

Verdien av fleksibilitet ved prioritering av rehabiliterings- og reinvesteringsprosjekter innen vannkraft

Lena Krogh

Master i energi og miljø

Innlevert: mars 2017

Hovedveileder: Eivind Solvang, IEL

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for elkraftteknikk

Oppgavetekst

1. Gjennomfør litteraturstudium med vekt på realopsjoner, flermåls beslutningsanalyse og porteføljestyling, samt beskriv koblingen til temaet for oppgaven.
2. Beskriv eksempler på fleksibilitet knyttet til rehabiliterings- og reinvesteringsprosjekter innen vannkraft.
3. Gjennomfør teknisk-økonomisk analyse av noen konkrete case som omfatter tiltak/løsningsalternativer med fleksibilitet, samt beskriv og kvantifiser verdien av fleksibilitet.
4. Vis hvordan verdien av fleksibilitet kan benyttes ved prioritering av rehabiliterings- og reinvesteringsprosjekter og bruk gjerne resultatene fra foregående aktivitet som eksempler.
5. Gi en vurdering av resultatene dine med hensyn til relevans og anvendelighet for prioritering av rehabiliterings- og reinvesteringsprosjekter og lag en anbefaling for videre arbeid basert på vurderingen.

Forord

Denne rapporten "Verdien av fleksibilitet ved prioritering av rehabiliterings- og reinvesteringsprosjekter innen vannkraft" er resultatet av min masteroppgave som avslutter mitt studie Energi og miljø ved NTNU.

Arbeidet med masteroppgaven har vært preget av opp- og nedturer og jeg vil takke min veileder Eivind Solvang for konstruktive møter og tilbakemeldinger, og støtte gjennom hele prosessen.

Trondheim, 12. mars 2017

Lena Krogh

Sammendrag

En beslutning som handler om rehabilitering og reinvestering innen vannkraft kan være en komplisert affære. Det er mange hensyn som må tas, og forutsetningene for videre drift kan være usikre. Av den grunn er det viktig å danne et godt beslutningsgrunnlag. Målet med denne rapporten har vært å undersøke om og hvordan verdi på fleksibilitet i rehabiliterings- og reinvesteringsprosjekter i innen vannkraft kan fastsettes.

Litteraturstudiet med fokus på realopsjon, flermåls beslutningsanalyse og porteføljestyling er gjennomført og for å finne sammenhengen og hvordan teoriene kan bidra til å finne og sette verdi på fleksibilitet i prosjekter. Koblingen som er funnet mellom de ulike begrepene kan sammenfattes til at flermåls beslutningsanalyse danner grunnlaget for kravet til informasjonen om prosjektene og at det er alternativene som gir fleksibilitet. Videre er det realopsjonsteorien som danner et grunnlag for å beregne verdien av fleksibiliteten. Ved bruke av porteføljestyling får man oversikt og kan utnytte fleksibiliteten som blir skapt gjennom alternativene på best mulig måte.

For å viser hvordan teoriene kan brukes er det blitt gjort analyser på ulike eksempler som illustrer aktuelle problemstillinger innen vannkraft. For et kraftverk vil en revisjon innebære en kostnad og det er ønskelig at det er de tiltakene som er beste for helheten i kraftverket som blir gjennomført. Ved å ha fleksibilitet i prosjektene kan kraftverket reagere basert på ny informasjon og endringer i forutsetninger.

Denne rapporten viser at det kan settes verdi på fleksibilitet gjennom eksemplene som er konstruert. Men da det er konstruerte eksempler har rapporten den svakheten at det er usikkerhet i hvorvidt de kan realiseres. For å verifisere at teorien og metodene kan brukes må det gjøres ytterligere analyser av virkelige prosjekter, men denne rapporten gir en et grunnlag for metodene og teoriene som kan brukes videre.

Abstract

A decision concerning maintenance projects within hydropower can be complicated. There are a lot of concerns to be aware of and there can be uncertainty in the assumptions for the future. Therefore, a good decision basis must be provided. This reports goal is to inquire whether if it is possible and how to assess a value to flexibility in hydropower maintenance projects.

A literature study with focus on real option, multi criteria decision analysis and portfolio management is conducted. The aim is to find a connection and how those theories can be conductive to find and assess value to project flexibility. The link found between the different terms is that multi criteria decision analysis provides the basis for information about the projects and alternatives that provide flexibility. Real options theory provides the basis for assessing value to flexibility. Portfolio management gives an overview and make it possible to make the most of the flexibility that is created through the alternatives.

To show how the theory can be used, various examples are given to illustrate problems in hydropower that can be addressed by these theories. For a power plant, a maintenance stop will produce a cost and it is desirable that the stop is conducted in the way that are best for the entire power plant. By having flexibility in projects power plant can react based on new information and changes in assumptions.

This report shows that it is possible to assess value to flexibility through invented examples. The fact that the examples are invented gives the results a weak point and to confirm the results a new analysis with some real projects should be conducted.

Innholdsfortegnelse

Oppgavetekst	I
Forord	III
Sammendrag	V
Abstract	VII
1 Innledning	1
1.1 Problemstilling	1
1.2 Avgrensninger	1
1.3 Oppbygging av rapporten	2
1.4 Arbeidsmetode	2
1.5 Kilder og kildekritikk	2
1.5.1 Litteratursøkeprosessen	3
1.5.2 Vurdering av kilder	4
1.6 Begrepsavklaring	5
2 Bakgrunn	7
2.1 Ulike typer prosjekter	7
2.1.1 Vedlikeholdsprosjekt	8
2.1.2 Rehabiliteringsprosjekt	8
2.1.3 Reinvesteringsprosjekt	8
2.2 Revisjonsstans	8
2.2.1 Prosesser i en revisjonsstans	9
2.2.2 Faser i revisjonsstans	9
2.2.3 Vedlikeholds strategi	10
3 Litteraturgjennomgang	11
3.1 Fleksibilitet	11
3.1.1 Definisjon av fleksibilitet	11
3.1.2 Ulike former for fleksibilitet	12
3.1.3 Kritikk	14
3.2 Realopsjon	14
3.2.1 Bakgrunn	15
3.2.2 Tankegang for realopsjon	15
3.2.3 Forutsetninger for å kunne bruke realopsjonsteori	18
3.2.4 Ulike former for realopsjon	18
3.2.5 Konsept for beregning av realopsjonsverdi	18
	IX

3.3	Flermåls beslutningsanalyse	22
3.3.1	<i>Hva er flermåls beslutningsanalyse?</i>	22
3.3.2	<i>Multiattributtproblemer</i>	23
3.3.3	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	24
3.3.4	<i>Kritikk</i>	28
3.4	Prioritering mellom prosjekter	27
3.4.1	<i>Kvalitative og kvantitative</i>	29
3.4.2	<i>Resultatfremstilling</i>	30
3.5	Porteføljestyling	32
3.5.1	<i>Definisjon av porteføljestyling</i>	32
3.5.2	<i>Målet med porteføljestyling</i>	34
4	Verdien av fleksibilitet	37
4.1	Problembeskrivelse	37
4.2	Utsette tiltak	37
4.3	Utvide et tiltak	42
4.3.1	<i>Ekstra resurser</i>	44
4.3.2	<i>Skalere ned</i>	46
4.4	Dele opp et tiltak	46
4.4.1	<i>Eksempel med oppdeling</i>	47
4.5	Kritisk linje	50
4.6	Pit stop vedlikehold	53
4.6.1	<i>Eksempel på pit stop vedlikehold</i>	53
5	Prioritering mellom prosjekter	55
5.1	Valg av kriterier	55
5.1.1	<i>Vurderingsskala for kriteriene</i>	55
5.1.2	<i>Parvis sammenligning</i>	57
5.2	Revisjonsprosjekter	58
5.2.1	<i>Prosjekt A - Rehabilitering turbin</i>	58
5.2.2	<i>Prosjekt B - Reinvestering turbin</i>	59
5.2.3	<i>Prosjekt C - Rassikring av området rundt kraftverk</i>	59
5.3	Resultatoversikt	60
6	Diskusjon	63
6.1	Fleksibilitet	63
6.2	Porteføljestyling	65

6.3	Realopsjon	66
6.4	Prosjektbeskrivelser	68
6.5	Flermåls beslutningsanalyse	69
7	Anbefaling og konklusjon	73
8	Videre arbeid	75
	Litteraturliste	79
	Vedlegg 1	79
	Vedlegg 2	81
	Vedlegg 3	83

Figurliste

Figur 1: Faser i en revisjonsstans [12].	9
Figur 2: Illustrasjon på hvordan verdien på fleksibilitet påvirkes [15].	12
Figur 3: Typer fleksibilitet.....	13
Figur 4: Tidslinje.	21
Figur 5: Grafisk fremstilling av valg.	21
Figur 6: Matrise for et multiattributt problem [23].....	24
Figur 7: Illustrasjon av konseptet for total vurdering av prosjekteralternativer [11].	29
Figur 8: Resultatfremstilling [11].....	31
Figur 9: Hierarki mellom portefølje og prosjekter.....	32
Figur 10: Illustrasjon av hierarki mellom portefølje, program og prosjekt.	33
Figur 11: Tidslinje for tiltak.....	38
Figur 12: Utvikling for alternativ 2.....	39
Figur 13: Mulig utvikling.....	41
Figur 14: Utvide et prosjekt.....	43
Figur 15: Mulige utfall ved forsinkelse.	45
Figur 16: Tiltak ved rehabilitering turbin [32].	48
Figur 17: Mulig oppdeling av tiltak.....	49
Figur 18: Nettverk for aktivitetene i tiltaket.....	50
Figur 19: Nettverk for aktiviteten i tiltaket med tidsbruk.	51
Figur 20: Forklaring av informasjon (1) [30].	51
Figur 21: Forklaring av informasjon (2)[30].	52
Figur 22: Nettverk med tidsbuffer.....	52
Figur 23: Resultatfremstilling.	61
Figur 24: Resultatfremstilling med effektivfront.....	62
Figur 25: Økonomiske tabeller[34].....	81
Figur 24: Vurderingsskala for fleksibilitet.....	83
Figur 25: Vurderingsskala for HMS.....	83
Figur 26: Vurderingsskala for personsikkerhet.....	83

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over søkeord og treff.....	4
Tabell 2 Vurderingsskala for AHP-metoden [11].....	25
Tabell 3: Vurderingsmatrise for eksempel AHP.....	26
Tabell 4: Egenvektor for vurderingsmatrisen i eksempelet.	26
Tabell 5: Vurderingsskala for et kriterium.....	27
Tabell 6: Total kvalitativ nytte.	28
Tabell 7: Tradisjonelt vedlikehold sammenlignet med pit stop vedlikehold [12].....	54
Tabell 8: Vurderingsskala for fleksibilitet.	56

1 Innledning

Denne rapporten skal se på hvordan valgmuligheter påvirker beslutninger i rehabiliterings- og reinvesteringsprosjekter. Det skal sees nærmere på om hvordan realopsjonsteori kan brukes til å sette verdi på fleksibiliteten i prosjektene og hvordan den kan på virke prioriteringen som kommer frem i en flermåls beslutningsanalyse. Gjennom eksempler blir bruken av teoriene og metodene demonstrert.

I første kapittelet blir problemstillingen og avgrensningene for rapporten, og hvordan den er bygget opp gitt, samt en redegjørelse for arbeidsprosessen, kildebruk og fagbegreper.

1.1 Problemstilling

Beslutningsprosessen rundt rehabilitering- og reinvesteringsprosjekter er komplisert og det er mange hensyn som må tas. Den mest brukte metoden for å prioritere mellom prosjekter er nåverdimetoden og den fungerer, men finnes det noen alternativer som er bedre på å få frem flere egenskaper enn lønnsomhet og kan supplere metodene som brukes i dag? Med base i oppgaveteksten er målet for oppgaven å finne ut om, og hvordan fleksibilitet i prosjekter innen vannkraft kan verdsettes. Videre skal det sees på hvordan det kan være med på å påvirke hvilke prosjekter som blir gjennomført. Samt hvordan tilgang til eller fravær av fleksibilitet er med på å påvirke prioriteringen mellom prosjekter. For å gjøre en analyse av konkret case er det her blitt laget eksempler som er basert på faktiske prosjektbeskrivelser i tidligere oppgaver.

1.2 Avgrensninger

Fokuset for oppgaven har vært å finne teorier og metoder som kan brukes innen vannkraft for å sette verdi på fleksibilitet. For å illustrere bruken av metodene har det blitt brukt fiktive eksempler som er inspirerte av faktiske prosjekter, men det er gjort tilpasninger slik at fleksibiliteten kan komme tydeligere frem. Svakheten med dette er at det kan være fleksibilitet som er fremtunget i eksemplene for å vise poenget, men at den ikke er der på samme måte i virkeligheten.

Ytterligere avgrensning er gjort ved å se på mulighetene for fleksibilitet i turbinen og revisjonen av den. Det er gjort ved at det er sett på muligheter for fleksibilitet i tiltakene som er rettet mot turbinen. Valgmulighetene som gjør seg gjeldende her kan være overførbare til andre komponenter.

1.3 Oppbygging av rapporten

Den første delen av rapporten er en litteraturstudie der konseptene fleksibilitet og realopsjon, flermåls beslutningsanalyse og porteføljestyling blir presentert. For å koble teorien opp mot problemstillingen blir det gitt eksempler som markeres med grå rammer. I andre del blir det sett nærmere på hvordan konseptene kan nyttiggjøres sammen i forbindelse med rehabiliterings- og reinvesteringsprosjekter. Her blir det forsøkt illustrert hvordan verdien av fleksibilitet kan påvirke prioriteringen av prosjektene med ulike eksempler. Tredje og siste del av rapporten skal gi en vurdering av anvendelighet av metodene, og en anbefaling for videre arbeid.

1.4 Arbeidsmetode

For å svare på problemstillingen er det blitt gjort et litteraturstudiet. Gjennom det har litteratur som beskriver konseptene realopsjon, flermåls beslutningsanalyse og porteføljestyling blitt undersøkt. For å teste om metodene kan brukes inn mot prosjekter innen vannkraft er det blitt dannet eksempler som tar de i bruk. Eksempelene er basert på prosjektbeskrivelser fra tidligere masteroppgaver, men utviklet slik at former for fleksibilitet er blitt synlig og verdsatt. Igjennom hele arbeidsprosessen har det vært flere møter med veileder for å drøfte teoriene og metodene, samt vurdere de konstruerte eksemplene og videre fremdrift for oppgaven.

1.5 Kilder og kildekritikk

Arbeidet med å finne og velge litteratur har vært krevende. Litteratursøkene har blitt gjort i flere omganger ettersom forståelsen av temaene er blitt bedre. Det har ført til at søkeprosessen har tatt lang tid, men det har og gitt resultater i form av litteratur fra kilder som ellers ville blitt utelatt.

1.5.1 Litteratursøkeprosessen

For å komme i gang med litteratursøk har boken av Lotte Rienecker og Peter Stray Jørgensen "Den gode oppgaven" [1] gitt gode tips og triks for å variere søkemetodene og en veileder for å være kildekritisk. Den presenterer flere ulike metoder for søking og de er blitt bruk i denne oppgaven. I første omgang benyttet jeg meg av metoden for bevisst tilfeldig søking, som er å søke med nøkkelordene for oppgaven, men se litt hvor man ender opp. En annen metode som er blitt brukt er kjedesøking, som betyr at man bruker noen kilder som man har funnet og søker videre i litteraturlisten til de aktuelle kildene. Dette gir fordeler med at man får tilgang på primærkilden og får sett hvordan andre tekster har blitt tolket. Svakheten med denne metoden er at den kan gi en side av et dilemma/nøkkelord og at man ikke får flere sider av samme dilemma. Ved bruk av denne metoden ble det funnet noen gode søkeord og termer som gav flere kilder [1].

Det er brukt ulike søkemotorer da de har ulike styrker og svakheter. Google Scholar bruker en algoritme som favoriserer treff etter popularitet [2]. Det er en god måte å få frem resultater på, men mye kan gå tapt fordi det er ikke alltid den beste artikkelen er den som er mest populær. Hos Google Scholar er hele artikkelen og litteraturlisten indeksert, det betyr at man kan få treff på enkeltord i en artikkel som handler om noe annet, men har et ord som stemmer [2]. Et alternativ til Google Scholar er databaser som har "peer reviewed" artikler. Det er da fagfolk har lest artiklene og indeksert de. Scopus er en sammendrags- og siteringsdatabase hvor alt er "peer reviewed", og tverrfaglig database [3]. I tabell 1 er antall treff for de ulike søkeordene i søkemotorene vist.

Tabell 1: Oversikt over søkeord og treff.

GOOGLE			
SØKEORD PÅ NORSK	Antall treff	SØKEORD PÅ ENGELSK	Antall treff
PORTEFØLJESTYRING	49800	PORTFOLIO MANAGEMENT	56400000
REALOPPSJON	13700	REAL OPTION	49100000
FLERMÅLS BESLUTNINGSANALYSE	131	MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS	11600000
GOOGLE SCHOLAR			
PORTEFØLJESTYRING	150	PORTFOLIO MANAGEMENT	2020000
REALOPPSJONER	269	REAL OPTION	4460000
FLERMÅLS BESLUTNINGSANALYSE	6	MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS	2830000
SCOPUS			
		PORTFOLIO MANAGEMENT	13478
		REAL OPTION	20249
		MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS	6063

1.5.2 Vurdering av kilder

Av tabell 1 kan man se at søkeordene har gitt veldig mange treff, noe som har resultert i strenge kriterier for utvelgelsen av kildene som er brukt. For å redusere antall treff ble det gjort et valg om å starte med et hovedfokus på norske søkeord, og en ytterligere innskrenking med fokus på kilder fra kjente institusjoner som NTNU og SINTEF. Noe av materialet brukt er blitt anbefalt av veileder. Det er en tidligere masteroppgave "Beslutningsstøtte for vedlikehold og rehabilitering av vannkraft" av Solveig Hammerhaug Ulset, en rapport "Prioritering av rehabiliteringsprosjekter" av Grete Tangen, notat "Flermåls

beslutningsanalyse” av Dag Erik Nordgård, og en artikkel fra Magma om realopsjoner og har, sammen med resultatene av litteratursøket, dannet grunnlagt for videre kjedesøk.

Denne vurderingen har resultert i pålitelige, men et noe begrenset utvalg kilder. De utvalgt kildene har hatt litteraturreferanser slik at primærkildene har vært mulig å søke opp. Det har ført til at det har kommet inn noen engelske kilder. Det at artikler og bøker ofte refereres til er sett på som et tegn på kvalitet.

1.6 Begrepsavklaring

BEGREP/FORKORTEELSE	DEFINISJON
AHP	Analytic hierarchy process
ANLEGG	Brukt om kraftstasjonen som helhet.
ATTRIBUTT	Kriterium
AVBRUDD	Ikke planlagt stans i produksjonen.
BESLUTNINGSTAKER	Den eller de som har myndighet til å ta en beslutning.
ENHET	Objekt som blir betraktet [4].
FEIL	En tilstand som har resultert i at enhet har manglende eller nedsatt evne til å fungere etter gitte krav på grunn av en intern svikt [4].
FLEKSIBILITET	Hvilke muligheter som finnes i prosjektet til å endre på den opprinnelige planen.
FMBA	Flermåls beslutningsanalyse
FORVENTNINGSVERDI	Forventet inntekt av etter et tiltak
KKR	1000 kroner
KREVD FUNKSJON	Funksjon ansett som nødvendig for å oppfylle et gitt krav [4].
NNV	Netto nåverdi
OPSJON	En kontrakt som gir rett, men ingen plikt til å kjøpe eller selge en vare til en fastsatt pris.
PRODUKSJONSTAP	Forskjellen i forventet produksjon og faktisk produksjon.
REALOPSJON	Utvidelse av opsjon til å gjelde prosjekter og gir en rett, men ikke plikt til å gjennomføre et prosjekt.

REHABILITERING	Bringer enhet tilbake til ny-tilstand og vil forlenge komponentens levetid [5].
REVISJONSSTANS	fellesbetegnelse for aktiviteter som kan kreve en stans av hele eller deler av anlegg.
REINVESTERING	Enhet blir byttet ut og anlegget blir nytt likt som før eller det kommer inn noe nytt som gjør at anlegget er forbedret [5].
RISIKO	En kombinasjon av sannsynlighet og konsekvens.
SVIKT	En hendelse som fører til opphør av evne til å fungere etter gitte krav [4].
SVIKTSANNSYNLIGHET	Sannsynligheten for at en svikt inntreffer.
TAPT VANN	Vann som ikke kan utnyttes til produksjon grunnet stans i anlegg.
TILSTANDSKARAKTER	Tallskala som brukes for å klassifisere teknisk tilstand som baserer seg på kvalitative observasjoner.
VEDLIKEHOLD	aktivitet som har som hensikt å forebygge eller korrigere en tilstand til en komponent slik at den kan gjøre det som kreves av enheten [6].

2 Bakgrunn

Med et godt utgangspunkt ble det tidlig utbygd mye vannkraft i Norge. Den totale produksjonskapasiteten som er installert er 30 509 MW, og er fordelt på 1476 kraftverk. Det er en sammensatt kraftverksamling hvor kapasitet varierer mellom små og store kraftverk [7]. Installert kapasitet og ytelsen for det enkelte kraftverk kan variere fra under 1 MW til over 100 MW. Fra 1970 til 1985 foregikk den største nybyggingen av vannkraftverk i Norge [8]. Det betyr at mange av anleggene som sørger for forsyning av elektrisitet i dag er rundt 40 år gamle, med noen eldre og yngre. De er blitt utsatt for daglig drift, og av den grunn er de preget av tiden som har gått. Tilstandskarakterene på anleggene varierer, og for en del anlegg er det på tide å gjøre noen tiltak for å sikre videre drift. Mye av vannkraften er eid av staten, nærmere 90% [9]. Av den grunn er det de samfunnsøkonomiske prinsippene som ligger i bunn når prosjekter vurderes. Målet med samfunnsøkonomiske analyser er å fremskaffe så mye informasjon som mulig på en systematisk og objektiv måte, slik at ulike prosjekter og tiltak kan sammenlignes med hverandre. Nytte og kostnad, positive og negative konsekvenser for prosjektet forsøkes kartlagt og synliggjort på forhånd, slik at avgjørelser har et godt beslutningsgrunnlag [10].

Når et tiltak iverksettes betyr det en kostnad for anlegget og den kostnaden vil man prøve å unngå så lenge som mulig. I tillegg til at man vil vite at man gjør de rette tiltakene. Det stiller krav til beslutningsprosessen og man vil hele tiden sikre at den beste metoden for å prioritere mellom prosjekter blir brukt.

2.1 Ulike typer prosjekter

Når en bedrift drives prosjektbasert vil det være ulike typer prosjekter, alt avhengig av hva de enkelte har som mål og kostnadsnivå. Innen vannkraft og kraftstasjoner er varierende tilstand og alder på anleggene som gjør at det er ulike behov og grunner til at et prosjekt blir initiert [8]. Det kan være personsikkerhet, arbeidsmiljø, ytre miljø, slitasje m.m. Det bidrar til at prioriteringen mellom prosjekter er mer utfordrende, da det ikke bare handler om lønnsomhet [11]. Omfanget av prosjektene kan variere avhengig av kostnad og hvilken type utbedring som planlegges. I de neste delkapitlene vil tre ulike prosjekttyper bli forklart

nærmere. Hvordan de er definert og hva som er lagt i de ulike begrepene er hentet fra rapporten G. Tangen [5].

2.1.1 Vedlikeholdsprosjekt

Et vedlikeholdsprosjekt innebærer at komponentene holdes i drift uten å bedre deres funksjon [5]. Det betyr at det gjøres regelmessig, og sikrer den daglige driften i anlegget. Det kan være smøring, etterskruing av bolter og lignende. Her har altså komponenten blitt litt preget av drift og slitasje, men det gjøres ingenting som bedrer ytelsen. Vedlikehold skal bare sikre at anlegget kan driftes videre.

2.1.2 Rehabiliteringsprosjekt

Et rehabiliteringsprosjekt er et prosjekt som bringer komponenten tilbake til ny-tilstand, og vil forlenge komponentens levetid [5]. Det vil her si at komponenten får tilbake yteevnen som om den som ny, og vil gi den samme inntekten som bedriften hadde tidligere, da det gjør at produksjonseffektiviteten bringes tilbake til samme nivå som da anlegget var nytt.

2.1.3 Reinvesteringsprosjekt

En reinvestering medfører at deler blir byttet ut, og anlegget blir nytt likt som før, eller det kommer inn noe nytt som gjør at anlegget får en sikrere produksjon enn tidligere, eller bedre virkningsgrad. Det vil gjøre at inntektene øker [5].

2.2 Revisjonsstans

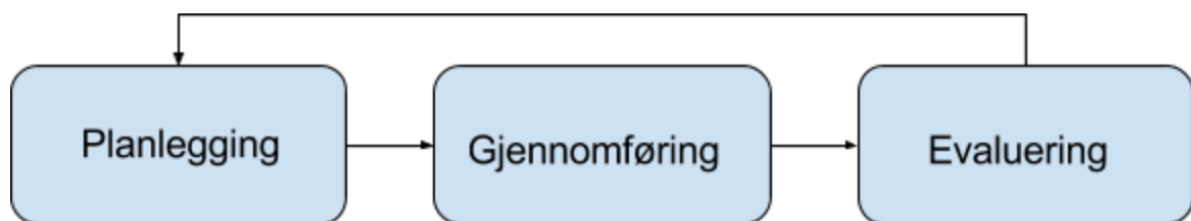
Felles for de ulike prosjekttypene som ble presentert i delkapittel 2.2 er at de kan kreve en produksjonsstans av hele eller deler av kraftverket. Fellesbetegnelsen som brukes for denne typen stans er revisjonsstans [12]. Lengden på en revisjonsstans kan variere avhengig av hvilket type prosjekt som skal gjennomføres. Det kan være korte stanser ved små vedlikeholdsprosjekter, eller lengre stanser ved større rehabilitering- eller reinvesteringsprosjekter. For å redusere eventuelle tap av en stans er det viktig å ha oversikt over hva som foregår under en stans.

2.2.1 Prosesser i en revisjonsstans

Under en revisjonsstans er det tre typer prosesser som foregår; kjerne-, støtte- og ekstraproesser [12]. Kjerneprosessen er hovedprosjektet som skal skje under revisjonsstansen. Støtteprosessene er prosessene som legger til rette slik at kjerneprosessen går som planlagt, og gir de resultater som er ønsket [12]. Unødvendige ekstraproesser er prosesser som ikke nødvendigvis tilfører prosjektet noen verdi, og man vil ikke merke stor forskjell om de ikke var der. For at en revisjonsstans ikke skal ta lengre tid enn nødvendig er det viktig at prosjektlederne har en oversikt over de prosessene som skal gjennomføres. Det for at hovedfokuset kan ligge på kjerneprosessen, og at alle støtteprosesser er tilgjengelig på rett tidspunkt. Ekstraprosessene må forsøkes å elimineres slik at alt av fokus og tilgjengelige ressurser kan legges inn i kjerneprosessen.

2.2.2 Faser i revisjonsstans

En revisjonsstans innebærer trefaser, de er vist i figur 1.



Figur 1: Faser i en revisjonsstans [12].

I planleggingsfasen legges alle planer for hva som trengs å gjøres, hva som skal gjennomføres, hvordan det skal gjennomføres, og en kartlegging av hvilke ressurser som trengs. Når prosjektet kommer over i gjennomføringsfasen settes planene ut i livet, og det er viktig å følge med på hvor langt det er kommet og hva som gjenstår for hele tiden holde en kontroll på fremdriften. Når prosjekter er fullført og anlegget har startet igjen er det en evaluering som gjenstår. Evalueringsfasen er fasen for å fullføre dokumentasjon for hva som er gjennomført under revisjonsstansen, men også en tid for å snakke om hva som gikk bra og hva som gikk mindre bra. Dette for å lære av den enkelte stans slik at man til neste gang vet hvor forbedringene må skje.

2.2.3 Vedlikeholds strategi

En annen type strategi som beslutningstakere bør ha et bevisst forhold til er vedlikeholdsstrategien. Det er to hovedstrategier, forebyggende- og korrigerende vedlikehold. I *Forebyggendevedlikehold* ligger det at vedlikeholdet gjøres før det skjer en svikt. Innenfor denne strategien kan vedlikeholdet gjennomføres i henhold til et planlagt tidskjema eller etter hvilken tilstand anlegg er i [13]. *Korrigerendevedlikehold* er strategien der vedlikehold gjennomføres etter svikt. Vedlikeholdet blir da en reparasjon på den/de delene som gav feil, slik at de igjen tilfredstiller krevd funksjon [13].

3 Litteraturgjennomgang

I dette kapittelet blir resultatet av litteraturstudiet presentert. For å koble teorien opp mot problemstillingen og for å visualisere forholdet til vannkraft har det blitt laget noen eksempler og tankeeksperimenter.

3.1 Fleksibilitet

Målet med denne rapporten er å finne verdien av fleksibilitet i prosjekter, men hva menes egentlig når man sier fleksibilitet, og hvilke former for fleksibilitet finnes? I dette delkapittelet blir fleksibilitet definert, og det skal gi en forståelse om hva som legges i ordet i denne rapporten.

3.1.1 Definisjon av fleksibilitet

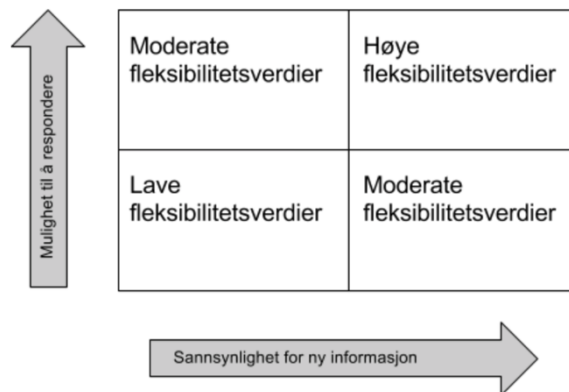
Ordet fleksibel i seg selv betyr bøyelig eller smidig [14]. Så det første man kan tenke seg er at det handler om hvordan prosjekter er mottakelige for, og i hvilken grad de kan håndtere endringer. I denne rapporten vil fleksibilitet handle nettopp om hvilke muligheter som finnes i prosjektet til å endre på den opprinnelige planen. Det vil innebære et ønske om å søke en reversibel løsning fremfor en irreversibel løsning, som ikke kan endres når beslutningen først er tatt [14]. Det handler da om hvordan det kan skapes handlingsrom eller alternativer til opprinnelig plan, og hvordan prosjektet kan tilpasse seg endrede forhold.

Eksempel på fleksibilitet

La oss tenke oss at det er lagt en plan for en stans i et kraftverk. Under stansen er det planlagt å sandblåse spiraltrømmen og legge på ny overflatebehandling. Det er antatt at dette er en jobb som skal ta seks dager med to arbeidere.

Når arbeidet starter viser det seg at jobben er mye større enn først antatt, og vil ta ni dager totalt å gjennomføre. Men det er i planleggingen skapt en fleksibilitet ved at de kan sette inn en arbeider ekstra. På den måten kan fleksibiliteten benyttes og unngå at det blir forsinkelse i arbeidet, og at stansen ikke blir forlenget.

Fleksibilitet kan bli sett på som et mål på hvor godt prosjektet kan tilpasse seg ny informasjon underveis, og verdien vil avhenge av sannsynligheten for at det kommer ny informasjon og hvilke muligheter det finnes til å respondere på den nye informasjonen [15]. En måte å sette opp dette forholdet på er vist i figur 2.



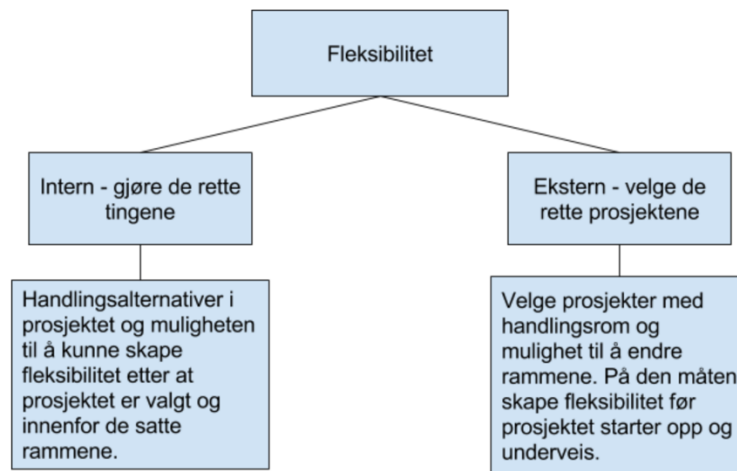
Figur 2: Illustrasjon på hvordan verdien på fleksibilitet påvirkes [15].

Av figur 2 kan man se at prosjekter som har stor sannsynlighet for ny informasjon, og stor mulighet til å respondere og tilpasse seg den, gir høy verdi på fleksibiliteten.

Fleksibilitet kan komme til uttrykk gjennom forskjellige ting i en prosess, og vil ha ulike verdi avhengig av hvordan virksomheten kan reagere på en endring.

3.1.2 Ulike former for fleksibilitet

Fleksibilitet kan deles opp i ulike typer som kategoriserer hva man legger i ordet, i følge Kristian Størseths rapport [15]. *Intern fleksibilitet* handler om hvordan det kan reageres når forutsetningene endres. Det vil si hvilke muligheter som ligger i å tilpasse prosjektet i tråd med endrede omstendigheter [15]. *Ekstern fleksibilitet* handler om muligheten for å gjennomføre nye eller oppfølgingsprosjekter som ikke var planlagt til å begynne med [15]. Den beste måten å skille mellom intern og ekstern fleksibilitet er at intern fleksibilitet handler om å gjøre de rette tingene, og ekstern fleksibilitet handler om å velge de rette prosjektene [14]. I figur 3 er det forsøkt å illustrere forskjellen på de ulike typene fleksibilitet.



Figur 3: Typer fleksibilitet.

I prosjekter kan det være ulike årsaker til at det ønskes fleksibilitet. Det kan være usikkerheter i forutsetninger, varighet i prosjekter eller manglende forberedelser. For å løse eventuelle problemer i prosessen er det å skape fleksibilitet tidlig noe som kan gi tilpasningsdyktighet senere [14]. Det kan være i form av planer for å håndtere endringer, planer for å unngå endringer, presisjon i arbeidet eller slakk i tid og budsjett.

I en rapport av Ingemund Jordanger [16] påpekes det at fleksibiliteten kan komme til syne i tid, kostnader eller styringsmuligheter. Tidsbuffer er et godt ord for fleksibilitet som skapes ved å legge inn ekstra tid i prosjekter. En tidsbuffer skal kunne fange opp forsinkelser. Men den skal også kunne fange opp situasjoner der prosjektet skulle ha en raskere fremgang enn planlagt, ved å kunne igangsette neste aktivitet tidligere. Fleksibilitet i kostnader gir rom for at det underveis i prosessen kan skje ting som gjør at opprinnelige kostnadsoverslag endres, og da kan man måtte revurdere planer med tanke på totalbildet. Det kan være en forsinkelse som må hentes inn, og da må det settes på flere ressurser som vil føre til en økt kostnad. Eller grunnet en raskere prosess kan ressurser hentes ut fra en aktivitet som igjen gir lavere kostnader. Her vil det hele veien handle om å beholde mulighetene eller fleksibiliteten til å kunne gjøre de endringene underveis. Styringsfleksibilitet handler om muligheten til å se hvordan planer kan endres dersom det oppstår situasjoner hvor det kreves tiltak. Her kan man på forhånd sette opp scenarioer og tenkte situasjoner på ønskede eller uønskede hendelser slik at man vet hvordan man skal reagere. Tiltakene som kan iverksettes er med

på å redusere negative effekter, forsterke positive effekter, eller gjenvinne kontrollen i prosjektet ved hendelser utenom planen [16].

En måte å legge til rette for, og håndtere fleksibilitet er å forhåndsplanlegge den. Det kan gjøres ved å sette opp ulike scenarioer som kan forekomme og lage handlingsregler som sier hvordan man skal reagere. Dette fremtvinger en prosess blant beslutningstakerne hvor de må tenke på hva som kan skje i fremtiden, hvilke usikkerhetsmomenter som er i prosjektet og hvilke alternativer og muligheter som kan finnes [15].

3.1.3 Kritikk

Til nå kan det virke som om fleksibilitet bare er bra, men det er en bakside også. Når fleksibilitet skal opprettholdes vil det i prosjektet kunne mangle klare avklaringer, og når det er mange involverte øker det muligheten for frustrasjon og misforståelser [14]. Det er derfor viktig at det finnes en balansegang mellom tilpasningsdyktigheten som fleksibilitet gir, og det å ta beslutninger. Ønsket om å oppnå høy fleksibilitetsverdi må ikke gå over i beslutningsvegring og ubesluttosomhet slik at prosjektet ikke blir gjennomført på en god måte, og det blir store kostnadsoverskridelser [14]. Flexibilitet kan gi rom for økt uenighet og flere kamper om avgjørelser dersom det er ulike interesser i avgjørelsen.

3.2 Realopsjon

Underveis i et prosjekt er det mange valg som må tas. Utfallet av valgene vil variere avhengig av beslutningen. En avgjørelse kan føre til en fordel for prosjektet og gi økt verdi. På den andre siden kan en avgjørelse gi en ulempe for prosjektet og verdien synker. Avgjørende for utviklingen og resultatet til prosjekter er tidsperspektivet som gjelder og usikkerheten som ligger i forutsetningene.

Spørsmålet som bør stilles av en beslutningstaker er; hva kan gjøres for å få oversikt over de effekter valg, og usikkerheter kan ha i en tidlig fase av prosjektplanlegging. For å gjøre det må det brukes en måte å sette verdi på de valgene man har allerede i planleggingsfasen og videre underveis i prosessen. I dette delkapittelet blir det sett nærmere på ulike teorier og metoder som setter en verdi på muligheten man har.

3.2.1 Bakgrunn

For å verdsette prosjekter brukes ulike former for økonomisk analyse og metoden som ofte benyttes er nåverdimetoden. Om resultatet av en investeringsanalyse gir positiv nettonåverdi er det per definisjon et lønnsomt prosjekt. For hvert av prosjektene som får positive nåverdier er det lagt inn forutsetninger som har en usikkerhet knyttet til seg. For å gjøre den prioriteringen på mest mulig objektiv måte trengs det en metode for å få frem hvilke prosjekter som gir mest nytte. En metode for å gjøre det er å se på forholdet mellom prosjektets nåverdi og investerte krone, men det er ikke alltid tilstrekkelig når det er en usikkerhet i forutsetningene som ligger til grunn. Det er her forskjellen på den tradisjonelle nåverdimetoden og realopsjonsteori kommer inn. Den ligger i hvordan usikkerhet i forutsetninger og informasjon blir behandlet [17].

I en artikkel av Jostein Tvedt [18] blir det forklart at det finnes bedre alternativer enn nåverdimetoden for å analysere prosjekter som inneholder stor grad av usikkerhet og fleksibilitet. Den ene grunnen som det pekes på er måten diskonteringsraten justeres for risiko. I nåverdimetoden neddiskonteres kontantstrømmer med summen av en risikofri rente og et risikotillegg. Det gir en fast sats som vil i analyseperioden få effekten av renters rente både på risikofrirente og risikotillegget. Det gjør at risikoen på kontantstrømmen øker med en fast form med tid. Det vil i mange tilfeller stemme, men vil få den samme formen for økning uavhengig av hvordan usikkerheten er i forskjellige prosjekter. Om det er fleksibilitet i valg som kan tas, og muligheter til å tilpasse seg hendelser i perioden som påvirker kontantstrømmene, er ikke dette den beste måten å få frem verdien fleksibiliteten kan gi prosjektet [18]. Realopsjon er en teori som forsøker å sette verdi på fleksibilitet slik at den blir tatt med i den totale verdsettingen av et prosjekt. Prinsippene for realopsjon er hentet fra finansteori, og en kort innføring i opsjonstankegangen er gitt i vedlegg 1.

3.2.2 Tankegang for realopsjon

Når prosjekter planlegges settes det en del forutsetninger for beregning av lønnsomhet. Forutsetningene settes gjerne for en lang tidsperiode, men i løpet av tidsperioden prosjektet pågår kan forutsetningene endres. Når man beregner lønnsomhet for prosjekter trengs det en metode som tar med usikkerhet og fleksibilitet i tallene som legges inn. Denne fleksibiliteten kan gjøre seg gjeldene ved muligheten til å utsette en avgjørelse eller endre

produksjonsvolum om prisutviklingen endres med tiden. Realopsjonsteorien er en teori som forsøker å verdsette fleksibiliteten også for situasjoner og problemstillinger som ikke dekkes av teoriene for finansielle opsjoner [18].

Ved å benytte realopsjonsteori er det mulig å kvantifisere verdien av fleksibilitet i et prosjekt. Med den muligheten kan det gjøres strategiske valg for å investere i ny fleksibilitet, og ikke bare eksisterende fleksibilitet [18]. Ved god kunnskap om realopsjon kan en beslutningstaker bli proaktiv og velge å investere i ny fleksibilitet [18].

Ved å gjøre en liten investering, kan man kjøpe opsjonen på en fleksibilitet til en større investering på et senere tidspunkt som kan gi økt verdi. Grunnen til at det kan være aktuelt og interessant å ha denne muligheten er usikkerheter i utvikling. Og er det ønskelig å ha mulighet til å endre beslutningen. Det blir sett etter en reversibel løsning der det er mulig, fremfor å gjennomføre en irreversibel løsning raskt. Det gjør at den lille investeringen i opsjonen kan gi større verdi eller et mindre tap om det skulle vise seg at det ikke ble den utviklingen som var ønsket.

Et viktig grunnfundament som må være på plass for at en bedrift skal kunne nyttiggjøre seg realopsjoner er at bedriften har et godt finansielt grunnlag. En bedrift er avhengig av å ha et godt finansielt grunnlag for å kunne velge et optimalt investeringstidspunkt [18]. Det betyr at en bedrift som skal benytte seg av realopsjon må ha råd til å prioritere mellom prosjekter. Dersom det er dårlig økonomi eller likviditet i en bedrift vil prosjekter som gir en tidlig inntjening bli foretrukket fremfor et prosjekt som på lengre sikt vil ha en større totalverdi, men senere inntjening. Billigere løsninger blir prioritert da det gir en mindre utgift på kortsikt, selv om en dyrere investering kunne gitt større inntjening på lang sikt. Et annet problem som kan oppstå ved dårlig finansielt grunnlag er at bedriften ikke har den ønskede fleksibiliteten til å handle når ny informasjon oppstår og en realopsjon kunne blitt realisert.

Et prosjekt innen vannkraft innebærer investeringer som er irreversible. Det som menes med irreversible investeringer er investeringer der ikke alle investeringer kan omgjøres uten tap. I det ligger det at når en investering er gjort og prosjektet er påbegynt kan man ikke stoppe uten at det fører til tap i form av at utstyr som er kjøpt og ikke kan videre selges til

samme pris som det ble kjøpt for. Arbeidstimene er også en kostnad som er tapt etter at prosjektet er igangsatt. For en bedrift som skal gjøre en slik investering vil det kunne være lønnsomt å se på ulike muligheter før en slik investering gjøres. Det kan være å undersøke ulike tidspunkter, utvidelsesmuligheter, flere byggetrinn eller lignede. I mange tilfeller kan det være lønnsomt å utsette avgjørelsen om igangsettelse i påvente av ny informasjon slik at usikkerheten minskes [10].

Eksempel på irreversibel investering

I kraftverk vurderes et nytt løpehjul. Det må spesiallages på mål fra det aktuelle kraftverket. Når produksjonen av løpehjulet er startet er investeringen gjort, og det vil ikke kunne omgjøres uten tap dersom noe skulle skje slik at man ikke ønsker det nye løpehjulet likevel. Dette fordi det er vanskelig å få solgt et spesiallaget løpehjul til et annet kraftverk. Noe av investeringen kan kanskje gjenvinnes ved at man får skrapmetallprisen, men det vil ikke være en full gjenvinnbar investering.

Det vil da oppstå en alternativkostnad som er verdien av å vente fremfor å gjennomføre prosjekt med en gang [10]. Når beslutningen om gjennomføringstidspunkt skal tas kan det være stor usikkerhet i en rekke viktige faktorer som er av avgjørende betydning for lønnsomhet i prosjektet. Det kan derfor være aktuelt å utsette oppstart for å få større klarhet, og ny informasjon kan bli tilgjengelig slik at usikkerheten synker. Muligheten for å velge oppstartstidspunkt kan bli sett på som en realopsjon, og da vil alternativkostnaden tilsvare tapt opsjonsverdi [10]. Det vil si at for at et prosjekt skal igangsettes må nåverdien av prosjektet være stor nok til å dekke inn denne alternativkostnaden. En mulighet for å finne denne alternativ kostnaden er å se på nåverdien av prosjektet med ulike oppstartstidspunkt [10].

Fleksibilitet gir mulighet for å tilpasse seg ny informasjon eller endrede situasjoner. Det er fire typer opsjoner som kan skape fleksibilitet og øke verdien til prosjekter. Den typen prosjekter har større verdi dersom det er mulig å velge når investeringen gjøres. Det betyr at fleksibilitet i investeringstidspunktet er en viktig verdi som lett kan overses i tradisjonell nåverdimetoder. Dette innebærer at man ikke lenger bare kan se på nåverdien når det tas en avgjørelse om prosjekter skal gjennomføres eller skrinlegges. Dersom netto nåverdien er

negativ bør ikke prosjektet forkastes dersom opsjonsverdien er høy nok, da burde bare prosjektet utsettes. På samme måte bør ikke prosjekter med positiv nåverdi gjennomføres dersom de minker fleksibiliteten til virksomheten for gjennomføring av andre prosjekter. Dersom et prosjekt gjennomføres bare fordi det har positiv nåverdi kan det minke fleksibiliteten til å gjennomføre prosjekter som tidligere har blitt utsatt og hindre at de kan gjennomføres på et gunstig tidspunkt. For når en investering er gjort er penger som før var frie blitt bundet opp og kan ikke lenger brukes annerledes [18].

3.2.3 Forutsetninger for å kunne bruke realopsjonsteori

En klar forutsetning er at det må bli sett nærmere på fleksibiliteten og ta den med i beregningen når prosjekter verdsettes. Dette er et felt som hører til i strategidelen av et prosjekt, men med realopsjonsteorien for man muligheten til å verdsette verdien av strategiske grep som kan øke fleksibiliteten i beslutningen. Et viktig fundament for at en virksomhet kan benytte seg av realopsjonene de skaper er å ha en god finansiell grunnmur og gode kontantstrømmer. Flexibiliteten avhenger av å ha finansielt grunnlag til å kunne ta avgjørelser om investering på det tidspunkt når prosjekter har høyest opsjonsverdi. Dette krever av bedriften at de har tilgjengelige finansielle midler til en hver tid.

Dersom det er en situasjon der bedriften er presset og trenger mer inntekter raskt, kan de bli nødt til å gjennomføre prosjekter med tidlig kontantstrøm. Det tiltros for at det ikke er den beste løsningen på langsikt. For nå man har starte opp et prosjekt og bundet opp kapital i det mister bedriften fleksibiliteten den hadde før prosjektet var startet [18].

3.2.4 Ulike former for realopsjon

I prosjektene ønskes det å beholde en form for fleksibilitet så lenge som mulig slik at usikkerheter i prosjekter kan minskes. Ved å ta i bruk realopsjonstankegangen får beslutningstaker mulighet til å identifisere de verdiene som kan ligge i fleksibiliteter i prosjektene. Realopsjonene kan komme i ulike former, avhengig av hvilken type fleksibilitet de introduserer. De ulike formene og hva de innebærer og små eksempler som illustrer hvordan det kan komme til anvendelse innen vannkraft blir presentert.

Utsette

Denne formen for realopsjon handler om beslutningstakers mulighet til å vente med igangsettelse av prosjektet. Det kan være ulike grunner til at man ønsker å vente, men det kan være usikkerhet i forutsetningene og en mulighet for at ny informasjon blir tilgjengelig i løpet av varigheten på opsjonen [15]. For at denne typen realopsjon skal ha en verdi må den nye informasjonen komme, og den må være av den karakter at den reduserer noe eller hele usikkerheten som ligger i prosjektet. Her kan og mer usikkerhet bli tilført, men da vil ikke realopsjonen ha noen verdi.

Skrinlegge

Når et prosjekt skrinlegges betyr det at det avsluttes selv om det ikke er fullført [15]. Denne realopsjonen kan innebære å legge ned anlegg som ikke lenger skal være med i porteføljen. Denne typen realopsjon vil kunne medføre tap i form av at noen kostnader er påløpt, men man kan likevel velge denne dersom man ser at etterspørselen og nytten til prosjektet ikke er som antatt, og det vil på lengre sikt medføre et enda større tap enn på tidspunktet man velger å skrinlegge.

I vannkraft kan det være at det er planlagt en reinvestering i en kraftstasjon som skal starte om to år. I mellomtiden tas det en avgjørelse om at det skal bygges et nytt kraftverk like i nærheten slik at behovet for den gamle kraftstasjonen minker. Da kan det være at beslutningstakerne velger å benytte seg av realopsjonen skrinlegging av reinvesteringen, og heller velger å kjøre så lenge det går for så å legge ned hele den gamle stasjonen.

Utvide omfang

Å utvide omfanget gir beslutningstakerne samme mulighet til å skalere prosjektet etter behov. Her kan verdien av realopsjonen bli sett ved at utvidelsen fører til økt nytte for prosjektet. Her kan det handle om at man ved en revisjon ser at tilstanden er verre enn forventet, og man ønsker å gjøre flere tiltak enn det som var planlagt. Det kan medføre lengre arbeidstid, og større ressursbruk enn det som var planlagt.

Redusere omfang

I prosjekter kan det komme til det punkt der man ikke ønsker å fullføre prosjektet i det omfang som først planlagt. Da kan det være en mulighet å redusere omfang mot en kostnad [15]. Med denne typen realopsjon får beslutningstakerne muligheten til å skalere prosjekter underveis ved behov. Verdien her kan komme ved at beslutningstaker ser at det er skalert for stort og at kostnadene kan senkes ved å skalere ned prosjektet selv om det har en kostnad. I et vannkraftprosjekt kan det handle om at man starter en rehabilitering og ser at tilstanden er bedre enn forventet, og da velger å ikke gjennomføre alle tiltakene som var planlagt.

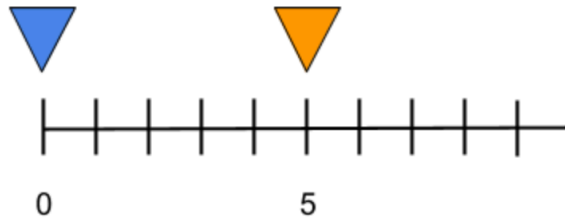
Sammensatt

Når man tar en beslutning vil det legge grunnlaget for hvilke muligheter som ligger i fremtiden. Avhengig av hva man velger i første beslutningstrinn, vil mulighetene endres i det neste. Det er en salgsavhengighet mellom avgjørelsene som tas når opsjoner er med i beslutningsprosessen. Når en opsjon er brukt, kan den utløse nye avhengig av hvilken beslutning som ble tatt [15].

3.2.5 Konsept for beregning av realopsjonsverdi

Konseptet for beregning av realopsjonsverdien og verdien av fleksibiliteten er hentet fra regneeksempelet i *“Realopsjoner og fleksibilitet i store offentlige investeringsprosjekter”* [17]. Eksemplet som følger i dette delkapittelet er tett opp mot regneeksempelet i rapporten av Kjell Arne Brekke og gjengitt her for å ha med konseptet for de videre eksemplene som kommer i kapittel 4.

Et prosjekt er klart til gjennomføring, men beslutningen om når oppstart skal settes gjenstår. Beslutningstakerne har valget mellom å gjennomføre prosjektet nå eller om fem år. Det vil si at de har en opsjon som gir de muligheten til å vente fem år med i igangsettelse av prosjektet grunnet noen usikre parametere i prosjektet. I figur 4 er en tidslinje som viser de alternative oppstartstidspunktene.

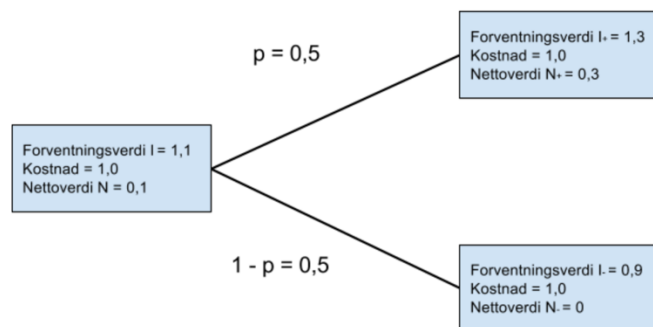


Figur 4: Tidslinje.

Kostnaden, K , for prosjektet er sikker og beregnet til $K = 1,1$ mrd. Den vil være lik uavhengig av oppstartstidspunkt. I dette prosjektet er det nytten eller inntekten som er den usikre delen. Forventningsverdien til prosjektet om det startes nå er på $I = 1,1$ mrd. Det vil gi en nettoverdi på investeringen på $N = I - K = 1,1 - 1,0 = 0,1$ mrd. Det gir et lønnsomt prosjekt som kan anbefales å settes i gang.

Nytteverdien er det usikre i dette eksempelet og for å se hvilke følger den kan ha på nettoverdien blir det sett på to mulige utfall av investeringen fem år frem i tid. Da kan nytteverdien være enten $I_+ = 1,3$ mrd eller $I_- = 0,9$ mrd. Sannsynligheten for de to utfallene settes til 50 % for hvert av utfallene.

Når det regnes på forventningsverdien om fem år er den $1,3 * 0,5 + 0,9 * 0,5 = 1,1$. Den er med andre ord lik som for alternativet å sette i gang med en gang. Forskjellen ligger i at ved å utsette investeringen eller oppstarten vet man hva som er tilfellet om fem år. For hvert av de to alternativene må det regnes ut en nettoverdi, den blir henholdsvis $N_+ = 0,3$ og $N_- = -0,1$. I situasjonen der beslutningstaker har opsjon på gjennomføring av prosjektet eller ikke vil de ved negativ nettoverdi velg å ikke gjennomføre prosjektet og da vil nettoverdien være 0 og ikke negativ. Figur 5 viser alternativene.



Figur 5: Grafisk fremstilling av valg.

Nåverdien om fem, med rente på 4% vil være $\frac{0,5*0+0,5*0,3}{1,276} = 0,123$

Av dette da 0,123 er større en 0,1 vil det være lønnsomt å vente. Verdien på vente opsjonen vil være differansen mellom hva som kan realiseres om fem år og om det igangsettes nå. Den er på 0,023 mrd, 230 000.

3.3 Flermåls beslutningsanalyse

Det er mange beslutninger som tas i en bedrift. En beslutningstaker må ha oversikt over positive og negative konsekvenser, både på kort- og langsikt. Det kan være krav til lønnsomhet og konkurranse fra andre som bidrar til krav og ønsker om god dokumentasjon til beslutningsgrunnlaget. For å kunne levere på dette ønsket er det behov for informasjon om hva bedriften ønsker, hvilke faktorer som er med på å avgjøre resultatet, og hvordan utvikling som kan forekomme på bakgrunn av beslutningen. Samlet vil det utgjøre en stor mengde informasjon som beslutningstakeren må forholde seg til. Ut fra dette dukker det opp et behov for en metode som strukturerer informasjonen fra ulike prosjekter slik informasjonsmengden blir håndterlig og kan sammenlignes på best mulig måte.

3.3.1 Hva er flermåls beslutningsanalyse?

Flermåls beslutningsanalyse (FMBA) er en strukturert fremgangsmåte som får frem egenskapene til prosjektalternativer og legger til rette for sammenligning slik at en beslutning kan tas på best mulig grunnlag [19]. Sammenligningen av prosjektalternativer gjøres basert på et sett av vurderingskriterier slik at beslutningstakerne sitter igjen med en rangering av alternativene [20]. Et viktig poeng som må frem er at FMBA ikke gir den beste løsningen, men heller er en metode for å legge frem alternativene så objektivt som mulig og gjøre informasjon forståelig og sammenlignbare [21].

I boken til Evangelos Triantaphyllou [22] beskrives kjennetegn og typen problemer som kan dra nytte av FMBA. Det kan deles inn i to ulike beslutningsproblemer, de kalles multiobjekt og multiattributt. Hvor multiobjekter forutsetter at prosjekter har et kontinuerlig beslutningsrom. Det betyr at det er uendelig eller ukjent antall alternativer og det blir en

vanskelig oppgave for de som skal sette opp problemet. Det er ikke tilfellet for prosjekter som handler om rehabiliteringer og reinvesteringer, og blir derfor ikke sett videre på i denne rapporten. Multiattributtproblemer har et diskret beslutningsrom som passer bedre med prosjekter innen rehabilitering og reinvesteringer. Et multiattributtproblem har et gitt antall alternativer og det vil være den typen problemer som passer best for rehabilitering og reinvesteringssprosjektene [22].

3.3.2 Multiattributtproblemer

Det som kan kjennetegne beslutningsproblemer innen vannkraft er at beslutningstakerne står mellom ulike prosjekialternativer som tjener ulike formål og flere interessenter med ulike bakgrunner som vil ha en mening om prioriteringen. For å kunne sette opp en prioritering mellom prosjekialternativene må det etableres et grunnlag for å måle hvor godt et prosjekt skårer.

I et multiattributtproblem blir attributter brukt som en betegnelse på måleenheten som brukes for det aktuelle målet. I Grethe Tangen sin rapport blir attributter definert som: *”Attributter subjektive og objektive enheter som karakteriserer elementer i beslutningstakerens virkelighet, og dermed kan brukes til å beskrive alternativer. Attributtene må kunne identifiseres og måles uavhengig av beslutningstakerens behov og ønsker”* [5]. Attributtene er med andre ord de målbare kriteriene som brukes for å se hvordan det aktuelle prosjektet scorer på et aktuelt mål. Noen eksempler er vist nedenfor

Eksempel på attributter

Mål: Minimalisere kostnader

Attributt: Kostnader målt i kroner [5]

Mål: Redusere ikke-planlagte stopp under drift

Attributt: sannsynlighet for feil

Et multiattributt problem kan settes opp i en beslutningsmatrise som viser hvordan prosjekialternativene scorer for hver attributt. Scoren for en attributt kan være en tall

karakter, et intervall, en verbal karakter, kvalitativt eller lignende. I beslutningsmatrisen vil radene representere de ulike alternativene og kolonnene de ulike attributtene.

Eksempel på beslutningsmatrise

I eksempelet her blir det vist en beslutningsmatrise for et problem som har tre alternativer, Prosjekt A, B og C og tre kriterier som det blir bedømt utfra. Kriteriene som er valgt her er HMS, miljøpåvirkning og omdømme. Attributtene er indikert som a_{xy} .

	HMS	Miljøpåvirkning	Omdømme
Prosjekt A	a_{11}	a_{12}	a_{13}
Prosjekt B	a_{21}	a_{22}	a_{23}
Prosjekt C	a_{31}	a_{32}	a_{33}

Figur 6: Matrise for et multiattributt problem [23]

Ved å benytte en slik matrisefremstilling vil all informasjonen fra prosjektbeskrivelsene komme frem på en tydelig og oversiktlig måte. Det vil lette analysearbeidet og sikre at beslutningstakerne har full oversikt over informasjonen. Det finnes ulike muligheter for videre analyser og løsninger på multiattributtproblemer. I denne rapporten blir det sett nærmere på Analytic Hierarchy Process (AHP).

3.3.3 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) er en metode for som brukes for å gjennomføre en flermåls beslutningsanalyse. Den danner et rammeverk for prosessen rundt identifisering av kriterier, hvordan de vurderes vurdering og hvordan de vektet mot hverandre [11]. Ved bruke av metoden blir en tallverdi for prosjektet regnet ut som brukes til rangeringen av prosjektene [20]. Grunnlaget i metoden dannes ved at beslutningstakerne fastsetter kriteriene som skal benyttes i vurderingen av prosjekter. Videre settes det hvordan de skal vektet opp mot hverandre. Med bakgrunn i kriteriene gjøres en parvis sammenligning av kriteriene og prosjektene [11].

AHP-metoden bygger på parvis sammenligning av ulike kriterier. Det er etablert en skala som brukes for denne sammenligningen. Denne vurderingsskalaen som er definert for metoden og vist i tabell 2. Den brukes til den parvise sammenligningen mellom kriteriene og resulterer i en beslutningsmatrise som kan se ut som i eksempelet AHP.

Tabell 2 Vurderingsskala for AHP-metoden [11].

VERBAL BESKRIVELSE	NUMERISK VERDI
LIKT	1
LITT FORETRUKKET	3
STERKT FORETRUKKET	5
SVÆRT STERKT FORETRUKKET	7
EKSTREMT FORETRUKKET	9

Eksempel AHP

Kvalitative egenskaper som skal vurderes for prosjektet er HMS, miljøpåvirkning og omdømme. Den parvise sammenligningen som gjøres får følgende resultat;

- HMS er *sterkt foretrukket* sammenlignet med miljøpåvirkning (vekt 5).
- HMS er *svært sterkt foretrukket* sammenlignet med omdømme (vekt 7).
- Miljøpåvirkning er litt foretrukket sammenlignet med omdømme (vekt 3).

Det gir vurderingsmatrisen;

Tabell 3: Vurderingsmatrise for eksempel AHP.

	HMS	Miljøpåvirkning	Omdømme
HMS	1	5	7
Miljøpåvirkning	0,20	1	3
Omdømme	0,14	0,33	1

Egenvektor for matrisen er

Tabell 4: Egenvektor for vurderingsmatrisen i eksempelet.

Kriterium	Egenvektor
HMS	0,73
Miljøpåvirkning	0,19
Omdømme	0,08

I vurderingsmatrisen som vises i tabell 3 i eksempelet kan man se hvordan de ulike kvalitative egenskapene vurderes opp mot hverandre. Med den vurderingsmatrisen om grunnlag kan en egenvektor beregnes. Det den egenvektoren som AHP-metoden bruker for å vekte de ulike kriteriene i den videre kvalitative beslutningsmodellen [11].

Når kriteriene er vurdert opp mot hverandre må det også dannes en vurderingsskala for hvert kriterium. Det kan være en utfordring å danne denne vurderingsskalaen da det jobbes med kvalitative egenskaper. Løsningen er å igjen bruke en verbale formuleringer som tilegnes en tallverdi. Det kan være verbale formuleringer som bidrar ikke, bidrar noe, bidrar mye og bidrar svært mye, de verbale kriteriene får tallverdier. Når denne tilnærmingen

benyttes er det viktig at det begrunnes for hvert enkelt prosjekt hvordan det bidrar til å oppnå kriteriet og hvorfor det får den aktuelle tallverdien [11].

Eksempel Vurderingsskala for et kriterium

For hvert prosjekt må det vurderes hvordan det scorer for hvert kriterium. La oss si at vurderingsskalaen som presenteres her er for kriteriet HMS. Det kan være et kriterie som ikke lar seg tallfeste, men som vurderes verbal. For det kan lages vurderingsskalaer slik som vist i tabell 4.

Tabell 5: Vurderingsskala for et kriterium.

Verbal skala	Tallverdi
Bidrar ikke	0
Bidrar litt	0,3
Bidrar mye	0,6
Bidrar veldig mye	1

Hvert kriterium har en egen vurderingsskala. Når det er slike verbale skalaer er det viktig å dokumentere og beskrive hvordan og hvorfor et prosjekt bidrar på den måten det er vurdert til å gjøre for et kriterium [11]. Deretter vil kriterienes score sammen med kriteriets vekt kunne danne en totalscore for kvalitativ nytteverdi av et aktuelt prosjekt. I neste eksempel blir det vist hvordan et prosjekt vurderes for hvert kriterium og da hvordan den totale kvalitative nytteverdien kommer frem.

Eksempel Total kvalitativ nytteverdi med AHP-metoden

Ved å bruke de samme kriteriene og egenvektoren som kom frem i eksempel AHP kan resultatet for et prosjekts kvalitative nytteverdi bli som i tabell 5.

Tabell 6: Total kvalitativ nytte.

Kriterium	Verbal skala	Numerisk skala	Kriteriets vekt	Score
HMS	bidrar litt	0,3	0,73	0,22
Miljøpåvirkning	bidrar ikke	0	0,19	0
Omdømme	bidrar mye	0,8	0,08	0,06
Totalsum				0,28

Det er i eksempelet her et vilkårlig prosjekt og vilkårlige verdier på verbal og numerisk skala. Eksempelet er bare ment til å vise prinsippet for hvordan en totalscore kan beregnes.

3.3.4 Kritikk

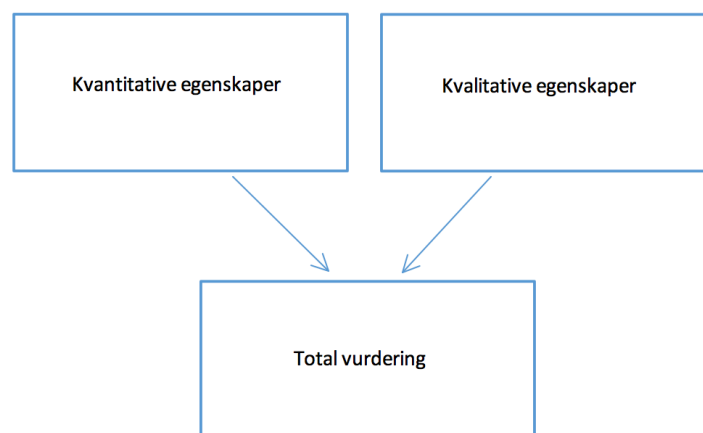
AHP-metoden har sitt fortinn ved at det er en enkel metode som bruker parvis sammenligning av kriterier. Den krever lite opplæring før beslutningstakere kan ta den i bruk og har vist seg å være et effektivt rammeverk for prioriteringsprosessen [11]. Men det er noen som er kritiske til metoden på grunn av dens enkelthet. En av kritikkene går på beslutningstakernes evne til å være konsekvent når man gjør den parvise sammenligningen. Om et alternativ er 7 ganger bedre enn et annet, som igjen er 5 ganger bedre enn det tredje osv., kan det tilslutt bli vanskelig å holde oversikt og klare å sette forholdstallene riktig når alternativene sammenlignes [20]. En annen kritikk er knyttet opp mot tallverdiene i skalaen og beregningsmetoden som benyttes [11]. En tredje kritikk går på at det kan skje store endringer i rekkefølgen dersom et nytt alternativ kommer inn. Det at store endringer kan forekomme grunnet et nytt alternativ har fått noen til å stille spørsmål ved fundamentet til metoden [20].

3.4 Prioritering mellom prosjekter

Når beslutningstakerne har all informasjon og resultater fra analysen kan det gjøres en rangering mellom prosjektene. Prioriteringslisten settes opp med bakgrunn i både kvantitative og kvalitative egenskaper.

3.4.1 Kvalitative og kvantitative

For å identifisere egenskaper ved prosjekter og kunne sammenligne forskjellig typer prosjekter ved hjelp av FMBA skiller det mellom to typer egenskaper i denne rapporten. Det er kvantitative og kvalitative egenskaper. De kvantitative egenskaper er de egenskapene som kan tallfestes forholdsvis enkelt, som økonomi eller andre målbare kriterier. Kvantitative egenskaper på den andre siden er ikke like lett å måle. Det er ofte egenskaper som trenger verbale beskrivelser og verbale målekriterier. Utfordringen med det er at det er ikke like lett å sammenligne direkte. Når egenskapene er delt opp på i de to egenskapene må de samles i en totalvurdering. Det er illustrert i figur 7.



Figur 7: Illustrasjon av konseptet for total vurdering av prosjekteralternativer [11].

Målet videre for FMBA er å finne en metode og verktøy for å kunne legge sammen de kvantitative og kvalitative egenskaper til en samlet total vurdering. Deretter vil total vurderingen av de ulike prosjekteralternativene danne grunnlaget for prioriteringen.

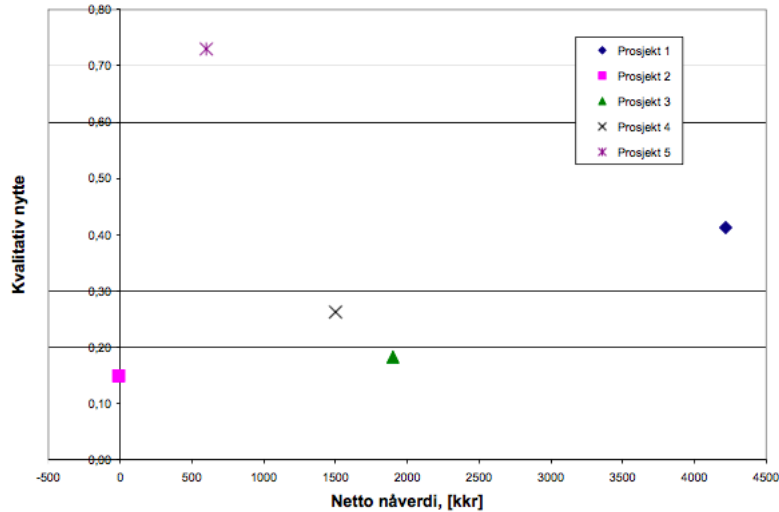
For å trekke koblingen mellom rehabilitering- og reinvesteringsprosjekter og viktigheten av å se på både de kvantitative og kvalitative egenskapene i et prosjekt må det sees på

variasjonen i prosjektene som blir sammenlignet. De prosjektene som blir sammenlignet innen rehabilitering og reinvestering er av ulike karakter og vil tjene ulike formål. Av den grunn vil det være vanskelig å bare se på lønnsomhet og økonomi når det skal avgjøres hvilket prosjekt som prioriteres foran andre. Det vil kunne være prosjekter som er initiert av grunner som ikke handler om økonomi og da er det viktig å ha et rammeverk som tar med de andre faktorene på en ryddig og oversiktlig måte slik at det blir behandlet så likt som mulig [24]. Det vil gi et mer objektivt resultat enn om man skal la de kvalitative egenskapene og deres bidrag bli avgjort av en magefølelse eller etter hvor god en prosjektleder er til å argumentere for sitt prosjekt.

AHP er en metode innen FMBA som kan benyttes når kvalitative egenskaper ved et prosjekt skal vurderes. Den bidrar til å få økt innsikt i hva prosjektet handler om og gir et større klarhet i hva som kan oppnås med det aktuelle prosjektet. Det er ulike stadier som bidrar til informasjon om prosjektet og som tilsammen danner en beslutningsmodell som gir nyttig informasjon om prosjektet og et sammenligningsgrunnlag for ulike prosjekter.

3.4.2 Resultatfremstilling

Når analysen er ferdig er det viktig å fremstille resultatene på en måte som gir et godt grunnlag for beslutningen som skal tas. Resultatfremstillingen må reflektere de vurderingene som er gjort og prosjektene som blir tatt stilling til. I analysen er arbeidet med de kvalitative og kvantitative egenskapene delt, og nå skal de sammenstilles på en god måte. En måte å gjøre det på er ved å fremstille dem grafisk som i figur 8.



Figur 8: Resultatfremstilling [11]

Det som kan leses ut av figur 8 er hvordan de forskjellige prosjekt alternativene plasserer seg i forholde til hverandre og kvalitativ nytte og netto nåverdi for prosjektene. For å videre lese noe ut av figuren defineres to uttrykk, dominans og effektiv front [11]. Et prosjekt er dominant ovenfor de andre prosjektene i fremstillingen som ligger lavere i både kvalitativ nytte og netto nåverdi. I figur 6 kan man se at prosjekt 1 er dominant ovenfor prosjekt 2,3 og 4. Og prosjekt 5 er dominat ovenfor prosjekt 2. Det ender opp med to prosjekter som ikke er dominert av noen andre prosjekter. Hvis det trekkes en linje mellom de to prosjektene dannes noe som kalles en effektiv front. Det er prosjektene som danner denne linjen som på best måte tilfredsstillers de kriteriene som er brukt i analysen [11].

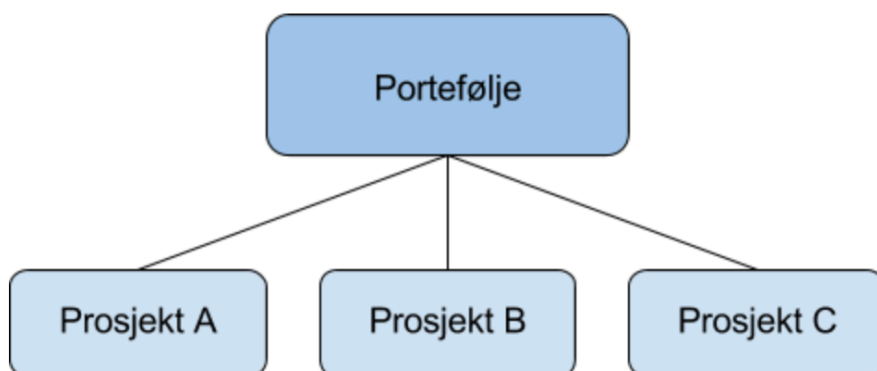
For å avgjøre hvilket av prosjektene som skal prioriteres først kan man se på hvor den mest fordelaktige plasseringen er og hvordan man kan veie kvalitative nytte opp mot netto nåverdi. Det man ønsker er et prosjekt med høyes mulig kvalitativ nytte og høyes mulig netto nå verdi, så jo lengre opp og til høyre i grafen du kommer jo bedre.

3.5 Porteføljestyring

En virksomhet har som regel begrensede ressurser og det fører til at de ikke alltid kan gå videre med alle prosjektene som blir foreslått. De må fordele de ressurser de har på en måte som gir mest nytte for virksomheten som helhet. En metode som brukes for å gjøre dette er porteføljestyring. I dette delkapittelet vil gi et grunnlag for porteføljestyring og gi en forståelse av hva det er og hvordan det kan bruke. I tillegg til hvilke fordeler det kan gi g hvordan det kan bidra til å skape fleksibilitet i prosjekter.

3.5.1 Definisjon av porteføljestyring

For å kunne definere porteføljestyring er første skrittet å definere hva en portefølje er. I artikkelen til A. Jerbrant og T. K. Gustavsson [25] defineres prosjekt portefølje følgende: *”en samling av prosjekter eller programmer og annet arbeid som er samlet sammen for å gi effektiv ledelse av det arbeidet for å nå strategiske mål for bedriften”*. Figur 9 illustrert hierarkiet som gjelder mellom prosjekter og porteføljen.



Figur 9: Hierarki mellom portefølje og prosjekter.

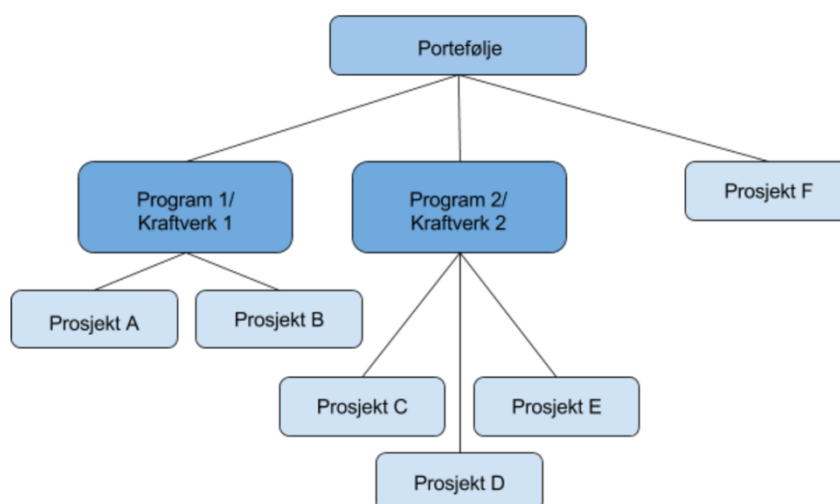
Med denne definisjonen ser man hvordan en porteføljen er knyttet sammen med bedriften som helhet. Målet med porteføljen er å samlet oppnå strategiske mål for bedriften [25].

Prosjektene hver for seg har egne målsetninger og lønnsomhetsanalyser som er spesifikt for det prosjektet. De målsetningene er ikke alltid direkte og tydelig knyttet til bedriftens strategi, men for å komme inn i porteføljen må de vise til hvordan det på langsikt kan bidra til det store målet.

Eksempel

Et vannkraftverk som har overordnet strategi og mål som lyder "Vi skal alltid levere." På kraftverket er det to prosjekter som vurderes gjennomført. Prosjekt A bidrar til bedre estetikk på kraftverkets yttervegger. Prosjekt B bidrar til å redusere feil i turbinen. Her er det tydelig at det er prosjekt B som kan knyttes opp mot bedriftens strategi og det som burde prioriteres basert på porteføljetankegangen.

Når det kommer til definisjonen av porteføljestyring kan det defineres som; *"Styring av flere prosjekter som ikke nødvendigvis har en felles målsetting og lønnsomhetsanalyse. Styringen vil ofte bestå av en overgripende enhet som bidrar med administrative støttefunksjoner, men som er uten reell styring av prosjektene [26]"*. Denne definisjonen betyr at det handler om styring av flere ulike prosjekter som hver for seg har mål de vil oppnå, men med felles styring på et øvre plan vil de samlet kunne bidra til et felles mål. Slik at styringen handler om å fordele tilgjengelige ressurser. For en stor vannkraftbedrift som eier flere kraftverk kan det være behov for å tilordne et nivå til i hierarkiet. Hvor hvert kraftverk tilsvarer det som i litteraturen kalles et program. Et program eller da her et kraftverk har felles målsetting og lønnsomhetsregnskap slik at den som styrer på kraftverket kan gripe inn i de enkelte prosjekter [26]. Hierarkiet kan illustreres som i figur 10.



Figur 10: Illustrasjon av hierarki mellom portefølje, program og prosjekt.

I en bedrift som har god oversikt over alle prosjektene sine og følger porteføljestyringsprinsipper vil det bli en fordeling av usikkerhet. Ved å fordele ressurser på flere prosjekter gir det større sannsynlighet for at noen lykkes og samlet kan det gi en høyere avkastning. Dette foretrekkes fremfor å investere alt i et prosjekt med høy avkastning, men også en sannsynlighet for å mislykkes [27]. Om det ene prosjektet ikke leverer vil alt være tapt, i motsetning til hva som er tilfellet om det er flere prosjekter, hvor noen lykkes og andre feiler. Her vil risikoen være fordelt og på langsikt vil det gi best avkastning.

3.5.2 Målet med porteføljestyring

Målet med porteføljestyring er å maksimere nytten til virksomheten ved å velge ut og prioritere blant prosjekter i virksomheten. For å nå dette målet kan det brytes ned i fire delmål, som til sammen gir ønsket resultat [28];

1. Maksimere verdien av porteføljen
2. Balanse – riktig miks av prosjekter
3. Strategisk sammenheng mellom prosjekter og bedrift
4. Riktig antall prosjekter

For å kunne oppnå de målene må det være et rammeverk rundt prosessen for å velge ut prosjektene som skal inn i porteføljen. I en artikkel av NP Archer and F Ghasemzadeh [29] blir en systematikk for hvordan man velger ut prosjekter som sammen utgjør porteføljen. Det er tre stadier i utvelgelsesprosess og de er;

1. strategisk vurdering
2. evaluering av individuelt prosjekt
3. portefølje utvalgelse [29].

I den strategiske vurderingen ligger metodene som gjør at bedriften når sine bedriftsmål. Prosjekter kan bli sett på som byggsteinene for å nå bedriftens overordnede mål [s.55 30]. For hensikten med strategier og mål for bedriften er sikre at ressurser går dit de gjør mest nytte og er med på å sikre et mønster for beslutninger [6]. Det vil gi en retningslinje for beslutningstakerne i utvelgelsen av prosjekter det skal jobbes videre med. De to siste stadiene i utvelgelses prosessen kan følge prinsippene fra økonomiskanalyse og flermåls beslutningsanalyse for individuell evaluering av prosjektene. For utvelgelsen kan prioriteringslisten fra flermåls beslutningsanalyse og AHP danne grunnlaget.

4 Verdien av fleksibilitet

For å illustrere hvordan verdien av fleksibilitet kan beregnes, i hvilke situasjoner fleksibilitet kan være tilgjengelig og hvordan den kan gjøre påvirkninger i beslutningsgrunnlag vil det i dette kapittelet bli presentert eksempel caser med utgangspunkt i turbinen på kraftverket. Det vil være utgangspunktet for bruken av teorien og metodene fra kapittel 3.

4.1 Problembeskrivelse

I Lekre kraftverk er det nylig blitt gjennomgått en tilstandskontroll. Resultatene fra tilstandskontrollen sier at turbinen bærer preg av å ha vært i drift i 25 år. Det er merkbar slitasje på komponentene i turbinen og som følge av det er det forhøyet sannsynlighet for svikt og redusert virkningsgrad. For å kunne gjøre arbeid på turbinen må anlegg stanses for demontering som vil kunne føre til produksjonstap. For beregninger brukes det en analyseperiode på 20 år med oppstart i 2018. Diskonteringsrenten som brukes er 6%.

Hvordan kan dette gjøres mest mulig lønnsomt og hvordan kan man få inn noen form for fleksibilitet? For beslutningstakere gjelder det nå å sette opp en plan som gi de mest mulig handlingsrom og samtidig opprettholder driften i anlegget på en forsvarlig måte. Det vil nå bli satt noen alternativer som gir ulike handlingsrom og viser ulike former for fleksibilitet og verdien av den.

Grunnen til at man ønsker en fleksibilitet kan være mange. Men hovedårsaken er som oftest at det er usikkerhet i forutsetningene som legges til grunn for utregningene.

4.2 Utsette tiltak

I dette forsøket på å finne verdien på fleksibilitet ved hjelp av realopsjonsteori skal vi se på muligheten for å utsette tiltaket. Grunnen til at det kan være ønskelig å utsette et tiltak er usikkerheter i forutsetningene som ligger til grunn. Det kan være usikkerhet rundt lønnsomheten eller tilstanden, er den dårligere eller bedre enn tilstandsrapporten sier. Et tiltak vil medføre en kostnad, men dersom tiltaket kan utsettes vil også kostnaden bli utsatt. Et tiltak kan også gi inntekter i form av forbedret virkningsgrad. Virkningsgraden kan være forringet av slitasje. Når komponenten er rehabilitert vil virkningsgraden være tilbake som

da den var ny og vil resultere i en større produksjon. Et annet moment som er med er besparelser i form av at en revisjon kan hindre ikke planlagte stopp som følge av svikt. Sviktsannsynligheten etter en revisjon vil være mindre enn før revisjonen. I eksemplene her vil inntekter, I , implisere både økte produksjonsinntekter og inntekter i form av spart risiko.

La oss si at beslutningstakerne har tre alternative oppstartstidspunkt for et tiltak og alternativene er;

- Alternativ A1: Rehabilitering av turbin i år 1 (2018) av analyseperioden
- Alternativ A2: Rehabilitering av turbin i år 7 (2024) av analyseperioden
- Alternativ A3: Rehabilitering av turbin i år 13 (2030) av analyseperioden

I figur 11 er alternativene markert på en tidslinje, hvor A1 er blå, A2 er grønn og A3 er rød.



Figur 11: Tidslinje for tiltak.

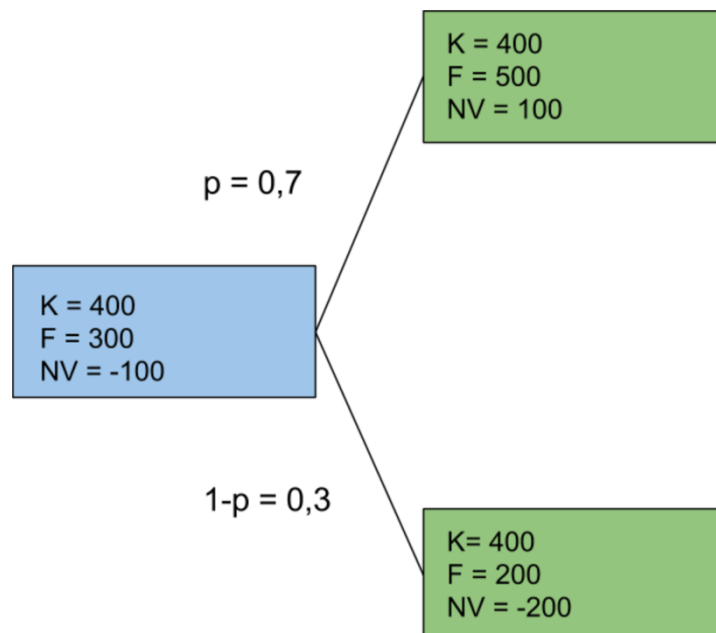
For å overføre det til realopsjonstankegang vil beslutningstakerne sitte på muligheten til å gjøre noe i år 1, eller vente til år 7 eller til år 13. Hvert av alternativene er beslutningstidspunkter hvor de kan velge å benytte seg av muligheten til å gjennomføre et tiltak eller bruke opsjonen på å vente til neste beslutningspunkt og på den måten får en fleksibilitet. Kostnaden, K , antas å være konstant uavhengig av oppstartstidspunkt og er satt til 400 kkr. I eksempelet her er det antatt at tiltaket som skal gjennomføres er det samme og har samme kostnad uavhengig av når det gjennomføres. I senere delkapitler og eksempler skal det bli sett på muligheten for at kostnaden kan endres.

Alternativ 1 er å gjennomføre tiltaket i år 1 (2018). Den første beslutningen som må tas er om tiltaket skal gjennomføres i år 1 eller ikke. Gitt at resultatet av en økonomisk analyse gir; Forventningsverdien, F , av å gjennomføre tiltaket i år 1 er 300 kkr og med kostnaden $K = 400$ kkr gir det en nettoverdi, NV , ved å gjennomføre investeringen i år 1 på -100 kkr. Her får man en negativ netto og med økonomisk tankegang til grunn vil man velge å ikke gjennomføre tiltaket da det vil gi et tap. Så lenge det ikke er noen umiddelbar fare for

ytterligere skader eller andre tvingende forhold vil beslutningstakerne her vente. I økonomisk tankegang vil tiltaket bare gjennomføres om det får en positiv netto nåverdi, ellers medføre et tap. Men for et kraftverk som har en krevd funksjon vil det kunne være tvingende grunner til at tiltak må gjennomføres selv om det har en negativ netto nåverdi og føre til et tap for kraftverket. Men i dette eksempelet antar vi at tilstanden er slik at det er i orden å vente for å se om det er et bedre tidspunkt å gjennomføre tiltaket på. Om kraftverket ikke hadde hatt opsjonen på å kunne utsette tiltaket ville tiltaket her blitt skrinlagt da det ikke var økonomisk lønnsomt.

Men i dette eksempelet er det en opsjon tilgjengelig og det er verdien av den som gir verdien på fleksibiliteten som skal bli funnet.

Alternativ 2 er å gjennomføre i år 7 (2024). I årene frem til det er det antatt to mulige utviklinger i forutsetningene for forventningsverdien. Hvor forventningsverdien til tiltaket enten er høyere eller lavere enn antatt i år 1. Figur 12 viser de alternative utviklingen som antas for utviklingen frem til alternativ 2.



Figur 12: Utvikling for alternativ 2.

Usikkerheter i forutsetningene utgjør forskjellen. Det kan være ulike grunner til at forventningsverdien blir høyere. En grunn kan være at slitasjen i turbinen var større enn antatt, hvilket gir en større forbedring av virkningsgrad og da en større økning i

produksjonen etter tiltaket. Grunn to kan være en annen utvikling i strømpriser som gjør at inntektene for den økte produksjonen blir høyere enn anslått i forutsetningene. En lavere forventningsverdi kan komme av at anslagene for høye og tilstanden var bedre enn man tok med i beregningen.

Beregninger for alternativ 2 som er gjennomføring av tiltaket i år 7 eller utsette til år 13

$$NV_{nei_2} = 100 * 0,7 + 0,3 * 0 = 70$$

Diskontert tilbake til år 1;

$$NNV_{nei_2} = 70 * 0,665 = 47$$

For å regne ut NNV er den økonomiske tabellen i vedlegg 2 brukt for år 7 og rente 6%. Verdien av realopsjon på å utsette tiltaket vil det tilføre en verdi på 47kkr frem for å skrinlegge tiltaket i år 1 som ville kunne være tilfellet dersom man bare beregnet nettonåverdi og tok avgjørelsen på det grunnlaget.

Men for et kraftverk som har en krevd funksjon er det ikke alltid det er opsjon på å si nei til tiltaket. Derfor vil ikke alltid den negative nettoen kunne settes til null. Det vil gi et endret resultat;

$$N_2 = 0,7 * 100 + 0,3 * -200 = 10$$

Diskontert tilbake;

$$NNV_2 = 10 * 0,665 = 6,7$$

Når det blir tatt hensyn til at opsjonen på å si nei ikke alltid er tilstede synker verdien av fleksibiliteten med 86% til 6,7kkr. Men det er for tilfellet her fortsatt positiv og det vil lønne seg å gjennomføre tiltaket i henhold til økonomiske prinsipper.

Den totale opsjonsverdien er gitt av den utvidede nettonåverdien NNV_u som ble beregnet med de mulige utfallene og sannsynligheten for hvert av utfallene og så diskontert tilbake til år 1 og den passive nettonåverdien NNV_p [31 s. 160]. Det gir;

$$O = NNV_u - NNV_p$$

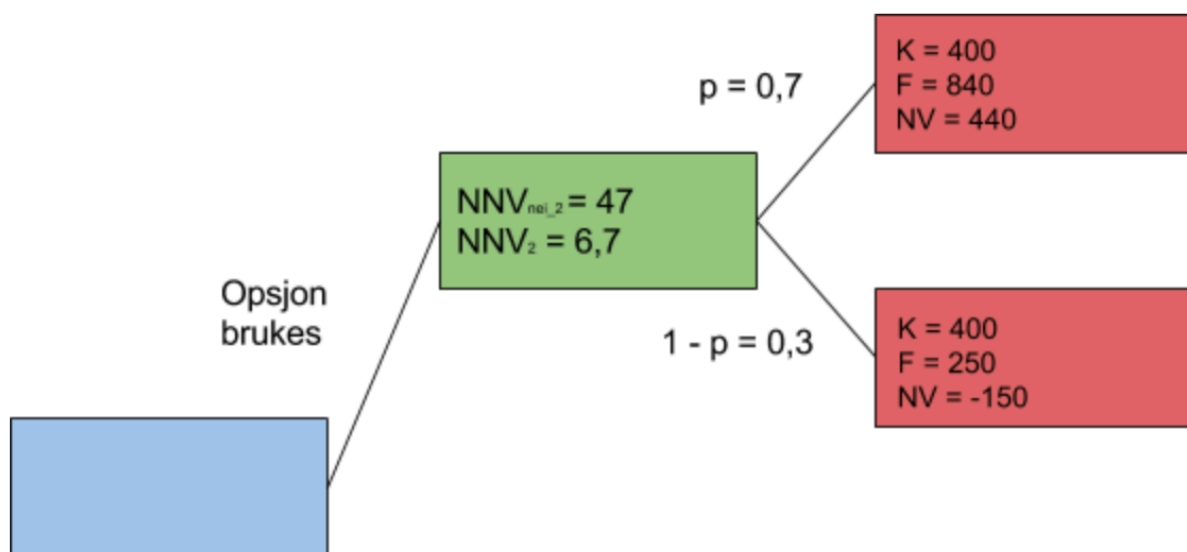
Venteopsjonen, O , får verdien

$$O_2 = 6,7 - -100 = 106,7$$

Men hva blir verdien til fleksibiliteten på opsjonen til å vente til år 13 (2030) ?

Alternativ 3 er å vente med tiltaket til år 13 i analyseperioden. For å komme til dette alternativet må det først være valgt å benytte seg av opsjonen om å vente til år 7. Så det er i år 7 beslutningen om å gjennomføre tiltaket eller ytterligere utsette det må tas.

For å gjøre blir det presentert i figur 13 hvordan utviklingen kan bli frem mot år 13.



Figur 13: Mulig utvikling

Forventet nettoverdi i år 13 er gitt av;

$$NV_{nei,3} = 440 * 0,7 + 0 * 0,3 = 308$$

Diskontert til år 2018

$$NNV_{nei,3} = 308 * 0,469 = 144$$

Om opsjonen på å fortsatt si nei til tiltaket består i år 13 kan opsjonsverdien for alternativ 3 være 144kkr.

Om vi tar bort muligheten for å si nei i år 13 blir resultatet;

$$NV_3 = 0,7 * 440 + 0,3 * -150 = 263$$

Og diskontert til år 2018

$$NNV_3 = 263 * 0,469 = 123$$

Opsjonsverdien på å vente til år 13 blir

$$O_3 = 123 - -100 = 223$$

Da har man fått verdien av fleksibiliteten som kan tilføres prosjektet dersom man kan vente til år 13 med gjennomføring.

I resultatet her er det 223 kkr som er verdien til fleksibiliteten som gir muligheten til å utsette tiltaket i 13 år. For å kunne utsette et tiltak i 13 år vil det kunne være behov for å gjøre noe mindre vedlikehold for å sikre drift og redusere sannsynligheten for en større svikt. Det vil kunne bli sett på som en slags forsikring som kan investeres i for å kunne utsette tiltaket så lenge som mulig. Ved å si at man i år 1 gjør et lite tiltak som koster 50kkr og gjentar det samme i år 7 hvor kostnaden diskontert blir 33kkr. Det blir en samlet kostnad på 83 kkr. Det vil kunne være prisen som må betales for å opprettholde fleksibiliteten til å utsette det større tiltaket til år 13. Da vil den fleksibiliteten få en verdi på 140kkr etter at man har trukket fra investeringene som må til for å gi den fleksibiliteten.

4.3 Utvide et tiltak

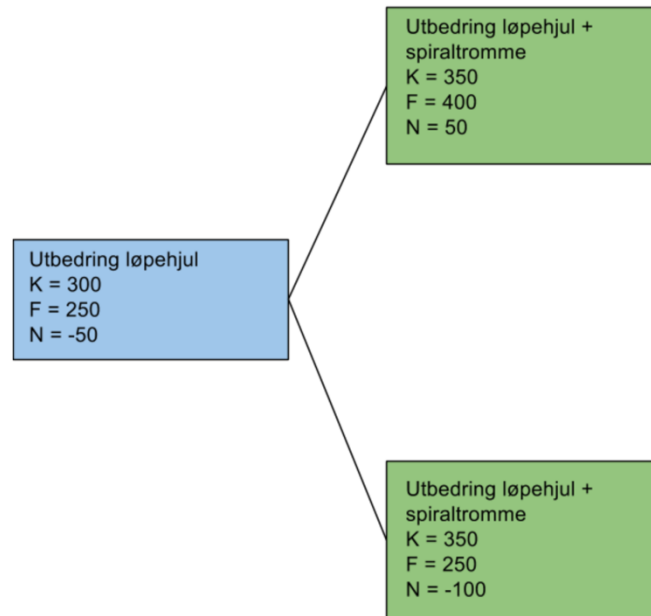
La oss nå si at det er bestemt at det skal gjøres en revisjon i turbinen. Det er bestemt at det skal gjøres utbedringer på løpehjulet. Det var utbedringer som måtte gjøres selv om det ikke var lønnsomt rent økonomisk. Men for å opprettholde den krevde funksjonen til kraftverket måtte det gjøres noen tiltak.

Når tiltaket er igangsatt kan beslutningstakere ha lagt inn muligheter til å gjøre flere ting dersom det viser seg å være behov for det. Det vil kunne være mer lønnsomt enn å gjøre det på et senere tidspunkt. Når anlegget står kan det gi en mer verdi å gjøre flere ting samtidig. For å regne ut verdien av det vil det kunne være mulig å med beregne besparelsene for en stans senere som en del av verdien til fleksibiliteten som gir denne muligheten. Slik at det er potensielt store verdier som kan ligge i denne typen fleksibilitet.

La oss nå si at prosjektet med utbedring av løpehjulet er satt i gang, men det er en opsjon i å utvide prosjektet med å gjøre noen utbedringer i spiraltrømmen. Ekstra investeringen $I = 50$, ved å gjøre ekstra investeringen kan forventningsverdien til prosjektet øke.

Forventningsverdien kan øke da man ved å gjøre utbedringene på spiraltrømmen samtidig

med utbedringene på løpehjulet kan unngå en stans senere for å fikse på spiraltrommen. I figur 14 er alternativene illustrert.



Figur 14: Utvide et prosjekt.

Opsjonsverdien kan da finnes ved å se på om tilleggsinvesteringen betaler seg i form av den økte forventningsverdien. Dersom den endrede forventningsverdien minus kostnadsøkningen er større enn forventningsverdien til alternativet uten utvidelsen vil det være lønnsomt å utvide. Hvis den endrede forventningsverdien minus kostnaden er lavere vil det være bedre å holde seg til den opprinnelige planen[s. 162 31]. En måte å fremstille det på er ved å sette det opp på denne måten;

$$F = \text{maks} (F_{\text{opprinnelig}}, F_{\text{utvidet}} - I)$$

Hvor $F_{\text{opprinnelig}}$ er forventningsverdien uten utvidelse, F_{utvidet} er forventningsverdien etter utvidelsen og I er ekstrakostnaden som kommer til for utvidelsen.

Med eksempelet som er illustrert i figur 14 får man følgende utfall ved å bruke denne tilnærmingen. For det beste utfallet og med den høyeste forventningsverdien

$$F_{\text{høy}} = \text{maks} (250, 400 - 50) = 350$$

Med dette resultatet vil det være best å gå for utvidelsen.

For den mindre optimistiske forventningsverdien blir resultatet

$$F_{lav} = maks(250, 250 - 50) = 250$$

Med dette resultatet vil beslutningen være å holde på den opprinnelige planen uten utvidelse.

For å finne verdien av denne fleksibiliteten må det sette en sannsynlighet for hvert av utfallene. Da det i dette tilfellet antas å være sannsynlig at man på et tidspunkt må gjøres noe med spiraltrommen innen noen år slik at det er større sannsynlighet at den høye forventningsverdien blir gjeldende. Den settes til 75% og 25% for den lavere forventningsverdien. Det gi nettoverdi med forventningsverdiene til alternativene minus kostnaden til det opprinnelige alternativet;

$$N = 0,75 * 350 + 0,25 * 250 - 300 = 25$$

Det vil da gi en opsjonsverdi på

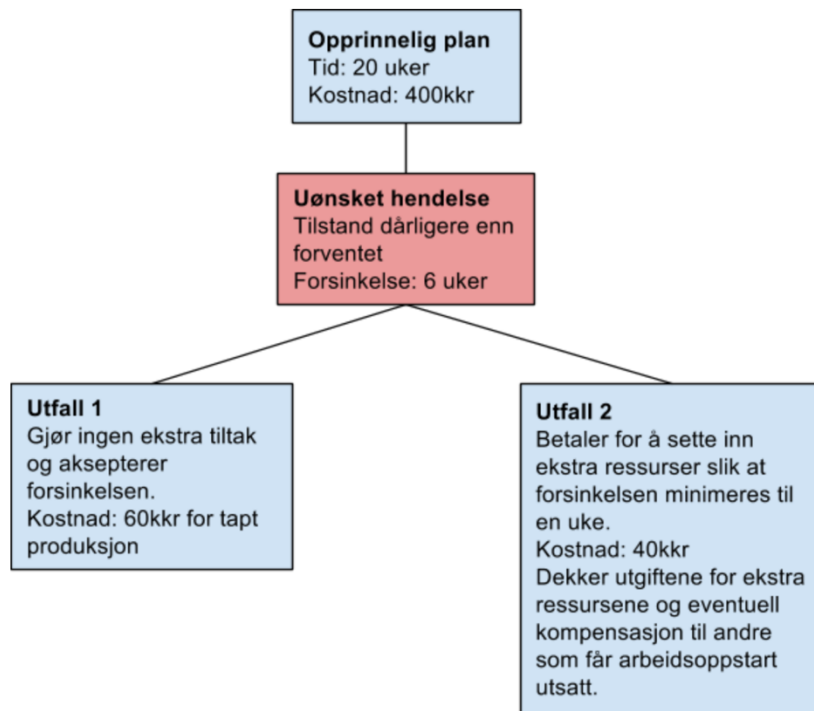
$$O = 25 - -50 = 75$$

Med det resultatet er det klart at med de forutsetningene her er en verdi i å ha en opsjon på å kunne utvide et tiltak som er bestemt gjennomført.

4.3.1 Ekstra resurser

En annen mulighet til å utvide et tiltak kan ligge i å investere i ekstra ressurser. Det kan det være behov for dersom det blir forsinkelser i arbeidet slik at det ligger an til å bli en lengre produksjonsstans enn planlagt.

La oss tenke på et scenario der løpehjulet er blitt tatt ut og sent til reparasjon. Underveis i prosessen på verkstedet viser det seg at slitasjen er større enn antatt og at reparasjonen vil ta lengre tid. En mulighet som kan være tilstede ved en slik situasjon er at det kan kjøpes mer arbeidskraft. Det vil da være en ekstra investering som ikke er med beregnet i den opprinnelige planen. Men kostnadene for en lengre stans kan bli betydelig om det er snakk om en lang forsinkelse. Mulige utfall av en slik hendelse er vist i figur 15. Her er det antatt at produksjonstapet er på 10kkkr per uke. For utfall 2 er det antatt at kostnaden for ekstra ressursene og eventuell kompensasjon er 5 kkr per uke.



Figur 15: Mulige utfall ved forsinkelse.

Ved en slik situasjon er det ulike muligheter som alle har en kostnad ved seg. Mulighet en er at det blir en lengre stans grunnet forsinkelsen og tilleggskostnader blir for de ekstra arbeidstimene og produksjonstapet som kommer som følge av forsinkelsen. En annen mulighet er å betale for at verkstedet setter inn ekstra ressurser slik at jobben kan bli gjort raskere. Det kan gjøres ved hjelp av at flere arbeidere og flere skift slik at det er flere tilgjengelige arbeidstimer i døgnet og da blir jobben gjort raskere. Men en slik løsning vil kunne ha andre konsekvenser. Her kan det være andre oppdrag hos verkstedet som gjør reparasjonen. Om de må gjøre endringer i sine planer vil det kunne medføre en ekstra kostnad for de som vannkraftverket må dekke. For verkstedet vil ikke ta kostnaden for at mer jobb enn det som var forespeilet må legges inn i arbeidet. De kan ha ventende prosjekter som da vil få en forsinkelse fordi ressurser flyttes fra et prosjekt til et annet. De som da får en forsinkelse vil ha en form for kompensasjon. Den vil bedriften som ber om ekstra ressurser for sitt prosjekt måtte betale. Men om kostnaden er mindre enn produksjonstapet som kan komme som følge av forsinkelsen vil det være en kostnad bedriften er villig til å ta.

Om en slik avtale skal kunne finne sted er det noe som det kan være lurt å avklare på forhånd. For det er ikke alle verksteder som kanskje har muligheten til å utvide kapasiteten

og har ekstra ressurser tilgjengelig. Av den grunn kan det være noe som bør tas med i vurdering av valg av verksted for å sikre at denne fleksibiliteten er tilstede dersom den trengs. For dersom verkstedet har denne muligheten vil det være en mulighet at bedriftens prosjekt blir utsatt fordi det er en forsinkelse i et annet prosjekt og de blir betalt for å vente. Da vil bedriften få en kompensasjon, men det vil likevel føre til en forsinkelse som de kan dra nytte av på andre måter dersom de har tenkt igjennom det som en mulighet på forhånd.

4.3.2 Skalere ned

I eksempelet som er vist til nå i delkapittel 4.3 er det antatt at tilstanden var dårligere enn antatt og at tiltaket måtte utvides. Tilstanden kan på en annen side vise seg å være bedre enn ventet og tiltaket kan skaleres ned. Da vil man kunne fjerne tiltak og på den måten vil kostnaden for et planlagt tiltak gå ned.

Men når et tiltak planlegges bør alt av utstyr og materiell som treng for å gjennomføre tiltaket som planlagt være tilstede. Da kan man risikere å ha kjøpt materiell og hentet inn arbeidskraft som ikke lenger er nødvendig om tiltaket skaleres ned. Da vil man kunne få en tapt kostnad ved å skalere ned tiltaket, men om besparelsene er store nok vil det likevel kunne lønne seg å ha muligheten til å skalere ned tiltaket.

For å benytte seg av denne realopsjonen og få denne typen fleksibilitet handler det om å være forberedt på hendelsen slik at man vet hvordan man skal handle dersom det skjer. Det kan være planer om hvor man kan oppbevare materiell som ikke benyttes til senere revisjonsstanser og lignende.

4.4 Dele opp et tiltak

I kapittelet 2.3 om revisjonstans presentere alle fasene som hører til i et prosjekt. For å kunne dra nytte av fleksibiliteten som ligger i muligheten til dele opp et tiltak er det i planleggingsfasen det må legges til rette for det. Grunnen til at det må tilrettelegges for å dele opp et prosjekt allerede i planleggingsfasen er at når arbeidet er startet og det er påbegynt arbeid på komponenter som kan innebære demontering er det ikke bare å stoppe arbeidet for å sette i gang produksjonen igjen.

For at et prosjekt eller tiltak skal deles opp må det være av et vist omfang. I det ligger det at det må være nok deltakere for å kunne dele opp arbeidsoppgavene. Men det kan være mange små tiltak og da må det prioriteres for det vil kunne være begrenset med plass og ressurser. Ved en slik prioritering er det de mest kritiske oppgavene som bør få oppmerksomheten. I dette tilfellet bør det og tenkes på hvilke oppgaver kan gjøres selv om løpehjulet er på plass igjen. For det kan være arbeidsoppgaver som er enklere uten løpehjulet, men som likevel kan gjennomføres med det på plass. På den andre siden vil det være oppgaver som bare er mulig å gjøre når løpehjulet er ute slik at det må gjøres i den tiden det er ute. Det som da blir et nøkkelpunkt i planleggingen er å identifisere de oppgavene som kan og ikke kan gjøres med løpehjulet på plass slik at det kan gjøres en prioritering. Dette vil kunne gjelde andre komponenter også, men for å forklare prinsippet har det blitt fokusert på turbin og løpehjulet.

4.4.1 Eksempel med oppdeling

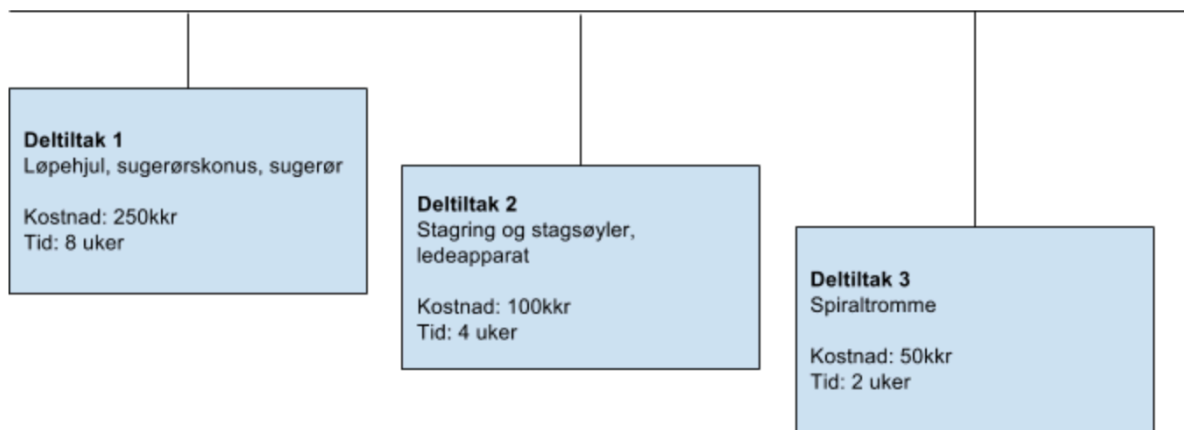
Om prosjektet innebærer å ta ut løpehjulet i en turbin og sende det til reparasjon. Er det diverse tiltak som kan gjøres når det likevel står og det er enkel tilgang til andre komponenter i turbinen. Det som da er viktig er å tenke nøye igjennom hvilke arbeidsoppgaver som startes og tiden det tar. For i et tilfelle hvor løpehjul tas ut og sendes avsted er det den delen som tar mest tid og det er da viktig at ikke små oppgavene blir uoversiktlige og ender opp med å forsinke det hele.

La oss ser på tiltakene som er planlagt i en rehabilitering av en turbin. Listen over tiltak er hentet fra masteroppgaven til Lasse Brekke [32]

Tiltak - Rehabilitering turbin		
Komponent	Tiltak	Begrunnelse
Spiralromme	Sandblåses før det påføres ny overflatebehandling.	Vurdere om malingsoverflatene ved rehabiliteringstidspunktet er av tilstrekkelig kvalitet. Kvaliteten på malingsoverflatene må være så god at malingsoverflatene holder like lenge som annet rehabilitert utstyr er forventet å vare.
Stagring og stagsøyler	Sveises (om nødvendig), sandblåses og påføres ny overflatebehandling.	Stagringen hadde under TEs visuelle inspeksjon i 2013 partier med malingsslitasje. Utbedres for å sikre god teknisk tilstand for en tidsperiode frem i tid.
Turbinaksel	Ingen.	Akselen er i god teknisk tilstand.
Løpehjul	Gammelt løpehjul demonteres, sveises og slipes.	Slitasje på gammel løpehjul. Redusere risiko.
Ledeapparat	Rehabilitering av rivninger på ledeskovlene (sveising og sliping), evt. utskifting av ledeskovlene til nye skovler med endetetninger.	Noen ledeskovler har rivninger mot nedre ring. Vurdere lønnsomheten og nytteverdien av ledeskovler med endetetninger.
Sugerørskonus	Demonteres, sandblåses og påføres ny overflatebehandling.	Demonteres for å få tilgang til løpehjulet. Sandblåses og påføres ny overflatebehandling.
Sugerør	Sandblåses før det påføres ny overflatebehandling.	Vurdere om malingsoverflatene ved rehabiliteringstidspunktet er av tilstrekkelig kvalitet. Kvaliteten på malingsoverflatene må være så god at malingsoverflatene holder like lenge som annet rehabilitert utstyr er forventet å vare.

Figur 16: Tiltak ved rehabilitering turbin [32].

I figur 16 ser man at tiltaket rehabilitering av turbinen består av seks deltiltak. Med bakgrunn i begrunnelsene listet opp i figur 16 kan det tenkes at en mulig oppdeling kan være slik som vist i figur 17. Det skal her sies at det kan finnes en bedre mulighet og at denne oppdelingen oppfattes som rar om man har bedre kunnskap om de praktiske forhold i et kraftverk, men dette er ment som en mulighet og illustrasjon. Så må de som har mer erfaring ta vurderingen når dette skal brukes i praksis.



Figur 17: Mulig oppdeling av tiltak

Totalkostnaden for rehabiliteringen av turbinen blir her 400kkr om den gjennomføres som planlagt. I planleggingen har det blitt lagt opp til en oppdeling og på den måten har rehabiliteringsprosjektet fått tilført en fleksibilitet. Når prosjektet da er startet har prosjektlederen noen valgmuligheter som kan gi en økt verdi.

La oss tenke oss en situasjon der totaltiden for dette prosjektet er 14 uker om oppgavene må gjøres sekvensielt. Løpehjulet sendes til reparasjon på et eksternt verksted og er borte i 8 uker. Så er det tilbake på vannkraftverket og kan sette på plass. Det er planlagt og lagt til en periode hvor produksjonstapet kan ansettes til null, da det antas at det er et magasinkraftverk som kan lagre vannet til senere bruk. Men la oss nå tenke at det er meldinger om unormalt stor snøsmelting, større nedbør enn normalt eller en kombinasjon av de to. Det vil føre til en raskere fylling av magasiner og muligheter for at vann må slippes forbi og gå tapt. Det er i de tilfeller muligheten til å dele opp prosjektet kan være en god ting. For med den muligheten vil det være mulig å stanse rehabiliteringen på et tidligere tidspunkt og starte opp igjen produksjonen for å unngå et tap fordi vann må slippes forbi.

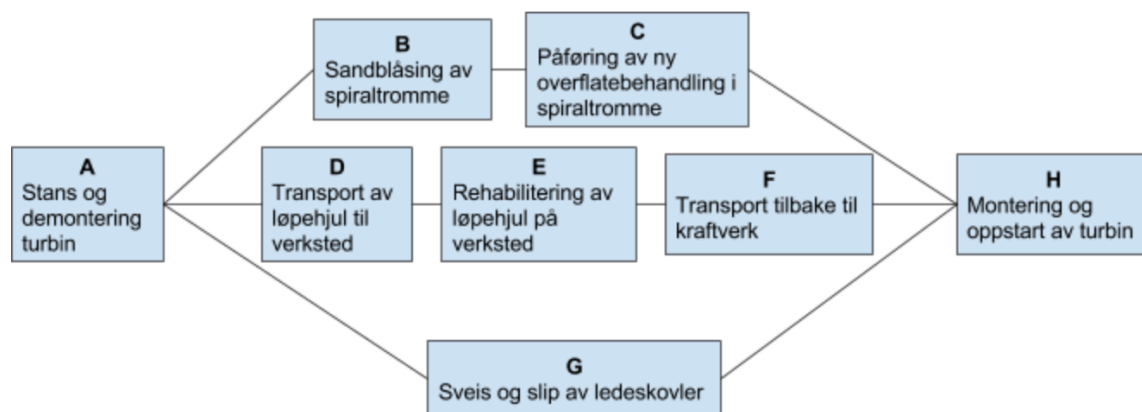
For å kunne dra nytte av dette vil det kunne være noen ekstra kostnader som kommer til fordi anlegget må stanses på et annet tidspunkt og det kan måtte settes til ekstra ressurser for å få anlegg i drift raskt. Men det vil kunne betale seg om den eventuelle kostnaden muligheten for oppdeling er mindre en det mulige produksjonstapet.

Andre mulige grunner til at man ønsker å igangsette produksjonen raskere enn planlagt kan være signaler fra markedet om at prisen for en lengre periode blir høyere enn det man har antatt i den økonomiske analysen. Det kan være at andre kraftverk i systemet har problemer med levering eller forbruk er større enn normalt slik at etterspørselen i markedet er ventet å være større enn leveringen for en periode. Flexibiliteten det gir å kunne avbryte et prosjekt på et tidligere tidspunkt vil da kunne være verdt noe.

4.5 Kritisk linje

I eksempelet med oppdeling av et større tiltak i delkapittel 4.5.1 tiltak var en av forutsetningene for eksempelet at deltiltakene gjøres sekvensielt. Men hva om tiltaket kan deles opp ytterligere og på den måten får oppgaver som kan gjøres parallelt. Da vil aktiviteten som ta lengst tid påvirke totaltiden mest. Når det blir delt opp i flere oppgaver som kan gjøres parallelt vil det kunne oppstå en avhengighet for oppgavene, slik at en eller flere oppgaver må være ferdig før den neste kan starte. De oppgavene som er avhengig av en spesifikk rekkefølge vil danne en sekvens som kalles linje. Den kritiske linjen for prosjektet, som vil fortelle den korteste tiden prosjektet vil ta, dannes av den lengste veien gjennom nettverket [30, s. 315].

Med utgangspunkt i deltiltakene under tiltaket rehabilitering av turbin som er presentert i figur 18 er det laget et eksempel på en oppdeling av aktiviteter og deres avhengighet av hverandre.

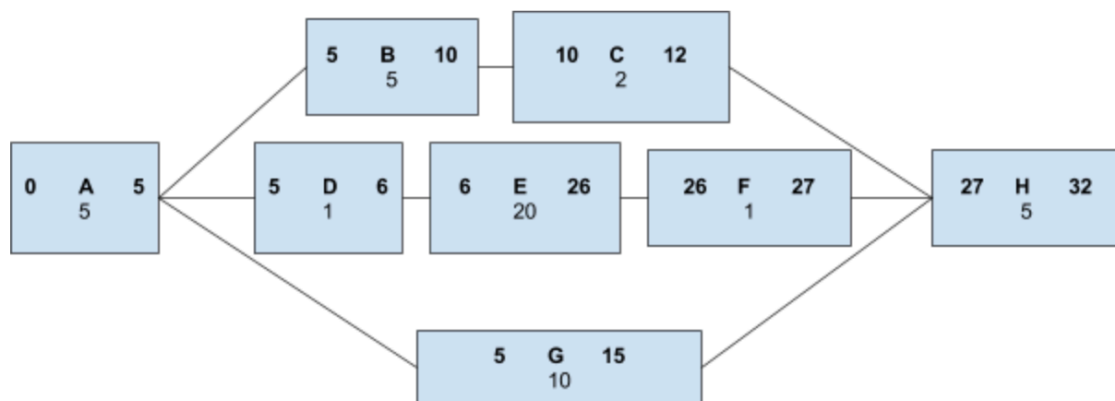


Figur 18: Nettverk for aktivitetene i tiltaket.

Hver av aktivitetene har fått et id-merke for å gjenkjenne aktivitetene i den videre analysen av kritisk linje. I dette nettverket av aktiviteter som er blitt konstruert for revisjonsstansen er det tre mulige linjer;

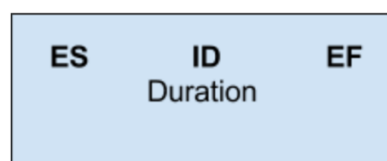
- Linje 1: A – B – C – H
- Linje 2: A – D – E – F – H
- Linje 3: A – G – H

For å finne ut av hvilken av de som er den kritiske må tidsbruken for hver av aktivitetene markeres. Det er gjort i figur 19, og det er tallet som står under id-merket som indikerer antall dager aktiviteten er antatt å ta.



Figur 19: Nettverk for aktiviteten i tiltaket med tidsbruk.

De to andre tallene som er med i figur 19 indikere tidligste start og tidligste slutt for den aktuelle aktiviteten. Det er indikert i figur 20 som henholdsvis ES og EF.



Figur 20: Forklaring av informasjon (1) [30].

De gir informasjon om hvor tidlig en aktivitet kan starte og slutte for ikke å forstyrre tidsplanen. Med denne informasjonen kan det nå leses av figur 17 at det er linje 2 som er den kritiske linjen og den korteste tiden revisjonsstansen kan ta er 32 dager.

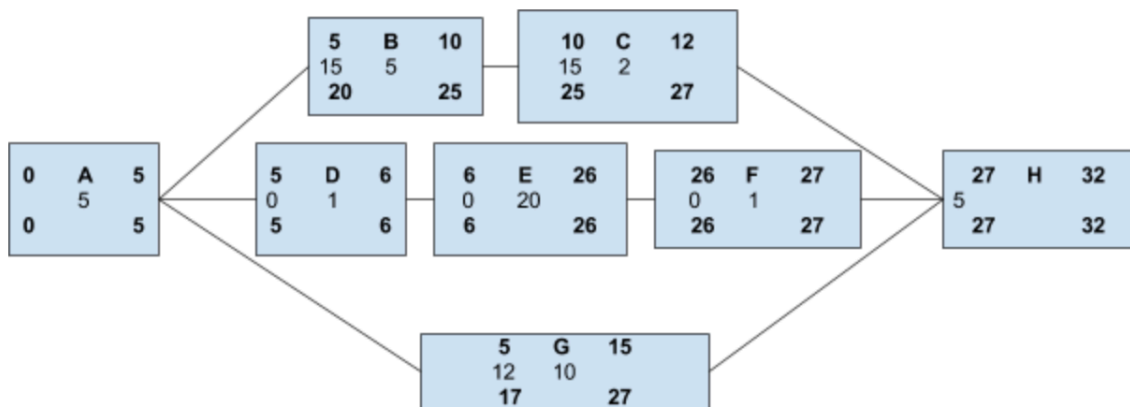
Hvis man ser på EF på aktivitet C og G ser man at de er lavere enn for F. Det vil si at de aktivitetene er ferdig før den kritiske aktiviteten som er kritisk for fremdriften. De

aktivitetene har da en slack eller tidsbuffer som betyr at de kan aktiviteten B, C og G kan få forsinkelse uten at det påvirker totaltiden for prosjektet. For å finne den kan man starte fra den siste aktiviteten og finne siste slutt, LF, og seneste oppstart, LS, for aktivitetene som ikke påvirker planlagt slutt. Forskjellen i ES og LS gir tidsbufferen. I figur 21 er det indikert hvor i boksene informasjonen er gitt.

ES	ID	EF
Slack	Duration	
LS		LF

Figur 21: Forklaring av informasjon (2)[30].

Figur 22 viser resultatet for eksempelet her.



Figur 22: Nettverk med tidsbuffer.

Av den ser man at det er en tidsbuffer på 15 dager for aktivitetene på linje 1 og 12 dager på linje 3. Den informasjonen kan ha nytteverdi for prosjektlederen. Den informasjonen kan brukes når ressurser skal fordeles. For eksempel kan vi si at aktivitet G krever to personer for å bli fullført på 10 dager. Men den tidsbufferen som er tilgjengelig her vi tiden kunne doubles på aktiviteten og slik at man bare trenger en person til jobben. Da får man en fri person som kan brukes et annet sted der det trengs. Og det vil fortsatt være en tidsbuffer på to dager sammenlignet med den kritiske linjen.

For at denne typen fleksibilitet skal kunne utnyttes fullt vil det være nyttig ha en form for porteføljestyling. Med en god oversikt over alle pågående prosjekter vil det være mulig å flytte ressurser mellom prosjekter og på den måten få utnyttet de best mulig. Med god

styring kan ressurser flyttes fra et prosjekt som ligger godt an, til et annet som mangler ressurser for å komme i mål som planlagt.

4.6 Pit stop vedlikehold

Av det som er presenter til nå viser det seg at mye av fleksibiliteten kan hentes i planlegging og utredning av muligheter og alternativer. Det er derfor tenkelig at det er mulig å hente enda mer fleksibilitet i prosjekter hvis de effektiviseres. Pit stop vedlikehold er en type vedlikehold hvor fokuset ligger på effektivisering av vedlikeholdsaktivitetene [12]. Grunnen til at det kalles pit stop er at inspirasjonen til effektiviseringen er hentet fra formel 1 hvor alle aktiviteter er effektivisert, unødvendige aktiviteter er fjernet og det er trent på gjennomføring slik at alt går så raskt som mulig.

For at et pit stop vedlikehold skal være mulig må det legges inn et fokus i planleggingsfasen. Ved å ha et stort fokus på forberedelser, tilrettelegging, effektiv gjennomføring og evaluering kan flere typer fleksibilitet bli identifisert. Når en revisjonsstans er gjennomført og man evaluerer arbeidet man har gjort kan det dukke opp muligheter som man ikke så tidligere. Det handler om å lære slik at man kan unngå uønskede situasjoner ved en senere anledning.

For at revisjonsstansen skal gå så raskt som mulig er det viktig å ha alternativer til den opprinnelige planen tilfelle en eller flere uønskede hendelser forekommer. På den måten skapes fleksibilitet i gjennomføringsfasen. Verdien av denne fleksibiliteten kan komme til syne ved at prosjektet som helhet ikke blir forsinket slik som det kunne blitt dersom det ikke var laget til en plan og skapt en fleksibilitet. En forsinkelse vil medføre økte utgifter i form av at stansen blir lengre og produksjonen ikke kan starte opp igjen til planlagt tid. For å skape alternativene som gir fleksibiliteten kan det medføre andre typer utgifter som da må avveies mot en mulig gevinst.

4.6.1 Eksempel på pit stop vedlikehold

For å vise forskjellene mellom tradisjonelt vedlikehold og pit stop vedlikehold kan det bli sett på et elvekraftverk. Når det er et elvekraftverk er det ikke mulighet til å lagre vannet til senere bruk slik at vannet som må slippes forbi i stansperioden blir sett på som tapt

produksjon. Målet for en revisjonsstans her vil være å gjøre stansen så kort som mulig for å gjøre produksjonstapet så lite som mulig.

Tabell 7: Tradisjonelt vedlikehold sammenlignet med pit stop vedlikehold [12].

	TRADISJONELL	PIT STOP
KOMPONENT	Løpehjul rehabilitering	Nytt løpehjul
LØSNING	Løpehjulet tas ut sendes til verksted for rehabilitering	Gammelt løpehjul skiftes ut med et nytt
TID	16 uker	2 uker
KOSTNAD	2 000kkr	4 500kkr
PRODUKSJONSTAP	3 200kkr	400kkr

Her i tabell 7 er det vis to eksempler. Begge eksemplene resulterer i en utbedring av løpehjulet i turbinen. I eksempelet er det bruk vilkårlige tall, men de de skal illustrere er at ved et tradisjonelt vedlikehold vil kostnaden kunne være lavere enn ved pit stop vedlikehold. Lengden på stanser er forskjellig da et tradisjonelt vedlikehold kan kreve at løpehjulet må fraktes til et verksted og det vil ta mer tid enn om et nytt løpehjul står klart til montering rett etter at det gamle er tatt ut. På den måten vil forskjellen i produksjonstapet kunne gjøre en stor forskjell da forskjellen i lengden på stansen kan være meget stor.

Det som må tas med i denne vurderingen er muligheten til å gjøre flere ting i en stans. Når stansen er lengre slik som ved tradisjonelt vedlikehold er det mulig å gjøre tiltak i flere komponenter i samme stans. Mengden tiltak som kan gjøres samtidig vil reduseres når stansen er kortere. Grunnen er at ved et pit stop må unødvendige aktiviteter fjernes, slik at ikke små aktiviteter får en forsinkelse, som igjen fører til en forsinkelse i hovedaktiviteten. Men en av de viktige prinsippene som gjelder for pit stop vedlikehold er å identifisere unødvendige aktiviteter og på den måten effektivisere stansen. Det kan være med på å redusere uønskede hendelser både på anlegg og personell.

5 Prioritering mellom prosjekter

Her skal det bli sett på hvordan flermåls beslutningsanalyse kan brukes og hvordan det kan gi utslag på rangering og prioritering mellom prosjekter.

5.1 Valg av kriterier

Når kriteriene som inkluderes i flermåls beslutningsanalyse skal bestemmes er det viktig at både beslutningstakere og andre med tilknytning til prosjektene og utfallet av beslutningen er med i prosessen. Det at et bredt spekter av involverte parter er med fra begynnelsen av er med på å sikre eierskap til beslutningsprosessen og beslutningen. Samt at det bidrar til at et bredt spekter av kriterier kommer frem. I prosessen med å velge ut kriterier er målet om å ha et begrenset antall kriterier er prinsipp som de bør ha med seg [11].

For å illustrere bruken av flermåls beslutningsanalyse og hvordan fleksibilitet kan komme inn i denne analysen er det her blitt satt opp noen kriterier, prosjekter og forsøkt beskrevet hva de kan bidra med og sett litt på hvordan de ulike forutsetningene er med på å endre utfallet. I denne rapportene er kriteriene fleksibilitet, HMS og produksjonssikkerhet valg for å illustrere bruke av metoden.

5.1.1 Vurderingsskala for kriteriene

For hvert av kriteriene må det etableres egne vurderingsskalaer for hvert av kriteriene. Denne vurderingsskalaen brukes til å beskrive hvordan hvert prosjektet scorer på hvert av kriteriene [11]. For å danne denne skalaen kan verbale formuleringer brukes, som senere kan tilegnes en numerisk verdi. Hvor detaljert skalaen skal deles inn kan varieres etter behov og hva som er hensiktsmessig. I rapporten her er det valgt å dele inn skalaen i fire nivåer for å illustrere. Skalaene som brukes i eksempelet her er presenter i det følgende og grafer er tilgjengelig i vedlegg 3. Det er gitt korte og forenklete beskrivelser for hva som de ulike kriteriene kan måle. Dette er noe som virksomheten som tar i bruk metoden må sette seg ned å gjennomføre slik at det tydelig fremkommer hva som måles med de ulike kriteriene. Et viktig poeng er at attributtene må kunne måles uavhengig av hva beslutningstakeren ønsker at resultatet skal bli [5].

Fleksibilitet

Kriteriet fleksibilitet er ment å fange opp den fleksibiliteten som ikke lar seg verdsette i form av utsatte eller unngåtte kostnader. Denne fleksibiliteten kommer frem ved å ha handlingsplaner og handlingsalternativer som kan iverksettes ved uønskede hendelser.

Mål for kriteriet: Ha mulighet til å sette inn nødvendige tiltak ved uønskede hendelser

Attributt: Planer for uønskede hendelser

Tabell 8: Vurderingsskala for fleksibilitet.

Verbal skala	Numerisk skala
Ingen	0
Noe	0,30
Mye	0,70
Svært mye	1

HMS

Dette kriteriet er ment å måle om hvor vidt et tiltak bidrar til å tilfredsstille HMS-krav som stilles fra myndigheter.

Mål for kriteriet: Tilfredsstille krav til HMS

Attributt: Sannsynlighet for brudd på retningslinjer

Tabell 9: Vurderingsskala for HMS.

Verbal skala	Tallverdi
Bidrar ikke	0,00
Bidrar litt	0,25
Bidrar mye	0,65
Bidrar veldig mye	1,00

Produksjonssikkerhet

I et kraft anlegg er det ikke ønskelig med ikke-planlagte produksjonsstanser. Et tiltak kan være med på å redusere sannsynligheten for at det skjer. Dette kriteriet ser på hvordan prosjektet bidrar til det.

Mål for kriteriet: Unngå ikke-planlagt avbrudd i anlegget.

Attributt: Sannsynlighet for svikt

Tabell 10: Vurderingsskala for produksjonssikkerhet.

Verbal skala	Numerisk skala
Ingen	0
Liten	0,20
Stor	0,50
Svært stor	1

5.1.2 Parvis sammenligning

For å bruke AHP-metoden som beskrevet i delkapittel 3.3.3 må det gjøres en parvis sammenligning av kriteriene. Resultatene av den parvise sammenligningen er gitt i tabell 8.

Tabell 11: Parvis sammenligning ved bruk av AHP-metoden.

	Fleksibilitet	HMS	Produksjonssikkerhet
Fleksibilitet	1	3	5
HMS	0,33	1	7
Produksjonssikkerhet	0,20	0,14	1

- Fleksibilitet er *litt foretrukket* sammenlignet med HMS (vekt 3)
- Fleksibilitet er *sterkt foretrukket* sammenlignet med produksjonssikkerhet (vekt 5)
- HMS er *svært sterkt foretrukket* sammenlignet med produksjonssikkerhet (vekt 7)

Denne vurderingen av kriteriene som gitt i tabell 11 gir egenvektoren i tabell 12 og da det gir vekten til kriteriet som skal brukes i den videre jobben med prioritering av prosjekter.

Tabell 12: Egenvektor.

Kriterium	Egenvektor
Fleksibilitet	0,60
Effektivitet	0,32
Personsikkerhet	0,07

Med resultatene i tabell 9 får man at kriteriet fleksibilitet får høyest vekt. Det vil gi det kriteriet et sterkere bidrag i totalvurderingen.

Dersom det resultatet av den parvise sammenligningen endres med tanke på hvordan kriteriene foretrekkes i forhold til hverandre vil egenvektoren endres, og da hvordan de vektet i totalt.

5.2 Revisjonsprosjekter

Revisjonsprosjektene som vil bli brukt i dette eksempelet bli presentert her.

Prosjektbeskrivelsene er forenklet, men har som mål å få frem de ulike sidene for prosjektene både kvantitative og kvalitative. Slik at flermåls beslutningsanalyse kommer til sin rett og får frem hvordan den kan forandre prioriteringsrekkefølgen ved å se på en sammensetning av kvantitative og kvalitative egenskaper, sammenlignet med bare å se på kvantitativ økonomiske egenskaper.

5.2.1 Prosjekt A - Rehabilitering turbin

Formål: Bringe turbin tilbake til ny tilstand og forlenge levetiden.

Netto nåverdi: 200

Prosjekt her antas å ha en enkel handlingsplan dersom det skjer noe uforutsett som ved en forsinkelse, derfor får det scoren noe under kriteriet fleksibilitet. Det antas å ikke bidra til kriteriet HMS. For produksjonssikkerheten vil tiltaket få vurderingen stor da den reduserer risikoen for en uønsket stans betraktelig. Scoren for hvert av kriteriene og total scoren for kvalitativ nytte er gitt i tabell 13.

Tabell 13: Totalscore for prosjektet.

Kriterium	Verbal skala	Numerisk skala	Kriteriets vekt	Score
Fleksibilitet	Noe	0,30	0,60	0,18
HMS	Bidrar ikke	0,00	0,32	0
Produksjonssikkerhet	Stor	0,50	0,07	0,04
Totalsum				0,22

5.2.2 Prosjekt B - Reinvestering turbin

Formål: Forbedre virkningsgraden til turbinen og redusere sviktsannsynligheten

Netto nåverdi: -100

Det antas at det er gode planer dersom uønskede hendelser inntreffer, og fleksibiliteten får scoren mye. Med de nye komponentene kommer det noen ekstra sikkerhetstiltak som bidrar litt til kriteriet HMS. Det er nye komponenter som skal inn og det gir en scoren svært stor for produksjonssikkerhets kriteriet. Scoren for hvert av kriteriene og total scoren for kvalitativ nytte er gitt i tabell 14.

Tabell 14: Totalscore for prosjekt.

Kriterium	Verbal skala	Numerisk skala	Kriteriets vekt	Score
Fleksibilitet	Mye	0,70	0,60	0,42
HMS	Bidrar litt	0,25	0,32	0,08
Produksjonssikkerhet	Svært stor	1,00	0,07	0,07
Totalsum				0,57

5.2.3 Prosjekt C - Rassikring av området rundt kraftverk

Formål: Redusere faren for ras

Netto nåverdi: -300

Dette prosjekter et av helt annen karakter enn de to andre da det ikke gjør noe direkte med kraftverket. Her handler de om å sikre det ytre rom rundt kraftverket. På kriteriet fleksibilitet får det scoren noe, da det bidrar til sikre fleksibilitet i kraftverket. Det bidrar mye på kriteriet HMS, da det er reduserer risikoen ras og steinsprang som kan gi personskader eller skade på materiell. Prosjektet får scoren liten på produksjonssikkerhetskriteriet da tiltaket er med på

å sikre tilgang til kraftverket ved en uforutsett hendelse som kan føre til stans. Scoren for hvert av kriteriene og total scoren for kvalitativ nytte er gitt i tabell 15.

Tabell 15: Total oversikt

Kriterium	Verbal skala	Numerisk skala	Kriteriets vekt	Score
Fleksibilitet	Noe	0,00	0,60	0,00
HMS	Bidrar mye	0,65	0,32	0,21
Produksjonssikkerhet	Liten	0,00	0,07	0,00
Totalsum				0,21

5.3 Resultatoversikt

Resultatene fra analysen er samlet i tabell 16.

Tabell 16: Resultat

	Kriterier			Totalsum	Netto nåverdi
	Fleksibilitet	HMS	Produksjonssikkerhet		
Vekt	0,60	0,32	0,07	1,00	
Prosjekt A	0,30	0,00	0,50	0,22	200,00
Prosjekt B	0,70	0,25	1,00	0,57	-100,00
Prosjekt C	0,30	0,80	0,20	0,45	-300,00

Det som leses ut av tabell 16 er mulige prioriteringsrekkefølger. Om prioriteringen skal gjøres på bakgrunn av netto nåverdien blir den prioriterte rekkefølgen;

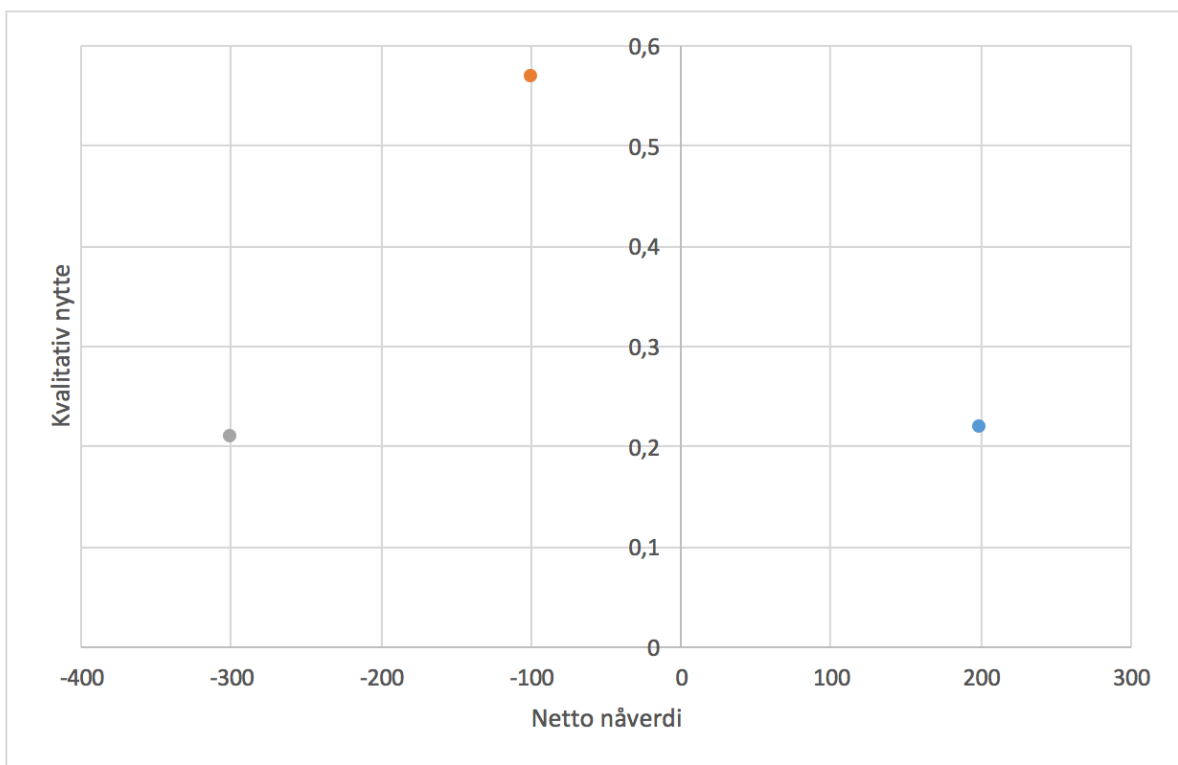
1. Prosjekt A – rehabilitering turbin
2. Prosjekt B – reinvestering turbin
3. Prosjekt C – rassikring av området rundt kraftverk

Da er det lønnsomheten i prosjektet som bestemmer hvilket prosjekt som blir prioritert. Det er ikke nødvendigvis et dårlig valg, men beslutningstakere må ha et bevist forhold til grunnlagt for beslutningen. Da det kan være flere ting ved et prosjekt som er av betydning. Det er her resultatene av de kvalitative egenskapene til prosjektene kommer inn. Om man legger scoren for de kvalitative kriteriene til grunn vil prioriteringslisten se slik ut:

1. Prosjekt B – reinvestering turbin
2. Prosjekt A – rehabilitering turbin
3. Prosjekt C – rassikring av området rundt kraftverk
- 4.

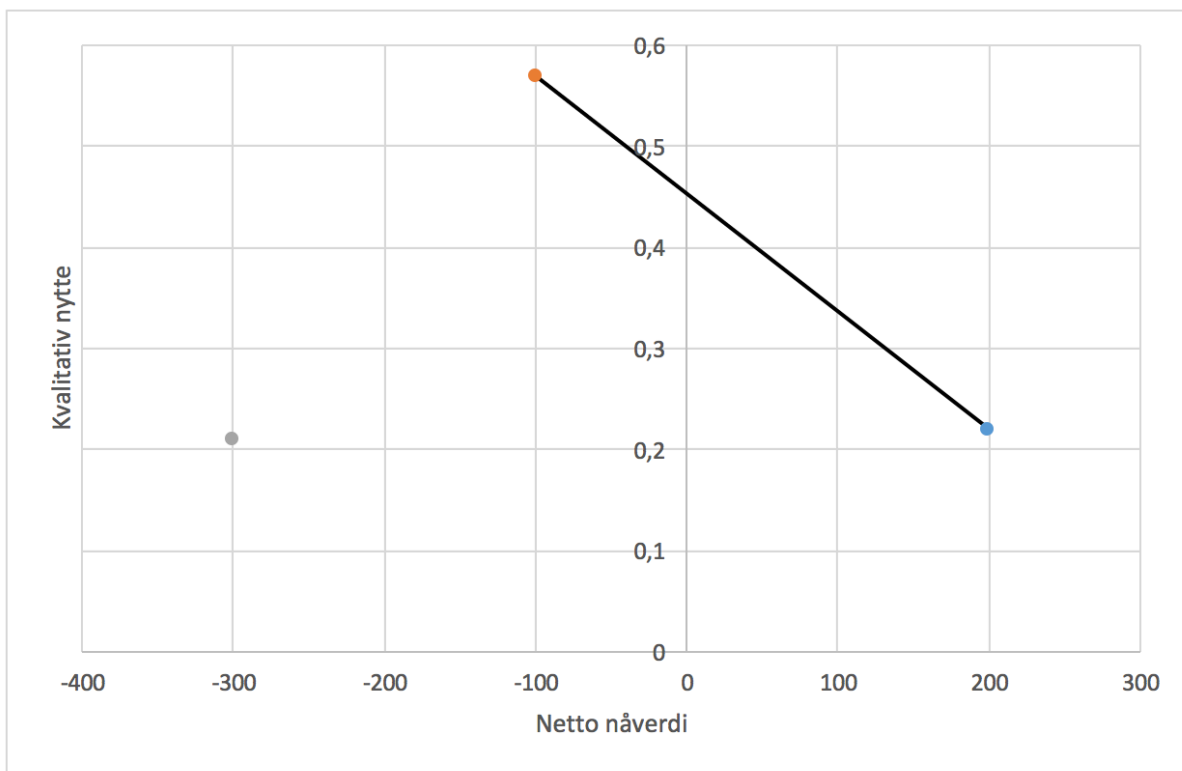
Som man ser her er rekkefølgen i prioriteringslisten forandret. Her blir reinvestering av turbin prioritert foran rehabiliteringen da det prosjektet får en høyere totalsum på kvalitativ nytte.

En måte som ble omtalt i litteraturgjennomgangen var å lage en grafisk fremstilling av netto nåverdi og kvalitativ nytte. Resultatet av det er vist i figur 23, hvor blått punkt er prosjekt A, oransje punkt er prosjekt B og grått punkt er prosjekt C.



Figur 23: Resultatfremstilling.

Det oransje og blå punktet dominerer det grå og vil danne en effektivfront som vist i figur 24. Det betyr at det er de to prosjektene som dominer og er de to prosjektene som svarer på kriteriene satt av beslutningstakerne på best mulig måte.



Figur 24: Resultatfremstilling med effektivfront.

Det neste som beslutningstakerne må gjøre nå er en avveining om de er villige til å betale for den ekstra kvalitative nytten som prosjekt B gir sammenlignet med prosjekt A som har høyest netto nåverdi. Kostnaden per enhet kvalitativ nytte er;

$$\frac{-100 - 200}{0,57 - 0,21} = -833 \text{ kkr}$$

Her må beslutningstakere vurdere om det er verdt å ta en kostnad på 833 kkr for hver enhet med økt kvalitativ nytte. Om den kostnaden ikke er akseptabel blir prosjekt A foretrukket. Dersom kostnaden aksepteres er det prosjekt B som foretrekkes.

6 Diskusjon

6.1 Fleksibilitet

Avgjørende for den mulige verdien av fleksibilitet er som vist i figur 2 sannsynligheten for ny informasjon og muligheten til å respondere. Det betyr at for at fleksibiliteten skal få en verdi som får betydning må en av delene være tilstede. Med andre ord er må muligheten for ny informasjon og handlingsalternativer være tilstede i prosjektet for at fleksibiliteten skal få verdi.

I definisjonen av fleksibilitet snakkes det om intern og ekstern fleksibilitet. Intern fleksibilitet handler om å gjøre de rette tingene, og kan sees på som muligheten til å respondere. For å kunne respondere på uønskede hendelser i et prosjekt er et av nøkkelpunktene å ha en plan for hva som kan gjøres og velge den rette handlingen. Hva som er den rette handlingen vil avhenge av situasjon, alternative handlinger og tilgjengelige ressurser. For den interne fleksibiliteten handler det om å ha handlingsalternativer innenfor rammene til det opprinnelige prosjektet. For å få full utnyttelse av den stilles det krav til beslutningstaker og prosjektleder at de utnytter ressurser på best mulig måte og kan se muligheter dersom en uønsket hendelse opptrer. For det er i de situasjonene at man ønsker å alternativer eller fleksibilitet til å gjøre en endring som fører til at prosjektet kommer i mål.

Den eksterne fleksibiliteten handler om muligheten for å gjøre handlinger som ikke er planlagt, og henger sammen med muligheten for ny informasjon. For når det kommer ny informasjon kan den være av en karakter som ikke ble forutsett i den tidlige fasen.

Muligheten for ny informasjon vil være avhengig av hvor sikre forutsetningene er og hvor lang tidsperiode det sees på. Når det i tidligfase av et prosjekt tenkes på hva som kan skje i fremtiden er det ikke alt man klarer å forestille seg, og kan resultere i overraskelser. Når det jobbes med å sikre seg en god ekstern fleksibilitet så kan det bli sett på som å velge de riktige prosjektene. Hvordan man velger de riktige prosjektene og hva som er de riktige prosjektene vil handle om å se på prosjektenes mulighet og hvor robuste de er med tanke på endringer. For å sikre en god oversikt kan porteføljestyling være et godt verktøy for å bidra til den eksterne fleksibiliteten. En av styrkene til porteføljestyling er nettopp målet med å

skape en balanse mellom prosjektene og sikre god ressursbruk, og på den måten bidrar til gode prosjektresultater.

De siden av fleksibilitet som det vises til i rapporten til Ingemund Jordanger [16] er tid, kostnader og styringsmuligheter. For å knytte det opp mot den oppdelingen som presenteres i Kristian Størseths rapport [15] så kan de tre typene komme til syne i både intern og ekstern fleksibilitet. Den interne fleksibiliteten i et prosjekt vil det handle om å kunne skape alternativer som holder seg inne for de gitte rammene til prosjektet. Her vil det da handle om å passe på at det i prosjektplanen er satt opp en tidsbuffer som kan fange opp forsinkelser og på den måten skape en fleksibilitet for aktivitetene som skal gjennomføres i prosjektet. Å identifisere linjer og kritisklinje for prosjektets aktiviteter er vis som en metode for å identifisere beregninger for tidsbufferne. Metoden kan brukes som et styringsverktøy for ressursbruk.

Fleksibilitet med tanke på kostnader vil det handle om hvordan man estimerer kostnadene. Estimerer man for høyt vil det være rom for fleksibilitet, men man risikerer også at kostnadsnivået totalt blir for høyt og prosjektet kommer langt ned på listen. Andre veien kan det gå om man estimerer for lavt. For å skape en fleksibilitet her kan en mulighet være å ha noen alternativer for aktivitetene som skal gjennomføres. Det kan være "beste-tilfellet" og "verste-tilfellet" alternativer som gjør omtrent samme jobb, men har ulike kostnad. Det vil kunne gi en fleksibilitet til å velge det kostnadsnivået som passer best avhengig av hvordan prosjektet har utviklet seg. Om alt går på skinner og det ikke har vært noen uønskede hendelser er det bare å fortsette etter plan på "beste-tilfellet" aktivitetene. Men har det vært noen hendelser som har ført til økte kostnader eller forsinkelser kan "verste-tilfellet" aktivitetene igangsette. Det kan da være at aktivitetene har fått et mindre omfang enn planlagt for å spare kostnader eller tid. Eller at aktivitetene har fått mer ressurser for å hente inn tid eller gjøre en større jobb enn først antatt. I dette tilfellet må det passes på at man ikke lar de "verste-tilfellet" løsningene bli for dårlige slik at de går utover kvaliteten på slutt produktet som prosjektet skal levere på. Det betyr at aktivitetene her ikke kan nedskaleres for mye slik at det blir et vesentlig dårligere resultat enn planlagt. Kostnader kan gå inn under både intern og ekstern fleksibilitet. Den interne fleksibiliteten ivaretas og skapes ved å være økonomisk og gjennomføre innenfor rammene til prosjektet. Når det kommer til den

eksterne fleksibiliteten vil den kunne skapes om det kommer ny informasjon og det velges å øke kostnadsrammene til prosjektet for å utvide det, eller de kan innskrenkes og prosjektets omfang reduseres.

Styringsfleksibiliteten kan skapes ved å ha gode planer og oversikt over hvordan prosjektet ligger an. Her vil det kunne handle om å ha muligheten til å endre på grunnlaget eller forutsetningene til ett eller flere prosjekter. Denne fleksibiliteten kommer kanskje mest til syne innen for den eksterne fleksibiliteten. For med den eksterne endres på en måte forutsetningene for prosjektet som helhet. Da det handler om å velge et prosjekt eller endre omfanget til et prosjekt. Det er da man må ha styringsfleksibilitet i form av at om virksomheten har en begrenset mengde ressurser og et prosjekt får en endring vil det medføre at et annet prosjekt også får en endring. Det handler om at om man gir ekstra ressurser til et prosjekt, må de komme fra et sted og de er gjerne et annet prosjekt som får mindre. For å sikre god styringsfleksibilitet er porteføljestyring en metode som kan tas i bruk.

Tidsperioden er av betydning da muligheten for endringer i forutsetningene kan bli større og endringen i seg selv kan å bli av en større betydning. Det som menes med det er at om tidsperioden er 20 år så kan utviklingen i nær miljøet til anlegget være stor. Det kan komme frem at kapasiteten i anlegget ikke er stor nok og heller ikke kan bli stor nok slik at det besluttes å bygges et nytt kraftverk. Da vil verdien av en opsjon som har gitt muligheten til å utsette få veldig stor verdi. Da kan unngå å gjøre en stor investering som da blir bort kastet om anlegget legges ned.

6.2 Porteføljestyring

Prinsippet til porteføljestyring er å holde oversikt over prosjekter og tilgjengelige ressurser, og fordeling av usikkerhet. Hvis det brukes optimalt kan det være en sterk bidragsyter til både den interne og eksterne fleksibiliteten. Ved å ha en god oversikt over tilgjengelige ressurser kan det være mulig å flytte ressurser fra et prosjekt til et annet dersom det er nødvendig for å holde en tidsfrist på et prosjekt som er litt bak på og likevel holde det i det andre.

For når det har blitt snakket om kritisklinje som er en metode og et verktøy som kan brukes av beslutningstakere og prosjektledere for å hjelpe de litt å fordele ressurser på best mulig måte. Om det utnyttes i flere prosjekter som bruker av samme ressurspol kan det skapes en fleksibilitet. Denne fleksibiliteten kan utnyttes for å redde inn forsinkelser eller redusere kostnader. Forsinkelser kan reduseres dersom man kan flytte tilgjengelig og ledige ressurser fra et prosjekt til et annet. Tilgjengelige ressurser kan oppstå ved en avhengighet mellom flere aktiviteter og at det er en tidsbuffer fra en aktivitet til den neste. Dette kan være ressurser som må betales for selv om de for en periode ikke brukes og dersom de da kan utnyttes i et annet prosjekt blir det et bedre utbytte av en kostnad. Det kan da og bidra til at man unngår en forsinkelse i det andre prosjektet og på den måten kanskje unngå et stort tap på grunn av en forsinkelse. Det som er en fare her er at det prosjektet det hentes ressurser fra kan bli forsinket om det ikke får tilbake de ressursene som lånes bort. Muligheten for å ende opp med to forsinkede prosjekter er tilstede og det er derfor viktig å vurdere fordeler og ulemper opp mot hverandre. Det for å sikre at man kommer ut med best mulig resultat og at det samlet blir det beste.

6.3 Realopsjon

Et supplement til nåverdimetoden kan være realopsjonsteori. Den jobber med usikkerheter og fleksibilitet på en annen måte enn nåverdimetoden. I nåverdimetoden gjøres beregninger for hele prosjekter og når det først er startet fullføres skal det etter planen. Det er det som inngår i beregningene og usikkerheten tas med i diskonteringsrenten. I realopsjonstankegangen er det en lettere måte å ta hensyn til at det kan komme forandringer underveis i utførelsen av planen. Det gir muligheten til allerede i prosjektplanleggingen å legge til rette for mulige forandringer. Det kan gjøres ved at det lages alternative planer, slik at man kan starte prosjektet basert på en plan, men har opsjonen på å endre underveis. Det gir en annen metode for å forholde seg til usikkerheter i forutsetninger på. Nå er det mulig å legge en plan for fremdrift med alternativer avhengig av utviklingen av forutsetninger. Det er blant annet vist i delkapittel 4.2 hvor eksempelet viser fleksibiliteten eller realopsjonen utsette tiltaket. Her er det usikkerhet i forutsetningene for forventet netto nåverdi av tiltaket. Dersom nåverdimetoden hadde blitt brukt alene ville prosjektet blitt forkastet ved første beslutningspunkt da netto nåverdien var negativ. Når det derimot var en opsjon på å kunne utsette tiltaket og verdien på denne opsjonen kunne

fastsettes og ble positiv er beslutningen en annen. Da vil beslutningstakerne beholde prosjektet og utsette endelig beslutning til tidspunktet på opsjonen. En slik opsjon vil ha en kostnad. I et vannkraftverk som skal tilfredsstillende en krevd funksjon vil kostnaden for en slik opsjon kunne være kostnaden for et mindre tiltak slik at funksjonen kan opprettholdes. Men det vil likevel kunne være mer lønnsomt å gjennomføre et lite tiltak i begynnelsen av analyseperioden og la det større utsettes.

I definisjonen av realopsjon ligger det at den som har opsjonen har rett, men ingen plikt til å gjennomføre prosjektet. Hvilket betyr at man har muligheten til å si nei til prosjektet, men innen vannkraft er ikke det alltid tilfellet. For et vannkraftverk har en krevd funksjon og om den ikke lenger kan opprettholdes må det iverksettes tiltak. For likevel å kunne skape en realopsjon kan det gjøres mindre tiltak som sikrer at kraftverket kan driftes som normalt til den kan realiseres. Kostnaden for dette tiltaket blir da prisen for realopsjonen og kan sees på som type forsikringspremie. Ved å gjøre en mindre investering vil sviktsannsynligheten reduseres og risikoen for en uønsket stans reduseres.

Muligheten for stor gevinst ved å gjøre et mindre tiltak er særlig tilstede dersom det er usikkerheter i fremtiden for kraftverket. Det kan være at det er usikkerhet i hvor lenge det fortsatt skal være drift i kraftverket. Da er det realopsjonen skrinlegging som blir gjeldende. Verdien av den opsjonen kan beløpe seg til hele investeringskostnaden minus det lille tiltaket som iverksettes for å få opsjonen på å skrinlegge.

En annen egenskap ved realopsjon som skiller seg fra nåverdimetoden er når forutsetningene for omfanget av prosjektet er usikker. Når det jobbes med realopsjon kan prosjektet starte med et omfang og avhengig av utviklingen ha opsjon på det endelige omfanget av prosjektet, slik som vist i delkapittel 4.3 og skissert i delkapittel 4.4.

Når en realopsjon skapes utsettes på mange måter en endelig beslutning. Det kan i noen tilfeller være lurt fordi det viser seg at det skjer noen endringer i forutsetninger som gjør at tiltaket kanskje kan gjøres endringer på eller kanskje til og med droppes helt. Og da kan det bidra til en besparelse for virksomheten.

Det som er som blir en viktig vurdering som må gjøres når det blir sett på fleksibilitet er å finne balansegangen. For det er en fare for at man begynner å lete for lenge og legge for mye til rette for mulighet for fleksibilitet i planleggingsarbeidet at det fjernes for mye fra virkeligheten. Resultatet da kan bli at man ser på teoretiske fleksibiliteter og tillegger de for stor verdi slik at verdisummen mister sin rot i virkeligheten og aldri kan realiseres.

6.4 Prosjektbeskrivelser

I teoridelen er det en del som viser at det er viktig at det er så lik som mulig beskrivelse av prosjektene som skal vurderes. Dersom det ikke gjøres kan det bidra til en feilvurdering i hvilket prosjekt som gjennomføres. Når prosjektbeskrivelser ikke følger en bestemt mal blir det opp til de som lager/melder inn behov å beskrive prosjektet. Det kan føre til ulik informasjon om hvert enkelt prosjekt og da en mulighet for at "feil" prosjekt blir prioritert først. Da er det en fare for at det ikke er egenskapene ved prosjektet som blir det viktigst, men heller hva som velges ut til prosjektbeskrivelsen og hvor flink prosjektlederen er til å beskrive prosjektet sitt.

Det kan da oppstå situasjoner hvor det er et prosjekt som ikke er det mest lønnsomme, men har den prosjektlederen som er flinkes til å snakke for seg. Han/Hun tar med punkter som beslutningstakerne "liker" og dermed får fordel mot et annet prosjekt. Det andre prosjektet er mer lønnsomt og bedrer sikkerheten til arbeiderne og ville vært det som vant dersom det var en prosjektbeskrivelse-mal. Men prosjektlederen her er ikke like god til å beskrive prosjektet og hva det kan bidra med. Det kommer derfor ikke frem i prosjektbeskrivelsen og dermed ikke til beslutningstakerne.

Et viktig botemiddel som bidrar til at det ikke er personlige egenskaper hos de som leverer beskrivelsene av prosjekter er å ha fast prosjektmaler som må fylles ut. Da blir det tydelig hva bedriften og beslutningstakere vektlegger og man sitter med den samme informasjonen om alle prosjektene som vurderes. Det blir da også lettere å få frem de kvalitative egenskapene ved prosjektet. Når all informasjon er så lik som det er mulig å få tiltros for at prosjektene sett hver for seg er ganske forskjellig vil det gjøre jobben med å sammenligne de ulike prosjektene enklere.

6.5 Flermåls beslutningsanalyse

Flermåls beslutningsanalyse er en teori som bidrar til en metode for å få frem flere sider av et prosjekt. Eller det kan være med å bidra til at andre kriterier enn økonomi teller når et fordeler og ulemper ved et prosjekt analyseres.

FMBA er med på å få frem flere sider av et prosjekt inn i et beslutningsgrunnlag. Ved å følge tanken bak bidrar det til at beslutningsgrunnlaget som ligger til grunn for beslutningen er av god kvalitet og at alle prosjektene har en lik sjanse til å komme høyest på prioriteringslisten. I det at de har lik sjanse legges det at alle som foreslår et prosjekt vet hva beslutningstakerne er ute etter. For å bruke FMBA aktivt kreves det av beslutningstakere gjør kriteriene tilgjengelige og gir retningslinjer på hvordan de vil ha prosjektbeskrivelsene presenter. Dette vil ikke bare kunne gjøre jobben lettere for de når de skal i gang med prioriteringsjobben, men og gi de som foreslår prosjekter noe å forholde seg til. Det kan være med på å utjevne forskjellen mellom de som er gode til å snakke for seg og de som ikke er så gode.

For uten et klart rammeverk er det en fare for at noen av de prosjektene aldri kommer med i potten som vurderes grunnet dårlige og mangelfulle beskrivelser. Det kan føre til at det avhenger av om den prosjektlederen som foreslår et prosjekt er god til å skrive søknader med begrunnelse som inneholder både en økonomisk analyse og en kvalitativ nytte analyse. En prosjektbeskrivelse med analyser og beskrivelser av hvilken nytte tiltaket bidrar med har større sannsynlighet for å bli godtatt, til tross for at en annen søknad som har store mangler er det som har mulighet til å bidra mest.

I kapittel 5 hvor det gjøres en forenklet analyse med bruk av flermåls beslutningsanalyse viser resultatene hvordan endringer i prioriteringsrekkefølgen kan fremkomme når kvalitative egenskaper kommer med i beslutningsgrunnlaget sammen med økonomiske. Om et prosjekt har høy kvalitativ nytte og litt dårligere netto nåverdi, sammenlignet med et annet, vil beslutningstakerne måtte ta stilling hvilket prosjekt som skal velges. Ved å ha resultatfremstillingen grafisk av netto nåverdi og kvalitativ nytt mot hverandre er det mulig å finne kostnaden for hver enhet kvalitativ nytte ved å se på stigningstallen til linjen mellom de to aktuelle prosjektene som sammenlignes. På den måten kan de ta et valg om kostnaden

for den økte kvalitative nytteverdien er verdt det eller ikke, og på den måten ta den endelige beslutningen for hvilket prosjekt som skal gjennomføres.

For at resultatet av analysen skal ha noen verdi må det gjøres et arbeid før metoden tas i bruk. Prosessen med å velge kriteriene og kartlegge hva som legges i kriteriene må gjennomføres. I den prosessen bør det være et bredt spekter av interessenter og beslutningstaker. For om det er flere mennesker med ulike bakgrunner og interesser for utfallet av beslutningen vil det bidra til et bredt spekter av kriterier som må vurderes. Men det er viktig å holde fast ved prinsippet om at det er et begrenset utvalg av kriterier i den endelige analysen. Men om det har vært mange med i prosessen med å velge ut de kriteriene som ender opp i analysen kan resultatet være at det blir en bredere aksept om hvorfor de kriteriene er med og ikke andre.

Med FMBA får de kvalitative egenskapene i et prosjekt en mulighet til å komme frem og bli tatt i betraktning i en beslutningsprosess. Metoden er med på å gi de egenskapene som ikke lar seg tallfeste like lett som økonomi, eller ved enkel telling, et grunnlag for sammenligning. Men med AHP-metoden får beslutningstakerne en mulighet til å komme med verbale beskrivelser av nytte og en mulighet til å tilegne de en tallverdi slik at det likevel fremtvinges en beregning som kan brukes til prioritering mellom prosjekter. En parvissammenligning av kriterier gjør det mulig å si noe om hvordan de vektet. Mer enn om beslutningstakeren bare skulle si 50% vekt legges på kriterium 1, 30% vekt på kriterium 2 og 20% vekt på kriterium 3. Med en slik påstand uten å vite hva som ligger bak og hvordan vektfordelingen er kommet frem åpner opp for diskusjoner og det kan bli vanskeligere for de som leverer inn prosjektforslag til å akseptere resultatene. AHP-metoden har videre en vurderingsskala for hvert av kriteriene. Det gir rom for de som foreslår prosjekter å fokusere på å vise hvordan prosjektet bidrar til kriteriene og på den måten kommer de kvalitative egenskapene godt frem.

Beslutningstakerne får muligheten til å argumentere for at et prosjekt blir prioritert og et annet blir bort prioritert på et bedre grunnlag ved at de kan vise til at det ene prosjektet scoret sånn på kriteriene og det andre scoret slik. Ved å ha resultatene av analysen godt

dokumenter og kunne vise til grunnlaget for prioriteringen gir en bedre argumentasjon enn at det blir prioritert basert på noens magefølelse.

Men det er viktig å få frem at resultatene av en flermåls beslutningsanalyse ikke gir det riktige eller den mest optimale løsningen. Det er først å fremst en metode som skal få frem flere sider og dannet et beslutningsgrunnlag. Det er ment som beslutningsstøtte og krever at beslutningstakerne ser på den sammen med andre forutsetninger og et helhets bilde før en endelig avgjørelse tas.

7 Anbefaling og konklusjon

Denne rapporten har undersøkt mulighetene for å sette verdi på fleksibilitet i revisjonsprosjekter og det er funnet metode som kan fungere. Realopsjon er en metode som gir mulighet til å verdsette fleksibilitet og kan fundere som et supplement til nåverdimetoden. Gjennom eksempler er det vist ulike former for fleksibilitet og hvordan den kan kvantifiseres. I tillegg kommer det frem at fleksibilitet også kan være en kvalitativ side i prosjektet. Gjennom flermåls beslutningsstøtte vil den kvalitative siden av fleksibilitet få en påvirkning og være med i påvirkningen på prioriteringen av prosjektene.

For å kunne sette verdi på fleksibilitet i prosjektene må det i planleggingsprosessen legges til rette for flere alternativer og fleksibilitet. Dette da fleksibiliteten må identifiseres før den kan få en verdi. Videre for å kunne benytte flermåls beslutningsanalyse må kriteriene bestemmes og det må avgjøres hvordan de innbyrdes vurderes opp mot hverandre. Det betyr at for at en bedrift skal kunne nyttiggjøre seg metodene krever det at de setter seg ned og får klarhet i hva som er viktig og hva de skal prioritere. Men resultatene viser at det er verdier å hente ved å innføre realopsjonstankegang og ta i bruk flermåls beslutningsanalyse. Det bidrar til et godt beslutningsgrunnlag.

Denne rapporten viser at det er mulig å finne verdi, men svakheten er at det er bare brukt eksempler som er konstruert for å vise det. Det bør gjøres videre undersøkelser for å bekrefte funnene og finne ut av om det er realiserbart i praksis.

8 Videre arbeid

Basert på konklusjonen er første steg for videre arbeid å ta med seg metodene og ideene som kommer frem i denne rapporten inn i et reelt prosjekt slik at man kan få sett om det utgjør en forskjell. I denne rapportene er det brukt illustrasjonseksempler for å vise at teorien og metodene kan brukes innen vannkraft og at de gjør en forskjell. For å verifisere at de kan brukes i praksis må de brukes på reelle prosjekter og se om verdsettingen av fleksibilitet endrer prioriteringen.

Videre må fleksibilitet i andre komponenter undersøkes og identifiseres. Denne oppgaven har fokusert på turbinen, men det er mange flere steder i et prosjekt fleksibilitet kan identifiseres. Et område som burde sees nærmere på er verdien på fleksibiliteten som kan oppstå ved å gjøre flere ting samtidig.

En annen siden av denne saken som må undersøkes er viljen og ønsket fra vannkraftbransjen til å inkludere nye metoder i sine beslutningsprosesser. Det er et bruksområde for realopsjoner som ikke er veldig utbredt og dokumenter, dette baseres på resultatene av litteratursøket i denne oppgaven. Det brukes i ny investeringer og andre bransjer, men for revisjonsprosjekter og innen vannkraft er det lite dokumentasjon som er funnet. Det betyr at metoder for verdsetting av fleksibilitet kan medføre en endring i innarbeidede prosesser i bedriften og det må undersøkes om det er vilje til å ta i mot en slik endring. Et sted i den prosessen kan være å gjennomføre det første steget som foreslåes for å vise at fleksibilitet kan ha en innvirkning på hvilke prosjekter som gjennomføres.

Hvorvidt fleksibilitetsverdiene er realiserbare, er noe som må sees nærmere på. I denne rapporten er det forutsatt at alle typer fleksibilitet som er identifisert kan realiseres. Men om det vil være tilfellet i virkeligheten er høyst usannsynlig. Det bør derfor gjøres noen undersøkelser på hvilke fleksibiliteter som lar seg realiseres.

Litteraturliste

- [1] P. S. J. Lotte Rienecker, *Den gode oppgaven*, 2 ed.: Fagbokforlaget, 2013.
- [2] E. Flood, "Google og bibliotekene," *Bibliotekforum*, vol. 3, 2006.
- [3] Elsevier. (24 november). *Scopus*. Available: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>
- [4] A. O. Eggen, "Vedlikeholdsterminologi," in *EVU-kurs*, NTNU, 2016.
- [5] G. Tangen, "Prioritering av rehabiliteringsprosjekter," Sintef Energiforskning1996.
- [6] T. J. Flåm, "Optimalt vedlikehold av vannkraftverk II," in *EVU-kurs ppt*, NTNU, 2016.
- [7] Olje- og energidepartementet. (2015). *Fakta Energi- og vannressurser i Norge*.
- [8] Ivk. (1 november). *Norsk vannkraft - nøkkeltall*. Available: <http://lvk.no/LVK/Fagomrader/Vannkraftproduksjon/Nokkeltall---Oversikt-over-konsesjonssystemet-for>
- [9] Fornybar.no. (23 november). *Produksjon og marked, Vannkraftindustrien i Norge*. Available: <http://www.fornybar.no/vannkraft/produksjon-og-marked>
- [10] Finansdepartementet, "Veileder i samfunnsøkonomiske analyser," 2005.
- [11] D. E. Nordgård, "Flermåls beslutningsanalyse," 2013.
- [12] M. Istad, "Revisjonsstanser med elementer fra pit stop," presented at the EVU-kurs, NTNU, 2016.
- [13] E. Solvang, "Risk-based maintenance and reinvestment," in *Forelesning i emnet ELK-11*, 2014.
- [14] N. Olsson, "Fleksibilitet i prosjekter - et tveegget sverd," NTNU.
- [15] K. Størseth, "Realopsjoner i Forsvarets økonomistyring," Forsvarers Forskningsinstitutt2007.
- [16] I. Jordanger, "Positiv usikkerhet og økt verdiskapning," NTNU 14, 2005.
- [17] K. A. Brekke, "Realopsjoner og fleksibilitet i store offentlige investeringsprosjekter," NTNU 8, 2005.
- [18] J. Tvedt, "Realopsjoner - verdien av fleksibilitet," *Magma Econas tidsskrift for økonomi og ledelse*, 2000.
- [19] (2011, 19 okt). *Flermåls beslutningsanalyse*. Available: https://www.sintef.no/projectweb/bslutningsstotte_vannkraft/flermals-beslutningsanalyse/
- [20] S. M. Ingemund Jordanger, Harald Minken, Arvid Strand, "Flermålsanalyser i store statlige investeringsprosjekt," 18, 2007.
- [21] T. J. S. Valerie Belton, *Multiple criteria decision analysis an integrated approach*: Kluwer Academics, 2002.
- [22] E. Triantaphyllou, *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*: Springer US, 2000.
- [23] S. H. Ulseth, "Beslutningsstøtte for vedlikehold og rehabilitering av vannkraftverk," Master, Elkraftteknikk, NTNU, 2004.
- [24] D. E. N. Jørn Heggset, "Bruk av flermåls beslutningsanalyse til prioritering av vedlikeholds- og rehabiliteringsprosjekter," SINTEF Energiforskning AS.
- [25] A. Jerbrant and T. Karrbom Gustavsson, "Managing project portfolios: balancing flexibility and structure by improvising," *International Journal of Managing Projects in Business*, vol. 6, pp. 152-172, 2013.
- [26] T. S. Stein Berntsen, "Styring av statlige prosjektporteføljer i staten," Institutt for bygg, anlegg og transport 1, 2004.

- [27] H. M. Markowitz, "Foundations of portfolio theory," *The journal of finance*, vol. 46, pp. 469-477, 1991.
- [28] R. G. Cooper, S. J. Edgett, and E. J. Kleinschmidt, "Portfolio management: fundamental to new product success," *The PDMA ToolBook 1 for New Product Development*, vol. 9, pp. 331-364, 2002.
- [29] N. P. Archer and F. Ghasemzadeh, "An integrated framework for project portfolio selection," *International Journal of Project Management*, vol. 17, pp. 207-216, 1999.
- [30] J. K. Pinto, *Project Management, Achieving Competitive Advantage*, 3 ed.: Pearson Education Limited, 2013.
- [31] L. Trigeorgis, *Real options : managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1996.
- [32] L. Brekke, "Teknisk-økonomisk analyse av reinvesteringsbehov i vannkraftverk," Mastergradsavhandling, Institutt for elkraft, NTNU, Trondheim, 2015.
- [33] B. John, H. Nigar, and M. Gareth, "A Dictionary of Economics," ed: 'Oxford University Press'.
- [34] E. Solvang, "Teknisk-økonomisk analyse (1)," in *EVU-kurs*, NTNU, 2016.

Vedlegg 1

Hva er en opsjon?

Fra de som holder på med finans er det et godt innarbeidet begrep for valgmuligheter nemlig begrepet opsjon. For å danne grunnlaget for videre tankegang i prosjektverden blir det raskt sett på hvordan opsjon er definert og brukes innen finans.

Grunntanken for en opsjon er hentet fra definisjonen i "A Dictionary of Economics" som sier at; "opsjon er en kontrakt som gir eieren rett, men ingen plikt, til å gjøre en handel på et fremtidig tidspunkt. Handel innen finans innebærer i hovedsak aksjer, verdipapirer eller varer. Det deles opp i to ulike typer opsjoner avhengig av om eieren har rett til å kjøpe eller selge [33]."

En salgsopsjon gir eieren rett til å selge til en forhåndsavtalt pris. Denne typen opsjon gir en risikoreduksjon for eieren av handelsvaren da den er med på å sikre en minste pris. Dersom prisen/verdien skulle synke under opsjonsprisen vil eieren likevel være sikret den avtalte prisen [33].

Eksempel salgsopsjon:

La oss si at salgsopsjonen gir eieren rett til å selge en aksje til 70 kroner. Dagens kurs er 60 kr, prisen han betale for opsjonen er 4 kr. Det gir innehaveren av salgsopsjonen en fortjeneste på $70 \text{ kr} - 60 \text{ kr} - 4 \text{ kr} = 6 \text{ kr}$ per aksje.

En kjøpsopsjon gir innehaveren rett til å kjøpe til en forhåndsavtalt pris. Dette kan brukes til å redusere risiko for de som tror de trenger en handelsvare i fremtiden og er redd for at den prisen skal øke frem til de må kjøpe [33].

Eksempel kjøpsopsjon:

La oss her si at kjøpsopsjonen gir eieren rett til å kjøpe en aksje til 50 kr. Denne opsjonen har han kjøpt for 3 kr. Dersom kursen er 20 kroner er det ingen grunn til å utøveopsjonen, da prisen i markedet er mindre enn kjøpsopsjonen. Om kursen derimot er på 70 kr vil eier kunne utøve opsjonen og tjene på det. I det tilfellet vil fortjenesten per aksje være lik $70 \text{ kr} - 50 \text{ kr} - 3 \text{ kr} = 17 \text{ kr}$.

En forutsetning for at dette skal fungere er at aksjen/varen som omsettes kan deles opp og kjøpe og selges hele tiden uten andre tap/inntjeninger enn forskjellen i verdi på det aktuelle handelstidspunktet. Men om man ser på hvordan det er innen for et prosjekt er det en viktig forskjell som gjør at det må tas noen hensyn når det jobbes med valgmuligheter innen prosjekter. Det er ikke alle valg som lar seg omgjøre uten tap.

$$\varepsilon_N \cdot \lambda_N = 1$$

Økonomiske tabeller

Antall år	Kapitaliseringsfaktorer λ					Annuitetsfaktorer ε					Diskonteringsfaktorer α				
	4	4.5	5	6	7	4	4.5	5	6	7	4	4.5	5	6	7
1	0.96	0.96	0.95	0.94	0.93	1.040	1.045	1.050	1.060	1.065	0.962	0.957	0.952	0.943	0.939
2	1.89	1.87	1.86	1.83	1.81	0.530	0.534	0.538	0.546	0.553	0.925	0.916	0.907	0.890	0.882
3	2.78	2.75	2.72	2.67	2.62	0.360	0.364	0.367	0.374	0.381	0.889	0.876	0.864	0.840	0.836
4	3.63	3.59	3.55	3.47	3.39	0.275	0.279	0.282	0.289	0.295	0.855	0.839	0.823	0.792	0.777
5	4.45	4.39	4.33	4.21	4.10	0.225	0.228	0.231	0.237	0.241	0.822	0.802	0.784	0.747	0.733
6	5.24	5.16	5.08	4.92	4.77	0.191	0.194	0.197	0.203	0.207	0.790	0.768	0.746	0.705	0.685
7	6.00	5.89	5.79	5.58	5.39	0.167	0.170	0.173	0.179	0.182	0.761	0.735	0.711	0.665	0.644
8	6.73	6.60	6.46	6.21	6.09	0.149	0.152	0.155	0.161	0.164	0.731	0.703	0.677	0.627	0.604
9	7.44	7.27	7.11	6.80	6.66	0.134	0.138	0.141	0.147	0.150	0.703	0.673	0.645	0.592	0.567
10	8.11	7.91	7.72	7.36	7.19	0.123	0.126	0.130	0.136	0.139	0.676	0.644	0.614	0.558	0.533
11	8.76	8.53	8.31	7.89	7.69	0.114	0.117	0.120	0.127	0.130	0.650	0.616	0.585	0.527	0.500
12	9.39	9.12	8.86	8.38	8.16	0.107	0.110	0.113	0.119	0.123	0.625	0.590	0.557	0.497	0.470
13	9.99	9.68	9.39	8.85	8.60	0.100	0.103	0.106	0.113	0.116	0.601	0.564	0.530	0.469	0.441
14	10.56	10.22	9.90	9.29	9.01	0.095	0.098	0.101	0.108	0.111	0.577	0.540	0.505	0.442	0.414
15	11.12	10.74	10.38	9.71	9.40	0.090	0.093	0.096	0.103	0.106	0.555	0.517	0.481	0.417	0.389
16	11.65	11.23	10.84	10.11	9.77	0.086	0.089	0.092	0.099	0.102	0.534	0.494	0.458	0.394	0.365
17	12.17	11.71	11.27	10.48	10.11	0.082	0.085	0.089	0.095	0.099	0.513	0.473	0.436	0.371	0.343
18	12.66	12.16	11.69	10.83	10.43	0.079	0.082	0.086	0.092	0.096	0.494	0.453	0.416	0.350	0.322
19	13.13	12.59	12.09	11.16	10.73	0.076	0.079	0.083	0.089	0.093	0.475	0.433	0.396	0.331	0.302
20	13.59	13.01	12.46	11.47	11.02	0.074	0.077	0.080	0.087	0.091	0.456	0.415	0.377	0.312	0.284
21	14.03	13.40	12.82	11.76	11.28	0.071	0.075	0.078	0.085	0.089	0.439	0.397	0.359	0.294	0.266
22	14.45	13.78	13.16	12.04	11.54	0.069	0.073	0.076	0.083	0.087	0.422	0.380	0.342	0.278	0.250
23	14.86	14.15	13.49	12.30	11.77	0.067	0.071	0.074	0.081	0.085	0.406	0.363	0.326	0.262	0.235
24	15.25	14.50	13.80	12.55	11.99	0.066	0.069	0.072	0.080	0.083	0.390	0.348	0.310	0.247	0.221
25	15.62	14.83	14.09	12.78	12.20	0.064	0.067	0.070	0.078	0.082	0.375	0.333	0.295	0.233	0.207
26	15.98	15.15	14.38	13.00	12.39	0.063	0.066	0.069	0.077	0.081	0.361	0.318	0.281	0.220	0.194
27	16.33	15.45	14.64	13.21	12.57	0.061	0.064	0.068	0.076	0.080	0.347	0.305	0.268	0.207	0.181
28	16.66	15.74	14.90	13.41	12.75	0.060	0.064	0.067	0.075	0.078	0.333	0.292	0.255	0.196	0.171
29	16.98	16.02	15.14	13.59	12.91	0.059	0.062	0.066	0.074	0.077	0.321	0.279	0.243	0.185	0.161
30	17.29	16.29	15.37	13.76	13.06	0.058	0.061	0.065	0.073	0.077	0.308	0.267	0.231	0.174	0.151
31	17.59	16.54	15.59	13.93	13.20	0.057	0.060	0.064	0.072	0.076	0.296	0.256	0.220	0.164	0.142
32	17.87	16.79	15.80	14.09	13.33	0.056	0.060	0.063	0.071	0.075	0.285	0.244	0.210	0.155	0.133
33	18.15	17.02	16.00	14.23	13.46	0.055	0.059	0.062	0.070	0.074	0.274	0.234	0.200	0.146	0.125
34	18.41	17.25	16.19	14.37	13.58	0.054	0.058	0.062	0.070	0.074	0.264	0.224	0.190	0.138	0.118
35	18.66	17.46	16.37	14.50	13.69	0.054	0.057	0.061	0.069	0.073	0.253	0.214	0.181	0.130	0.110
36	18.91	17.67	16.55	14.62	13.79	0.053	0.057	0.060	0.068	0.073	0.244	0.205	0.173	0.123	0.104
37	19.14	17.86	16.71	14.74	13.89	0.052	0.056	0.059	0.067	0.072	0.234	0.196	0.164	0.116	0.097
38	19.37	18.05	16.87	14.85	13.98	0.052	0.055	0.059	0.067	0.072	0.225	0.188	0.157	0.109	0.091
39	19.58	18.23	17.02	14.95	14.06	0.051	0.055	0.059	0.067	0.071	0.217	0.180	0.149	0.103	0.086
40	19.79	18.40	17.16	15.05	14.15	0.051	0.054	0.058	0.066	0.071	0.208	0.172	0.142	0.097	0.081

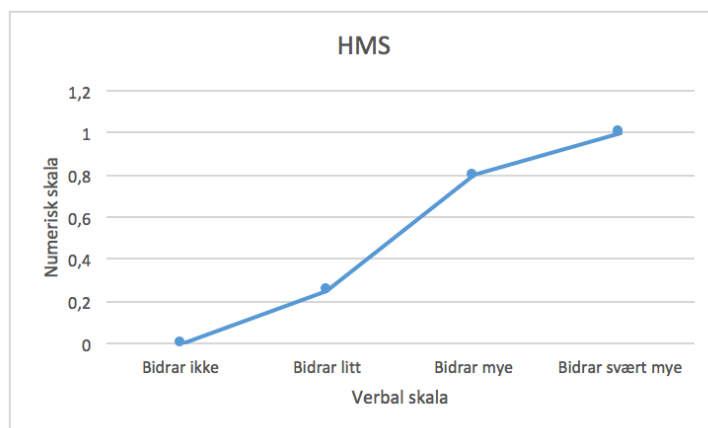
Figur 25: Økonomiske tabeller[34].



Vedlegg 3



Figur 26: Vurderingsskala for fleksibilitet.



Figur 27: Vurderingsskala for HMS.



Figur 28: Vurderingsskala for personsikkerhet.