



PRODUKTPRESENTASJON GJENNOM CGI-ANIMASJON

TEST AV PROGRAMVERKTØY

av Håkon Sverdvik



Masteroppgave ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
Institutt for matematiske realfag og teknologi.
Våren 2014.

FORORD

Denne oppgaven er mitt avsluttende arbeid i masterstudiet Maskin- og produktutvikling ved NMBU.

Sommeren 2013 ble jeg kontaktet av firmaet "Deep River AS". "Deep River AS" har siden ... jobbet med å utvikle konteinerbaserte kraftverk for saktegåene elvestrømmer og ønsket i den anledning å produsere CGI-animasjoner av deres nye kraftverk "Deep River". Jeg så dette som en gylden mulighet til å utforske mulighetene rundt CGI-animasjon på bakgrunn av tilegnet kunnskap innen CAD-tegning. Det ble ytret ønske fra begge hold om å gjøre oppdraget fra "Deep River" til en masteroppgave.

Etter flere drøftelser ble oppgavens problemstilling dreid i retning av konvensjonell programvaretest. Oppdraget fra "Deep River" skulle fremdeles benyttes, men denne gangen som en veiledende mal testsenarioene kunne konstrueres rundt.

Å utforske mulighetene rundt CGI-animasjon har vært både spennende og lærerikt. Spesielt arbeidet som har dreid seg rundt det praktiske arbeidet med tester relatert til oppgaven og eksternt arbeid for "Deep River AS".

Takk til hovedveileder Johan Andersen og tilleggsveileder Jan Kåre Bøe for gode tilbakemeldinger vedrørende struktur og oppsett.

Takk til Ramzi Hassan ved institutt for Landskapsarkitektur ved NMBU for generell veiledning og gode råd og tips vedrørende valg av programvare.

Jeg vil også takke til Reidar Vestby i "Deep River AS" for økonomisk støtte og finansiering av benyttet programvare og Ane Marie Beck korrekturlesing og generelt gode råd og tips vedrørende oppgaven.

Til slutt vil jeg vil rette en spesiell takk til min familie for god støtte under hele studieløpet på Ås.

SAMMENDRAG

CGI-animasjon har siden den spede begynnelse på 1960-tallet utviklet seg til å bli en millionindustri som i dag omfatter alt fra interaktiv fremstilling av bygninger og maskiner til produksjon av helaftens kinofilmer. [3] Raskere datamaskiner og bedre programvare har gjort CGI-animasjon mer tilgjengelig for brukere uten tidligere bakgrunn innen fagfeltet.

Hovedmålet med dette masterprosjektet har vært å *kartlegge, teste og evaluere programverktøy innen de grunnleggende produksjonsleddene som inngår i produksjon av CGI-animasjon*. Programmene ble evaluert på bakgrunnen av kriterier som var av relevans for brukere med liten eller ingen bakgrunn innen CGI-animasjon. Videre er de grunnleggende prosessstrinnene som inngår i CGI-animasjon kartlagt. Det ble plukket ut tre programmer som alene, eller i samhandling med eksterne programtillegg, kunne utføre de grunnleggende produksjonsleddene som inngår i CGI-animasjon. Programmene som ble valgt ut var: "Autodesk 3ds-max 2014", "Lumion 4 pro" og "Trimble Sketchup 2014" i samhandling med programtilleggene "Keyframe Animation" og "Twilight Render". Det ble utarbeidet seks testsenarioer tilpasset produksjonsleddene som skulle evalueres. Under den praktiske gjennomføringen av testsenarioene ble programprestasjonene målt etter seks forhåndsdefinerte parametere. "Pughs metode" ble så benyttet til å evaluere de enkelte programprestasjonene etter hovedkriteriene på bakgrunn av testresultatene. De evaluerte resultatene ble videre fremstilt grafisk i radardiagrammer. Enkelte sprik mellom sluttresultat og forventet resultat avdekket enkelte svakheter i benyttet metode. Spesielt i tilfeller der testgrunnlaget var noe tynt. Tross dette var de store trendene som forventet.

ABSTRACT

CGI animation has since its humble beginning in the 1960s developed to become a huge industry that today includes everything from interactive representation of buildings and equipment to the production of full-length movies. [3] Faster computers and better software have made CGI animation more accessible to users with no previous background in disciplines.

The main goal of this master project is to identify , test and evaluate software tools in the basic sub processes involved in the production of CGI animation. The applications were evaluated on the background of the criteria that were of relevance for users with little or no experience in CGI animation. Further on are, the basic process-steps included in CGI animation been surveyed. There were selected three programs alone, or in collaboration with external plug-ins to perform the basic stages of production included in CGI animation. The programs which were selected are : " Autodesk 3ds Max 2014 " , " Lumion 4 pro" and " Trimble SketchUp 2014 " in collaboration with the plugins " Keyframe Animation" and "Twilight Render " . There were prepared six test scenarios to be evaluated. During the practical implementation of test scenarios, the program performance were measured by six pre- defined parameters . " Pugh method " was then used to evaluate individual program performance after the main criteria on the basis of test-results. The evaluated results were then graphed on radar-charts. Some discrepancies between the final results and expected results revealed some weaknesses in the method that is used . Especially in the cases with few part-scenarios. After this was the major trends were as expected

INNHold

1	Innledning.....	9
1.1	Bakgrunn.....	9
1.2	Problemstilling.....	10
2	Prosjektplanlegging.....	11
2.1	Hovedmål.....	11
2.2	Delmål.....	11
2.3	Begrensninger.....	11
2.4	Arbeidsplan.....	12
3	Terminologi.....	13
3.1	Begrepsdefinisjoner.....	13
3.2	Metodebruk.....	14
3.2.1	Pughs metode.....	14
3.2.2	Radardiagram.....	15
3.2.3	Løsningsverktøy.....	16
4	KRAV OG RAMMEBETINGELSER.....	17
4.1	Hovedkriterier.....	17
4.2	Krav til testsenarioer.....	18
4.3	Valg av programvare.....	18
5	TEORI OG PROSEDYRER.....	19
5.1	CGI-animasjon.....	19
6	TESTING OG EVALUERING.....	22
6.1	Testmetode.....	22
6.1.1	Testparametere.....	22
6.1.2	Valg av testparametre.....	22
6.1.3	Sammenheng mellom hovedkriterier og testparametre.....	23
6.1.4	Parameterstørrelser.....	25
6.1.5	Evalueringsprinsipp.....	26
6.1.6	Skalering av testverdier.....	27

6.2	Testsenarioer	28
6.2.1	Senario 1: Landskapsmodellering.....	29
6.2.2	Senario 2: Sammenstilling	29
6.2.3	Senario 3: Objektanimasjon	30
6.2.4	Senario 4: Kameraanimasjon.....	31
6.2.5	Senario 5: Lyssimulering og teksturering	32
6.2.6	Rendering	33
6.3	Operasjonsprosedyrer	33
6.3.1	Senario 1: Landskapsmodellering.....	33
6.3.2	Senario 4: Kameraanimasjon.....	43
6.3.3	Senario 5: Lyssetting.....	46
7	ANALYSER OG RESULTATER.....	48
7.1	Testresultater	48
7.2	Omskalering av resultater	50
7.3	Resultatanalyse.....	53
7.4	Grafisk fremstilling av vektete resultater	58
8	PROSESSDISKUSJON	62
8.1	Konklusjon	66
8.2	Videre arbeid	66
9	Referanser	67
9.1	Skriftelige kilder	67
9.2	Internettkilder	67
9.3	Muntlige kilder.....	68
	VEDLEGG A	
	VEDLEGG B	
	VEDLEGG C	

Figurliste

Figur 1 eksempel på et radardiagram.....	18
Figur 2 Sammenheng mellom overordnede produksjonsledd og underordnede prosesstrinn.22	
Figur 3 eksempler på veiledende og full forhåndsvisning.....	26
Figur 4 definisjon datadatasett.....	30
Figur 5.. Egendefinerte skalaintervaller for Pughs fempunktskala.....	30
Figur 6: illustrasjon av landskap.....	32
Figur 7: Objekter i landskap.....	32
Figur 8: Initial- og ferdigposisjon for kranbil.....	34
Figur 9: Angitt kamerabane for testsenario 4.....	35
Figur 10: Senario 1: Radardiagram.....	61
Figur 11: Senario 2: Radardiagram.....	62
Figur 12 Senario 3: Radardiagram.....	62
Figur 13: Senario 4: Radardiagram.....	63
Figur 14: Senario 5: Radardiagram.....	63
Figur 15 Senario 6: Radardiagram.....	64

Tabelliste

<i>Tabell 1: Arbeidsplan#.....</i>	<i>14.</i>
<i>Tabell 2: Begrep og definisjoner</i>	<i>15</i>
<i>Tabell 3: Pughs poengskala.</i>	<i>17</i>
<i>Tabell 4: Hvert hovedkriterier og parametere.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabell 5: Grunnlegende elementer hos valgte testparametere</i>	<i>28</i>
<i>Tabell 6: Egendefinerte prosentintervaller for Pughs fempunktskala.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabell 7: Operasjonslogg Testsenario 1:</i>	<i>37</i>
<i>Tabell 8: Operasjonslogg Testsenario 2:.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabell 9: Operasjonslogg Testsenario 3:.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabell 10: Operasjonslogg Testsenario 4:.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabell 11: Operasjonslogg Testsenario 5:.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabell 12: Oppsummerte testresultater for "Unike operasjoner og " Totale antall operasjoner".....</i>	<i>52</i>
<i>Tabell 13: Oppsummerte testresultater for "Ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner " og Utførte delsenarioer.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabell 14: Oppsummerte testresultater for "Forhåndsvisning i sanntid" og "Sluttresultat.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabell 15: Omskalering ""Unike operasjoner og " Totale antall operasjoner" ."Sluttresultat.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabell 16: Omskalering ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner " og Utførte delsenarioer.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabell 17: Omskalering ""Forhåndsvisning i sanntid" og"Sluttresultat."Sluttresultat.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabell 18: Pughs matrise: Modulasjon "Sluttresultat.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabell 19: Pughs matrise: Animasjon "Sluttresultat.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabell 20: Pughs matrise: Animasjon "Sluttresultat.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabell 21: Pughs matrise: Animasjon "Sluttresultat.....</i>	<i>60</i>

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

CGI-Animasjon

CGI-animasjon har siden den spede begynnelse på 1960-tallet utviklet seg til å bli en millionindustri som omfatter alt fra interaktiv fremstilling av bygninger og maskiner til produksjon av helaftens kinofilmer. [3] Takket være stadig raskere datamaskiner og bedre programvare har CGI-animasjon i større grad blitt tilgjengelig for brukere uten bakgrunn innen dataanimasjon.

CGI-animasjon er i dag mye benyttet som promoteringsverktøy ved konseptutvikling av nye produkter.

Deep River AS

"Deep River AS" ble grunnlagt i 2008 med mål om å utvikle teknologi som kunne utnytte energipotensialet i saktegående vannstrømmer. Selskapet har siden oppstarten i 2008 jobbet med å utvikle et mobilt kraftverk tilbasset elver med lav strømningshastighet. Første 1:1 modell av kraftverket er under produksjon og skal etter planen testes i Litauen i juni 2014. "Deep River AS" har kontrakt med "Staten Lithuanien Innland Waterways Authority" om salg og utplassering av inntil 100 turbiner med forbehold om vellykkede tester av prototype. "Deep River AS" har ingen gjeld og finansieres per i dag av eksterne investorer og støtteordninger som "Innovasjon Norge", "Enova" og "Forskningsrådet". Selskapet har som mål å gjøre profitt i løpet av 2014. [28] Les mer om kraftverket "Deep River" i vedlegg A.

Oppdrag fra "Deep River AS"

"Deep River AS" ønsker å produsere en eller flere CGI-animerte sekvenser som presenterer deres konteinerbaserte kraftverk "Deep River". Deep River ønsket at filmene skulle dekke følgende innhold:

1. Praktisk demonstrasjon av kraftverket *Deep River* i naturlige omgivelser

Kraftverket skal være plassert i en elv omgitt av et øde landskap uten nærliggende infrastruktur. Sekvensen skal vise en vannbasert turbin og en landbasert kraftenhet i drift. Videre skal fokuset rettes mot sluttbruker og kraftenhetens nytteverdi skal belyses i områder med dårlig eller ingen infrastruktur. Det er også ønskelig å vise at strømbroen hos sluttbruker er av miljøvennlig karakter.

2. Praktisk demonstrasjon av transport, montasje og vedlikeholdsarbeid på land- og vannbasert enhet

Demonstrasjonen skal legge ekstra vekt på mulighetene for transport og montasje i områder med lite eller ingen infrastruktur. Sekvensdelene vedrørende vedlikeholdsarbeid skal demonstrere overordnet prosedyre ved utskifting av slitedeler.

Landskapsutforming

Produksjon av animasjonssekvensene forespurt av "Deep River AS" krever også kunnskap innen digital landskapsutforming. Det ble av den grunn innledet et samarbeid med førsteamanuensis Ramzi Hassan ved "Institutt for landskapsplanlegging" ved *NMBU (Norges miljø- og biovitenskapelige universitet)*. Ramzi Hassan skulle bidra med kompetanse innen programverktøy for modellering og animasjon av landskaper.

Masteroppgave

For å løse oppdraget fra "Deep River AS" var det behov for kompetanse og programverktøy utover den opplæringen som var gitt innen CGI-animasjon i undervisningssammenheng. Det ble derfor bestemt av masteren i større grad skulle fungere som til et forprosjekt til oppdraget "Deep River AS". Forprosjektet skulle tilrettelegge for produksjon av animasjonsekvensene med å kartlegge produksjonsledd og verktøy som trengtes for å utføre oppdraget. For å gjøre oppgaven mer anvendbar var det ønskelig å gjøre problemstillingen noe videre. Fokuset ble derfor i større grad rettet mot bruk av CGI-animasjon for brukere med bakgrunn innen teknisk datategning (CAD-tegning).

1.2 Problemstilling

Oppgaven skal gjennom flere praktiske tester sammenligne programverktøy i de grunnleggende produksjonsleddene som inngår i tilvirkningen CGI-animasjon. Testet programvare skal videre vektes mot hverandre på bakgrunn av testprestasjonene. Programvaretestene skal settes opp på en slik måte at resultatet av testene også er av relevans for det videre arbeidet med "Deep River AS".

Utfordringer knyttet til problemstilling:

- Kartlegge grunnleggende produksjonsledd for CGI-animasjon.
- Finne egnet programvare.
- Finne egnede testkriterier
- Gjennomføre praktisk test av programvare.
- Finne egnet metode til å vekte testresultatene.

2 Prosjektplanlegging

2.1 Hovedmål

Hovedmålet er utarbeidet på bakgrunn av mastergradsprosjektets problemstilling. Hovedmålet har blitt revidert siden masterkontrakten ble undertegnet.

Hovedmålet med mastergradsprosjektet er: *"Å kartlegge, teste og evaluere flere programverktøy sine ferdigheter innen de grunnleggende produksjonsleddene som inngår i produksjon av CGI-animasjon. Utvalgt programvare skal testes gjennom flere konstruerte testsenarioer. Testsenarioene skal settes opp på en slik måte at de danner et godt grunnlag for å kunne differensiere testet programvare på en objektiv måte."* Programvaretestene skal settes opp på en slik måte at resultatet av testene også er av relevans for det videre arbeidet med "Deep River AS".

2.2 Delmål

Delmålene er utarbeidet på bakgrunn av mastergradsprosjektet sitt hovedmål. Følgende delmål inngår i arbeidet med å oppfylle hovedmåldetningen:

- Kartlegge de grunnleggende produksjonsleddene som inngår i CGI-animasjon.
- Velge hovedkriteriene programvaren skal evalueres etter.
- Sette opp et testsenario for hver delprosess.
- Kartlegge og velge ut programvare som skal testes.
- Finne målbare parametre som hovedkriteriene kan evalueres på bakgrunn av.
- Utrede metode for å evaluere hovedkriterier på bakgrunn av valgte parametre.
- Gjennomføre testsenarioer med utvalgte programverktøy.
- Diskutere validiteten og nytteverdien av oppnåede resultater.
- Diskutere styrker og svakheter ved benyttet metode.

2.3 Begrensninger

Begrensningene er satt på bakgrunn av oppgavens størrelse på 30 studiepoeng som tilsvarer en estimert arbeidsmengde på 900timer.

Begrensninger:

- Hvert testsenario er kun løst med en metode per testet programvare. Ved anledninger der et eller flere av programmene har innehatt flere metoder for å løse oppsatt testsenario, har valget falt på metoden som oftest blir brukt av andre brukere.
- Det er ikke gjort noe forstudie som støtter opp valget av hovedkriterier.

2.4 Arbeidsplan

Tabell 1 viser praktisk arbeidsplan for i masteroppgaven.

Tabell 1: Praktisk arbeidsplan for masteroppgaven. Planen angir tidsrommet delmålene skal gjennomføres.

	Delmål	Uke 7	Uke 8	Uke 9	Uke 10	Uke 11	Uke 12	Uke 13	Uke 14
1	Kartlegge programfunksjoner.	x							
2	Velge hovedkriterier	x	x						
3	Finne testparametere.		x						
4	Utrede metode			x					
5	Kartlegge og velge ut programverktøy.				x	x			
6	Sette opp testsenarioer.					x			
7	Gjennomføre testsenarioer.					x	x	x	
8	Diskutere validitet og nytteverdi av resultater.							x	x

3 Terminologi

3.1 Begrepsdefinisjoner

Tabell 2 forklarer begreper og forkortelser som er benyttet i oppgaven.

Tabell 2: Tabellen forklarer begrep og definisjoner som er benyttet i oppgaven.

Begrep	Forklaring
2D	Bilde eller datamodell fremstilt i to dimensjoner.
3D	Bilde eller datamodeller fremstilt i tre dimensjoner.
3ds-max	Se Autodesk 3ds-max 2014
3D-rom	Brukerplattformen til et 3D-tegneprogram
Autodesk 3ds Max	CPU-basert program for produksjon av CGI-bilder og -animasjon.
CPU-basert visualisering	Bilder genereres med hjelp av datamaskinens hovedprosessor.
Case	Praktisk oppgave som løses skriftelig eller muntlig.
CAD	Dataassistert konstruksjon (Computer aided design)
CGI	Datagenererte bilder
CGI-Animasjon	Datagenerert Animasjon
DWG	Filformat for skirving og lesing av 2d- og 3d-modeller.
Edge	Linje mellom to punkter.
Export	Når et program skriver en fil i et annet format enn programmet sitt primære filformat.
FBX (Filmbox)	Filformat for skriving og lesing av animerte 3d-modeller.
GPU-basert visualisering	Bilder renderes ved hjelp av prosessorkraft fra grafikkort
Geometri	Geometri betegnes i denne oppgaven som enhver enkeltstående geometrisk form generert i et 3D-tegneprogram.
Gruppe	Samling av separate enheter. Ved gruppering blir alle separate enheter i gruppa behandlet som en enhet.
Hovedkriterier	Hovedfaktorene programvaren evalueres etter
Irreversibel operasjon	Utført operasjon kan ikke gjøres om med mindre hele prosessen gjennomføres på nytt.
Irreversibel operasjon	Utført operasjon kan ikke gjøres om med mindre hele prosessen gjennomføres på nytt.
Punkt (Vertex/vertices)	Et punkt i på en oppdelt flate der to eller flere linjer møtes.
Polygon	Flate lukket av flere linjer.

Mesh	Samling av flater på et 3D-objekt.
Objekt/figur	Figur generert fra en eller flere geometrier i et 3D-tegneprogram.
Keyframe animation	Animasjonsprogramtillegg
Lumion	Modellering og visualiseringsprogram
Operasjoner	Trinnvis utførelse av mindre operasjoner som leder til utførelsen av en større oppgave.
Link	Binneledd mellom "Parent" og "Child"
Parameter	Angir en målestørrelse som påvirker endelig resultat.
Deloperasjoner	Trinnvis utførelse av mindre operasjoner som leder til utførelsen av en større oppgave.
Solidworks	3D-tegneprogram (CAD)
Programtillegg	Ekstra funksjoner
Render farm	Høyeffektivt datasystem for rendering av datagenererte bilder.
Rendering	Prosessen med å generere et bilde eller bildesekvenser fra en datamodell.
Vannmerke	Merke på bilde eller en film påtrykket av programmet som genererte bildet.
Trimble SketchUp	Modelleringsprogram
Twilight Render	Visualiseringsprogramtillegg
Hovedkriterier	Hovedfaktorene proigranvaren evalueres etter
Parameter	Målbar størrelse som påvirker endelig resultat.
Ikke-destruktiv etterjustering	Ikke-destruktiv etterjustering henviser til muligheten til å reversere eller forandre tidligere utførte prosesser uten at det skader andre prosesser.
Virtuelt kamera	I 3D-animasjon, er et virtuelt kamera en betegnet som en programfunksjon som simulerer et ekte kamera.
testpopulasjonen	Beskriver alle objekter som en analyse kan ta for seg.
Scene	Scener betegner markører som lagrer..

3.2 Metodebruk

3.2.1 Pughs metode

"Pughs matrise" er en utvelgelsesmetode, oppkalt etter den britiske ingeniøren Stuart Pugh. [4] Metoden er meget generell av natur, og har en stor spennvidde i type oppgaver den kan løse. "Pughs metode" brukes til å sammenligne ulike løsninger på bakgrunn av forhåndssatte kriterier. Vektingen blir gjort med en tre, fem eller syvpunkts skala. I Tabell 3 er det gitt et eksempel på hvordan "Pughs poengskala" kan settes opp. [5]

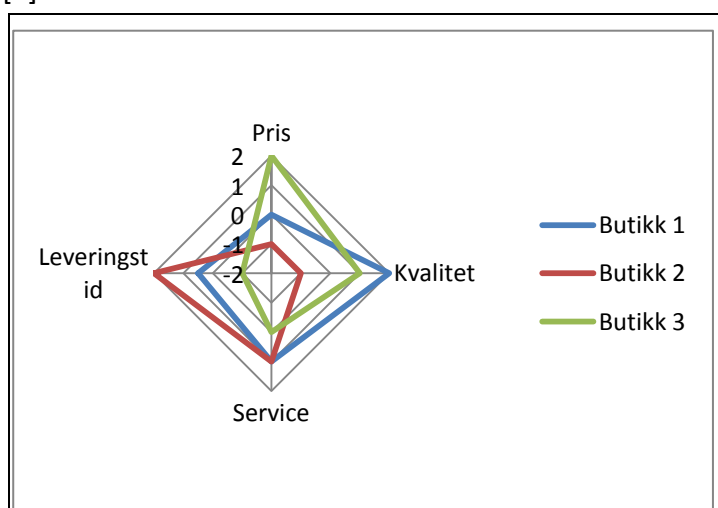
Tabell 3: Tabellen viser en variant av pugh's poengskala. Skalaen poengsetter hvor godt en løsning presenterer i innen et gitt kriteriet i forhold til de resterende løsningene.

Pug's skala	
Betydning	Poengskala
Langt bedre enn øvrige løsninger.	2
Noe bedre enn øvrige løsninger.	1
På høyde med øvrige løsninger.	0
Noe under øvrige løsninger.	-1
Langt under øvrige løsninger.	-2

Etter at løsningene har blitt poengsatt settes de inn i pugh's matrise. I matrisen vektet kriteriene på bakgrunn av hvor viktig de anses for å være. Tilslutt summeres poengene for hver løsning opp. Løsningen som får flest poeng er i følge metoden den best egnede løsningen etter gitte kriterier.[5]

3.2.2 Radardiagram

Radardiagram, også kjent som "Spider diagram" er et todimensjonalt diagram som benyttes for å vise tre eller flere variable størrelser. Radardiagrammet består av tre eller flere kanter der avstanden mellom midtpunkt og kant representerer skalaen for en målt størrelse. Målte størrelser er alltid lik antall kanter i diagrammet. Diagrammets midtpunkt representerer laveste verdi for variabel. Hver ytterkant representerer den maksimale størrelsen til en størrelse. [6]



Figur 1 Tabellen viser et eksempel på et radardiagram med fire variable størrelser. (egen figur)

3.2.3 Løsningsverktøy

Kort oversikt over benyttet programvare. Bakgrunnen for valg av programvare er gjennomgått i Kapittel 4.4.

Autodesk 3ds-Max

"Autodesk 3ds Max" er et 3D-modellerings-, animasjons- og renderprogram primært beregnet på spill og filmproduksjon. Programmet har en åpen arkitektur og bruker står i fritt til å egendefinere visuelt uttrykk og oppsett. Det finnes også et stor supplement med tilleggsmoduler som ytterligere utvider programvarens fleksibilitet. Programmet er bygget rundt fri manipulasjon av geometrier i et tredimensjonalt miljø. Programmet innehar avanserte lys-, refleksjons- og linsesimuleringsverktøy. [7]

Trimble SketchUp

"Trimble SketchUp" er en 3D-modelleringsplattform primært for boks-, plate- og polygonmodellering. Programmet kommer i to versjoner. "SketchUp MAKE", en gratisversjon for ikke-kommersiell bruk, og "SketchUp Pro", en prissatt versjon uten bruksbegrensinger. "SketchUp" støtter og tilrettelegger for bruk av programtillegg fra tredjepart. Gjennom den integrerte nettsiden "Extension Warehouse" kan tredjeparts programvare kan søkes opp og lastes ned direkte i "SketchUp". [8]

Keyframe Animaton

"Keyframe Animation" er et eksternt programtillegg for "SketchUp". "Keyframe Animation" tilføyer "SketchUp" verktøy for utøving av objektanimasjon. [9]
[10]

Twilight Render

"Twilight Render" er et programtillegg til SketchUp med verktøy for rendering av fotorealistiske bilder og animasjoner. "Twilight Render" inneholder også verktøy for teksturering og lyssimulering. [10]

Lumion 4 Pro

"Lumion 4 Pro er en modellerings- og visualiseringsplattform for landskapsmodellering og landskaps- og objektvisualisering. Programmet er GPU-basert, hvilket i følge ifølge produsenten gir en betydelig kortere rendertid enn hos lignende programmer. "Lumion" tilbyr også sanntidsvisninger der seer selv kan navigere seg rundt i en modell. Programmet innehar ingen verktøy for objektmodellering, men tillater import av eksterne objekter. "Lumion" innehar et internt objektbibliotek med over 2400 objekter. Programmet tillater enkel tidslinjebasert animasjon av objekter og kamera. Programmet har også verktøy for lys- og overflatesimuleringer . Gjennom gratisprogramvaren "Lumion Viewer" kan prosjekter vises i sanntid på datamaskiner uten lisensiert utgave av "Lumion 4 Pro". [11]

4 KRAV OG RAMMEBETINGELSER

4.1 Hovedkriterier

Hovedfaktorer er i denne oppgaven betegnet som de grunnleggendeegenskapene programvaren evalueres etter. Eksempler på hovedkriterier er: fleksibilitet, pålitelighet brukervennlighet, effektivitet, vedlikeholdbarhet og portabilitet. [2] I denne oppgaven er det valgt å fokusere på faktorer som er av relevans for brukere med liten eller ingen bakgrunn i CGI-animasjon. Følgende faktorer ble valgt ut:

- Brukerterskel
- Produksjonstempo
- Fleksibilitet
- Kvalitet

Brukerterskel

Brukerterskel er her definert som graden av kunnskap som kreves for å utføre ønskede funksjoner i en programvare. Brukerterskel bør være av stor relevans for brukere med lite tidligere kjennskap til CGI-animasjon.

Produksjonstempo

Produksjonstempo er her definert som tiden bruker og programvare trenger på å oppnå ønsket resultat. Et høyt produksjonstempo gjør i mange tilfeller et prosjekt mindre sårbart for endringer som pålegges av oppdragsgiver etter prosjektstart.

Fleksibilitet

. Et program med høy fleksibilitet kan foreksempel løse flere type oppgaver den enn et program med lav fleksibilitet.

Kvalitet

Kvalitet er her definert som den graden et sluttprodukt tilfredsstillende de krav som er satt på forhånd. Behovet for et sluttprodukt av høy kvalitet vil variere fra hvert enkelt prosjekt.

4.2 Krav til testsenarioer

For å kunne teste utvalgt programvare etter kravene spesifisert i hovedmålet må det settes opp minst et testsenario for hvert av de grunnleggende produksjonsleddene som inngår i CGI-animasjon. Scenarioene skal settes opp på en slik måte at de samlet dekker alle ledd i produksjonsprosessen.

Videre må testsenarioene kunne skille programmene innen hovedkriteriene. Se kapittel 4.1 for mer informasjon om valgte hovedkriterier. Programvaretestene må også settes opp på en slik måte at resultatet av testene også er av relevans for "Deep River AS". Kapittel 1.1 for mer informasjon angående oppdraget fra "Deep River AS"

4.3 Valg av programvare

Programmene presentert i kapittel 3.2.3 ble alle valgt ut på bakgrunn av at de alene, eller i samhandling med programtillegg kunne løse følgende oppgaver:

- Modellere landskap.
- Importere CAD-Modeller
- Sammenstille flere CAD-Modeller i et modellert landskap.
- Animere CAD-modeller
- Overflatebehandle CAD-Moldeller og landskap
- Rendere animerte sekvenser til bildesekvenser eller videoformat.

Videre var det også ønskelig å velge tre programmer som i tillegg til å tilfredstilte overnevnte krav vektet hovedkriteriene definert i kapittel 4.1 Valget ble begrunnet med:

- Programvare av noe forskjellig karakter er lettere å differensiere.
- Programvarer av forskjellig karakter gir en større grad av fleksibilitet ved kombinert bruk av flere programmer.

Brukerterstel og Produksjonstempo

"Lumion 4" ble valgt på bakgrunn av artiklene "Realtime Render Engines" 2013 [12] og "Lumion 2.5: a Beautiful, Simple Architectural and Visualization Tool". [13] Artiklene trekker frem lav brukerterskel og høyt produksjonstempo trekker som nøkkelegenskaper hos Lumion.

Fleksibilitet og kvalitet

"Autodesk 3ds-max 2014" ble valgt på bakgrunn gode resultater i en test gjennomført av "TopTenReview"[14]

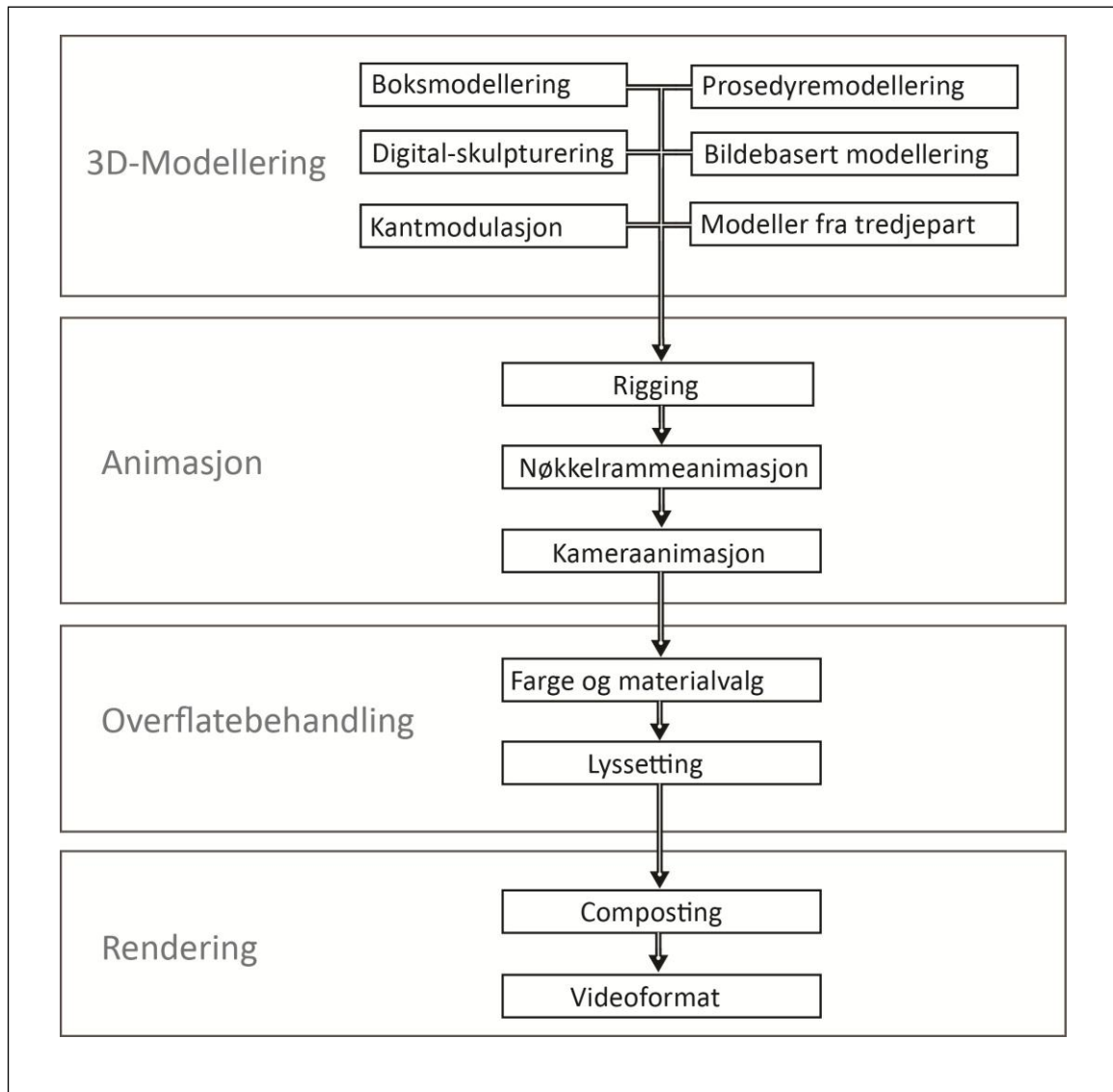
Pris

Totale kostnader for anskaffelse av lisenser som dekker kommersiell bruk til "Trimble SketchUp 2014" og programtilleggene "Key Animation" og "Twilight Render" ligger langt under prisnivået øvrige programvarer.

5 TEORI OG PROSEDYRER

5.1 CGI-animasjon

Dette kapitlet tar for seg de grunnleggende produksjonstrinnene som inngår i CGI-animasjon. Figur 2 viser sammenhengen mellom overordnede produksjonsledd og underordnede prosesstrinn. [15], [16]



Figur 2: Figur 2 viser sammenhengen mellom overordnede produksjonsledd og underordnede prosesstrinn. (egen figur)

3D-Modellering

3D-modellering betegnes som prosessen med å matematisk gjenskape enhver tredimensjonal flate. Prosessen utføres ved hjelp av datakraft og dedikert programvare med fellesbetegnelse "CAD". I en tredimensjonal scene er alle geometriske objekter skapt ved hjelp av a 3D-modellering.

Boksmodellering

Grunnform til ønsket modell dannes ved fri sammenstilling av forhåndsdefinerte geometrier som kube, sylinder og kuleform. Videre formgivning gjøres så ved separat manipulasjon de enkeltstående geometrier. [17]

Kantmodulasjon

En linje eller lukket sløyfe tegnes i et todimensjonalt plan. Linja eller sløyfen ekstruderes så til et tredimensjonalt plan eller geometri. [17]

Digital-skulpturering

Moduleringsmetode utviklet for å simulere fysisk modellering med leire. En forhåndsdefinert geometri manipuleres ved at den lokalt dyttes, trekkes, klemmes og glattes til ønsket form er oppnådd. [17]

Prosedyremodellering

Samlebegrep for modeller konstruert automatisk av forhåndsprogrammerte algoritmer. Modeller konstrueres på bakgrunn av forhåndsbestemte parametere. Prosedyremodellering benyttes ofte av programmer designet for landskapsmodulering. [17]

Bildebasert modellering

Prosess der tredimensjonal modell algoritmisk beregnes ut ifra flere statiske todimensjonale bilder av et bestemt objekt eller landskap. Prosessen krever at objektet er fotografert fra flere vinkler. [17]

Modeller laget av tredjepart

Det finnes per i dag flere nettdatabaser der brukere kan laste opp og dele egenproduserte CAD-modeller. Ved opplasting av CAD-filer hos eksempelvis "GRABCAD" samtykker bruker i at andre kan bruke han eller henne sine opplastede filer til privat formål. Ved bruk av andres åndsverk utover privat sammenheng krever åndsverkloven samtykke fra rettighetshaver. [18] GrabCAD har et internt e-postsystem som muliggjør direkte kontakt med rettighetshaver. En avtale mellom bruker og rettighetshaver er å regne som et privat foreliggende uten tilknytning til Grabcad.com sitt virke. [19]

Bruk av nettdatabaser kan medføre en svakere kontroll av benyttet materialet. Det er foreksempel vanskelig å verifisere at påstått rettighetshaver er den reelle rettighetshaveren. Dette er også vanskelig å verifisere at åndsverk laget av tredjepart er produsert med tilstrekkelig lisensiert programvare . Enkelte CAD-programmer markerer filer produsert med programlisenser for ikke-kommersiell virksomhet. Markerte filer kan i enkelte tilfeller spre seg til programfiler produsert med kommersiell lisens dersom elementer fra filer produsert med ikke-kommersielle lisenser inkorporeres i filer produsert med lisenser for kommersiell bruk. "Autodesk" valgte i 2014 å fjerne synlig vannmerke av CAD-filer produsert med ikke-kommersiell lisens i AutoCAD. Merket er fremdeles festet til filene noe som innebærer fare for ubevisst videreforedling av ikke-kommersielle filer i kommersiell sammenheng. [20]

Formatet på CAD-filer hentet fra internett kan ofte variere vilkårlig avhengi av hvilket program filene er tilvirket i.

Animasjon

Animasjon kan deles opp i tre stadier. Rigging, nøkkelrammeanimasjon og kameraanimasjon.

Rigging

Rigging er prosessen med å definere lovlige bevegelsesmønstre internt hos et objekt. Dette gjøres ved at objektet ikles et imaginært skjelett som definerer plassering og sammenheng mellom interne bevegelige ledd hos objektet. [21]

Nøkkelrammeanimasjon

Nøkkelrammeanimasjon er å skape en illusjon av kontinuerlig bevegelse og/eller formforandringer gjennom hurtig visning av bildeserier der bildemotivet gradvis varieres fra bilde til bilde. Programvare utviklet for digital animasjon innehar ofte funksjoner som automatisk regner ut nødvendige bilder mellom to ytterpunkter i en animert bevegelse. [22]

Kameraanimasjon

Prosesen med å skape animasjoner og stillbilder ved hjelp av virtuelle video og fotokameraer. Virtuelle kameraer digitale simulerer reelle objektivparametresom fokus, blenderåpning og objektivstørrelse. Virtuelle kameraer kan ofte animeres for å skape illusjonen av at seer beveger rundt, forbi eller igjennom modulerte objekter. [23]

Overflatebehandling

Teksturing

Prosesen med å farge eller bekle et objekt. Ved teksturing er det vanlig bekle objekter med bilder av teksturflater [7]

Lyssetting

Prosesen med å digitalt gjenskape lys, skygger og refleksjoner på modellerte objekter. [23]

Rendering

Rendering er prosessen med å skape en naturrealistisk simulering av modellerte objekter med bakgrunn i materialvalg og lyssetting. Ved renderinger av animasjoner, renderes bilde for bilde separat. Bildene legges så i en sammenhengende sekvens og komprimeres til filmformat. [24]

6 TESTING OG EVALUERING

Tre programmer skal evalueres gjennom flere praktiske tester. Programvaren skal testes på bakgrunn av produksjonsleddene som inngår i produksjonsfasen. Hver delprosess skal testes og evalueres på selvstendig grunnlag. Produksjonsfasen, produksjonsledd og underordnede prosesstrinn er beskrevet i kapittel 5.1

6.1 Testmetode

Testmetoden har til hensikt å evaluere testet programverktøy etter hovedkriteriene på bakgrunn av testresultatene fra utførte testsenarioer.

6.1.1 Testparametere

Som grunnlag for å evaluere hovedkriteriene trengs det testparametere som er satt etter konkrete målbare størrelser. Testparametere, også kalt testing "metrics", brukes til å måle spesifikke data hos et produkt eller en prosess ved utførelsen av en test. [25]

6.1.2 Valg av testparametre

Hovedkriteriene presentert i kapittel 2.1 er evaluert på bakgrunn av en flere målbare parametre. Valgte parametre må kunne angi en målbar størrelse hos programvaren som skal testes. Valgte parametre må også være størrelser som er målbare i hele testprosessen. I dette kapitlet presenteres og forklares meningen bak overnevnte parametrene. Følgende parametre ble benyttet:

- Unike operasjoner
- Totale antall operasjoner
- Forhåndsvisning i sanntid
- Ikke-destruktiv etterjustering
- Fullførte delsenarioer
- Sluttresultat
- Programkostnader

Operasjoner

Operasjoner betegnes som alle enkeltstående operasjoner som sammenlagt utøver en eller flere funksjoner hos testet programvare. Samtlige operasjoner utført i testsenario 1 til 6 er kronologisk listet i kapittel 7.3.

Unike operasjoner

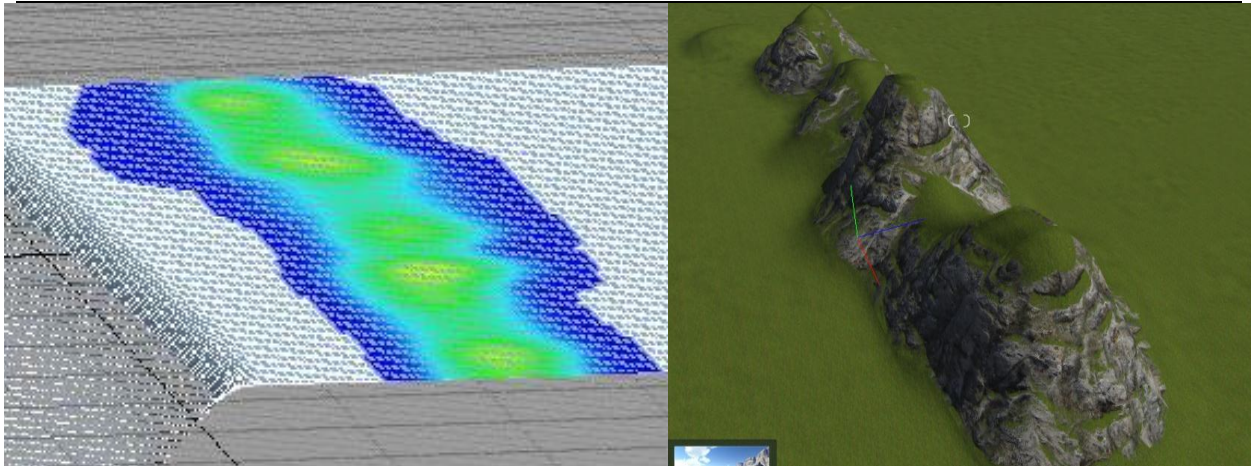
Med unike operasjoner menes operasjoner som ikke tidligere er utført i testsenarioet.

Totale antall operasjoner

Totale antall operasjoner betegnes som alle operasjonene som inngår i et delsenario.

Forhåndsvisning i sanntid

Forhåndsvisning i sanntid er betegnet som muligheten til å se konsekvensene av en operasjon samtidig som den utføres. Det skiller mellom full forhåndsvisning i 3D og veiledende forhåndsvisning i 2D. Ved full forhåndsvisning i 3D er vist resultat tilnærmet identisk med reelt resultat. Veiledende forhåndsvisning gir derimot kun en indikasjon på hvordan ferdig resultat vil fortone seg.



Figur 3 Figuren til venstre viser et eksempel på veiledende forhåndsvisning. Fargen på flaten indikerer høyden på platen dersom den heves eller senkes. Figuren til høyre viser et eksempel på fullstendig tredimensjonal forhåndsvisualisering. (egen figur)

Senarioer og delsenarioer

Hvert senario er oppdelt i flere mindre delsenarioer. Hvert delsenario tar for seg et enkeltstående konsept

Ikke-destruktiv etterjustering

Ikke-destruktiv etterjustering henviser til muligheten til å reversere eller forandre tidligere utførte prosesser uten at det skader andre prosesser.

Sluttresultat

Sluttresultat er i denne sammenheng betegnet som graden av likhet mellom beskrevet senario og fysisk sluttresultat.

Programkostnader

Kostnader tilknyttet anskaffelse eller bruk av lisensiert programvare.

6.1.3 Sammenheng mellom hovedkriterier og testparametre

Hvert av hovedkriteriene blir evaluert på bakgrunn av et eller flere av parameterne presentert i kapittel 4.3.1. Følgende regel ble satt for at det skulle kunne opprettes en sammenheng mellom et hovedkriteriet og et eller flere parametre:

1. Det må kunne trekkes en logisk sammenheng mellom hvert enkelt parameter og de hovedkriteriene de evaluerer .

2. Valgte parametre skal kunne gjengi konkret målbar data fra praktisk gjennomføring av oppsatte testsenarioer.

Opprettelse av en logisk sammenheng mellom et kriteriet og et eller flere testparametre trekker at det på forhånd blir klare betingelser. I tabell 4 vises sammenhengen, og de gjeldene betingelsene for tilknytning mellom individuelle parametre og hovedkriterier.

Tabell.4: Hvert hovedkriteriet evalueres på bakgrunn av et eller flere valgte parametrene. Symbolet "I" markerer betingelsene som parametrene er vagt på grunnlag av.

Hovedkriterier	Parametre
Brukerterstel	<p><u>Unike operasjoner</u></p> <p>I. Dersom en antar at alle individuelle operasjoner er like komplekse, vil brukerterskel øke proporsjonalt med antall "unike operasjoner". Et høyt antall operasjoner er med en andre ord synonymt med en høy brukerterskel.</p> <p><u>Forhåndsvisning i sanntid</u></p> <p>I. Forhåndsvisning i sanntid kan gi bruker direkte forståelse av funksjonen til operasjonen som utføres. Dersom en antar at "forhåndsvisning i sanntid" reduserer behovet for opplæring før kan en påstå at: Jo høyere andel operasjoner som tilbyr "Forhåndsvisning i sanntid" jo lavere blir brukerterskelen.</p>
Produksjonstempo	<p><u>Totale antall operasjoner</u></p> <p>I. Dersom en antar at alle operasjoner tar like lang tid å utføre, vil produksjonstempo være analogt med antall operasjoner.</p> <p><u>Ikke-destruktiv etterjustering</u></p> <p>I. Ved forandringer av tidligere utførte operasjoner fjerner eller reduserer "ikke-destruktiv etterjustering" behovet for å gjenta tidligere utførte delprosesser.</p> <p><u>Forhåndsvisning i sanntid</u></p> <p>I. Forhåndsvisning i sanntid kan gi bruker direkte forståelse av funksjonen til operasjonen som utføres. Dersom en antar at forhåndsvisning øker sjansen for å utføre operasjoner på ønsket måte betyr det at forhåndsvisning kan bidra til å redusere antall operasjoner.</p>
Fleksibilitet	<p><u>Fullførte delsenarioer</u></p> <p>I. Dersom et program ikke klarer å løse et delsenario kan en anta at programmet mangler fleksibiliteten som er nødvendig for å løse delsenarioet.</p>
Kvalitet	<p><u>Sluttresultat</u></p> <p>I. Kvalitet defineres i denne sammenheng som likeheten mellom beskrevet senario og ferdige resultatet.</p>

6.1.4 Parameterstørrelser

Hvert av testparametrene drøftet i kapittel 4.3.2 og 4.3.1 tar utgangspunkt i konkrete målbare data som genereres i samtlige testsenarioer. I Tabell 5 er praktisk informasjon om benyttede parametere samlet.

Tabell 5: Tabell 5 definerer grunnleggende elementer hos de valgte testparametre

Element	Beskrivelser
Testparameter: Unike operasjoner	
Beskrivelse av testparameter	Med <i>unike operasjoner</i> menes operasjoner som ikke tidligere er utført i testsenarioet.
Prosedyre for mål av parameter	Unike operasjoner i operasjonsprosedyren til hvert enkelt program ved utførelsen av et testsenario telles.
Målefrekvens	Hver unike operasjon måles en gang per testsenario.
Måleenhet	Operasjoner
Testparameter: Totale antall operasjoner	
Beskrivelse av testparameter	Med <i>Totale antall operasjoner</i> menes operasjoner som ikke tidligere er utført i testsenarioet.
Prosedyre for mål av parameter	Totale antall operasjoner for hvert testsenario summeres.
Målefrekvens	Hver operasjon måles hver gang den utføres.
Måleenhet	Operasjoner
Testparameter: Ikke-destruktiv etterjustering	
Beskrivelse av testparameter	<i>Ikke-destruktiv etterjustering</i> henviser til muligheten til å reversere eller forandre tidligere utførte prosesser uten at det skader andre prosesser.
Prosedyre for mål av parameter	Delsenarioene der verktøy med ikke-destruktiv etterjustering kan benyttes summeres.
Målefrekvens	Ikke-destruktiv etterjustering måles en gang per delsenario.
Måleenhet	Delsenarioer

Testparameter: Sluttresultat	
Beskrivelse av testparameter	<i>Sluttresultat</i> er i denne sammenheng betegnet som graden av likhet mellom beskrevet senario og fysisk sluttresultat.
Prosedyre for mål av parameter	Det gis et halvt poeng for sluttresultat som korresponderer med alle spesifikasjonene delsenarioet. Det gis et halv poeng for visuelt gode resultat.
Målefrekvens	Hver operasjon måles hver gang den utføres.
Måleenhet	
Testparameter: Forhåndsvisning i sanntid	
Beskrivelse av testparameter	<i>Forhåndsvisning i sanntid</i> er muligheten til å se konsekvensene av en operasjon samtidig som den utføres. Det skilles mellom full forhåndsvisning i 3D og veiledende forhåndsvisning i 2D. Ved full forhåndsvisning i 3D er vist resultat tilnærmet identisk med reelt resultat. Veiledende forhåndsvisning gir derimot kun en indikasjon på hvordan ferdig resultat vil fortone seg.
Prosedyre for mål av parameter	Veiledende forhåndsvisning gir et halvt poeng. Full forhåndsvisning gir et helt poeng.
Målefrekvens	Måles en gang per delsenario
Måleenhet	delsenario

6.1.5 Evalueringsprinsipp

Evalueringen har som mål å differensiere testet programvare på bakgrunn av innhentet data fra testsenario 1 til 6. Dataene fra hvert testsenario evalueres internt og vil ikke bli sammenlignet med data fra øvrige testsenarioer. Testdataene fra hvert enkelt parameter ble evaluert internt og koblet opp mot hovedkriteriene ved hjelp av pugh's metode.

Dataene i hvert datasett er evaluert etter graden av avvik mellom den enkelte verdi og snittverdien til datasettet. Et datasett er her definert som dataene fra et parameter for et testsenario slik vist i figur 4

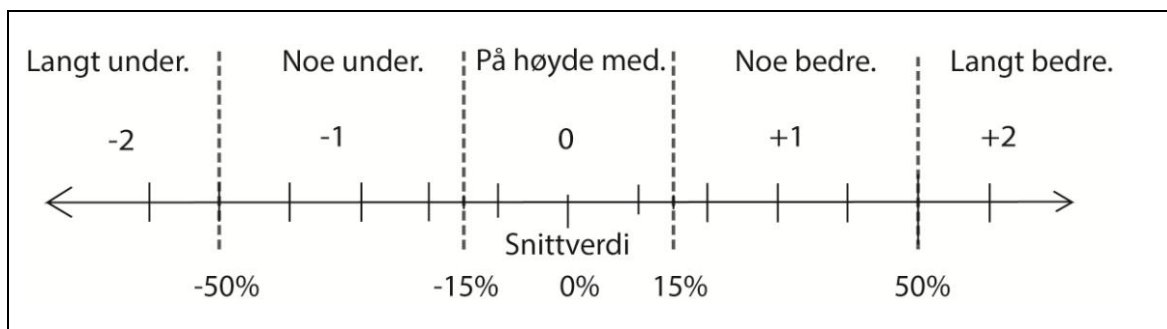
	Parameter		
	Programvare 1	Programvare 2	Programvare 3
Senario 1:	A1	A2	A3
Senario 2:	B1	B2	B3
Senario 3:	C1	C2	C3

F

Figur 4 A1- A3, B1 - B3 og C1 - C3 representerer tre ulike datadatasett. Hvert datasett evalueres på selvstendig grunnlag. Det er ikke gjort noen sammenligning av data på tvers av testsenarioer. (egen figur)

Bruk av "Pughs metode"

Pugh's metode ble benyttet for å generere en sammenheng mellom graden av avvik og relative prestasjoner hos programvare. Pugh's metode er en kompetutvelgelsesmatrise basert på en relativ fempunkt skala vist i kapittel 3.2.1. Skalaen benyttes til å vurdere i hvilken grad et enkelt konsept eller data kan regnes som bedre, dårligere eller på høyde med valgt referansedata. I denne testen ble snittverdien til benyttet datasett satt som referansedata. Videre ble størrelsen på hvert skalatrinn definert etter prosentvis forskjell mellom testverdi og snittverdi. Figur 5 prosentvise grenseverdier de fem skalaintervallene.



Figur 5. Figuren viser egendefinerte skalaintervaller for Pugh's fempunktskala. Prosentverdien definerer prosentvis økning/reduksjon i forhold til snittverdien til testet datasett. Verdier 15% over snittverdien vurdert som "noe bedre". En verdi 50% over snittverdien er vurdert som "langt bedre". (egen figur)

6.1.6 Skalering av testverdier

Samtlige datasett for testsenario 1-6 ble omskalert til en ny skala mellom "0" og "1" der summen av datasettet alltid er 1. Omskaleringen ble utført for å gi alle datasett felles skala og snittverdi. En felles snittverdi forutsetter at alle datasett har det samme antall enheter.

Ligning 1, 2 og 3 ble benyttet:

$$Ytterpunkt \text{ ny skala} = \frac{\Sigma \text{ datasett}}{\Sigma \text{ datasett}} \quad \text{Ligning 1}$$

$$Enkeltverdi \text{ ny skala} = \frac{\text{Enkeltverdi i datasett}}{\Sigma \text{ datasett}} \quad \text{Ligning 2}$$

$$Snittverdi = \frac{\text{Samlet verdi hos datasett}}{\text{Enheter i datasett}} = 0.33 \quad \text{Ligning 3}$$

Enheter i datasett (senario 1 -6) = 3

Samlet verdi hos datasett (etter skalering) = 1

Videre ble prosentverdiene satt i Figur 5 konvertert til tilsvarende verdier i den nye skalaen. Dette ble gjort for å skape en sammenheng mellom testdata og prosentsatsene satt i Figur 5. Den nye skalaen er vist i Tabell 6.

Tabell 6: Tabellen viser egendefinerte prosentintervaller for Pughs fempunktskala og korresponderende skalaintervaller for en skala fra 0 til 1 med nullpunkt på 0.33. Mellomverdiene forteller hvor mange prosent en testverdi ligger over eller under gjennomsnittet.

Betydning	Langt under	Noe under	På høyde med	Noe bedre	Langt bedre enn
Pugh's fempunktskala	-2	-1	0	1	2
Prosentvis reduksjon/økning	<- -50%	(-49% -) (-15%)	(-14%) - 14%	15%-49%	50% ->
Skalaintervaller	0 - 0.167	0.17 - 0.28	0.29-0.37	0.38-0.5	0.5 -1.0

6.2 Testsenarioer

Testsenarioene har som mål å på best mulig vis synliggjøre differansen mellom testet programvare innen oppsatte hovedkriterier. Hovedkriteriene er forklart i kapittel 3.1 Det er også viktig at testsenarioene er tilstrekkelig representative for de formål og situasjoner som er essensielle ved produktpresentasjon ved CGI-Animasjon. For å sikre at oppsatte senarioer hadde en tilstrekkelig grad av relevans, ble oppdragsbeskrivelsen fra *Deep River AS* benyttet som bakgrunn for oppsatte testsenarioer. Oppdraget fra *Deep River AS* er beskrevet i kapittel 1.1.

6.2.1 Senario 1: Landskapsmodellering

Mål

Kartlegge i hvilken grad testet programvare er tilrettelagt utforming av naturlige og abstrakte landskaper.

Ønsket resultat

Landskapene skal tilstrebe en mest mulig organisk og naturtro form. Organiske og naturtro former anses som tilfeldige former uten preg av overdreven gjentatt systematikk.

Delsenarioer:

- i. Det skal utformes et kvadratisk landskap på minst 100 x 100 meter.
- ii. Et elveleie skal modelleres i landskapet utformet i delsenario "i". Elva skal plasseres på landskapets venstre side og utformes slik vist i figur...
- iii. Det skal modelleres en åskam i landskapet utformet i deloppgave "i". Åskammen skal plasseres til høyre for det eksisterende elveleiet slik vist i figur...
- iv. Det skal modelleres en fjellskjede i landskapet utformet i deloppgave "i" og "ii". Åskammen skal plasseres til høyre for den eksisterende Åskammen slik vist i figur...
- v. Det skal modelleres en "krystall-lignende" struktur i landskapet utformet i deloppgave "i", "ii" og "iv". Strukturen skal bestå av både horisontale og vertikale komponenter slik vist i figur...



Figur 6: Figuren illustrerer landskapet som skal utformes gjennom delsenario 1 til 5. 1: Landskapsflate. 2: Elveleiet. 3: Åskam 4: Fjellkjede. 5: Krystallstruktur (egen figur)

6.2.2 Senario 2: Sammenstilling

Mål

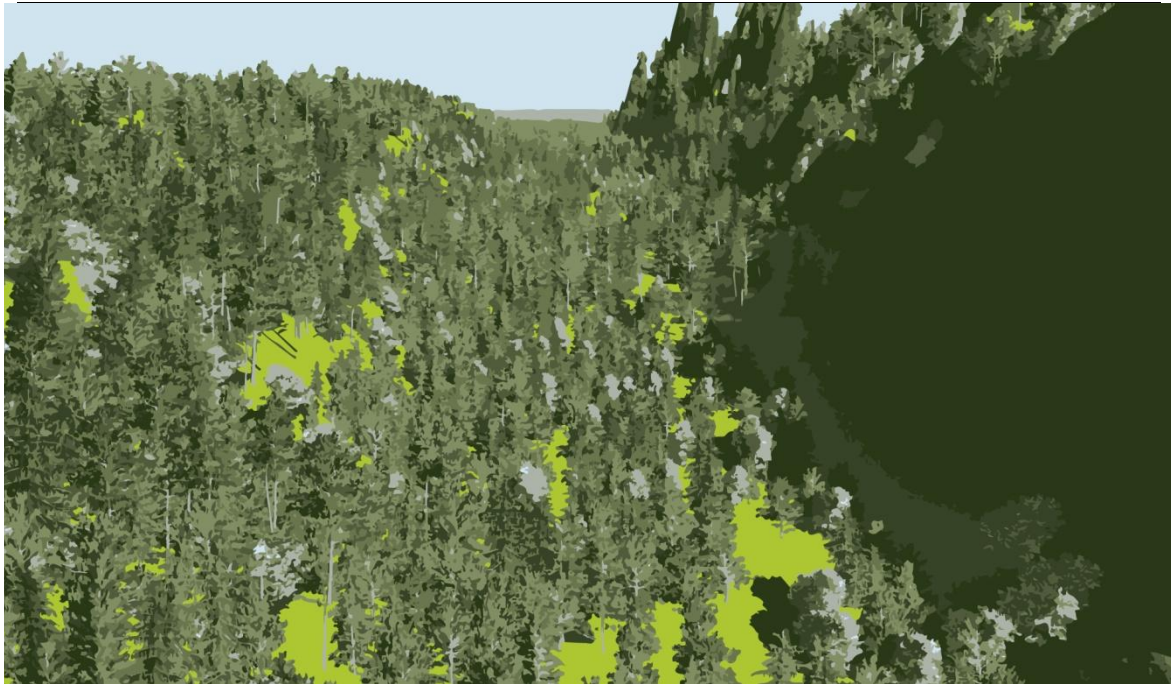
"Senario 2" har som mål å kartlegge i hvilken grad testet programvare er tilrettelagt utstrakt utplassering av flere enkeltstående objekter.

Ønsket resultat

Utplasserte objekter skal variere høyde, bredde og lengde. Det skal plasseres ut et meget høy antall objekter med utpregede detaljer. Avstanden mellom utplasserte objekter skal variere.

Delsenarioer:

- i. Landskapet utformet i "senario 1" skal ikles granskog. Skogen skal dekke hele området mellom elveleiet og fjellformasjonen slik vist i figur (7) Skogen skal primært utformets av enkeltstående grantrær, steiner og planter.



Figur 7: Figuren viser en illustrasjon av landskap med et stort antall utplasserte objekter med naturligvariasjon i forhold til størrelsesforhold og plassering. (egen figur)

6.2.3 Senario 3: Objektanimasjon

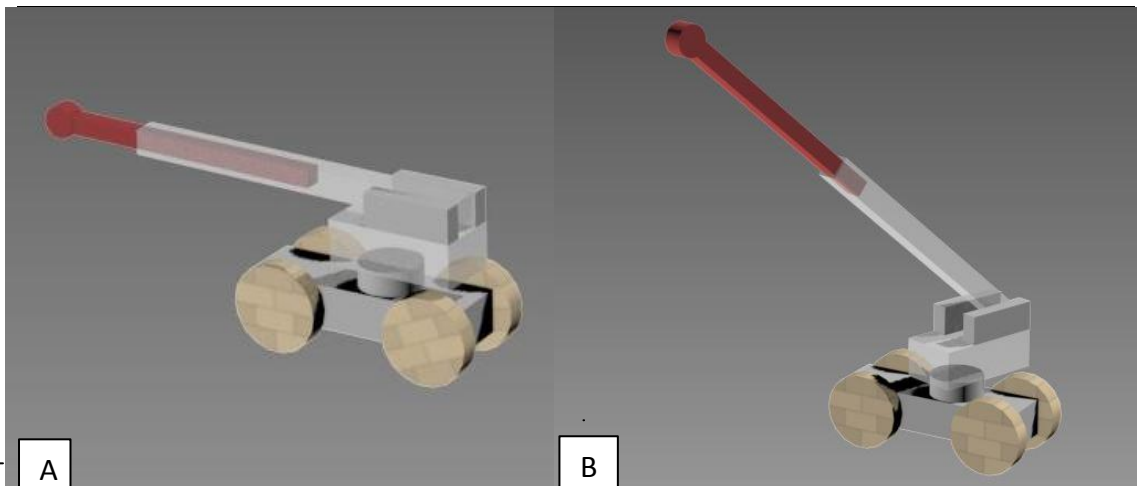
En kranmodell skal benyttes i Senario 3. Tilvirking av kranmodellen inngår ikke i senarioet.

Mål

Senario 3 har som mål å kartlegge testet programvare sine egenskaper innen objektanimasjon. Herunder gjelder kompleks animasjon av sammensatte objekter med flere bevegelige ledd og animert omforming av faste geometrier.

Ønsket resultat

Animasjonene skal ha en naturlig flyt uten kunstig harde bevegelser. Påsatte rotasjonsakser skal til enhver tid holde fastsatte punkter relativt til animert objekt.



Figur 8: Figuren viser initial og ferdig posisjon for kranmodellen. A: Initial posisjon. B: Ferdigposisjon.

Delsenarioer:

- i. En mobil kranbil skal kjøre i en bueform fra posisjon A til posisjon B slik vist i figur 8
- ii. Krana skal i en sammenhengende bevegelse bevege seg fra posisjon A til posisjon B slik vist i figur 8.
- iii. Kran skal trinnvis bevege seg fra posisjon B til posisjon A slik vist i figur (8). Hver bevegelse skal utføres separat.

6.2.4 Senario 4: Kameraanimasjon

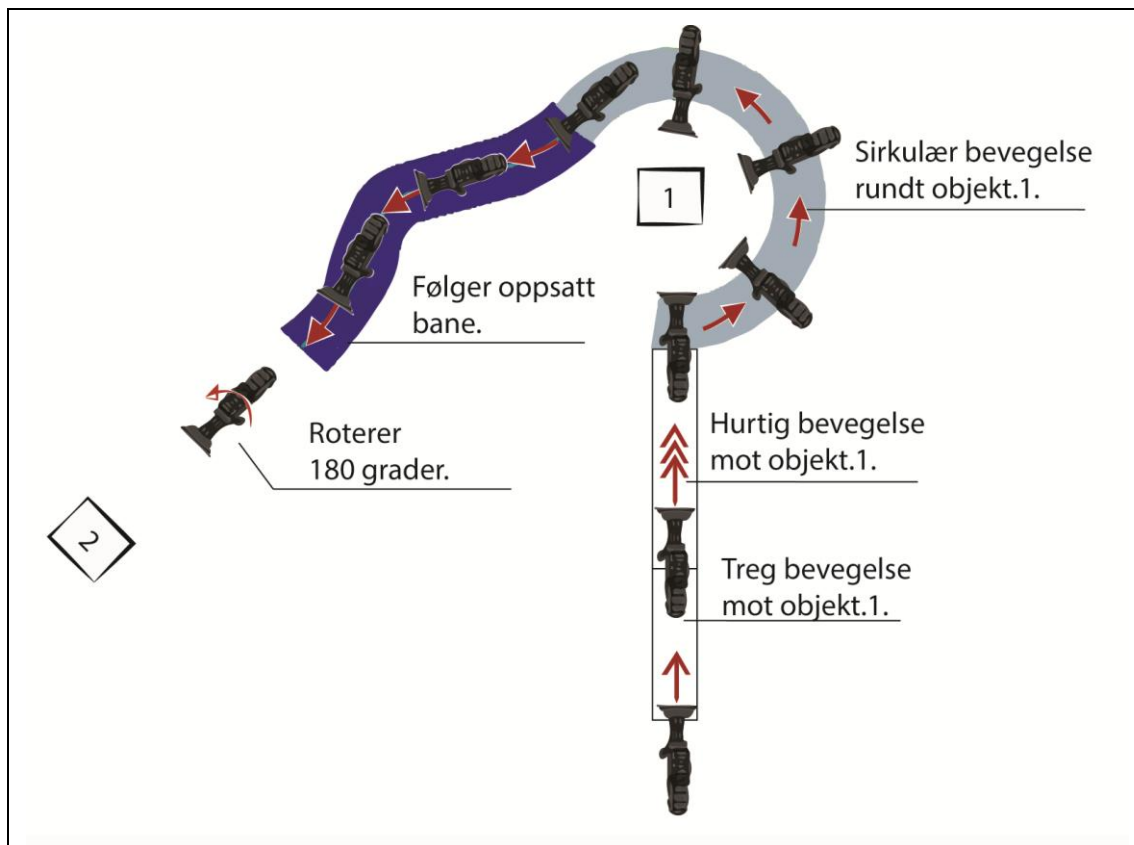
"Senario 4" har som mål å teste bevegelsesfrihet til kameraverktøy hos utvalgt programvare.

Mål

"Senario 3" har som mål å kartlegge testet programvare sine egenskaper innen objektanimasjon. Herunder gjelder kompleks animasjon av sammensatte objekter med flere bevegelige ledd og animert omforming av faste geometrier.

Ønsket resultat

Animasjonene skal ha en naturlig flyt uten kunstig harde bevegelser. Påsatte rotasjonsakser skal til enhver tid holde fastsatte punkter relativt til animert objekt.



Figur 9: Figuren angir bevegelsesmønsteret kameraet skal følge i senario 3.(egen figur)

Delsenarioer:

- i. Kamerabevegelse: Kamera skal bevege seg gjennom "treg" sone med jevn hastighet i løpet av et tidsintervall på 4 sekunder. Kameraet skal så bevege seg gjennom sone "rask" sone i løpet av et tidsintervall på 1 sekund. Kameraet skal så rotere rundt "objekt 1". Bevegelsen skal være jevn. Kameraet skal følge den grønne linja gjennom det lilla området.
- ii. Når "objekt 2" kommer til syne skal kameraet rotere 180grader om x-aksen.

6.2.5 Senario 5:Lyssimulering og teksturering

Dette senarioet benytter en modell av en "Ford fokus" hentet fra 3ds-max interne objektlager.

Mål:

Delsenario i og ii har som mål å danne fotorealistisk lys under ulike omstendigheter. Delsenario iii har som mål å skape et fotorealistisk bakteppe som kan beskues fra flere vinkler.

Ønsket resultat

Lyset i delsenario i og ii skal rettes mot bilen på en slik måte at lyset reflekteres i karosseriet. Himmelbakteppe i delsenario iii skal ikke kaste skygge over 3d-rommet. Himmelbakteppe skal inneha bilder av fotorealistiske skyer.

Delsenarioer:

- i. En "Ford fokus" skal belyses med normalt dagslys.
- ii. En "Ford fokus" skal belyses med kveldssol slik at objektet kaster lange skygger.
- iii. Det skal tekstureres en blå himmel. Skyer skal tillegges hvis mulig.

Senario 9: Lokal lyssetting

Frontlyktene og vinduene til et modellert kjøretøy og hus skal lyssettet med virtuelt lys. Modellering av hus og kjøretøy regnes ikke som en del av oppsatt senario.

6.2.6 Rendering

Senario 10: Rendering

6.3 Operasjonsprosedyrer

I dette kapittelet loggføres alle operasjoner som inngår i gjennomføringen av samtlige testsenarioer beskrevet i kapittel 4.9..

6.3.1 Senario 1: Landskapsmodellering

Ved landskapsmodellering har det blitt benyttet ulike modelleringstekniker. Benyttet modelleringsteknikk for hvert enkelt program er valgt på bakgrunn av teknikker .

Landskapet beskrevet i Senario 1 ble modellert i "3ds-Max" med boksmodellering og eksterne ferdigobjekter. Boksmodellering og eksterne ferdigobjekter er forklart i kapittel 3.2.4

Landskapet beskrevet i senario 1 ble modellert i *SketchUp* med boksmodellering og eksterne ferdigobjekter. Boksmodulasjon og eksterne ferdigobjekter er forklart i kapittel 3.2.4

Landskapet beskrevet i Senario 1 ble modellert i "Lumion" med modelleringsmetodene prosedyre-modellering og eksterne ferdigobjekter. Metodene er forklart i kapittel 3.2.4. Landskapets grunnflate opprettes automatisk ved oppstart av nytt prosjekt. Både størrelse på landskap og "mesh" er forhåndsdefinerte ikke-justerbare størrelser. Landskapet er kvadratformet og holder et areal på 2,0 x 2,0 kilometer. Ved oppstart av nytt prosjekt kan en velge mellom flere ferdigfabrikkerte landskap. For dette senarioet ble det valgt et flat plan.

Tabell 7: Logg over alle utførte operasjoner i Testsenario 1: Landskapsmodellering. Kolonne 2 teller antall ganger hver operasjon repeteres. Kolonne 3 teller alle operasjoner som innebærer bruk av nye programverktøy.

Testsenario 1: Landskapsmodellering	Antall operasjoner	Ny operasjon?
Delsenario 1.i: Generering av landskapsflate		
<u>3ds-Max</u>		
1. Landskapets grunnform ble dannet med en enkeltstående plategeometri. Platestørrelsen ble satt til 100 x 100m ²	1	Ja
2. Platen ble så konvertert til en "deformable poly" delt opp i en mesh på 100 x 100 punkter som tilsvarer et polygon per kvadratmeter.	1	Ja
Sum	2	2
<u>SketchUp</u>		
1. Landskapets grunnform ble dannet med verktøyet sandbox. (se kap) Platestørrelsen ble satt til 100 x 100m ² med en mesh på 50 x 50 punkter.	1	Ja
Sum	1	1
<u>Lumion</u>	-	-
1. Landskapets grunnflate opprettes automatisk ved oppstart av nytt prosjekt. Både størrelse på landskap og mesh er forhåndsdefinerte ikke-justerbare størrelser. Landskapet er kvadratformet og holder et areal på 2,0 x 2,0 kilometer. Ved oppstart av nytt prosjekt kan en velge mellom flere ferdigfabrikkerte landskap. For dette senarioet ble det valgt et flat plan.	0	-
Sum	0	0
Delsenario 1.ii: Utforming av elveleiet		
<u>3ds-Max</u>		
1. Grunnformen til elveleiet ble malt på platen med verktøyet "Paint deformation"	1	Ja
2. Elveleiet ble så dratt til ønsket posisjon med "xyz-posisjonering"-verktøyet.	1	Ja
3. Detaljutforming av leveleiet ble også utført med "Paint deform" formen på penselen ble forandre med de interne parametere. Trinn 1 og 2 ble så repetert en gang.	2	Nei
	4	2

<u>SketchUp</u>		
1. Polygonantallet i området for planlagt elvetrasee ble firedoblet med "Add detail"funksjonen.	1	Ja
2. Grunnformen til elveleiet ble så senket med "smoove"funksjonen. "Påvirket område" ble satt til 15 meter.	1	Ja
Detaljutforming: 3. Polygoner linjer og punkter i elveleiet ble tilfeldig valgt.	1	Ja
4. Markete polygoner linjer og punkter ble så senket med smoove"funksjonen. "Påvirket området" var på forhånd redusert til 0,5 meter.	1	Nei
	4	3
<u>Lumion</u>		
1. Grunnplanet ble lokalt senket med "lover"-funksjonen til ønsket resultat var oppnådd.	1	Ja
2. Elveleiet ble så detaljert med "jitter"funksjonen til ønsket resultat var oppnådd.	1	Ja
	2	2
Delsenario 1.iii: Utforming av åskam		
<u>3ds-max</u>		
1. Grunnformen til elveleiet ble så malt på platen med verktøyet "Paint deformation" (se kap...)	1	Nei
2. Elveleiet ble så dratt til ønsket posisjon med xyz-posisjoneringsverktøyet.	1	Nei
Sum	2	0
<u>SketchUp</u>		
1. Området satt av til åskammen ble delt opp i en finere mesh med "Add detail"funksjonen.	1	Nei
2. Grunnformen til åskammen ble så tilvirket med "smoove"funksjonen. Påvirket område var satt til 15 meter.	1	Nei
Sum	2	0
<u>Lumion</u>		
1. Grunnplanet ble lokalt hevet med "Raise"-funksjonen til ønsket	1	1

resultat var oppnådd.		
Sum	1	1
Delsenario 1.iv: Utforming av fjellformasjon		
<u>3ds-max</u>		
1. Fjellformasjonen ble så malt på platen med "Paint deformation"	1	Nei
2. Fjellskjeden ble så dratt opp til ønsket posisjon med "xyz-posisjonering"-verktøyet.	1	Nei
	2	0
<u>SketchUp</u>		
1. Området satt av til fjellformasjonen ble delt opp i en finere mesh med "Add detail"funksjonen.	1	Nei
2. Grunnformen til Fjellformasjonen ble så tilvirket med "smoove"funksjonen. "Påvirket område" ble satt til 15meter.	1	Nei
3. Trinn 2 ble så repetert 1 gang. Påvirket område var satt til 5 meter.	1	Nei
	3	0
<u>Lumion</u>		
1. Grunnplanet ble lokalt hevet til ønsket høyde med "Raise"-funksjonen.	1	Nei
2. "jitter".funksjonen ble så benyttet for å gjøre fjelltoppene skarpere og øke detaljnivået.	1	Nei
Sum	2	0
Delsenario 1.v: Utforming av krystallform		
<u>3ds-max</u>		
1. Penselen "paint deformation" ble manipulert til ønsket form.	1	Nei
2. Grunnflaten til krystallformasjonen ble så malt på platen med "Paint deformation"	1	Nei
3. Det malte området ble så forflyttet i positiv z-retning med xyz-posisjoneringverktøyet.	1	Nei

4. Det ble så malt en nytt lag på krystallens vertikale sider.	1	Nei
5. Det malte området ble så forflyttet i positiv x-retning med xyz-posisjoneringverktøyet.	1	Nei
Sum	5	0
<u>SketchUp</u>		
1. Området satt av til krystallformen ble delt opp i en finere mesh med "Add detail"funksjonen.	1	Nei
2. Krystallens grunnform ble så tilvirket med "smoove"funksjonen. "Påvirket område" ble satt til 4 meter.	1	Nei
3. Polygoner, linjer og punkter på flatens venstre side ble så valgt.	1	Nei
4. Det ble så valgt polygoner, linjer og punkter på den vertikale flaten.	1	Nei
5. Punktene ble så dratt ut med "move"verktøyet	1	Ja
Sum	5	1

Tabell 8: Logg over alle utførte operasjoner i "Testsenario 2: Sammenstilling". Kolonne 2 teller antall ganger hver operasjon repeteres. Kolonne 3 teller alle operasjoner som innebærer bruk av nye programverktøy.

Testsenario 2: Sammenstilling	Antall operasjoner	Ny operasjon?
Delsenario 2.i: Utplassering av større objektgrupper		
<u>3ds-Max</u>		
1. Tre objekter ble hentet inn til 3D-rommet. Et grantre og en plante, hentet fra internt objektbibliotek, og en stein modellert i 3ds-Max.	3	Ja
2. Objektene ble så enkeltvis skalert til foretrukket størrelse.	3	Ja
3. Videre ble objektene ble lagt til i objektlista i verktøyet objektpaint. (se kap)	1	Ja
4. Alternativet "Alle listede objekter, tilfeldig rekkefølge" ble valgt i "paint"verktøyet.	1	Ja
5. "Align to normal funksjonen" ble så skrudd av og z-akse ble valgt som standard retning for alle påmalte objekter.	1	Ja

6. "Paint on"funksjonen ble så satt til alternativet "paint on selected objekts".	1	Ja
7. Hele landskapet med unntak av elveleiet og fjellformasjonen ble så markert.	1	Ja
8. Objektene i objektlista ble så malt på markert flate.	1	Ja
9. Følgende parametre ble så justert i "paint"verktøyet: Skaleringsmetode ble satt til "tilfeldig" med skaleringsintervaller satt til 40 < 100 i x, y og z retning. Spredningsintervallet ble satt til 20 for både "U" og "V".	0	-
10. Posisjon og størrelse til påførte objekter ble så låst med "commit"funksjonen.	1	Ja
Sum	13	9
<u>SketchUp</u>		
1. Tre objekter ble hentet inn til 3D-rommet. Et grantre hentet fra programtillegget "Tree Maker" pluss en stein og en plante fra nettsiden "3D Warehouse". 3	3	Ja
2. Objektene ble så skalert til foretrukket størrelse.	3	Ja
3. Objektene ble så posisjonert i landskapet	3	Ja
4. Videre ble objektene duplisert til det totalt var ni objekter	2	Ja
5. Objektene ble så enkeltvis plassert i en tett klyngeformasjon	6	Nei
6. Objektene ble så konvertert til en gruppe.	1	Ja
7. Gruppen ble duplisert 19 ganger.	19	Nei
8. Gruppene ble så enkeltvis plassert i landskapet	19	Nei
Sum	56	5
<u>Lumion</u>		
1. Et grantre av typen "Austrian Pine" ble hentet fra det interne objektbiblioteket og plassert i landskapet. Objekter limes automatisk til landskapet ved utplassering.	1	Ja
2. Objektet ble så skalert til ønsket størrelse.	1	Ja
3. Trinn "1" og "2" ble så gjentatt til totalt tre trær var utplassert i tett formasjon. Enkelte trær ble skalert i ulik størrelse for å skape inntrykk av naturlig variasjon.	4	Nei

4. Samtlige trær ble så markert og duplisert.	5	Ja
5. To objekter, en stein og en plante ble lagt til spredningsfunksjonen i "grasverktøyet" 1	1	Ja
6. Parametrene "spredning", "størrelse" og "tilfeldig størrelse" ble justert inntil ønsket resultat var oppnådd. 1	0	-
Sum	12	4

Tabell 9: Logg over alle utførte operasjoner i "Testsenario 3: Objektanimasjon". Kolonne 2 teller antall ganger hver operasjon repeteres. Kolonne 3 teller alle operasjoner som innebærer bruk av nye programverktøy. Følgende forutsetninger gjelder: Justering av parametreinnad i benyttete programverktøy regnes ikke som selvstendige operasjoner. Forlytting av tidslinjer eller navigasjon mellom scener regnes ikke som selvstendige operasjoner.

Testsenario 3: Objektanimasjon	Antall operasjoner	Ny operasjon?
Delsenario 3.i: Animasjon av enkel figur		
<u>3ds-Max</u>		
1. Kranmodellen plasseres midt i "arbeidsrommet".	-	-
2. Videre ble animasjonsverktøyets bilderate satt til 25 bilder per sekund. Total lengde ble satt til 150 bilder.	1	Ja
3. Det ble så tegnet en kurvet kvartsirkel på planet med det integrerte tegneverktøyet.	1	Ja
4. "Path Constraint" funksjonen ble så valgt som posisjonsparameter for hele modellen.	1	Ja
5. Objekt "1" ble så satt til å følge den kurvede linja fire ved hjelp "Add path"funksjonen under "Path Parameters". Markører for animasjonsbegynnelse og slutt blir automatisk dannet i første og siste ramme.	1	Ja
6. "Follow"alternativet ble huket av for å sikre at kranmodellen til en hver tid er parallell med tangenten til kurven.	1	Ja
7. Tidslinjemarkøren ble så forflyttet til ramme nr.150 og "Autokey-funksjonen" ble aktivert.	1	Ja
Sum	6	6

<u>SketchUp</u>		
1. Kranmodellen plasseres i initial posisjon i "arbeidsrommet".	-	-
2. Bilderaten settes til 25 bilder per sekund i "scenealterntiv-vinduet" for "keyframeanimation".	1	Ja
3. to scener legges til med "add scene-verktøyet".	1	Ja
4. "Scene 1" ble valgt og kranmodellens initiale stilling ble lagret "Record Position Data"funksjonen.	1	Ja
5. "Scene 2" ble valgt. Kranmodellen ble forflyttet til avsluttende posisjon med rotasjonsverktøyet. Rotasjonspunktet ble satt.	1	Ja
6. Den nye posisjonen ble lagret med "Record Position Data"funksjonen. (<i>"keyframe animation" husker om objektet er forflyttet mellom punkt A og B med en kurvet eller rettlinjert bevegelse.</i>)	1	Nei
Sum	5	4
<u>Lumion</u>		
1. Kranmodellen importeres til Lumion	-	-
2. Det opprettes en filmsekvens med to scener	1	Ja
3. Effekten "advanced animaton" ble så valgt i effektmenyen.	1	Ja
4. Kranmodellen ble så markert i initial posisjon. Dette ble gjort for å lagre posisjonsdataene.	1	Ja
5. Tidslinjen ble så forflyttet til midten av tidslinjen. Kranmodellen ble så forflyttet til midten av den markerte kvartsirkelen.	1	Ja
6. Kranmodellen ble så rotert til den var parallell med tangenten til kvartsirkelen. (<i>Rotasjon blir her betegnet som en type forflytting og regnes av den grunn ikke som en "ny type" operasjon</i>)	2	Nei
7. Tidslinjen ble så forflyttet til enden av tidslinjen. Kranmodellen ble forflyttet til enden av kurven. "Trinn 6 "ble så gjentatt engang.	1	Nei
Sum	7	5

Delsenario 3.ii: Samtidig animasjon av kompleks figur med flere bevegelige ledd		
<u>3ds-Max</u>		
1. Kranmodellen plasseres midt i "arbeidsrommet".	-	-
2. Bilderaten 25 bilder per sekund og total lengde ble satt til 150 bilder satt i "senario 3i" beholdes.	0	Nei
3. Rotasjonpunktene til komponent "2" og "3" flyttes med "Adjust pivotfunksjonen"	2	Ja
4. Hirarkyfunksjonen ble så benyttet til å etablere "parent-child"forhold mellom alle komponenter. "Komponent 4" er øverst i hirarkiet. "Komponent 1" er nederst i hirarkiet.	3	Ja
5. Tidslinjemarkøren ble så forflyttet til bilde nr.150 før "Autokey-funksjonen" ble aktivert.	1	Nei
6. Komponent "2", "3" og "4" ble slå flyttet til avsluttende posisjon.	3	Nei
Sum	9	2
<u>SketchUp</u>		
1. Bilderaten på 25 bilder per sekund fra "Delsenario 3i" beholdes.	-	-
2. To scener ble lagt til med "add scene"funksjonen	1	Nei
3. Alle bevegelige komponenter ble konvertert til grupper.	4	Ja
4. Gruppefunksjonen ble så igjen benyttet til å danne "Parent-child"-forhold mellom komponentene. Grupperingen ble gjort på følgende vis: Objekt 1 grupperes med Objekt 2. Den nye gruppen bestående av objekt 1 og 2 grupperes igjen med objekt 3. Prosessen repeteres til alle objektene er gruppert en felles gruppe. Objektet som grupperes sist er å regne som "parent"-objektet øverst i hierarkiet.	4	Ja
5. "Scene 1" ble valgt og kranmodellens initiale stilling ble lagret med "Record Position Data"-funksjonen.	1	Nei
6. "Scene 2" ble valgt. Komponent "1", "2" og "3" ble slå flyttet til avsluttende posisjon.	3	Nei
7. Den nye posisjonen ble lagret med "Record Position Data"-	1	Nei

funksjonen.		
Sum	14	2
Delsenario 3.iii: Trinnvis animasjon av kompleks figur med flere bevegelige ledd.		
<u>3ds-Max</u>		
1. Arbeidsfilen fra "Delsenario 3ii" benyttes om utgangspunkt.	-	-
2. Start- og stoppmarkørene for hver animerte komponent ble satt i følgende kombinasjon:	3	Ja
Sum	3	1
<u>SketchUp</u>		
1. Arbeidsfilen fra "Delsenario 3ii" benyttes om utgangspunkt.	-	-
2. Scene 2 blir valgt slik at kranmodellen står i avsluttende posisjon. Tre nye sener legges så til.	1	Nei
3. Scene "1" og "2" ble så deaktivert.	1	Ja
4. "Scene 3" ble valgt. Posisjonen ble lagret med "Record Position Data"-funksjonen.	1	Nei
5. Scene 4 ble valgt og objekt 1 ble flyttet til avsluttende posisjon.	1	Nei
6. Posisjonen ble lagret med "Record Position Data"-funksjonen.	1	Nei
7. Scene 5 ble valgt og objekt 2 ble flyttet til avsluttende posisjon.	1	Nei
8. Posisjonen ble lagret med "Record Position Data"-funksjonen.	1	Nei
9. Scene 6 ble valgt og objekt 3 ble flyttet til avsluttende posisjon.	1	Nei
Sum	8	1

6.3.2 Senario 4: Kameraanimasjon

Tabell 10: Logg over alle utførte operasjoner i "Testsenario 3: Objektanimasjon". Kolonne 2 teller antall ganger hver operasjon repeteres. Kolonne 3 teller alle operasjoner som innebærer bruk av nye programverktøy.

Testsenario 4: Kamerabevegelse	Antall operasjoner	Ny operasjon?
Delsenario 4.ii: Kamerabevegelse		
<u>3ds-Max</u>		
1. Animasjonsverktøyets bilderate satt til 25 bilder per sekund. Total lengde ble satt til 750 bilder.	1	Ja
2. Et kamera ble lagt til i arbeidsrommet	1	Ja
3. Det ble så tegnet en strek lags hele løypetraseët	1	Ja
4. "Path Constraint"-funksjonen ble så valgt som posisjonsparameter for tillagt kamera.	1	Ja
5. Kameraet ble så satt til å følge den kurvede linja ved hjelp "Add path"-funksjonen under "Path parameters". Start- og stoppmarkører for animasjonen dannes automatisk i første og siste ramme på tidslinjen.	1	Ja
6. "Follow"-alternativet ble huket av for å sikre at kameraet til en hver tid er parallell med tangenten til kurven.	1	Ja
7. Tidslinjemarkøren ble forflyttet til ramme nr.100. Posisjonen ble lagret med "sett key"-funksjonen.	1	Ja
8. "Autokey"-funksjonen ble så aktivert.	1	Ja
9. Tidslinjemarkøren ble så forflyttet til ramme nr.110. Kameraet ble så rotert 90 grader xyz-aksen. Slik at kameraet peker mot "objekt 1".	1	Ja
10. Tidslinjemarkøren ble forflyttet til ramme nr.200. Posisjonen ble lagret med "Sett key"-funksjonen.	1	Nei
11. Tidslinjemarkøren ble så forflyttet til ramme nr.110. Kameraet ble så rotert 90 grader om z-aksen slik at det igjen peker i initial posisjon.	1	Nei

12. Tidslinjemarkøren ble så forflyttet til ramme nr.110. Kameraet ble så rotert 90 grader m z-aksen.	1	Nei
Sum	12	9
<u>SketchUp</u>		
1. Synsvinkelen ble flyttet initial kameraposisjon. To scener ble så lagt til med "add scene"-funksjonen. Gjeldene synsvinkel konverteres alltid automatisk til initial kameraposisjon for scenen.	1	Ja
2. Synsvinkel ble så forflyttet frem til andre kameraposisjon. En ny scene " ble lagt til..	1	Nei
3. Synsvinkel ble forflyttet frem til neste kameraposisjon. En ny scene ble lagt til.	1	Nei
4. Trinn 3 gjentas til kameraet er gjennom hele løypa.	15	Nei
5. I "scenealterntiver" for "keyframeanimation" settes overgangsktid mellom hver scene. "Scene 1" settes til 0 sekunder. De resterende scenetidene settes til verdier som koresponerer med senariobeskrivelsen. Mellom sone 3 og sone 5 er overgangsktidene satt på en slik måte at hastigheten holdes jevn uavhengig av seneavstanden. Forsinkelse mellom hver scene settets til 0 sekunder for scene 1 til 16 i "scenealterntiver" for "keyframeanimation".	1	Ja
Sum	19	2
<u>Lumion</u>		
Det ble først opprettet en filmsekvens.		
6. Synsvinkelen ble så flyttet til initial kameraposisjon. En scene ble så lagt til med "kamera"funksjonen. Gjeldene synsvinkel konverteres da automatisk til initial kameraposisjon for scenen.	1	Ja
7. Synsvinkel ble så forflyttet frem til andre kameraposisjon. En ny scene " ble lagt til.	1	Nei
8. Synsvinkel ble forflyttet frem til neste kameraposisjon. En ny scene ble lagt til.	1	Nei
9. Trinn 3 gjentas til kameraet er gjennom hele løypa.	18	Nei

Sum	21	1
Delsenario 4.ii: Kamerarotasjon		
<u>3ds-max</u>		
1. Arbeidsfila for Delsenario 4ii brukes som utgangspunkt for gjeldene oppgave.	-	-
2. Tidslinjemarkøren ble så forflyttet til ramme nr.600. Posisjonen ble så lagret med "sett key"funksjonen.	1	Ja
3. "Autokey"funksjonen ble så aktivert.	1	Nei
4. Tidslinjemarkøren ble så forflyttet til ramme nr.650. Kameraet ble så rotert 180 grader langs x-aksen med rotasjonsverktøet.	1	Ja
Sum	3	2
<u>Lumion</u>		
1. Arbeidsfila for Delsenario 4ii brukes som utgangspunkt for gjeldene oppgave.	-	-
2. "Handheld camera"effekten legges til. Det legges så til en "keyframe" for "tilt"parameteret 20 sekunder ut på tidslinjen.	1	Ja
3. Tidslinjen flyttets så til 22 sekunder. Tiltten stilles så til 180 grader.	1	Ja
Sum	2	2

6.3.3 Senario 5: Lyssetting

Tabell 11: Logg over alle utførte operasjoner i "Testsenario 3: Objektanimasjon". Kolonne 2 teller antall ganger hver operasjon repeteres. Kolonne 3 teller alle operasjoner som innebærer bruk av nye programverktøy.

Senario 5: Lyssetting og teksturering		
Delsenario 5.i Lyssetting av landskap		
<u>3ds-max</u>		
1. "Daylight system" aktiveres i "systemkolonnen". Simmulert dagslys dannes da automatisk. Sola stilles så i ønsket posisjon med "time and date"-parametrene.	1	Ja
Sum	1	1
<u>SketchUp</u>		
1. Simulert sollys genereres automatisk ved opprettelse av nytt prosjekt.	0	Nei
Sum	0	0
<u>Lumion</u>		
1. Simulert sollys genereres automatisk ved opprettelse av nytt prosjekt.	0	Nei
Sum	0	0
Delsenario 5.ii Simulering av kveldssol		
<u>3ds-max</u>		
1. Sola settes i ønsket posisjon med "time and date"-parametrene integrert i "Daylight system"-verktøyet.	1	Ja
Sum	1	1
<u>SketchUp</u>		
1. Sola settes i ønsket posisjon med "time and date"-parametrene integrert i "skyggeinnstillings"-verktøyet.	1	Ja
Sum	1	1
<u>Lumion</u>		
1. Sola settes i ønsket posisjon med "sol"-verktøyet.	1	Ja
Sum	1	1
Delsenario 5.iii Teksturering av bakgrunn		
<u>3ds-max</u>		

1. <i>Delsenario 5iii tar utgangspunkt i arbeidsfila til delsenario 5i.</i> Himmelbakgrunn genereres automatisk "Daylight system" er aktivert	0	Nei
Sum	0	0
<u>SketchUp</u>		
1. Himmelbakgrunn genereres automatisk ved opprettelse av nytt prosjekt.	0	Nei
Sum	0	0
<u>Lumion</u>		
1. Himmelbakgrunn genereres automatisk ved opprettelse av nytt prosjekt. "sol"-verktøyet innehar interne parametreautomatisk generering av skydekke.	0	Nei
Sum	0	0

7 ANALYSER OG RESULTATER

7.1 Testresultater

Kapittelet oppsummerer resultatene fra praktisk utførelse av testsenario 1 til 6.

Tabell 12 oppsummerer verdier for som ble målt under praktisk utførelse av testsenario 1 til 6. Se vedlegg B for detaljert resultatliste.

Tabell 12: Tabellen oppsummerer målte verdier for testparametrene "Unike operasjoner" og "Totale antall operasjoner".

	Unike operasjoner			Totale antall operasjoner		
	3ds-Max	SketchUp	Lumion	3ds-Max	SketchUp	Lumion
<i>Senario 1: Landskapsmodellering</i>	4	5	3	10	10	5
<i>Senario 2: Sammenstilling</i>	9	5	4	13	56	12
<i>Senario 3 : Objekt-animasjon</i>	6	4	5	6	5	7
<i>Senario 4: Kamera-animasjon</i>	9	2	1	12	19	21
<i>Senario 5: Lyssetting og teksturering</i>	2	1	1	2	1	1
<i>Senario 6: Rendering</i>	-	-	-	-	-	-

Tabell 13: Tabellen oppsummerer målte verdier for testparametrene "Ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner" og "Utførte delsenarioer".

	Ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner			Utførte delsenarioer		
	3ds-Max	SketchUp	Lumion	3ds-Max	SketchUp	Lumion
Senario 1: Landskapsmodellering	0	0	4	5	5	4
Senario 2: Sammenstilling	1	1	1	1	1	1
Senario 3 : Objekt-animasjon	1	0	0	2	2	1
Senario 4: Kamera-animasjon	1	1	1	2	1	2
Senario 5: Tekstur og lys-simulasjon	3	3	3	3	3	3
Senario 6: Rendering	-	-	-	-	-	-

Tabell 14: Tabellen oppsummerer målte verdier for testparametrene "Ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner" og "Utførte delsenarioer".

	Forhåndsvisning i sanntid			Sluttresultat		
	3ds-Max	SketchUp	Lumion	3ds-Max	SketchUp	Lumion
Senario 1: Landskapsmodellering	1.5	2	2	3	2	4
Senario 2: Sammenstilling	1	1	1	1	0	1
Senario 3 : Objekt-animasjon	1	1	1	1	1	0.5
Senario 4: Kamera-animasjon	1	1	1	1	0.5	0.5

Senario 5: Tekstur og lys-simulasjon	1.5	1.5	3	2.5	2.5	3
Senario 6: Rendering	0.5	0	1	1	0.5	0.5

7.2 Omskalering av resultater

Samtlige datasett for testsenario 1-6 er omskalert til en ny skala mellom "0" og "1" der summen av datasettet alltid er 1. Omskalerte verdier er regnet ut med ligning 1, 2 og 3 i kapittel 7.1.6.

Tabell 15: Tabellen viser verdier for testparametrene "Unike operasjoner" og "Totale antall operasjoner" fra testsenario 1 - 6 og korresponderende nedskalerte verdier tilpasset en skala fra 0 til 1 med nullpunkt på 0.33. Samtlige verdier er utregnet med ligning 1, 2 og 3 fra kapittel 7.1.6.

	Unike operasjoner			Totale antall operasjoner		
	3ds-Max	SketchUp	Lumion	3ds-Max	SketchUp	Lumion
Senario 1: Landskapsmodellering	4	5	3	10	10	5
Omskalert størrelse	0.33	0.42	0.25	0.40	0.40	0.20
Senario 2: Sammenstilling	9	5	4	13	56	12
Omskalert størrelse	0.50	0.28	0.22	0.16	0.69	0.15
Senario 3 : Objekt-animasjon	6	4	5	6	5	7
Omskalert størrelse	0.40	0.27	0.33	0.33	0.28	0.39
Senario 4: Kamera-animasjon	9	2	1	12	19	21
Omskalert størrelse	0.75	0.17	0.08	0.23	0.37	0.40
Senario 5: Tekstur og lyssimulering	2	1	1	2	1	1
Omskalert størrelse	0.50	0.25	0.25	0.50	0.25	0.25
Senario 6: Rendering	-	-	-	-	-	-
Omskalert størrelse	0.55	0.23	0.23	0.50	0.30	0.20

Tabell 16: Tabellen viser verdier for testparametrene "Ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner" og "Utførte delsenarioer" fra testsenario 1 - 6 og korresponderende nedskalerte verdier tilpasset en skala fra 0 til 1 med nullpunkt på 0.33. Samtlige verdier er utregnet med ligning 1, 2 og 3 fra kapittel 7.1.6.

	Ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner			Utførte delsenarioer		
	3ds-Max	SketchUp	Lumion	3ds-Max	SketchUp	Lumion
Senario 1: Landskapsmodellering	0	0	4	5	5	4
Omskalert størrelse	0.00	0.00	1.00	0.36	0.36	0.29
Senario 2: Sammenstilling	1	1	1	1	1	1
Omskalert størrelse	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Senario 3 : Objekt-animasjon	1	0	0	2	2	1
Omskalert størrelse	1.00	0.00	0.00	0.40	0.40	0.20
Senario 4: Kamera-animasjon	1	1	1	2	1	2
Omskalert størrelse	0.33	0.33	0.33	0.40	0.20	0.40
Senario 5: Tekstur og lys-simulasjon	3	3	3	3	3	3
Omskalert størrelse	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Senario 6: Rendering	1	1	1	1	1	1
Omskalert størrelse	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

Tabell 17: Tabellen viser verdier for testparametrene "Forhåndsvisning i sanntid" og " Sluttresultat " fra testsenario 1 - 6 og korresponderende nedskalerte verdier tilpasset en skala fra 0 til 1 med nullpunkt på 0.33. Samtlige verdier er utregnet med ligning 1, 2 og 3 fra kapittel 7.1.6.

	Forhåndsvisning i sanntid			Sluttresultat		
	3ds-Max	SketchUp	Lumion	3ds-Max	SketchUp	Lumion
Senario 1: <i>Landskapsmodellering</i>	1.5	2	2	3	2	4
<i>Omskalert størrelse</i>	<i>0.27</i>	<i>0.36</i>	<i>0.36</i>	<i>0.33</i>	<i>0.2</i>	<i>0.44</i>
Senario 2: <i>Sammenstilling</i>	1	1	1	1	0	1
<i>Omskalert størrelse</i>	<i>0.33</i>	<i>0.33</i>	<i>0.33</i>	<i>0.50</i>	<i>0.00</i>	<i>0.50</i>
Senario 3 : Objekt-animasjon	1	1	1	1	1	0.5
<i>Omskalert størrelse</i>	<i>0.33</i>	<i>0.33</i>	<i>0.33</i>	<i>0.40</i>	<i>0.40</i>	<i>0.20</i>
Senario 4: Kamera-animasjon	1	1	1	1	0.5	0.5
<i>Omskalert størrelse</i>	<i>0.33</i>	<i>0.33</i>	<i>0.33</i>	<i>0.50</i>	<i>0.25</i>	<i>0.25</i>
Senario 5: Tekstur og lys-simulasjon	1.5	1.5	3	2.5	2.5	3
<i>Omskalert størrelse</i>	<i>0.25</i>	<i>0.25</i>	<i>0.50</i>	<i>0.31</i>	<i>0.31</i>	<i>0.38</i>
Senario 6: Rendering	-	-	-	1	0.5	0.5
<i>Omskalert størrelse</i>	-	-	-	<i>0.67</i>	<i>0.33</i>	<i>0.00</i>

7.3 Resultatanalyse

Samtlige testresultater er rangert etter "Pughs metode." Pughs metode er forklart i kapittel 3.2.1. Alle resultatene er poengsatt etter en femtrins poengskala fra -1 til +1 poeng vist i tabell.6. En negativ poengsum betyr at testet program presterer under snittet sammenlignet med øvrige programmer. Radardiagrammene i viser poengsummene til testet programvare innen de fire hovedkriteriene. Samtlige poengsummer er utarbeidet på bakgrunn av resultatene fra testsenario 1 - 6.

Følgende parametere er vektet i pugh-matrise 1 -6:

1. Parametret "Ikke-destruktiv redigering" er vektet til 50 prosent.
2. "Unike operasjoner" er vektet til -100 prosent.
3. "Totale antallet operasjoner" er vektet til -100 prosent.

"Unike operasjoner" og "Totale antallet operasjoner" er vektet negativt på bakgrunn av at en økning i verdi slå negativt ut for begge parameterne.

Tabell 18: Tabellen viser "Pughs matrise" for Senario 1 og 2. Sammenhengen mellom gitte poeng og omskalert verdi er vist i tabell 6. Enkelte av parametrene er vektet med vektskalaen til venstre for resultatene.

Modellering									
				Senario 1: Landskaps- modellering			Senario 2: Sammen- stilling		
		Vekting	Maks/Min poengsum	3ds-Max	SketchUp	Lumion	3ds-Max	SketchUp	Lumion
	Brukerterstel	-100%	2/-2	0	-1	1	-2	1	1
	Unike operasjoner								
	Forhåndsvisning i sanntid	100%	2/-2	-1	0	0	0	0	0
	Sum		4/-4	-1	-1	1	-2	1	1
	Absolutt sum		2/-2	-0.5	-0.5	0.5	-1.0	0.5	0.5
	Produksjonstempo	-100%	2/-2	-1	-1	1	2	-2	2
	Totale antallet operasjoner								
	Forhåndsvisning i sanntid	100%	2/-2	-1	0	0	0	0	0
	Ikke-destruktiv redigering	50%	1/-1	-1	-1	1	0	0	0
	Sum		5/-5	-3	-2	2	2	-2	2
	Absolutt sum		2/-2	-1.2	-0.8	0.8	0.8	-0.8	0.8
	Funksjonalitet	100%	2/-2	0	0	0	0	0	0
	Utførte delsenarioer								
	Sum		2/-2	0	0	0	0	0	0
	Absolutt sum		2/-2	0	0	0	0	0	0
	Kvalitet	100%	2/-2	0	-1	1	2	-2	2
	Sluttresultat								
	Sum		2/-2	0	-1	1	2	-2	2
	Absolutt sum		2/-2	0	-1	1	2	-2	2

Tabell 19: Tabellen viser "Pughs matrise" for Senario 3 og 4. Sammenhengen mellom gitte poeng og omskalert verdi er vist i tabell 6. Enkelte av parametrene er vektet med vektskalaen til venstre for resultatene.

Animasjon									
				Senario 3: Objekt-animasjon			Senario 4: Kamera-animasjon		
		Vekting	Maks/Min poengsum	3ds-Max	SketchUp	Lumion	3ds-Max	SketchUp	Lumion
	Brukerterstel	-100%	2/-2	-1	1	0	-2	2	2
	Forhåndsvisning i sanntid	100%	2/-2	0	0	0	0	0	0
	Sum		4/-4	-1	1	0	-2	1	1
	Absolutt sum		2/-2	-0.5	1	0	-1	1	1
	Produksjonstempo	-100%	2/-2	0	1	-1	1	0	-1
	Forhåndsvisning i sanntid	100%	2/-2	0	0	0	0	0	0
	Ikke-destruktiv redigering	50%	2/-2	1	-1	-1	0	0	0
	Sum		5/-5	1	0	-1	1	0	-1
	Absolutt sum		2/-2	0.4	0	-0.4	0.4	0	-0.4
	Funksjonalitet	100%	2/-2	1	1	-1	1	-1	1
	Sum		2/-2	1	1	-1	1	-1	1
	Absolutt sum		2/-2	1	1	-1	1	-1	1
	Kvalitet	100%	2/-2	1	1	-1	0	-2	2
	Sum		2/-2	1	1	-1	0	-2	2
	Absolutt sum		2/-2	1	1	-1	2	-1	-1

Tabell 20: Tabellen viser "Pughs matrise" for Scenario 5. Sammenhengen mellom gitte poeng og omskalert verdi er vist i tabell 6. Enkelte av parametrene er vektet med vektskalaen til venstre for resultatene.

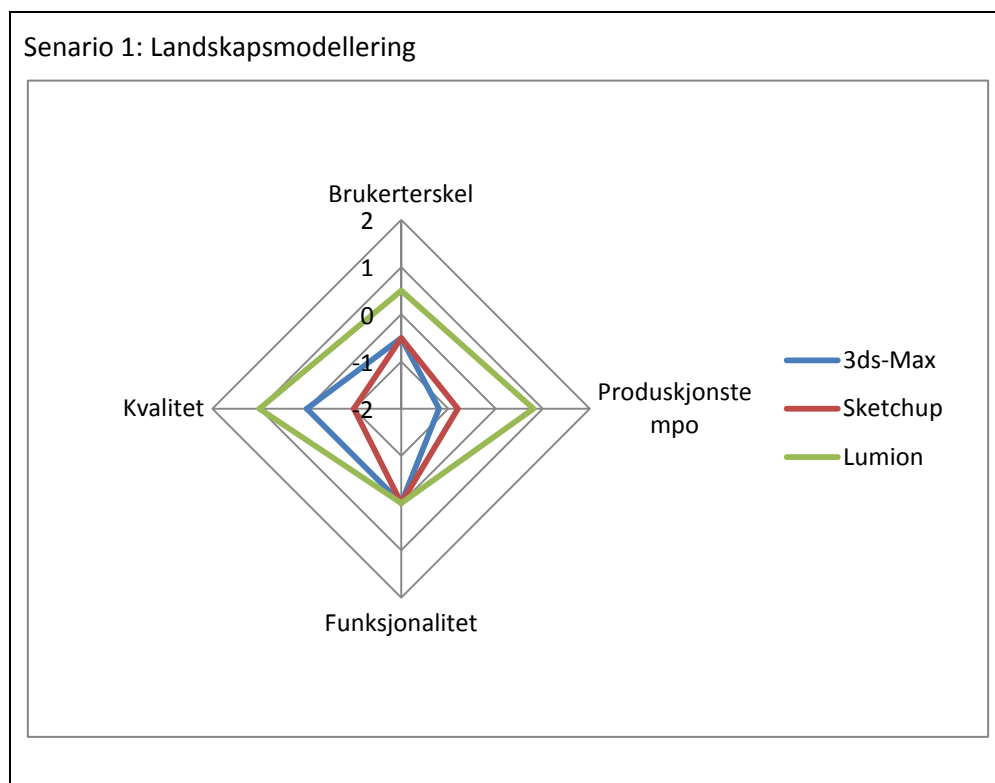
Teksturering og lyssimulering						
				Scenario 5: Teksturering og lyssimulering		
		Vekting	Maks/Min poengsum	3ds-Max	SketchUp	Lumion
Brukerterskel	Unike operasjoner	-100%	2/-2	-2	1	1
	Forhåndsvisning i sanntid	100%	2/-2	-1	-1	2
	Sum		4/-4	-3	-0	3
	Absolutt sum		2/-2	-1.5	0	1.5
Produksjonstempo	Totale antall operasjoner	-100%	2/-2	-2	1	1
	Forhåndsvisning i sanntid	100%	2/-2	-1	-1	2
	Ikke-destruktiv redigering	50%	1/-1	0	0	0
	Sum		5/-5	-3	0	3
	Absolutt sum		2/-2	-1.2	0	1.2
Funksjonalitet	Utførte delscenarioer	100%	2/-2	0	0	0
	Sum		2/-2	0	0	0
	Absolutt sum		2/-2	0	0	0
Kvalitet	Sluttresultat	100%	2/-2	0	0	1
	Sum		2/-2	0	0	1
	Absolutt sum		2/-2	0	0	1

Tabell 21: Tabellen viser "Pughs matrise" for Scenario 1 og 2. Sammenhengen mellom gitte poeng og omskalert verdi er vist i tabell 6. Enkelte av parametrene er vektet med vektskalaen til venstre for resultatene. NB! Produksjonstempo måles i denne sammenheng etter tiden det tar å rendre animasjon-sekvensen.

		Rendering				
		Vekting	Maks/Min poengsum	Rendering		
				3ds-Max	SketchUp	Lumion
Brukerterstel	Unike deloperasjoner	100%	2/-2	-	-	-
	Forhåndsvisning i sanntid	100%	2/-2	-1	-1	2
	Sum		2/-2	-1	-1	2
	Absolutt sum		2/-2	-1	-1	2
Produksjonstempo	Rendertid	100%	2/-2	-1	0	2
	Forhåndsvisning i sanntid	100%	2/-2	-1	-1	2
	Ikke-destruktiv redigering	50%	1/-1	0	0	0
	Sum		5/-5	-2	-1	4
	Absolutt sum		2/2	0.8	0.4	1.6
Funksjonalitet	Utførte delscenarioer	100%	2/-2	0	0	0
	Sum		2/-2	0	0	0
	Absolutt sum		2/-2	0	0	0
Kvalitet	Sluttresultat	100%	2/-2	2	-1	-1
	Sum		2/-2	2	-1	-1
	Absolutt sum		2/-2	2	-1	-1

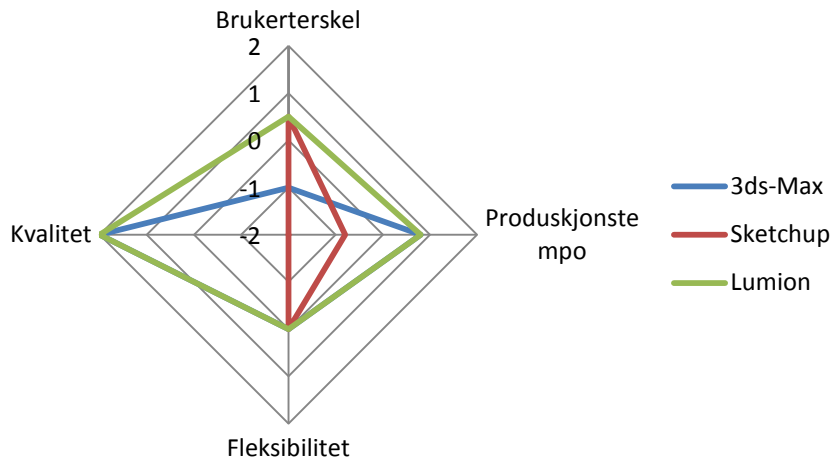
7.4 Grafisk fremstilling av vektete resultater

Se vedlegg B, C og D for fremgangsmåte. Se vedlegg E for praktisk sluttresultat av testsenario 1 - 6. Det er viktig å presisere at programmene kun er mål på bakgrunn av prestasjonene til øvrige programmer. En gitt poengsum er av den grunn kun interessant i kraft av intervallet mellom poengsumme og øvrige poengsummer. Poengsummer nær null indikerer liten forskjell mellom programvare. Høye intervaller mellom to poengsummer indikerer en stor forskjell. Et lite intervall indikerer mindre forskjell.



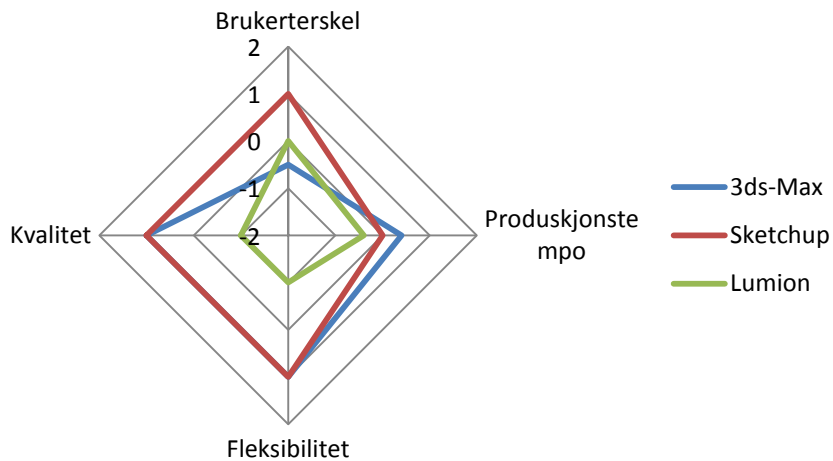
Figur 10: Figuren gir en grafisk oversikt over Senario 1: Landskapsmodellering. Verdier $0 < X < 1$ er gitt for prestasjoner over snittet sammenlignet med øvrig programvare. Verdier $0 > X > -1$ er gitt for prestasjoner under snittet sammenlignet med øvrig programvare

Senario 2: Sammenstilling

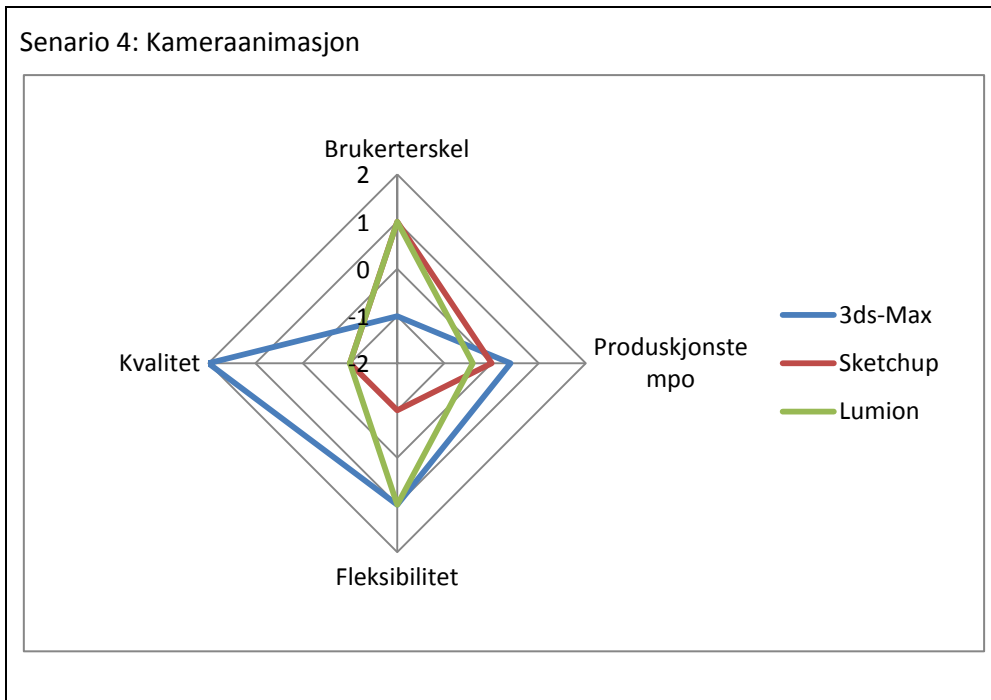


Figur 11: Figuren gir en grafisk oversikt over Senario 2: Sammenstilling. Verdier $0 < X < 1$ er gitt for prestasjoner over snittet sammenlignet med øvrig programvare. Verdier $0 > X > -1$ er gitt for prestasjoner under snittet sammenlignet med øvrig programvare

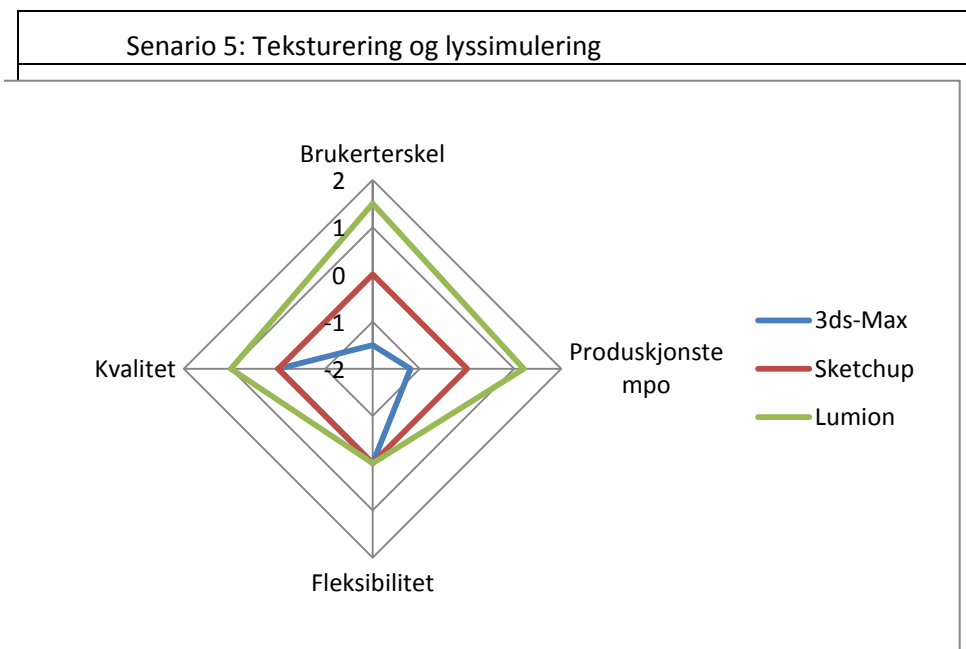
Senario 3: Objektanimasjon



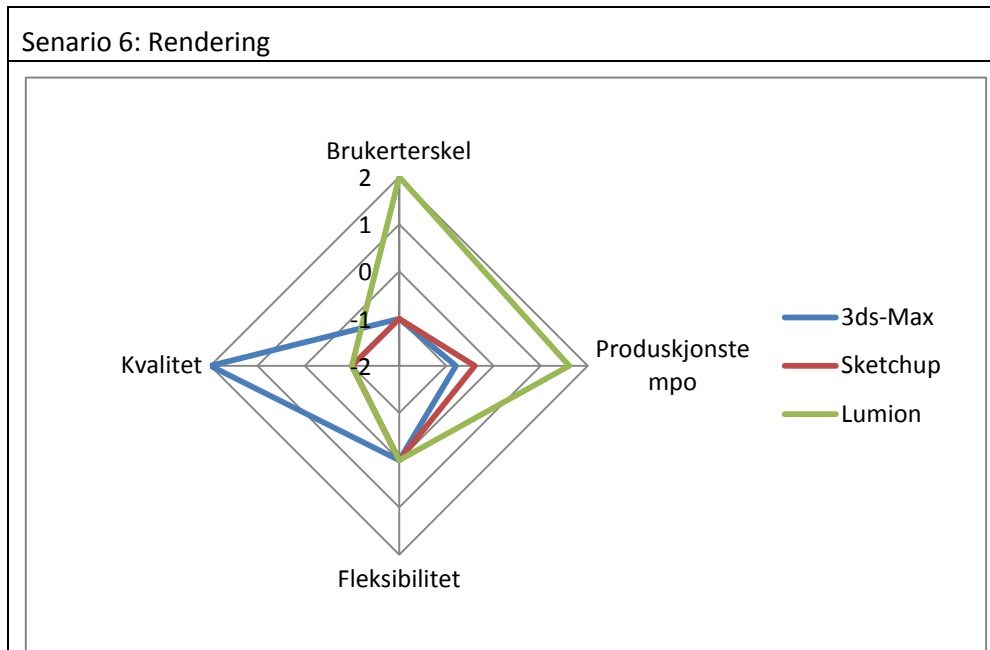
Figur 12 Figuren gir en grafisk oversikt over Senario 3: Objektanimasjon. Verdier $0 < X < 1$ er gitt for prestasjoner over snittet sammenlignet med øvrig programvare. Verdier $0 > X > -1$ er gitt for prestasjoner under snittet sammenlignet med øvrig programvare



Figur 13: Figuren gir en grafisk oversikt over Senario 4: Kameraanimasjon. Verdier $0 < X < 1$ er gitt for prestasjoner over snittet sammenlignet med øvrig programvare. Verdier $0 > X > -1$ er gitt for prestasjoner under snittet sammenlignet med øvrig programvare



Figur 14: Figuren gir en grafisk oversikt over Senario 5: Lysimulering og teksturering. Verdier $0 < X < 1$ er gitt for prestasjoner over snittet sammenlignet med øvrig programvare. Verdier $0 > X > -1$ er gitt for prestasjoner under snittet sammenlignet med øvrig programvare



Figur 15 Figuren gir en grafisk oversikt over Senario 6: Rendering. Verdier $0 < X < 1$ er gitt for prestasjoner over snittet sammenlignet med øvrig programvare. Verdier $0 > X > -1$ er gitt for prestasjoner under snittet sammenlignet med øvrig programvare

8 PROSESSDISKUSJON

Oppsett og metode som er benyttet i denne oppgaven er i vesentlig grad tilrettelagt oppgavens problemstilling. Metodens validiteten er av den grunn tases i betraktning ved drøfting av oppnådde resultater. I den følgende diskusjonen diskuteres benyttet metode kronologisk etter oppsatte delmål.

Kartlegging av produksjonsledd.

Oppgavens første delmål var å trinnvis kartlegge de prosesser som inngår i CGI-animasjon. Prosessen ble kartlagt på bakgrunn generelt oppsett for CGI-animasjon i film [15], [16].

Valg av hovedfaktorer

Det ble valgt å fokusere på faktorer som er av antatt relevans for brukere med liten eller ingen bakgrunn i CGI-animasjon. Følgende faktorer ble valgt ut: All testet programvare ble evaluert etter hovedkriteriene brukerterskel, produksjonstempo, fleksibilitet og kvalitet. Valget av overnevnte hovedfaktorer ble begrunnet med kriterienes antatte relevans for personer med liten erfaring innen CGI-animasjon. Antatt relevans for hver hovedfaktor er begrunnet med en kort argumentasjon.

Litteraturen gir få konkrete føringer vedrørende valg av faktorer for enkelttilfeller.

I artikkelen "Evaluation of Software Systems" [26] argumenteres det for at valg av faktorer ved programvaretesting må tilpasses den enkeltes behov da ingen tilfeller er helt like.

spørreundersøkelse

Valg av testparametere

Hovedkriteriene ble evaluert på bakgrunn av konkrete målte data fra den praktiske gjennomføringen av de oppsatte testsenarionene. Hver av de konkrete dataene som skulle måles ble betegnet som testparametere. Ved valg av testparametre ble følgende kriterier satt:

1. Valgte parametre skal kunne gjengi konkret målbar data fra praktisk gjennomføring av oppsatte testsenarioer.
2. Det må kunne trekkes en logisk sammenheng mellom hvert enkelt parameter og de hovedkriteriene de evaluerer.

I litteraturen er bruk av parametre som verktøy for programvaretesting ofte koblet opp mot underveis-testing [25] ved utvikling av ny programvare. Ved slik type testing benyttes ofte mer komplekse parametre med litenbruksnytte ved konvensjonell programtesting.

For å kunne evaluere diffuse faktorer som brukerterskel på bakgrunn konkrete resultater var det nødvendig å sette en rekke premisser. Alle deloperasjoner tar like lang tid. Testens habilitet vil da i stor grad baseres på legitimt av satte premisser.

Artikkelen "Evaluation of Software Systems" [26] understreker viktigheten et objektive målbare størrelser ved programvaretesting. Tross dette gis det få eksempler på bruk av testparametre som verktøy i konvensjonell programvaretesting i Litteraturen. Artikkel (bla. bla.) foreslår tidtaking som parameter for brukerterskel. Testpersoner skal da utføre en bestemt oppgave med programvare de ikke har forhåndskjennskap til. Tiden testpersonene bruker på å løse oppgavene fungerer da som parameter for brukerterskel. I likhet med metodene benyttet i denne oppgaven er det mange usikkerhetsmomenter knyttet til tidtaking som parameter for brukerterskel. Tidtaking forutsetter også at ansvarlige for testingen på forhånd har inngående kompetanse i programmene som testes. I denne oppgaven har kunnskapsnivået om hver enkelt programvare vært forhåndsmessig lavt før praktisk gjennomføring av testene ble utført. Dersom det på forhånd skulle vært opparbeidet inngående kompetanse i samtlige programmer før praktisk utførelse av testsenarioene hadde oppgaven fått et annet tidsomfang enn de tidsbegrensningene som på forhånd var satt.

Oppsett av testsenarioer

Testsenarioene skulle settes opp på en slik måte at de samlet dekket alle overordnede produksjonsledd som inngår i CGI-animasjon. Samtlige av de oppsatte testsenarioene skulle utformes på en lik måte at de også representerte oppdraget fra "Deep River AS". Følgende begrunnelser ble lagt til grunn for å benytte oppdraget fra "Deep River AS":

1. Ved å utforme testsenarioer som også representer oppdraget fra "Deep River AS" vil resultatene fra testsenarioene være av høyere relevans når oppdraget fra "Deep River AS" skal utføres.
2. Testsenarioer dannet på grunnlag av en reel case kan ha en høyere relevans enn testsenarioer dannet på individuelt grunnlag da en reel case bidrar til at det holdes en rød tråd gjennom samtlige produksjonsledd.

Det ble også tilstrebet å sette opp testsenarioene på en måte som i størst mulig grad differensierte programmene fra hverandre. Testsenarioene ble av den grunn ved flere anledninger tillagt oppgaver som var av mer kompleks karakter enn det som er beskrevet i oppdraget fra "Deep River AS".

I Artikkelen "Evaluation of Software Systems" [26] er empirisk testing av programvare betegnet som et minefelt. Et av argumentene som legges til grunn for påstanden er at det ved empirisk testing kun testes for spesifikke scenarier som nødvendigvis ikke er representative for mange brukere. Det er verdt å merke seg at overnevnte argumentasjon er gjort på generelt grunnlag. For flere av produksjonsleddene som inngår i CGI-animasjon er metodene som er testet særdeles fleksible. Dette indikerer at flere av de anvendte metodene kan løse oppgaver som er av en helt annen karakter enn de som er løst i oppsatte testsenarioer. Det skal nevnes at testsenarioet utført innen objektanimasjon ikke tar for seg objekt manipulasjon som er en helt essensiell egenskap ved animasjon av organiske figurer

som mennesker og dyr. God animasjon av organiske skapninger krever også mer kompleks "rigging"-fase enn de tilfeller som er vurdert. Begrunnelsen for å se bort fra objektmanipulasjon og kompleks rigging ligger i at dette sjeldent benyttes ved animasjon av mekaniske objekter som for det meste består av harde komponenter med ledd med færre frihetsgrader enn hos organiske vesener. Testsenarioet innen objektanimasjon har heller ikke for seg "animerte eksplosjoner" av objekter. Eksplosjonsanimasjoner er av høy relevans ved presentasjon av mekaniske maskiner. Testet programvare bør av den grunn i fremtiden også testes innen eksplosjonsanimasjoner.

Praktisk gjennomføring av testsenarioer.

Den praktiske gjennomføringen av testsenarioene ga innsikt i flere nye faktorer som det ikke er tatt hensyn til. Arbeid i SketchUp var preget lange utregningsfaser ved behandling av objekter med fin "mesh". Eller samtidig behandling av flere objekter. SketchUp hadde også en betydelig høyere "crash"-rate enn testens øvrige programmer. Dette bidro til et ytterligere lavere produksjonstempo i forhold til øvrig programvare enn det testresultatene i kapittel 7.4 gir uttrykk for. Problemet med å bringe inn datatytelse som et parameter for produksjonstempo kan bidra til flere problemer:

1. Produksjonstempo blir en mer kompleks faktor da den varierer på bakgrunn av hvor hardt programvaren er presset.
2. Programprestasjoner kan avhenge av ulike datamaskinspesifikasjoner som kan variere ved bruk av forskjellige datamaskiner.

"Lumion" er for eksempel et GPU-drevet program hvilket betyr at programprestasjoner avhenger av hastigheten til grafikkortet, i motsetning til 3ds-max og SketchUp som i all hovedsak drives av datamaskinens prosessorkraft.

Ved opptelling av operasjoner var det nødvendig å på forhånd betegne hva som kunne regnes som en selvstendig operasjon. Følgende regel ble satt:

- Med selvstendig operasjon menes i denne sammenheng enhver operasjon som medfører eller bidrar til utøvelsen av en funksjon. Justering av interne programparametre regnes ikke som en selvstendig operasjon dersom det er gjort i samhandling med en annen operasjon.

Regelen over gjør ingen forskjell på antallet programparametre som må stilles. For programverktøy med mange programparametre kan regelen gi et litt feilaktig forhold mellom antall utførte operasjoner faktisk utført arbeid.

Anvendt metode:

"Pughs metode" ble benyttet som verktøy for å vekte testresultatene. Testresultatene ble vektet i forhold til snittverdien til hvert datasett. Et datasett er her definert som dataene fra et parameter for et testsenario slik vist i figur 4. Resultatene ble så vektet etter pugh's fempunktsskala fra -2 til +2. Benyttet skala er vises i figur 5. Som vist i figur 5 er benyttet skala ikke lineær. Følgende begrunnelse ligger til grunn for en lineær skala:

- Hvis skalatrinn "0" har et smalt skalaintervall, er sjansen større for å detektere forskjeller mellom testet programvare.
- Hvis skalatrinn -1 og +1 har et meget bredt skalaintervall, vil poengsummen -2 og +2 kun opptre ved markante størrelsesforskjeller.

Valget av et bredere skalaintervall for "-1" og "+1" støttes opp i artikkelen "How To Use THE PUGH MATRIX" [27]. I artikkelen betegnes trinn "-1" og "+1" som "Noe under" og "Noe bedre" mens trinn "-2" og "+2" betegnes som "Langt under" og "Langt bedre". I tilfeller der et hovedkriteriet vektet etter to eller flere parametre ble benyttet, ble hvert parameter vektet individuelt. De individuelle poengsummene ble så lagt sammen og delt på antall parametre. I litteraturen ble det kun funnet eksempler på bruk av pugh's metode med diffuse parametre. Bruken av pugh's metode avviker av den grunn noe fra normalbruk. Dette bør tas i betraktning når validiteten til resultatene presentert i kapittel 7.3 skal diskuteres.

Validitet og nytteverdi av oppnåede resultater:

Radardiagrammene i tabell (#) viser hovedkriteriene poengsatt med pugh's fempunktsskala fra -2 til +2. En poengsum på "0" indikerer et resultat på høyde med øvrige resultater i samme datasett. I kapittel (#) representerer hvert av diagrammene et av de primære produksjonsleddene som inngår i tilvirkningen av CGI-animasjon.

Alle produksjonsleddene ble vurdert på selvstendig grunnlag grunnet få fellestrekk mellom hvert produksjonsledd. Som en kan se av tabell (#) vises det en klar variasjon i den enkelte programvare sine prestasjoner over flere produksjonsledd. En samlet evaluering vil med stor sannsynlighet gi meget upresise vektninger av oppsatte kriterier. Selvstendig evaluering av de enkle produksjonsledd er i større grad anvendbar da det sjeldent benyttes en type programvare gjennom alle produksjonsleddene. Ved planlagt bruk av flere programmer kan den separate vektningen for hvert produksjonsledd fungere et nyttig verktøy for valg av produksjonsløp. Overnevnt bruk av evaluerte resultater ble anvendt i da programoppsettet for det pågående oppdraget for "Deep River AS ble satt opp. Her ble følgende ønsker lagt til grunn for valg av programvare:

1. Enkel og rask landskapsmodellering er ønskelig
2. kompleks objektanimasjon er prioritert
3. Kort rendertid er prioritert før kvalitet

I dette tilfellet kunne resultatene fra radardiagrammene gi en god indikasjon på hvilke programvare som var godt egnet til de ulike prosessstadiene.

På bakgrunn av subjektive antagelser så var det enkelte sprik mellom sluttresultat og forventet resultat. spriket kan indikere svakheter ved avdekket metode. Det var også en tydelig trend på at det var en større differanse i prestasjoner innen de felter det har blitt gjennomført færrest tester i. Tross dette var de store trendene som forventet. Resultatene med SketchUp med gjeldene programtillegg viser at det er mulig å produsere helt greie resultater for en brøkdel av prisen i forhold til de øvrige testede programmene.

8.1 Konklusjon

Tre programmer har blitt evaluert på bakgrunn av kriteriene "produksjonstempo, brukerterskel, fleksibilitet og kvalitet. Oppnåede resultater indikerer prestasjonsforskjeller for flere av testtilfellene. Resultatene gir ved flere av tilfellene mindre tydelig informasjon vedrørende for stor differansen virkelig er mellom programvare eller hvor godt programmet presterer i forhold til kjente størrelser. Det er en tydelig trend på at differansen i prestasjoner innen de felter det har blitt gjennomført færrest tester.

8.2 Videre arbeid

- Evaluere programvare opp mot kjente størrelser ved hjelp av absolutte parametere.
- Revurdere valg av hovedfaktorer på bakgrunn av kjente undersøkelser og tilgjengelig litteratur.
- Evaluere programvare beregnet på CGI-Animasjon opp mot programvare som er kjent for brukere med bakgrunn innen teknisk tegning som Solid Works og Inventor.

9 Referanser

9.1 Skriftelige kilder

1. Jan Kåre Bøe, Konsept og produktrealisering, UMB, Ås 2012
2. Nigel Bevan, Information technology - Software product evaluation - Quality characteristics and guidance for their use ISO/IEC (1991). ISO/IEC 9126..

9.2 Internettkilder

3. Wayne E. Carlson. (2004). CGI Historical Timeline
design.osu.edu
4. Stuart Pugh, Biography (2011) Wikipedia, the free encyclopedia
en.wikipedia.org
5. Pugh method or decision matrix method. Enge
www.enge.vt.edu
6. Radar chart (2014) Wikipedia, the free encyclopedia
en.wikipedia.org
7. Autodesk 3ds-max (2014), Autodesk, Inc
www.autodesk.com
8. Trimble SketchUp (2014), Trimble Navigation
www.SketchUp.com (2014)
9. Keyframe Animaton (2014), Regular Polygon
regularpolygon.org
10. Twilight Render (Mai 14, 2014) Twilight Render LLC
twilightrender.com
11. Lumion 4 Pro (2014), Act-3D
lumion3d.com
12. Realtime Render Engines (2013), material-db
material-db.com
13. Lumion 2.5: a Beautiful, Simple Architectural and Visualization Tool, 2012 renderosity
www.renderosity.com
14. 3ds-max review. toptenreviews
3d-animation-software-review.toptenreviews.comreview.html
15. CGI Production Proscsess. Animation World Network
www.awn.com
16. CGI Animation Process, (2011) Allen Shaver

- multimediamcc.com
17. Boksmodellering, Basic Introduction-To-3d-Modeling-Techniques -
3d.about.com
18. Tillatelse fra rettighetshaver , lovdata.no
Lovdata.no
19. Brukervilkår, Grabcad
grabcad.com
20. Vannmerke. Autodesk , Inc
Autodesk.com
21. rigging-animated-characters , Toonboom
www.toonboom.com
22. Nøkkelrammeanimasjon, Tutsplus
cgi.tutsplus.com
23. Kameraanimasjon, Autodesk , Inc
Autodesk.com
24. Lyssetting, introduction-to-3d-max lighting , Rice
library.rice.edu
25. Testparametere, SOFTWARE MEASUREMENTS AND METRICS: ROLE IN EFFECTIVE SOFTWARE TESTING Farooq et al. / International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)
www.ijest.info
26. Evaluation of Software Systems, Günther Gediga, Kai-Christoph Hamborg, Ivo Düntsch
researchgate.net
27. How To Use The Pugh Matrix. ecision making confidence www.decision-making-confidence.com

9.3 Muntlige kilder

28. Reidar Vestby, Deep River AS prosjekter og samarbeidspartnere , 2014

1 Produktbeskrivelse

Generell beskrivelse

Kraftenheten Deep River består primært av to hovedenheter. Vannbasert enhet, en flytende gjennomstrømningsturbin, og landbasert enhet for husing av enheter for strømproduksjon og teknisk overvåkning. Systemet kan utnytte vannstrømmer med en hastighet på 0,5m/s eller mer. Dette åpner for bruk i blant annet tidevann-, hav- og elvestrømmer.

Virkemåte

Vannstrømmer roterer turbinene i vannbasert enhet. Rotasjonen fra turbinene gjøres så om til hydraulisk trykk som pumpes opp til landbasert enhet. I landbasert enhet gjøres det hydrauliske trykket om til elektrisk strøm gjennom en hydraulisk drevet generator. Strømmen sendes så til en omformer der den konverteres til riktig nettspenning. Samtlige ledninger og slanger mellom land- og vannbasert enhet er installert i et større vareplastrør. Vareplastrøret føres langs hav-, sjø eller elvebunn til landbasert enhet. Vareplastrøret stabiliseres med betonglodd eller graves ned o elvebunnen. Hydraulisk trykkfall i overføring mellom land- og vannbasert enhet er på 3% per 100 meter.

Vannbasert enhet

Vannbasert enhet er bygget rundt et konteinerbasert rammeverk. Rammeverket huser to turbinanordninger adskilt med en skillevegg. Turbinene er festet til en felles gjennomgående aksel med svinghjul. Akselen er opplagret mellom turbinene og i kortsidene på rammeverket. På yttersiden av rammeverkets kortsider er det påmontert to sidestabilisatorer. Sidestabilisatorene kan beveges uavhengig av hverandre. Den ene sidestabilisatoren huser en hydraulisk pumpe som er påmontert direkte på akslingen. Den hydrauliske pumpa er koblet til landbasert enhet via en send- og en returslange. Den vannborene enheten innehar to ballasttanker festet over og under det ytre rammeverket. Både ballast og flottørinnretning har en aerodynamisk form for redusert motstand. Bevegelige ror er festet på en eller begge sider av ballast og flottørinnordning for stabilisering av enheten. Ballasttankene, sidestabilisatorene og roranordningene er utstyrt med fjernstyrt nivåregulering som kontrolleres fra landbasert enhet. Alle bevegelige ror og stabiliseringsanordninger beveges ved hjelp av hydraulik. Øvre og nedre ballasttank er utstyrt med festeanordninger for flytebøyer og forankringsobjekter. To spoileranordninger er montert på øvre og nedre ballasttank foran turbinen for å lede vannstrømmen i riktig bane gjennom turbinen. Spoileranordningen er montert på en slik måte at turbinen roterer i samme retning uavhengig av strømretningen. Samtlige spoilere har innfellet flere turbodyser rettet mot turbinen for høytrykkspyling av turbinbladene. Turbodysene kan spyle med et trykk på opptil 500bar. Turbinene er produsert i skipsstål og beskyttet med offshore coating. Vannbasert enhet har en rist påmontert i front. Risten er designet med en 45 vinkel for å lede større flytende gjenstander over enheten. Risten er hengslett slik at den enkelt kan hektes av og heves ved rengjøring.

Landbasert enhet

Landbasert enhet består av flere enheter huser i en standard konteiner. Konteineren huser en strømproduksjonsenhet bestående av generator, trykkfordelingspumpe og omformer, og et teknisk rom for systemovervåking og fjernstyring av vannbasert enhet.

Transport og montasje

Turbinen er bygget opp rundt et standard konteiner rammeverk av hensyn til vedlikehold og transport. Turbinen er tilpasset transport med kranbil, båt og helikopter med løftekapasitet over 12 500 kg.

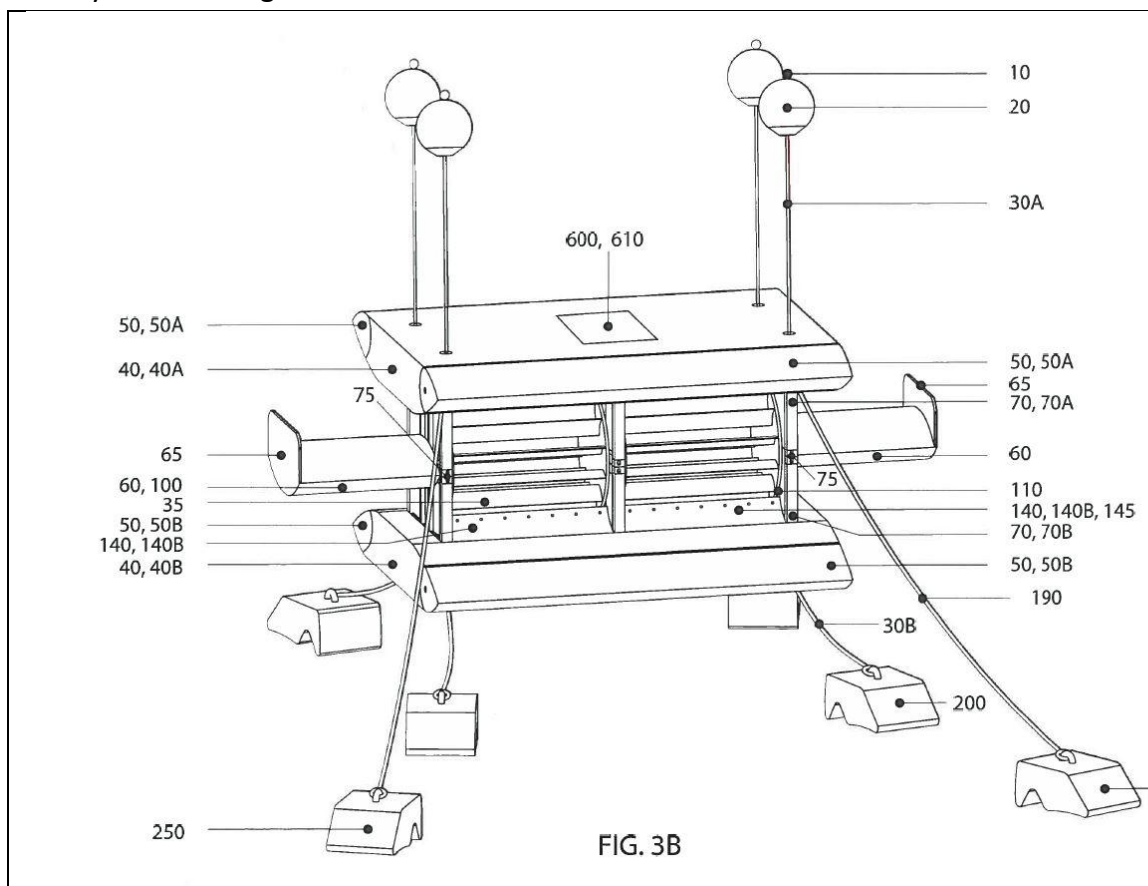
Ut plassering, drift og vedlikehold

Vannsmurte lager for feste av turbinaksel må byttes med en syklus på fem år eller mer.

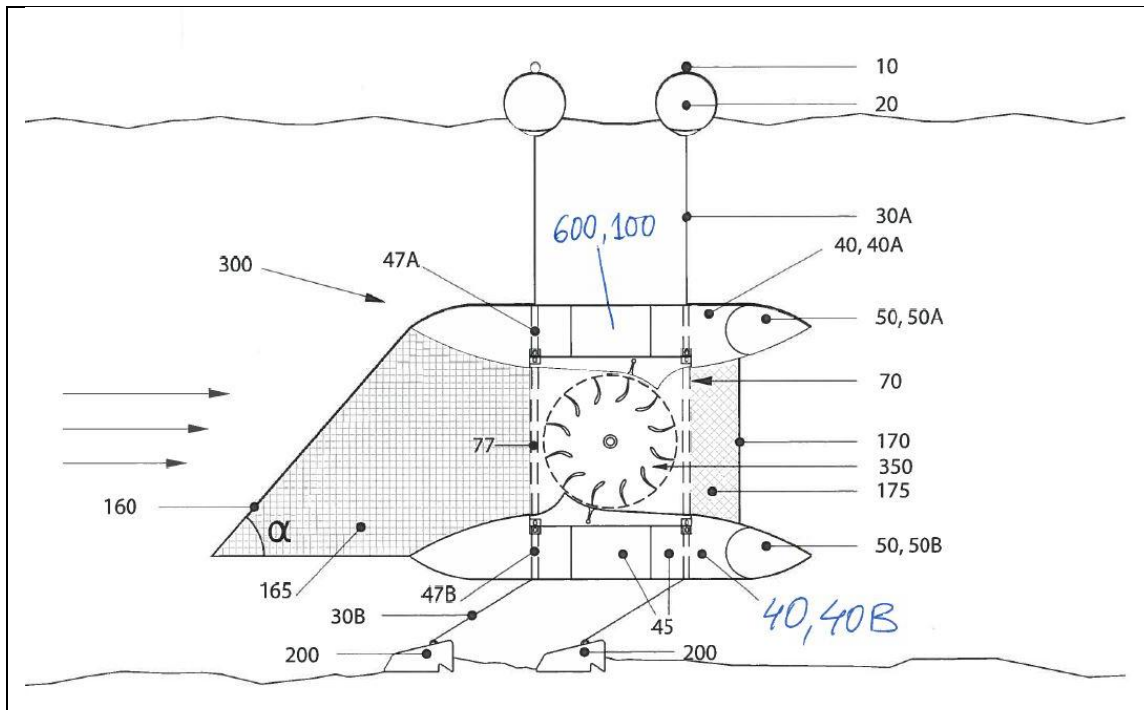
Ved utplassering settes vannbasert enhet først i vannet med tomme ballasttanker. Ballasttankene fylles så med vann til øverste ballasttank ligger i overflateposisjon. Vannbasert enhet slepes så ut til punkt for utplassering. Ballasttankene fylles så ytterligere helt til vannbasert enhet holder ønsket høyde i vannstrømmen. Ballasttankene kan etterjusteres ved behov. Ved behov for vedlikeholdsarbeid heves vannbasert enhet til overflatestilling ved at ballasttankene fylles med luft før den slepes til land. Turbinblader vaskes ved hjelp av det innebygde høytrykkspylesystemet som kontrolleres fra landbasert enhet. Ved rengjøring av frontrist hektes rista av vannbasert enhet og heves til overflaten.

Hovedkomponenter

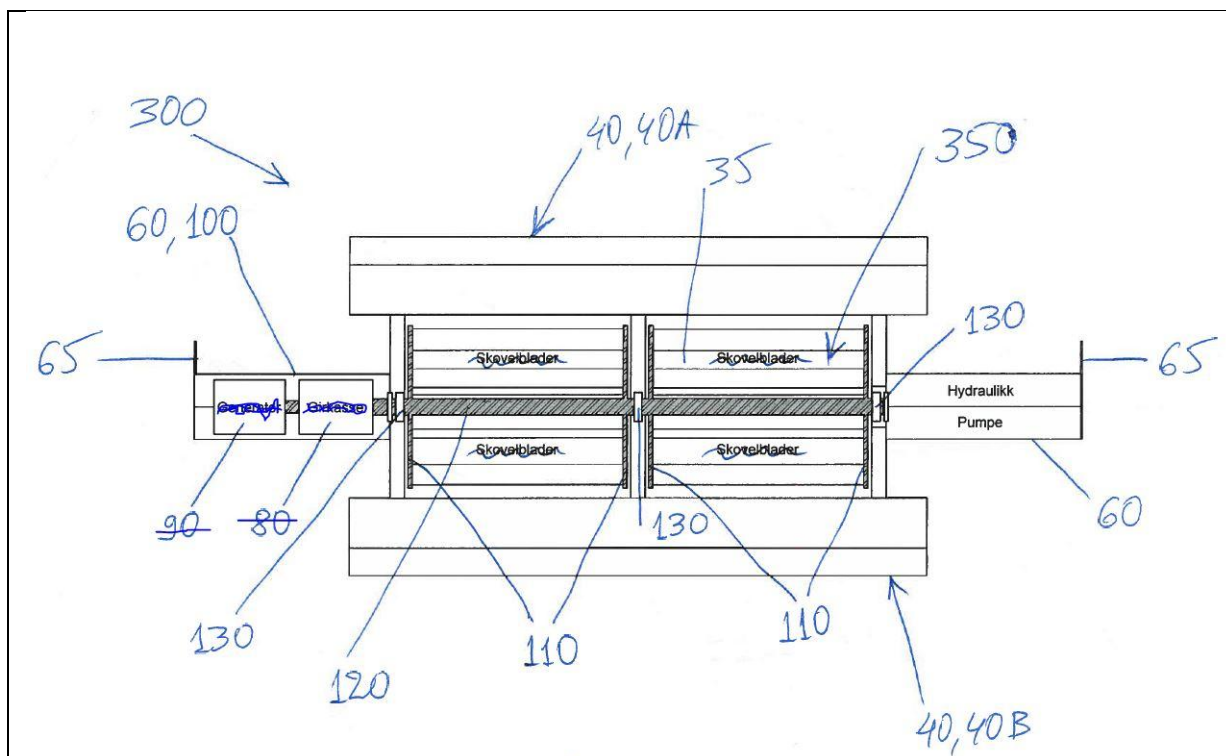
- stk. flytetanker
- 2 stk. turbiner
- Beskyttende grind
- Forankring
- Hydraulikkslanger



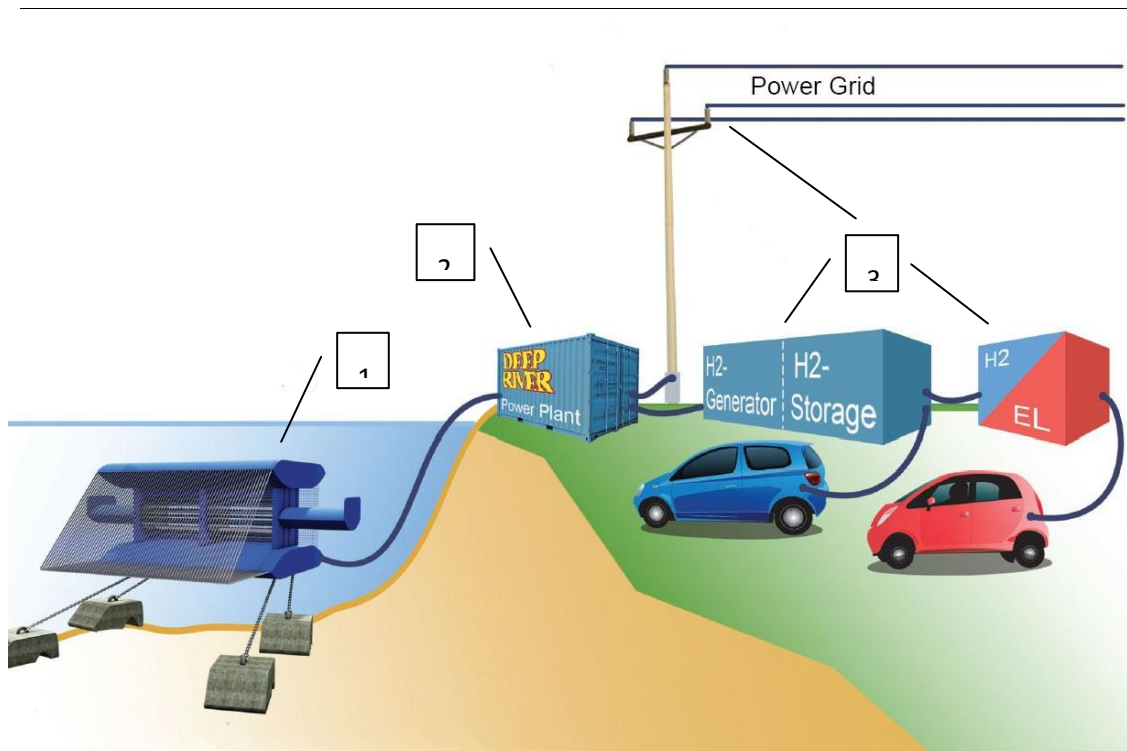
Figur 1. Figuren viser turbinenheten til det konteinerbasererte kraftverket "Deep River" i perspektiv. Bildet benyttes etter tillatelse fra "Deep River AS"



Figur 2. Turbinenheten til "Deep River" med beskyttende gitter sett i profil. Bildet benyttes etter tillatelse fra "Deep River AS"



Figur 3. Turbinenheten til "Deep River" sett i forfra. Bildet benyttes etter tillatelse fra "Deep River AS"



Figur 4. Turbinen ⁽¹⁾ pumper hydraulisk trykk til generatorhuset⁽²⁾ som videre sender elektrisk kraft til sluttbrukere. Bildet er tilsendt fra Deep river AS

2 Referanser

1. Deep River AS, RENEWABLE ENERGY FOR THE FUTURE
2. TIDE RIVERS CURRENTS Environmental report, Deep River AS
3. P A T E N T K R A V, Deep River AS
4. www.deepriver.no

Tabell 2: Tabellen viser "Ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner" og Utførte delsenarioer" for *senario 1 -6*.

	Ikke-destruktiv endring av tidligere utførte operasjoner			Utførte delsenarioer		
	3ds-Max	Sketchup	Lumion	3ds-Max	Sketchup	Lumion
<i>Senario 1: Landskapsmodellering</i>						
1.i: Landskapsflate	0	0	0	1	1	1
1.ii: Elveleiet	0	0	1	1	1	1
1.iii: Åskam	0	0	1	1	1	1
1.iv: Fjellformasjon	0	0	1	1	1	1
1.v: Krystallstruktur	0	0	1	1	1	0
Sum	0	0	4	5	5	4
<i>Senario 2: Sammenstilling</i>						
2.i: Tilfeldig objekt plassering	1	1	1	1	1	1
Sum	1	1	1	1	1	1
<i>Senario 3 : Objekt-animasjon</i>						
3.i: Enkel animasjon	1	0	0	1	1	1
3.ii: Kompleks animasjon	±	0	0	1	1	0
3.iii Trinnvis animasjon	±	0	0	1	1	0
Sum	1	0	0	2	2	1
<i>Senario 4: Kamera-animasjon</i>						
3.i: Kamerabevegelse	1	1	1	1	1	1
3.ii: Kamerarotasjon	±	-	0	1	0	1
Sum	1	1	1	2	1	2
<i>Senario 5: Tekstur og lys-simulasjon</i>						
3.i: Simulering av dagslys	1	1	1	1	1	1
3.ii: Simulering av kveldssol	1	1	1	1	1	1
3.iii Teksturering av bakgrunn	1	1	1	1	1	1
Sum	3	3	3	3	3	3
<i>Senario 6: Rendering</i>						
2.i: Rendering	1	1	1	1	1	1
Sum	-	-	-	-	-	-

Tabell 3: Tabellen viser " Forhåndsvisning i sanntid " og "Sluttresultat " for *senario 1 -6.*

	Forhåndsvisning i sanntid			Sluttresultat		
	3ds-Max	Sketchup	Lumion	3ds-Max	Sketchup	Lumion
<i>Senario 1: Landskapsmodellering</i>						
1.i: Landskapsflate	1	1	1	1	1	1
1.ii: Elveleiet	0.5	1	1	0.5	0	1
1.iii: Åskam	-	-	-	0.5	0.5	1
1.iv: Fjellformasjon	-	-	-	1	0.5	1
1.v: Krystallstruktur	-	-	-	1	1	-
Sum	1.5	2	2	3	2	4
<i>Senario 2: Sammenstilling</i>						
2.i: Tilfeldig objektplassering	1	1	1	1	0	1
Sum	1	1	1	1	0	1
<i>Senario 3 : Objekt-animasjon</i>						
3.i: Enkel animasjon	1	1	1	1	1	0.5
3.ii: Kompleks animasjon	1	1	1	1	0.5	-
3.iii Trinnvis animasjon	1	1	1	1	0.5	-
Sum	1	1	1	1	1	0.5
<i>Senario 4: Kamera-animasjon</i>						
3.i: Kamerabevegelse	1	1	1	1	0.5	0.5
3.ii: Kamerarotasjon	1	-	1	1	-	1
Sum	1	1	1	1	0.5	0.5
<i>Senario 5: Tekstur og lys-simulasjon</i>						
3.i: Simulering av dagslys	0.5	0.5	1	1	1	1
3.ii: Simulering av kveldssol	0.5	0.5	1	1	1	1
3.iii Teksturering av bakgrunn	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1
Sum	1	1	2	2.5	2.5	3
<i>Senario 6: Rendering</i>						
2.i: Rendering	0.5	0	1	1	0.5	0.5
Sum	0.5	0	1	1	0.5	0.5

Vedlegg E:

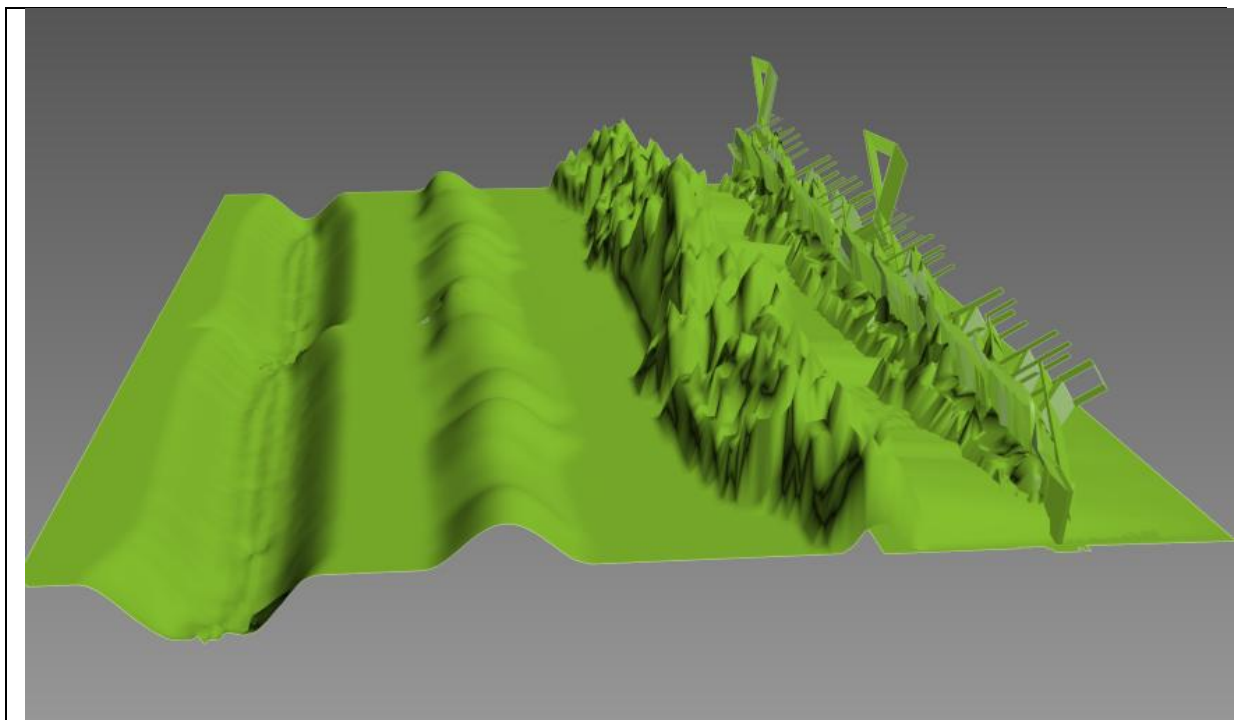
Evaluering av sluttresultat. Senario 1 til 6.

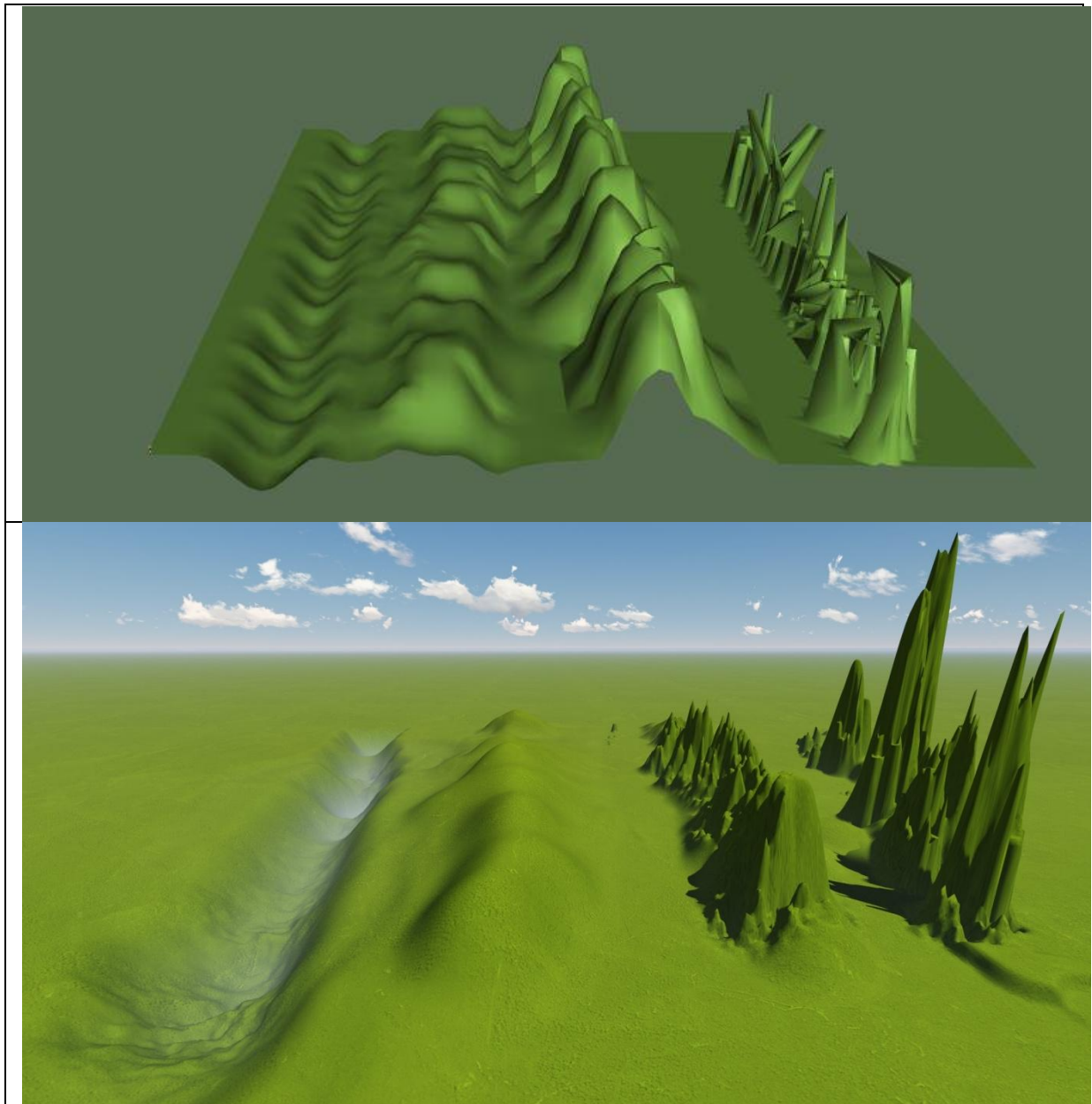
Det ble foretatt en subjektiv vurdering av det praktisk sluttresultat for senario 1 -6.

Hvert resultat har i utgangspunktet et poeng. Det trekkes så et halvt poeng dersom det er noe "å utsette" på modellene.

Testsenario 1

Suttresultatet for samtlige delsenarioer er betraktet og poengsatt på subjektivt grunnlag. Figur (#) viser sluttresultatet av testsenario 1 for 3ds-max, Sketchup og Lumion.





Figur 1: Figuren viser praktisk resultat av "testsenario 1". 1: Resultat for 3ds-max. 2: Resultat for Sketchup. 3: Resultat for Lumion.

Begrunnelse for vekting:

1.i: Landskapsflate

Landskapsflaten holder samme kvalitet i alle tre tester.

1.ii: Elveleiet

3ds-Max

Fine subtile detaljer. Kunne vært noe mer fremtredene. Kanten på elveleiet har en noe unaturlig symmetri.

Sketchup

Lien grad av detaljer. Kulemønsteret i elveleiet er av noe unaturlig karakter.

Lumion

Elveleiet holder et meget høyt detaljnivå.

1.iii: Åskam

3ds-Max

Samme størrelse på samtlige lokale topper gir noe utilsiktet symmetri.

Sketchup

Åsryggen er i overkant skarp. Noe overdrevent kulemønster.

Lumion

Balanserte kurver. Lite utilsiktet symmetri.

1.iv: Fjellformasjon

3ds-Max

Meget godt detaljnivå. Noen topper er i overkant skarpe.

Sketchup

Lite detaljer. God formfigur.

Lumion

Fin grad av både markante og subtile detaljer. Noen topper er i overkant skarpe.

1.v: Krystallstruktur

3ds-Max

Ingen formbegrensning. Formbegrensning settes kun av størrelse på mesh.

Sketchup

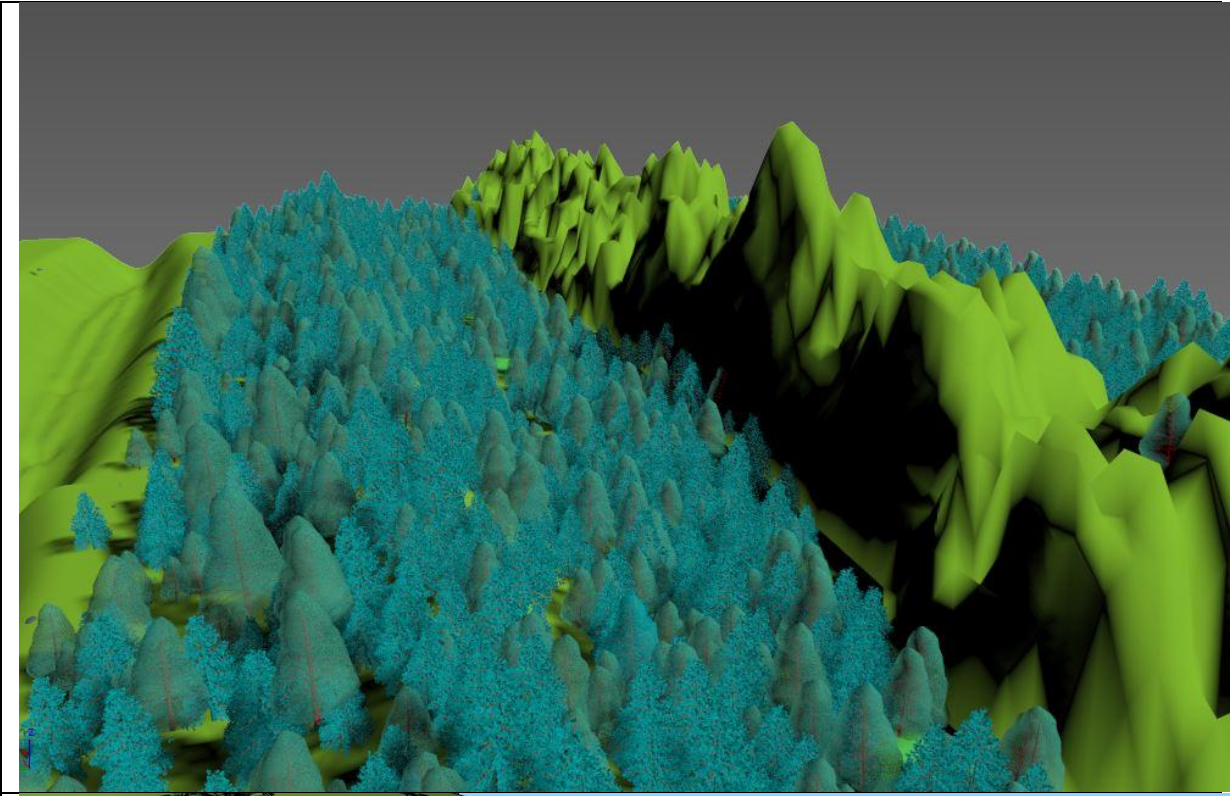
Ingen formbegrensning. Formbegrensning settes kun av størrelse på mesh.

Lumion

Modellering i Lumion er begrenset til vertikal retning. "Delsenario v" regnes av den grunn som ikke godkjent for Lumion.

Testsenario 2

Suttresultatet for samtlige delsenarioer er betraktet og poengsatt på subjektivt grunnlag. Figur (#) viser sluttresultatet av testsenario 2 for 3ds-max, Sketchup og Lumion.





Figur 2: Figuren viser praktisk resultat av "testsenario 1". 1:Resultat for 3ds-max. 2: Resultat for Sketchup. 3: Resultat for Lumion.

2i: Sammenstilling

3ds-Max

Meget høy grad av naturlig variasjon. Meget presis plassering i forhold til landskapsflate. Meget høy toleranse for utplassering av store mengder objekter.

Sketchup

Lite presis plassering av objekter. Begrenset variasjon. Liten toleranse for utplassering av store mengder objekter.

Lumion

Meget høy toleranse for utplassering av store mengder objekter. Meget presis plassering i forhold til landskapsflate. Toleranse for utbredt plassering av objekter fra internt bibliotek med meget høyt detaljenivå.

Tabell (#): Sluttresultatet for delsenario 1.i - 1.v vektet etter pugh's poengskala.

Figur 3: Figuren viser resultatet av delsenario 5i



figur 4 Figuren viser resultatet av delsenario 5ii







Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no