999) The need for new paradigms for complex projects. *International Journal of Project Management*. Volume 17, Issue 5, October 1999, Pages 269-273.

Williams, T., Vo, H., Samset, K. og Edkins, A. (2019) The front-end of projects: a systematic literature review and structuring. *Production planning & control*. Vol. 30, No 14., 1137-1169.