

Ishockeykjelke - Understell

Utvikling av ny kjelke til det norske
kjelkehockeylandslaget

Peder Kjærnli

Produktutvikling og produksjon
Innlevert: august 2013
Hovedveileder: Detlef Blankenburg, IPM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produktutvikling og materialer

Forord

Prosjektet er gjennomført som tre 30 studiepoengs masteroppgaver og en 15 studiepoengs prosjektoppgave ved Institutt for Produktutvikling og Materialer (IPM) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim, Norge. Prosjektet er en del av et utstyrsprosjekt som går over to år, fra januar 2012 til høsten 2013. Utstyrsprosjektet er igjen en del av et større prosjekt i regi av Olympiatoppen Midt-Norge for å øke det norske kjelkehockeylandslagets medaljesjanser i Paralympics 2014 i Sochi, Russland.

Det overordnede kjelkehockeyprosjektet ble iverksatt av Olympiatoppen i 2011, etter en samtale mellom Øyvind Sandbakk i Olympiatoppen Midt-Norge og Cato Zahl Pedersen, tidenes mestvinnende norske paralympiske utøver og ansvarlig coach for paralympisk idrett i Olympiatoppen. En intern rapport (Sandbakk, 2011) indikerte at kjelken hadde et forbedringspotensial. Arbeidet med utstyrsforbedring startet opp som et prosjektarbeid i Eksperter i Team (EiT), et obligatorisk fag for masterstudenter ved NTNU (omtales heretter som EiT 2012). To av prosjektdeltagerne (Kjærnli og Seim) fortsatte med arbeidet i en sommerjobb og deretter i et forprosjekt samme året (omtales heretter som Forprosjekt 2012), og det er dette arbeidet som legges til grunn i dette prosjektet.

Takk til Stig Tore Svee, for å ha delt kunnskap, egen erfaring og mye tid, gjennom samtaler og praktisk testing av kjelker på is. Takk til Emil Sørheim, Ola Bye Øiseth, Morten Værnes, Atle Haglund, Kjell Christian Hamar og Jon Jenshagen for å ha bidratt som testpersoner, og for å ha delt sin kunnskap om utstyret og sporten. Disse bidragene har vært avgjørende for prosjektet. Takk til oppdragsgiver Olympiatoppen Midt-Norge ved Øyvind Sandbakk for hjelp til planlegging, gjennomføring og økonomisk støtte til prosjektet. Takk til førsteamanuensis Detlef Blankenburg ved IPM for veiledning til strukturering av prosjektet og faglig veiledning underveis. Takk til Thor Erik Kleppe og resten av de ansatte ved HandiNor Rehab AS for bidrag med kjelkehockeyutstyr, informasjon om utvikling og produksjon av utstyret samt kunnskap om idrettens bakgrunn.

Utviklingsarbeidet ble delt inn i fire deloppgaver, der hver av prosjektdeltakerne har arbeidet med hver sin fysiske del av produktet. Det har likevel vært et tett samarbeidet mellom prosjektdeltakerne gjennom hele prosessen. Alle deltakerne går femte årstrinn ved IPM (fargekodene følger rapportene):

Peder Kjærnli	Deloppgave 1 - Understell	(Masteroppgave)
Anders Seim	Deloppgave 2 - Setebunn og knestøtte	(Masteroppgave)
Tollak Ålgård	Deloppgave 3 – Utforming av setet	(Prosjektoppgave)
Tarjei Aarflot Kvasheim	Deloppgave 4 - Fastspenning	(Masteroppgave)

Prosjektdeltakerne leverer individuelle rapporter, en for hver deloppgave, men rapportene har flere felles deler som er identiske i alle rapportene. Rapportene er bygd opp på denne måten:

[Kapittel 1-5](#) er introduksjon til prosjektet og generelle betraktninger som gjelder hele kjelken og er utført av hele gruppen, og er derfor like i alle rapportene.

[Kapittel 6-11](#) er individuell del, og omhandler i denne repporten utvikling av et nytt understell. Alt arbeid og skrijving i disse kapitlene er utført av Kjærnli.

[Kapittel 12-14](#) er en felles avslutning, med presentasjon og evaluering av resultat, evaluering av metodikk, og konklusjon, utarbeidet av Kjærnli og Seim.

I kapittel 1; *Introduksjon*, er det tatt utgangspunkt i *Introduksjon* fra *Forprosjekt 2012*, men i tillegg er det lagt til ny informasjon og det hele er tilpasset prosjektet.

For de som er interessert i hele produktutviklingsprosessen er hele rapporten relevant.

For de som er interessert i sluttproduktet, den nye kjelken, er kapittel 12; *Felles presentasjon og evaluering av resultater* mest relevant. I dette kapittelet er det en presentasjon av den nye kjelken, og den sammenlignes med landslagets kjelke (Proff) og den antatt beste kjelken på markedet (Ballistic). I slutten av kapittelet er det også en Youtube-link til et intervju med Haglund og Værnes, to landslagsutøvere som har deltatt i utviklingen og testet prototypen, der de forteller om den gode opplevelsen med den nye kjelken (Intervjuet er også på CD).

NTNU, Trondheim, 12.08.2013

Sammendrag

Kjelkehockey er basert på de samme prinsippene som ishockey, men er rettet mot utøvere med funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen. Utøverne sitter i en tilpasset kjelke med skøytestål på undersiden av bakre del av kjelken. De har en tilpasset hockeykølle i hver hånd, som har to funksjoner, i den ene enden er det pigger til å stake seg frem med på isen, og den andre enden ligner en vanlig hockeykølle og brukes til å håndtere pucken. Hyppige retningsforandringer gjør svingresponsen til et kritisk behov.

Studien beskriver utviklingen av en ny kjelke, med hovedfokus på overføringen av utøverens svingbevegelser og forbedret kraftoverføring fra utøveren til isen. Dette inkluderer fastspenning av utøveren til kjelken, setet og understellet (området mellom setet og skøytestålene).

Dagens kjelker ble undersøkt gjennom riggtester og istester og, sammen med utøvere på det norske kjelkehockeylandslaget ble de viktigste behovene for en kjelke identifisert. Funnene ble brukt som utgangspunkt for utviklingen av en rekke komponenter som til slutt resulterte i en prototype. Det var spesielt fokus på fire områder på kjelken: 1. Kraftoverføringen fra setet til skøytestålene (understellet), 2. Kraftoverføringen fra utøveren til understellet (setebunn, knestøtte og koblingen mellom sete og understell). 3. Utforming av setet med tanke på fastholding og korrekt sitteposisjon, 4. Fastspenning av utøveren til kjelken. Testkjelkene ble laget justerbare for å kunne tilpasses testutøvere og optimaliseres under testing i rigg og på is. Istesting ble i starten utført av prosjektdeltakerne, og etter hvert av erfarne kjelkehockeyspillere fra det norske landslaget. Testutøvere gav subjektiv tilbakemelding basert på egen erfaring.

De ulike oppsettene av prototypen hadde alle en oppdatert fastspenning, med justerbar plassering og vinkel på stroppene, støtter på innsiden av setet som hindret vertikal bevegelse av hoftepartiet, setebunn med hull til sitteknutene, knestøtte som hindret bevegelse av knærne, og et minimalistisk understell av få deler som likevel tilfredsstilte kravet til stivhet uavhengig av seteposisjon. Tilbakemelding fra testutøvere var økt kontroll og svingrespons og forbedret balanse. En endelig prototype ble utviklet basert på tilbakemelding og resultater fra testingen.

Studien resulterte i en prototype av en nyutviklet kjelke, som i tester presterte betydelig bedre enn den beste eksisterende kjelken på markedet. De viktigste forbedringene var: 1: Korrekt plassering, vinkel og tilstrekkelig kraft på stroppene som spenner fast utøveren til kjelken. 2: Støtter på innsiden av setet ved øvre del av lårbenet som holder hindrer bevegelse av hoftepartiet til utøveren og bidrar til å opprettholde utøverens posisjon i kjelken. 3: Økt stivhet i setebunnen som gir forbedret kraftoverføring, og hull i setebunnen til sitteknutene som bidrar til å holde fast utøveren og opprettholde utøverens posisjon i kjelken. 4: Knestøtte som hinder bevegelse av knærne og bidrar til økt stabilitet, 5: Redusert vekt og antall deler i understellet, samtidig som understellet har tilstrekkelig stivhet og styrke. 6: I tillegg er alle funksjoner justerbare, som gir alle utøvere på det norske landslaget, til tross for store anatomiske forskjeller, en kjelke som responderer på svingbevegelesene til spilleren på en best mulig måte.

Abstract

Ice sledge hockey is a modified version of regular ice hockey targeting athletes with lower body mobility impairments. A sledge is used as an adaptive device and two composite sticks for puck handling and player movement. In order to optimize the complex movements in the sport the transfer of forces from the athlete to the ice should be optimized.

This study describes the development of a new ice hockey sledge, with particularly focus on optimizing the transfer of forces between the athlete and the ice, resulting in a sledge which responds precisely to the players turning motions. Specifically, this involves the connection between the athlete and the seat and the connection and area between the seat and the blades.

Present sledges was examined in rig and ice tests, and together with athletes from the Norwegian national team, the critical properties for ice hockey sledges was established. The findings were used as design input for the development of an array of components to create a prototype. The work was performed with particular focus on four different areas of the sledge construction: 1: Transferring of forces between the seat and the ice (supporting structure), 2: Transferring of forces from the athlete to the supporting structure (interface between seat and supporting structure), 3: Providing a fixed positioning and support of the athlete (seat) and 4: Strapping the athlete to the sledge (strapping mechanism). The test sledges were made adjustable, to enable optimization in the test rig and while testing on the ice. The testing on the ice was initially performed by team members, and subsequently by experienced ice sledge hockey players, some of which are featured on the Norwegian national team. The subjects provided subjective feedback based on their experience.

The different setups for the prototype all utilized a revised version of the strapping mechanism providing adjustable placement and angle of the straps, flexible supports on the inner surface of the seat to achieve a fixed vertical positioning of the users thighs, a seat-insert with slots for the sit bones, a bracket to fasten the users' knees, and a minimalistic supporting structure requiring a reduced number of parts while providing correct stiffness regardless of seat position. Feedback from the subjects indicated improved control of the sledge and improved stability. A final prototype was developed, based on feedback and results from the testing.

The current study resulted in a prototype for a new developed ice hockey sledge, performing significantly better than today's available high performance sledges. The most important improvements are the five following aspects: 1: Improved strength, contact surface area, location and angle of the straps securing the athlete to the sledge, 2: Inner supports in the seat are fixing the athlete by the upper thigh bones to control and maintain the athletes' position, 3: A high stiffness seat bottom with slots for the sit bones to further control and maintain the athletes' position, 4: A bracket to fix the athletes' knees in position to improve stability, 5: Reduced weight and number of parts in the supporting structure while maintaining correct stiffness and strength. Additionally, all these features are made adaptable, providing all the athletes on the Norwegian National Team with a sledge that is responding in the best possible way to the players turning motions, despite the major anatomical differences.

Innhold

1	Introduksjon	1
1.1	Visjon og misjon	1
1.2	Spillet	1
1.3	Historie.....	2
1.4	Kjelken og utstyret.....	3
1.5	Utøverne	4
1.6	Tidligere studier	5
1.7	Problemstilling.....	8
1.8	Prosjektets rammebetingelser	9
2	Behov	11
2.1	Respons.....	11
2.2	Tilpasning.....	11
2.3	Sammenstøt: tåle påkjenninger og beskytte utøverne	12
2.4	Regler.....	13
2.5	Øvrige behov.....	13
2.6	Grunnbehov	14
3	Bruksanalyse - Generelt for hele kjelken	15
3.1	Brukere	15
3.2	Primære brukssituasjoner	16
3.3	Sekundære brukssituasjoner	19
4	Dagens kjelker og utstyrsleverandører	23
4.1	Hockeykjelke Proff – Produsert av HandiNor, Norge	23
4.2	Ballistic – Produsert av Unique Inventions Inc., Canada	27
4.3	Evaluering av kjelkenes respons	29
5	Testprosedyrer	30
5.1	Testing i lab - riggtest.....	30
5.2	Testing på is	30
6	Deloppgave 1: Understell - Peder Kjærnli.....	35
6.1	Hva er understellet	35
6.2	Problemstilling.....	37

6.3	Bruksanalyse – definere brukerkrav og produktkrav	37
7	Produktkravspesifikasjon	53
8	Utvikling av et nytt understell.....	58
8.1	Konseptutvikling	59
8.2	Struktur og utforming	84
8.3	Presentasjon og evaluering av ferdig utviklet understell	105
9	Evaluering av metodikk	115
10	Konklusjon	116
11	Videre arbeid	118
12	Felles presentasjon og evaluering av resultater	120
12.1	Respons.....	120
12.2	Tilpasning.....	122
12.3	Sammenstøt.....	123
12.4	Regler	124
12.5	Øvrige krav.....	124
12.6	Den nye kjelken vs. dagens kjelker	125
12.7	Intervju med testutøverne	128
13	Evaluering av metodikk - felles	129
14	Konklusjon - Felles.....	135
	Referanser	137
	Figurer:.....	139

1 Introduksjon

1.1 Visjon og misjon

Prosjektet er en del av et større prosjekt i regi av Olympiatoppen i Norge, der visjonen er å øke det norske kjelkehockeylandslagets medaljesjanser i Paralympics 2014 i Sochi, Russland. En intern rapport (Sandbakk, 2011) indikerte at kjelken hadde et forbedringspotensial, og målet med utstyrsprosjektet er at de norske utøverne skal ha den beste kjelken i mesterskapet. I *Forprosjekt 2012* ble god respons kartlagt som viktigste behov ved kjelken, og **målet i dette prosjektet er å utvikle en kjelke som responderer godt (bedre enn dagens kjelker) på svingebevegelsene til utøveren.**

Visjon: Medalje i Sochi 2014

Misjon: Utvikle en kjelke med bedre respons enn dagens kjelker

1.2 Spillet



Figur – 1 Duellene i kjelkehockey er harde og foregår ofte i høyt tempo (Commons.wikimedia.org, Calgarysun.com)

Kjelkehockey er rettet mot utøvere med funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen, og er basert på de samme prinsippene som vanlig ishockey. Spillet har et høyt tempo med hyppige fart- og retningsforandringer, og er kjennetegnet av mange og harde kollisjoner. Utøverne sitter i en tilpasset kjelke med skøytestål på undersiden av bakre del av kjelken. De har en tilpasset hockeykølle i hver hånd med en todelt funksjon: Den ene enden er utstyrt med pigger til å stake seg fremover med på isen, den andre enden ligner en standard hockeykølle og brukes til å håndtere pucken. Utøveren bruker forflytningen av kroppsvekt sammen med køllene for å utføre retningsforandring. Med mange tette dueller må kjelkene tåle kollisjoner med andre kjelker og vantet (harde vegger rundt banen) i tillegg til slag fra piggene på baksiden av køllene. Videre må den tåle treff fra den 160-gram tunge pucken i opptil 100 km/t. Bekledning og beskyttelse er den samme som i vanlig ishockey. Spillerne bruker hockeysko (uten skøytestål) og kne- og leggebeskyttere (Svee, 2012). Det er

Samme prinsipp som ishockey, både regler og utstyr.

Sitter i en kjelke, staker seg frem med to køller.

Høyt tempo, hyppige retningsforandringer, tette dueller og harde kollisjoner.

seks spillere på hvert lag, inkludert målmann, og det spilles på samme baner som ishockey i tre perioder á 15 minutter.



Figur 2 – Tilpassede hockeykøller med pigger i bakkant (Commons.wikimedia.org)



Figur 3 – Håndtering av puck (tyleringram.com)

1.3 Historie



Figur 4 – De første kjelkene var vanlige trekjelker påmontert skøytestål (facebook.com/icesledgehockey)

Kjelkehockey ble oppfunnet ved et rehabiliteringssenter i Stockholm, Sverige i 1961 for å hjelpe pasienter som var lamme fra livet og ned med rehabiliteringen. De festet vanlige skøytestål på en trekjelke (Figur 4) og spilte på en frossen innsjø i nærheten. Interessen økte, og i 1969 ble det dannet en femlags serie. Det samme året ble den første internasjonale kampen spilt, mellom lokale lag fra Stockholm og Oslo.

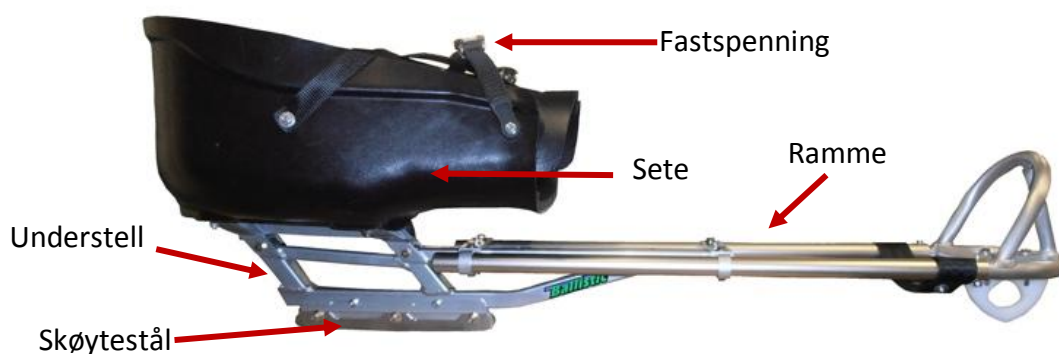
I 1976 spilte to svenske lag en oppvisningskamp under de paralympiske vinterleker i Sverige,

Idretten startet i Sverige i 1961
Europa, Nord-Amerika og Asia
på 80- og 90-tallet
Paralympics på Lillehammer i
1994

og idretten spredte seg så til Canada og Storbritannia på 80-tallet. Idretten spredte seg videre til USA, Estland og Japan på 90-tallet. Under Paralympics på Lillehammer i 1994 var kjelkehockey for første gang en offisiell del av øvelsene, og idretten ble raskt en av publikumsfavorittene, mye på grunn av tøffe dueller og fartsfullt spill. I 1996 ble det første offisielle verdensmesterskapet arrangert i Sverige (IPC, 2012). I dag spilles kjelkehockey av utøvere fra 15 ulike land (Hawkeswood, 2011), og blir styrt og organisert av *The International Paralympic Committee (IPC)* og *The IPC Ice Sledge Hockey Technical Committee* (IPC, 2012).

Nordmannen Thor Erik Kleppe er en av personene som har bidratt mye til utbredelsen av kjelkehockey på verdensbasis. Han ble involvert i handikapidrett under sin utdanning ved Idrettshøyskolen i Sverige på 70-tallet, hvor han skrev hovedoppgave om rullestolens utvikling innenfor idrett. Han og ble senere involvert i både internasjonal rullestoldans (par), svømming, pigging og kjelkehockey. Han var med på å eksportere kjelkehockey til Canada og Storbritannia på 80-tallet, og USA, Estland og Japan på 90-tallet. I 1989 var han med å starte firmaet HandiNor i Norge, som blant annet utviklet og produserte hockeykjelker, og var ledende i utviklingen av kjelkehockey- og handikap-sportsutstyr for funksjonshemmede i mange år. HandiNor er fortsatt en av de viktigste produsentene av slikt utstyr. Han har også i 20 år vært engasjert i IPC Ice Sledge Hockey Technical Committee, og bidratt til etablering av reglement for internasjonal kjelkehockey, samt til utvikling av dommer- og klassifiseringsreglement for kjelkehockey. (Kleppe, 2013a)

1.4 Kjelken og utstyret



Figur 5 – Oppsettet på en kjelke: sete, ramme, understell, skøytebrakett og skøytestål
(Uniqueinventions.com/ballistic)

Spillerne bruker en kjelke som består av et sete med fastspenning, en ramme, og et understell med skøytebrakett med to skøytestål. Setet er den primære koblingen mellom utøveren og kjelken og skal feste og posisjonere utøveren, i tillegg til å beskytte lårene mot slag fra kollisjoner, pigger og puck. Rammen skal beskytte bena mot slag fra front og side og holder bena oppe ifra isen. Understellet er forbindelsen mellom setet og skøytebraketten, og har som hovedfunksjon å overføre styrebevegelsene til utøveren, men

Setet er den primære koblingen mellom utøver og kjelken.

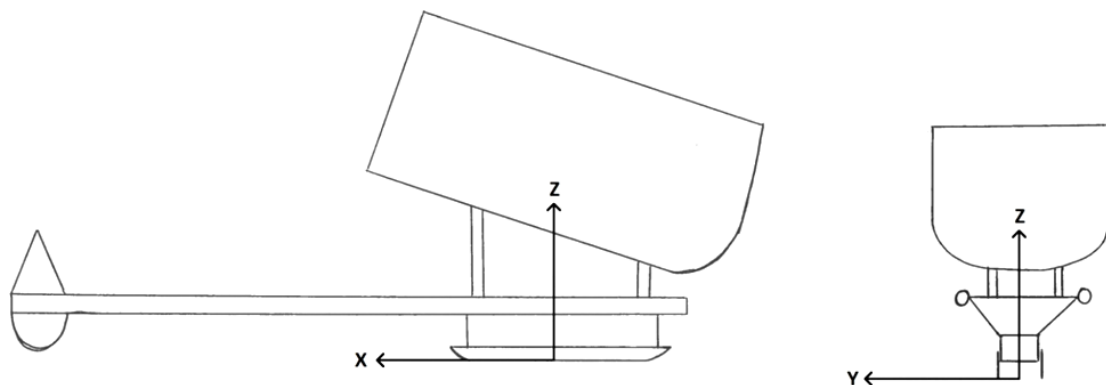
Rammen skal holde og beskytte bena.

Kjelkene bruker standard hockeyskøytestål.

Smal avstand mellom skøytestålene gir raskere svingrespons, men dårligere balanse.

fungerer også som forbindelsen mellom rammen og resten av kjelken. Understellet bestemmer avstanden fra spiller til isen, der høyde og posisjon på setet avhenger av spillers anatomi og spillestil. Skøytebraketten er koblingen mellom understell og skøytestålene. Kjelkene leveres med ulik avstand mellom skøytestålene, bestemt av bredden på skøytebraketten. I sving er det kun det ene skøytestålet som er i kontakt med isen. Liten avstand mellom skøytestål gjør det raskere å komme seg over på skjæret, noe som gir raskere svingrespons. Men dette krever til gjengjeld god balanse. For aktive utøvere er det vanlig med en bredde på mellom 20 og 35 mm mellom skøytestålene (Svee, 2012). Under bruk er det kun skøytestålene, og ikke fronten av rammen, som er i kontakt med isen. Utøvere er derfor avhengige av at massesenteret er plassert slik at det blir et balansepunkt litt bak midten av skøytestålene, som oppnås ved å justere skøytebraketten i forhold til setet.

Koordinatsystemet som er antydnet i figuren under (Figur 6) vil være gjeldende for kjelken gjennom denne rapporten.



Figur 6 – Koordinatsystem for kjelken

Det norske landslaget bruker i dag kjelken Proff, produsert av norske HandiNor (se Figur 18 side 23).

1.5 Utøvere

I januar 2010 var det 83 registrerte funksjonshemmede som drev med ishockey i Norge, hvorav hovedandelen drev med kjelkehockey. På verdensbasis er det et estimert antall på 2000-2500 kjelkehockeyspillere (Svee, 2012b). Idretten ble startet av menn, og har gjennom historien vært mannsdominert. I 2009 endret IPC reglene, og åpnet for at kvinner og menn kunne spille på samme lag, og på klubbnivå i Norge spiller kvinner og menn i dag sammen. På det norske landslaget er det forøvrig kun mannlige spillere. For å delta i IPC-relaterte arrangement må spillerne ha permanente funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen. Vanlige funksjonsnedsettelse er

83 spillere i Norge, et estimert antall på 2000-2500 spillere i verden.

Permanente funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen.

Amputasjon, lammelser, leddskade, CP eller dysmeli.

benamputasjoner, lammelser, leddskader, cerebral parese eller dysmeli (underutviklede armer eller ben) (IPC, 2010).

De ulike funksjonsnedsettelsene gir ulike behov til kjelken, spesielt i forhold til utformingen av setet og plassering av skøytestålene i lengderetningen i forhold til massesenter og balansepunkt.

1.6 Tidligere studier

1.6.1 Innstilling av hockeykjelker (Worden-Rogers, 2012)

Studien *Effect of sledge hockey configuration on sledge hockey performance* ble utført av en masterstudent ved Western Ontario, Canada, på oppdrag for Todd Sargeant og London Blizzard Sledge Hockey. Målet til studien var å evaluere utøverens posisjon på kjelken ved å måle knevinkel, setehøyde og stabilitet, og gjennomføre tidstester i to testløyper. En optimal posisjon kan øke en utøvers funksjon og prestasjonsevne, men før denne studien hadde trenere og utøvere brukt trivielle metoder for å posisjonere spilleren på kjelken. Resultatet var at innstillingen med knevinkel på 140 grader og middels høyde på sete i gjennomsnitt ga den raskeste tiden i testløypen.

140 grader knevinkel

Middels setehøyde

1.6.2 Skader i kjelkehockey (Hawkeswood et al., 2011)

Studien ble gjennomført ved University of British Columbia Divisjon of Physical Medicine and Rehabilitatio, Vancouver, Canada, der målet var å få en oversikt over skadene som oppstår i kjelkehockey, se etter mulige skademønster og foreslå tiltak for økt sikkerhet. Idrettsdeltakelse blant funksjonshemmede menes å gi økt livskvalitet, men ytterligere funksjonsnedsettelse som følge av idrettsskader er assosiert med betydelig redusert livskvalitet.

Flest skader i overkroppen: hjernerystelse og muskelstrekk.

Utformingen av kjelkene ikke direkte årsak til skadene.

Studien avslørte at det oppstår flest skader i overkroppen, med hjernerystelse og muskelstrekk som de vanligste skadene. Det kunne forekomme ben- og bløtdelsskader på lår, legg og fot, men det var sjelden det forhindret utøver fra å delta. Det ble antydnet at hyppige dueller med hard kroppskontakt, overdreven bruk av albuer i dueller, at vantet langs banen er svært hardt i hodehøyde til kjelkehockeyspillerne og uerfarne dommere kan ha påvirket hyppigheten av skader. Det kom ikke fram informasjon om at utformingen av kjelken til utøverne var en direkte årsak til skader, noe som antyder at dagens regler til kjelken er i tråd med hensikten; at den ikke skal volde skade, eller at den skal forhindre skade. Det kan være at dagens kjelker forebygger skader i nedre del av kroppen, eller at det ikke så ofte oppstår situasjoner der kroppsdelen er utsatt for skade. Dette må det tas hensyn til ved utforming av en ny kjelke, for fortsatt å ivareta utøvers sikkerhet.

1.6.3 Utforming av setet på rullestoler i konkurranseidrett

Forskere ved Loughborough University brukte utøvere i rullestolbasket, -rugby og -tennis for å avdekke de viktigste faktorene for å oppnå suksess i konkurranser med rullestol (Mason et al., 2010). De viktigste faktorene ble funnet til å være stabilitet, akselerasjon, manøvrerbarhet og hurtighet. Stabilitet ble rangert som den viktigste, da den også påvirket alle de andre områdene. God fastspenning av utøver til setet ble identifisert som viktig for stabilitet og bevegelsesevne. Å være godt fastspent til rullestolen gav en følelse av "å være ett" med rullestolen, noe som gav økt følelse med underlaget og ga spillerne mulighet til å utføre mer avanserte bevegelser. Hurtig akselerasjon i de første skyvene og evnen til å svinge var viktig da disse bevegelsesmønstrene forekom hyppig. Hurtighet var ønskelig, men ikke høyest prioritert. De viktigste faktorene ved setet var høyde og utformingen av selve setet og ryggstøtten. Et høyt sete ga bedre oversikt og ballkontroll, men dårligere stabilitet, mens lavere setehøyde gav økt stabilitet og evne til rask manøvrering. Spillerne opplevde økt stabilitet med bøttesete (setebunnen høyere i front enn bak). Høy ryggstøtte økte stabiliteten men begrenset bevegelsen av overkroppen. Spillerne foretrakk en fast ryggstøtte som gav en tydelig støtte av nedre del av ryggen, fordi det bidro til å opprettholde en bedre kroppsposisjon for å kaste eller motta ballen, mens en løs ryggstøtte hadde en negativ effekt på bevegelsesevnen.

Stabilitet viktigst da det også påvirker andre egenskaper.

God fastspenning gav en følelse av "å være ett" med rullestolen, som gav økt følelse med underlaget og spillerne kunne utføre mer avanserte bevegelser.

Evnen til å svinge var viktig da det forekom hyppig.

De undersøkte idrettene i studien har lignende bevegelsesmønstre som kjelkehockey, og kan dermed antas å ha tilsvarende prestasjonsfaktorer. Spesielt interessant er avdekkingen av de viktigste prestasjonsfaktorene, og hvordan de ulike delene og innstillingen av rullestolen påvirket disse faktorene.

1.6.4 EiT våren 2012, ved NTNU

Gjennom faget Ekspert i Team (EiT) ved NTNU vårsemesteret 2012, ble to av deltagerne (Seim og Kjærnli) introdusert til det pågående utstyrsprosjektet til Olympiatoppen Midt-Norge og kjelkehockey som idrett. Det ble opparbeidet kunnskap om idretten gjennom samtaler med Stig Tore Svee, en erfaren spiller og kaptein på det norske Kjelkehockeylandslaget, deltakelse på treninger og tilgjengelig informasjon på internett. Det ble også opprettet god kontakt med HandiNor, som delte sin kunnskap om idretten og utstyret, og hvilke forbedringer de så for seg på den norske kjelken. Det ble gjennomført flere besøk hos dem i Fetsund, for å få ytterligere kunnskap og bedre innblikk i produksjonsprosessen.

Respons i kjelken kartlagt som viktigste behov.



Figur 7 – Utbøyning på den norske kjelken (Foto: Emil Kjærnli)

Gjennom samtaler med Svee og HandiNor ble det avdekket at det største problemet med kjelken var dårlig respons ved utføring av svingebevegelser. Den første hypotesen var at dårlig kraftoverføring fra rumpa til isen var årsaken, og at problemet var manglende stivhet i understellet. Men analyse av konstruksjonen og simuleringer i CAD-, og CAE-programmet Siemens NX 7.5 avkreftet dette. En utbøyingsanalyse i lab avslørte at innfestingen av setet til understellet gav mye fleksibilitet, noe som ble forsterket av det myke setet, og som resulterte i dårlig kraftoverføring. Konklusjonen var at en bredere innfesting og et stivere sete ville gi økt kraftoverføring og bedre respons. Det var også et ønske fra utøverne om lavere vekt for å oppnå bedre akselerasjon. Det umiddelbare forslaget var å få redusert antall deler og koblinger og å lage kjelken mer strømlinjeformet.

1.6.5 Forprosjekt 2012: Utvikling av en ny hockeykjelke (Kjærnli, Seim, 2012)

Forprosjektet ble gjennomført høsten 2012 og var fortsettelsen av EiT-prosjektet fra våren 2012 og forløperen til dette prosjektet og. Det hadde som mål å avdekke behovene til kjelken. Dagens kjelker og spillets karakteristikk ble analysert, og sammen med utøvere fra det norske landslaget ble det bekreftet at god respons er det viktigste behovet for at en kjelke skal prestere godt.

God respons det viktigste behov.

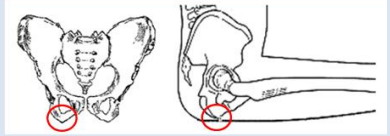
God fastspenning av utøver (ved hofter, knær og fot) og stiv bakre setebunn viktig for god respons.

Resultatene fra prosjektet ga et godt grunnlag for hvilke egenskaper som er viktig for å oppnå god respons:

1. Svingebevegelesene til utøveren skal transporteres direkte ned i kjelken uten forsinkelse eller tap. Utøveren må være godt festet til setet, slik at det ikke oppstår bevegelse mellom utøver og sete. Både faststropping og utforming av setet påvirker dette. I dagens kjelker har utøverne enten en vippebevegelse eller rotasjonsbevegelse inne i setet.
2. Det er viktig at stroppene er rett plassert og har tilstrekkelig kontaktflate mot kroppen. Utøveren bør stroppestes nær rotasjonspunktene i nedre del av kroppen, som er hoften, knærne og føttene. De må kunne stramme med tilstrekkelig kraft og tåle slag fra piggene på kjøllene.
3. Utøveren skal ikke bli slått ut av posisjon inne i setet ved sammenstøt. Dette var et problem med Proff (kjelken det norske landslaget bruker i dag).

4. Det er viktig at utøvere med ett eller to ben støttes under knærne, slik at det ikke oppstår vertikal eller sideveis bevegelse av knærne ved svinging. En knestøtte ble brukt til dette i prosjektet.
5. Stiv setebunn og bred kobling til understellet i bakre del av setebunnen, plassert under sitteknutene (se faktaboks til høyre), reduserte utbøying i setet og understell ved utføring av svingebevegelser, noe som ga økt kontroll og svingrespons.
6. En enkel og smal kobling mellom sete og understell gir tilstrekkelig støtte i fremkant av setet.

Sitteknutene er nederste endene av bekkenet. De presser mot underlaget når en sitter.



(Noelkingsley.com)

Det ble ikke funnet svakheter i rammen relatert til respons. Rammen bidrar ikke til kraftoverføring av svingebevegelser, men har som funksjon å holde utøverens føtter over isen og å ta imot sammenstøt fra andre kjelker slik at ikke bena blir rammet. Det ble derfor bestemt å ikke prioritere utvikling av denne i første runde av kjelkeutviklingen.

1.7 Problemstilling

På bakgrunn av spillets karakteristikk, dagens kjelker og resultatene fra Forprosjekt 2012 etableres det en problemstilling, inndelt i fire deloppgaver der hver av prosjektdeltakerne jobber med hver sin deloppgave. Deloppgavene under er merket med fargekoder, og fargekoden vil følge den individuelle delen i alle rapportene. Når det refereres til ting i deloppgavene og i fellesdeler i teksten vil fargekodene benyttes.

1. **Understell - Peder Kjærnli:**

Det skal utvikles et nytt understell som er tilstrekkelig stivt, slik at svingebevegelesene fra utøveren overføres godt ned til isen, indirekte via setebunnen. Det skal ikke opptre utbøyinger verken i understellet eller i koblingen mot delene over.

2. **Setebunn og knestøtte - Anders Seim:**

Det skal utvikles en tilstrekkelig stiv kontaktflate som støtter kroppen i området ved sitteknutene og under knærne, som skal absorbere svingebevegelesene fra utøveren direkte, og overføre dem til understellet uten utbøying i setebunnen eller koblingen mellom setebunn og understell (setekoblingen).

3. **Utforming av setet - Tollak Ålgård:**

Det skal utvikles en ny utforming av setet som sikrer at svingebevegelesene overføres med minst mulig forsinkelse eller tap av krefter og at utøveren holder posisjonen inne i setet.

4. **Fastspenning av utøver - Tarjei Aarflot Kvasheim:**

Det skal utvikles en ny fastspenningsmekanisme som holder fast utøveren ved strategiske punkter på kroppen. Mekanismen skal forhindre bevegelse av hofta inne i setet og hindre bevegelse av knær og lår under utførelse av svingebevegeleser.

I alle deloppgavene skal det utarbeides bruker- og produktkravspesifikasjon for de respektive komponentene, utvikles flere konsepter og disse skal evalueres mot hverandre før den mest

lovende løsningen blir valgt til videre raffinering. Til slutt skal det produseres en prototype basert på den valgte løsningen.

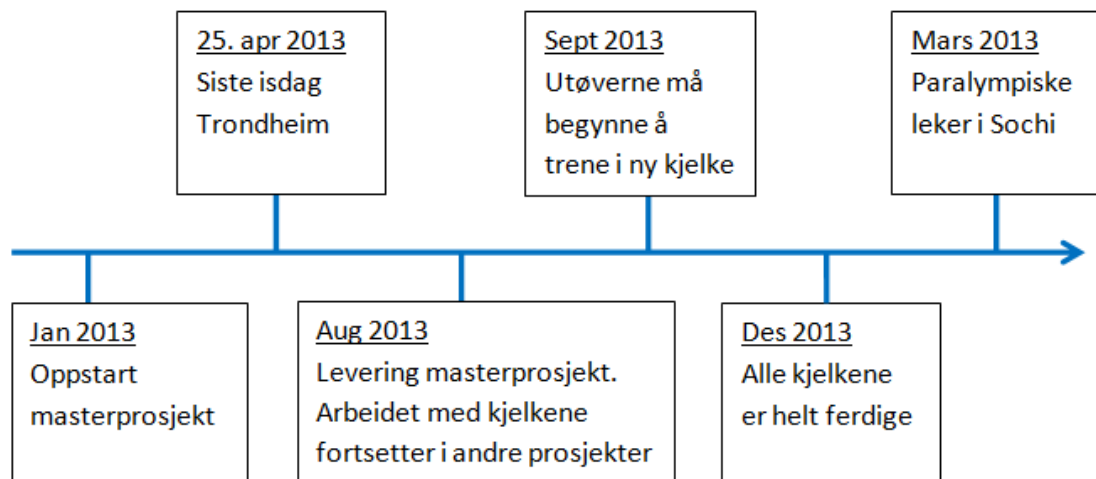
1.8 Prosjektets rammebetingelser

Det overordnede målet for prosjektet er at landslaget skal ha en ny og bedre kjelke i de paralympiske leker i Sochi 8.-15. mars 2014. For at utøverne skal kunne benytte kjelken i dette mesterskapet trenger de god tid til å trene og bli kjent med den nye kjelken, da store endringer av kjelken kan føre til at både spillteknikk og håndteringen av kjelken må endres. Det settes derfor krav til treningsklare kjelker til utøverne i løpet av september 2013. På bakgrunn av dette vil tidsbruk være en avgjørende faktor ved evaluering av løsninger i konseptutviklingen.

Treningsklar kjelke i september 2013

Andre forhold som spiller inn i den overordnede tidsplanen er til hvilke tider det er is i hallene i Trondheim. Under (Figur 8) følger en tidsplan som er utgangspunktet for planlegging av dette prosjektet.

(Rammebetingelsene refereres til som RB senere i teksten.)



Figur 8 – Tidsplan for prosjektet

Prosjektet skal resultere i en prototype som er testet av profilerte utøvere på det norske landslaget. Videre raffinering og ferdigstilling av kjelken til produksjon vil utføres av tre av prosjektdeltakerne etter avslutningen av dette prosjektet: Først som sommerjobb finansiert av Olympiatoppen Midt-Norge. Deretter vil to av deltakerne (Seim og Kjærnli) jobbe videre i regi av SIAT (Senter for Idrettsanlegg og teknologi) ved NTNU og én (Ålgård) vil jobbe videre i form av en masteroppgave. Prosjektdeltakerne skal jobbe med kjelkeprosjektet helt frem til kjelken er et ferdig produkt, og de vil ha eierskap i produktet ved ferdigstilling. Derfor vil prosjektdeltakernes "magefølelse" også være en parameter ved evaluering og valg gjennom prosjektet, for at det velges løsninger de har tro på kan være

Resultere i prototype testet av landslaget

Prosjektdeltakerne viderefører også prosjektet

med på å styrke eierskapsfølelsen og troen på prosjektet, noe som er viktig for at prosjektet skal komme i mål og bli en suksess.

Produksjonen av kjelkene til det norske landslaget til Paralympics i Sochi i 2014 vil bli utført av Kjærnli og Seim sammen med HandiNor og deres underleverandører. Videre produksjon og salg etter Paralympics vil bli utført av HandiNor og deres underleverandører. Årlig kvantum anslås til å være 50 - 400 kjelker dersom kjelken kommer seg inn på det internasjonale markedet. Dette tallet tar utgangspunkt i tidligere salgstall fra HandiNor og Unique Inventions (en kanadisk produsent av hockeykjelker). HandiNor utfører hovedsakelig følgende maskineringsmetoder med manuelt bemannede maskiner: sveising, fresing, dreining, og standard maskinering som boring, kapping, bøying og lignende. De bygger også produkter i kompositt (glassfiber og karbonfiber) med kjerne. HandiNor utfører montasjen av kjelkene manuelt. Underleverandører utfører blant annet vannskjæring og vakuumentrekking. De ovennevnte produksjonsmetoder vil være grunnlag for valg og raffinering av konsepter, slik at løsningene tilpasses lave produksjonstall med stor grad av manuelt arbeid.

2 Behov

Det overordnede og styrende behovet for kjelken, respons, er allerede kartlagt og presentert i problemstillingen. I dette kapittelet kartlegges alle behovene som er viktige for at en kjelke skal prestere godt, og disse danner grunnlaget for utviklingen av kjelken videre i prosjektet. Disse ble kartlagt gjennom tidligere studier, samtaler med og observasjon av utøverne på det norske landslaget samt en analyse av idretten og av utstyret som finnes i dag.

2.1 Respons

Allerede i Forprosjekt 2012 ble det kartlagt at viktigste behov for kjelken er respons: Kjelken skal respondere til utøvernes svingebevegelser slik at utøveren opplever kontant svar fra isen. Dette er bekreftet gjennom samtaler med utøverne (STS, MV, ES, OBØ, REP).

2.2 Tilpasning

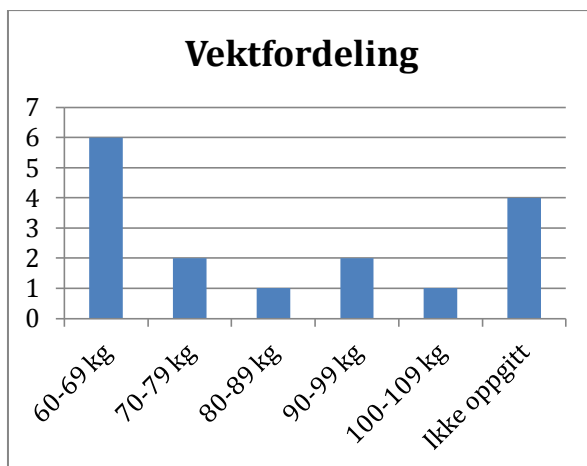
For at alle utøvere skal oppnå god respons, og for å oppfylle ulike behov knyttet til balanse og komfort er det viktig at kjelken er tilpasset ulikhetene til utøverne. Blant handikaputøvere har dette vært en utfordring, fordi forskjellene er ekstra store, og det blir derfor ofte behov for en stor grad av individuell tilpasning. For å delta i IPC-relaterte arrangement må spillerne ha permanente funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen, med benamputasjoner, lammelser, leddskader, cerebral parese eller benforkortning som de vanligste (IPC, 2010). Bilde av utøvere med ulik amputasjonsgrad følger under (Figur 9).



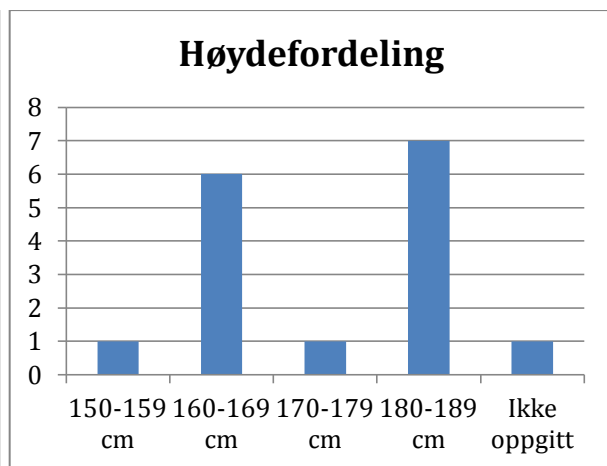
Figur 9 – Utøvere med ulik amputasjonsgrad (newyorkfestivals.com, zimbio.com, paralympic.org)

Hovedaspekter ved brukerne som er viktige for utformingen av hockeykjelken er grad av balanse og amputasjoner, høyde og vekt. Grad av balanse henger ofte sammen med funksjonshemming, og påvirker hvor mye støtte kjelken må gi og bredden mellom skøytestålene. Utøvere som har vanskeligheter med å holde overkroppen stabil på grunn av problemer med ryggen har behov for mer støtte i nedre del av ryggen (Svee, 2012). Dette gjelder for eksempel utøvere med ryggmargsbrokk. Grad av amputasjoner kan påvirke hvor mye designet må kunne tilpasses den enkelte utøver. Videre vil brukernes høyde og vekt styre krav til styrke i konstruksjonen.

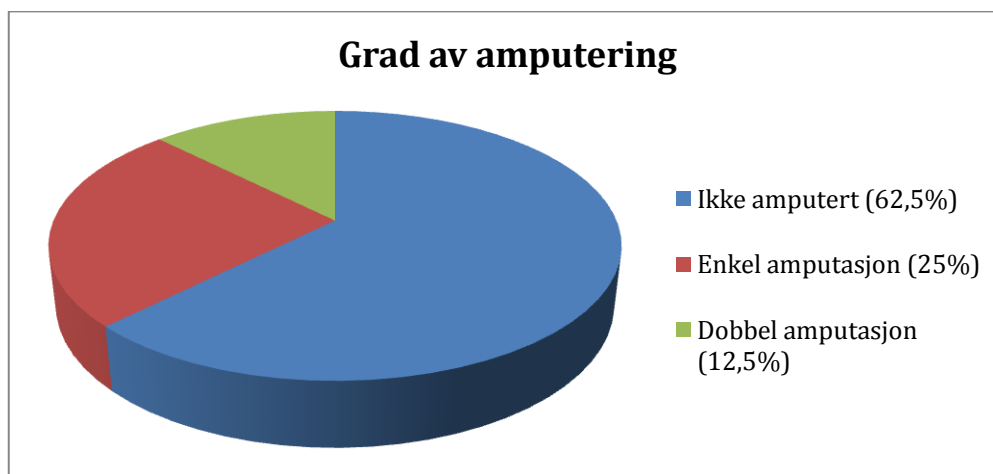
De primære brukerne i dette prosjektet er utøvere på det norske kjelkehockeylandslaget, som til VM i Sør-Korea i mars 2013 talte 16 spillere. De fleste av disse spillerne er aktuelle for videre satsing mot Paralympics 2014 i Sochi, Russland, og det er disse det tas utgangspunkt ved definering av behov i dette prosjektet. I figurene under (Figur 10, Figur 10 og Figur 11) er det presentert statistiske data fra disse spillerne. Informasjonen er hentet fra kapteinen på landslaget (Svee, 2013), IPC sin nettside (IPC biografi) og artikkel om kjelkehockeylandslaget i bladet LO Aktuelt (LO Aktuelt, 2012).



Figur 10 – Vektfordeling blant landslagsspillerne



Figur 11 – Høydefordeling blant landslagsspillerne



Figur 12 – Amputasjoner blant landslagsspillerne

Uten riktig tilpasning av kjelken er det ikke mulig å oppnå god respons, og tilpasning etableres dermed som et sekundært behov som det må tas hensyn til, men som ikke er styrende over respons.

2.3 Sammenstøt: tåle påkjenninger og beskytte utøvere

På samme måte som ishockey er kjelkehockey en kontaktsport, men de har i tillegg en kjelke med front av metall, og pigger på baksiden av køllene. Utstyret og utøverne utsettes dermed

for hyppige og kraftige sammenstøt med andre kjelker, pucken kan treffe kjelken, og pigger kan ripe opp eller stikke kjelke og utøver (Svee 2012, Nordstoga 2013). Det er derfor viktig at kjelken tåler disse sammenstøtene, samtidig som utøveren beskyttes. Regelverket for kjelkehockey er også i stor grad basert på sikkerhet.

2.4 Regler

Gjeldende regelverk for idretten skal overholdes, men enkelte aspekter ved reglementet, som utformingen av utstyret, kan fornyes og oppdateres ettersom nye materialer og produksjonsmetoder åpner for nye løsninger uten at det går ut over sikkerheten (Kleppe, 2012). Avdekkes det lovende løsninger som bryter med regelverket, men som ikke går ut over sikkerheten, kan det derfor undersøkes om reglene kan endres før løsningene skrinlegges.

2.5 Øvrige behov

Nedenfor følger øvrige behov som må tas hensyn til, men som blir overstyrt av behovene over.

2.5.1 Vekt

Utøverne på det norske landslaget ser på lav vekt som en viktig egenskap ved kjelke. I midlertidig vanlig med et overdrevet vektfokus blant idrettsutøvere. I denne idretten veier kjelken 5 - 6 kg, noe som tilsvarer omkring 6 % av totalvekten medregnet utøveren selv. En realistisk reduksjon på 0,5-2 kg vil dermed ha lite å si på totalvekten. Samtidig er kjelken "dødvakt" som oppfører seg annerledes enn egenvekten til utøveren. Det trengs mer arbeid for å endelig konkludere innvirkningen av vekt på prestasjon. På dette grunnlaget etableres lav vekt som et øvrig behov.

2.5.2 Komfort

Komfort går ofte på kompromiss med funksjon, og i dette prosjektet (toppidrett) er det funksjon som blir prioritert. Kjelken må likevel ha et minimum av komfort for å sikre at utøverne klarer å bruke utstyret tilstrekkelig lenge uten at det går ut over prestasjonsevnen eller at de får varige mén.

2.5.3 Produksjon, montasje og reparasjoner

Det er viktig å ta hensyn til produksjon ved utviklingen av kjelken for å holde unngå unødvendig høye kostnader, og for å oppnå en konkurransedyktig salgspris. Det lave produksjonsvolumet må tas hensyn til ved at det er stor grad av manuelt arbeid, og komplekse deler bør unngås. Det skal være mulig å montere manuelt, og det skal være enkelt for utøvere og materialforvaltere på landslaget å utføre utskiftninger og reparasjoner på kjelkene.

2.5.4 Isansamling og rust

Det er stor grad av issprut fra isen når skøytestålene skjærer gjennom isen. Derfor bør delene som er nærmest isen, spesielt understellet og rammen, være av materialer som ikke

ruste eller behandles slik at de ikke ruste. Utformingen på skøytebraketten må også utformes og tilpasses slik at det ikke skjer isansamling mellom skøytestålene.

2.5.5 Design

Utøverne ønsker tøffere design på kjelken (sammenlignet med Proff). Dette er viktig for det mentale, da en kjelke som ser god og tøff ut kan psyke ut motstanderne.

2.6 Grunnbehov

Disse behovene vil være grunnlag for utviklingsarbeidet i hele oppgaven og det vil refereres til denne videre i rapporten:

- G.1. Respons:** *Kjelken skal utformes slik at den responderer godt til svingebevegelsene til utøveren. (Primært behov)*
- G.2. Tilpasning:** *Kjelken skal kunne tilpasses slik at utøverne, uavhengig av anatomi, opplever god respons. (Sekundært behov, må være på plass)*
- G.3. Sammenstøt:** *Kjelken skal tåle ytre påkjenninger og beskytte utøveren (sekundært behov, må være på plass)*
- G.4. Reglement:** *(Absolutt, må være på plass)*
- G.5. Øvrige behov:** *Lav vekt, komfort, produksjon/montasje/repasasjon, isansamling og rust, design*

3 Bruksanalyse - Generelt for hele kjelken

I dette kapittelet presenteres brukersituasjoner og brukerkrav som er generelle for hele kjelken og dermed alle deloppgavene. Noen brukersituasjoner omtales uten å ende opp i brukerkrav i denne delen, men danner et grunnlag som vil ende opp i brukerkrav i de individuelle delene.

3.1 Brukere

Underveis i brukeranalsen vil brukerkravene knyttes til de som har kommet med kravene: utøvere, materialforvaltere og produsent. Utover de direkte brukerkravene er det også funn fra observasjoner, tester i lab og analyser som er blitt gjort av prosjektdeltakerne, som i etterkant har blitt bekreftet av brukerne og omdannet til produktkrav. Brukerne vil refereres til med initialer i parentes bak brukerkravet. Nedenfor følger en tabell med personer og reglement som det refereres til.

Landslagsutøvere:

STS	Stig Tore Svee, 15 sesonger på landslaget, kaptein
MV	Morten Værnes, 13 sesonger på landslaget
AH	Atle Haglund, 20 sesonger på landslaget (1986-2006)
ES	Emil Sørheim, 7 sesonger (1 sesong på landslaget)
OBØ	Ola Bye Øiseth, rekrutt på landslaget
REP	Rolf Einar Pedersen, 15 sesonger på landslaget, en av verdens beste utøvere
KAN	Knut-André Nordstoga, 11 sesonger på landslaget
JRK	Jan Roger Klakegg, 4 sesonger på landslaget
KCH	Kjell Christian Hamar, 3 sesonger på landslaget
JJ	Jon Jenshagen, tidligere landslagsutøver

Støtteapparat:

AS	André Syversen, Materialforvalter: Er med på samlinger og turneringer og har ansvar for å holde kjelkene i stand. Innebærer blant annet reparasjoner, sliping av skøytestål, justering.
----	---

Produsenter:

TEK	Thor Erik Kleppe (Er omtalt noe i introduksjon). Har hatt en sentral rolle i utviklingen og utbredelsen av både idretten og utstyret. Daglig leder i HandiNor, som produserer og selger kjelken Proff.
EEW	Ernst Egil Wold, ansatt HandiNor, produksjon og utvikling av produkter

Andre:

R	Reglement
---	-----------

3.2 Primære brukssituasjoner

Primære brukssituasjoner omhandler det som skjer under selve spillet i kjelkehockey. Her vil generelle brukssituasjoner presenteres som et grunnlag for hele rapporten, mens spesifikke brukerkrav og produktkrav basert på disse vil utarbeides i de respektive deloppgavene.

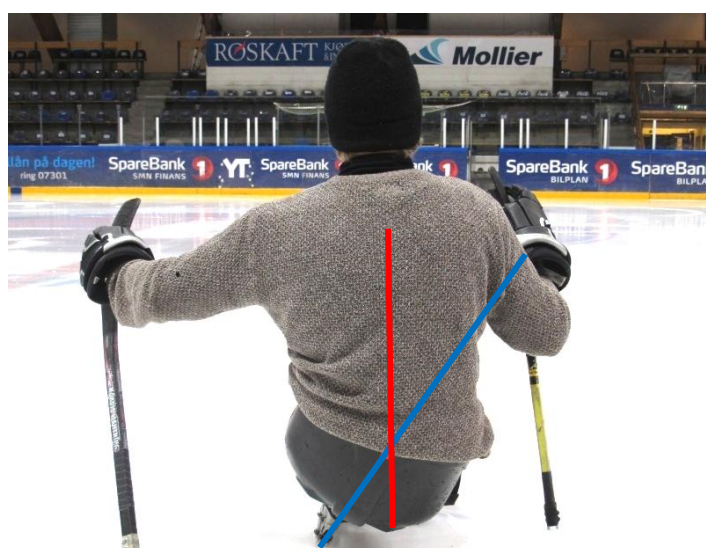
3.2.1 Respons: Krefter som opptrer i sving

For å ha et grunnlag for dimensjonering av kjelken er det her blitt gjennomført en forenklet analyse for å få et anslag på størrelsen på kreftene som påkjerner kjelken når utøveren gjennomfører svinger.



Figur 13 – Svee utfører lang sving

De største kreftene opptrer i krappe svinger i stor fart: Disse svingene er kontinuerlige, skjer ved stor hastighet og utøveren ligger stabilt på skjæret gjennom hele svingen og presser imot. I disse svingene lener utøverne seg innover i svingen, og støtter seg i isen med hånden, slik at oppstår en "bananform" på kroppen som gjør at resultantkraften ikke går gjennom senter av kjelken. Ved krappe korte svinger holder utøverne overkroppen tilnærmet vertikal mens hoften vris sideveis for å svinge kjelken. Her oppstår også denne "bananformen". Bildet nedenfor (Figur 14) illustrerer denne bevegelsen.



Figur 14 – Ved utførelse av krappe og korte svinger vrir utøverne hofta sideveis, noe som gjør at kroppen får en "bananform". Det gjør at resultantkraften ikke går gjennom senter av kjelken i det tilfellet.

Maksimal hastighet settes til 7 m/s , da dette er høyeste hastighet som er blitt målt under tester (Skålvik, 2013). Minimum radius i stor sving med maksimal hastighet settes til $3,5 \text{ m}$, som ble målt under istest med Morten Værnes.

$$v = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad r = 3,5 \text{ m}$$

Dette gir en resultantakselerasjon på

$$a = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,4g$$

Denne akselerasjonen kan også beregnes ut fra vinkelen utøverne har på kjelken i de krappeste svingene. I de aller krappeste svingene går setet nedi isen (Svee 2012), som ved 15 cm setehøyde tilsvarer en vinkel på 45° . Om de lener seg brattere over vil skøytestålene løftes så de mister kontakt med isen. Ved sentripetalakselerasjon i horisontalplanet gir dette en resulterende akselerasjon på:

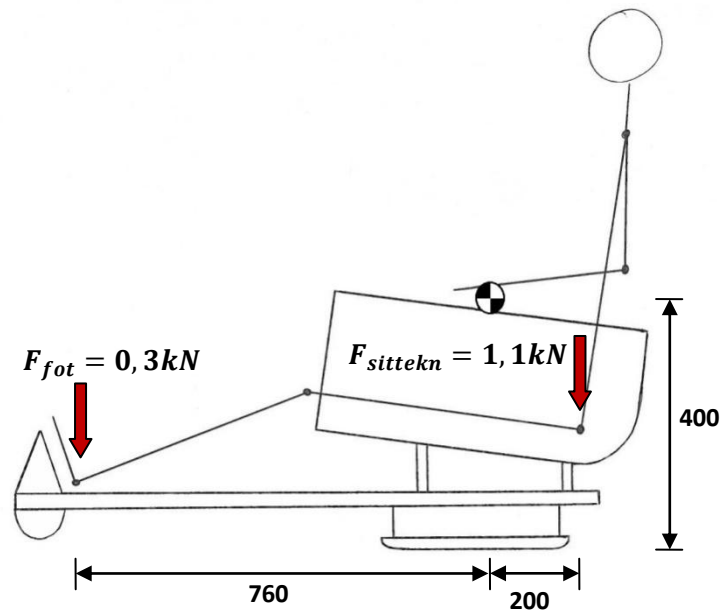
$$a \approx 1,4g$$

Som ved en utøver på 100 kg tilsvarer:

$$F \approx 1,4kN$$

Videre beregnes plassering av massesenter for å kunne beregne fordelingen av kreftene som påkjennes kjelken, og for å kunne beregne resultantkraftens retning ved sving med "bananform" i kroppen. Antakelser og forenklinger:

- Beregningen tar utgangspunkt i anatomien til Svee
- Plassering av massesenter i z-retning regnes ut ved hjelp av massefordeling (NASA man systems integration standards). Plassering i x-retning kan gjøres på samme måte, eller ved å måle plasseringen av balansepunktet på kjelken, som ved rett oppsett av kjelken er plassert litt bakom midten av skøytestålene.

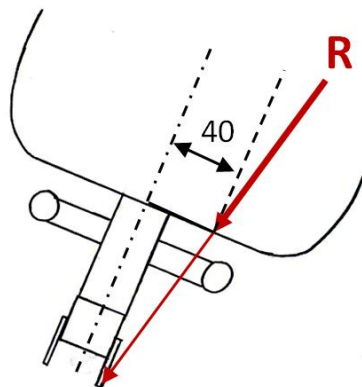


Figur 15 – Kjelkeoppsett og plassering av massesenter

Forenklet sett er kontaktpunktene mellom utøver og kjelke der det overføres krefter, ved sitteknuter og føtter. Det overføres noen krefter lenger frem i setebunn og langs sideveggene, men hovedsakelig overføres kreftene i området ved sitteknutene. Dermed ender det opp i følgende kraftfordeling:

- $F_{fot} = 0,3kN$
- $F_{sittekn} = 1,1 kN$

Videre kan retningen til resultantkraften skisseres som nedenfor. Det er tatt utgangspunkt i vinkelen på utøveren på Figur 14, noe som med massesenteret beregnet over vil føre til at resultantkraften fra utøveren treffer 40 mm til side for senter av setet:



Figur 16 – Ved utførelse av sving har kroppen en "bananform" som gjør at resultantkraften fra utøveren i sving treffer setet til siden for senter

3.2.2 Sammenstøt

Det oppstår som tidligere nevnt hyppige sammenstøt mellom utøverne, og mellom utøverne og vantet rundt banen. Utøverne kjører oftest i hverandre med front mot front, og front mot side. Av og til sklir de liggende på isen og treffer vantet med undersiden av kjelken (skøytestål) først. Kjelken må dimensjoneres for å tåle disse påkjeningene.



Figur 17 – Front-side kollisjon (ntnu.no/toppidrettsforskning)

3.2.3 Regler og begrensninger

Idretten følger reglene bestemt av den internasjonale paralympiske komité (IPC). De tar utgangspunkt i de generelle reglene til det internasjonale ishockeyforbundet (IIHF), og har i tillegg regler som regulerer spillernes utstyr med den hensikt å ivareta spillernes sikkerhet. Aktuelle regler i dette prosjektet blir omtalt i de fire deloppgavene. Fullstendig oversikt over reglene kan finnes på IPC sin nettside (IPC regler, 2011).

3.3 Sekundære brukssituasjoner

Her omtales brukersituasjoner som ikke har med selve spillet på isen å gjøre, men som likevel stiller viktige krav til kjelken. Disse er stort sett generelle for hele kjelken, og vil derfor fremstilles som brukerkrav her, for så å bli referert til i de individuelle delene.

3.3.1 Frakte kjelken fra bil/lager til garderoben og isen

Utøverne frakter sitt eget utstyr til garderoben. Utøverne som sitter i rullestol dytter utstyrsbagen foran seg, henger rammen til kjelken rundt halsen og støtter kjelken i fanget. Utøvere som kan gå triller utstyrsbagen og bærer kjelken. Det er en stor fordel at de er selvhjulpent og ikke er avhengig av hjelp fra andre.

Brukerkrav - Frakte kjelken til isen

Utøverne skal selv klare å frakte utstyret til garderoben og isen. (STS)

3.3.2 Sette seg inn og ut av kjelken

Det er viktig for utøverne å klare å komme seg inn og ut av kjelken på egenhånd, både for deres egen selvfølelse og av praktiske grunner (siden det gjerne er få medhjelpere tilgjengelig) (Svee, 2012b). Tradisjonelt sett plasserer utøverne kjelken på isen eller på gulvet like ved banen. Utøverne som bruker benprotese tar denne av før de skal på isen. De støtter seg på en fot, og setter seg ned i setet i kjelken, relativt kontrollert. De har begge hendene fri

til å støtte seg med og klargjøre/åpne setet ved behov, men på grunn av redusert balanse er det en fordel at det er lett å komme seg oppi setet. Utøvere som sitter i rullestol plasserer kjelken ved siden rullestolen. De låser hjulene på rullestolen, og støtter seg med en hånd på kjelken og en i rullestolen. Så slepper de seg ned til setet på kjelken, en høydeforskjell på ca. 30-40 cm. Her støtter de nesten hele kroppsvekten på hånden som støtter på kjelken. Siden de bruker begge armene til denne bevegelsen må det være lett å komme oppi setet, uten at de må holde til side noe eller "klargjøre" setet på noen måte. Deretter skal de feste føtter, knær og rumpe og lår fast, og strammer egnede stopper på kjelken. Det kan være en utfordring å holde balansen når dette skal utføres, spesielt om de har smal bredde mellom skøytestålene.

Etter endt bruk på isen skal utøverne komme seg ut av kjelken på egenhånd. Utøvere som sitter i rullestol plasserer rullestolen ved siden av kjelken. Reimene som holder dem fast til kjelken løsnes. De støtter seg med den ene hånden på rullestolen og den andre på kjelken, mest på rullestolen og løfter seg opp i rullestolen, en høydeforskjell på 30-40 cm. Det er viktig at kjelken ikke henger fast i utøveren og følger med når utøveren løfter seg opp da dette kan gjøre at de mister balansen eller rullestolen sklir unna, og de kan falle i bakken. Ved skadesituasjoner er det også viktig at utøveren kan komme seg effektivt ut av kjelken, og da er det viktig at stroppene kan løsnes eller fjernes raskt og enkelt.

Brukerkrav - Sette seg og komme ut av kjelken

Det skal være mulig for utøverne å komme seg oppi kjelken på egenhånd (STS)

Det bør oppleves enkelt å komme seg ut av kjelken (STS)

Fastspenningen skal kunne løsnes enkelt og hurtig (STS)

3.3.3 Produksjon, montasje og vedlikehold

Produksjonen og montasje vil foregå med stor grad av manuelt arbeid, med et anslått årlig kvantum på 50 - 400 kjelker. Kjelken bør derfor utvikles for å tilpasses denne typen produksjon.

Materialansvarlige på landslaget skal vedlikeholde og gjennomføre nødvendig service på alle kjelkene til utøverne. Stort sett er dette knyttet til demontering av skøytestål for sliping, som blir gjort mellom hver kamp, og bytting av defekte deler. Derfor bør det være mulig å skifte ut defekt del uten å demontere hele kjelken.

Produksjon, montasje og vedlikehold

Enkelt å skru av skøytestål for sliping. Slipes mellom hver kamp (AS, M, STS)

Få ulike deler og ulike varianter av delene(AS, EEW)

Enkel montering og demontering (AS, EEW)

Få typer verktøy for montering og vedlikehold, standard verktøy (EEW, AS, STS)
Enkelt å skifte ut deler; Uavhengige deler som i høyest mulig grad kan demonteres fra understellet separat (AS)
Produksjon som er økonomisk sett i forhold til produksjonsvolum og som kan utføres av HandiNor og deres underleverandører (TEK, EEW)

3.3.4 Design

Kjelkehockey er en fartsfylt idrett med mye adrenalin og harde taklinger. Det mentale aspektet er viktig for å kunne prestere på topp. En kjelke som ser solid ut og har tøft design kan bidra til å gi et mentalt overtak. I tillegg skal kjelken lages slik at det er en designmessig helhet og sammenheng mellom de ulike komponentene.

Brukerkrav - Design
Tøft, helhetlig design som gir inntrykk av at utstyret er solid (STS, MV)

3.3.5 Brukerkravspesifikasjon for sekundære brukssituasjoner

Sekundære brukerkrav	
Brukssituasjon	Brukerkrav
Frakte kjelken til isen	Utøverne skal selv klare å frakte utstyret til garderoben og isen. (STS)
Sette seg og komme ut av kjelken	Det skal være mulig for utøverne å komme seg oppi kjelken på egenhånd (STS)
	Det bør oppleves enkelt å komme seg ut av kjelken (STS)
	Fastspenningen skal kunne løsnes enkelt og hurtig (STS)
Produksjon, montasje og vedlikehold	Enkelt å skru av skøytestål for sliping. Slipes mellom hver kamp (AS, M, STS)
	Få ulike deler og ulike varianter av delene (AS, EEW)
	Enkel montering og demontering (AS, EEW)
	Få typer verktøy for montering og vedlikehold, standard verktøy (EEW, AS, STS)
	Enkelt å skifte ut deler; Uavhengige deler som i høyest mulig grad kan demonteres fra understellet separat (AS)
	Produksjon som er økonomisk sett i forhold til produksjonsvolum

	og som kan utføres av HandiNor og deres underleverandører (TEK, EEW)
Design	Tøft, helhetlig design som gir inntrykk av at utstyret er solid (<i>STS, MV</i>)

4 Dagens kjelker og utstyrsleverandører

For å ha et utgangspunkt, og utnytte erfaringen med tidligere utstyr, har eksisterende kjelker blitt undersøkt. Her presenteres to kjelker, den første er norskprodusert og brukes av utøverne på det norske landslaget (Proff), den andre en kanadiskprodusert kjelke som går for å være den beste på det kommersielle markedet (Ballistic). Generelle spesifikasjoner for kjelkene blir lagt frem for å gi et grunnlag videre i rapporten, sammen med en kort oppsummering av hvordan kjelkene presterer med tanke på respons. Analysen ble gjennomført i Forprosjekt 2012, og for ytterligere informasjon henvises det til denne prosjektrapporten.

4.1 Hockeykjelke Proff – Produsert av HandiNor, Norge

HandiNor utvikler, produserer og tilpasser noen av produktene selv, og videreselger i tillegg ferdige produkter fra andre produsenter. De selger gjennomsnittlig 35 kjelker i året til utøvere i ulike land (HandiNor, 2012), og er også leverandør av produkter til NAV. Funksjonshemmede i Norge under 26 år får dekket hjelpemidler av NAV, noe som betyr at disse utøverne får kjelkehockeyutstyret fra HandiNor gratis (HandiNor, 2012).

Hockeykjelke Proff (omtales som Proff videre i denne rapporten) produseres av HandiNor, og er kjelken som brukes av blant annet det norske landslaget (Svee, 2012). Den vil dermed være utgangspunktet til de norske spillerne når de skal diskutere sine erfaringer og ønsker for utformingen av kjelken, og er en naturlig del av prosjektet. I tabellen under presenteres generell informasjon om Proff.



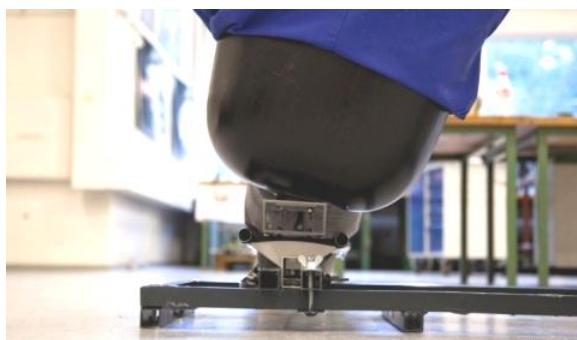
Figur 18 – Proff fra HandiNor (Foto: Emil Kjærnli)

Tabell 1 - Proff: funksjoner og generell informasjon (HandiNor, 2011)

Utviklet år	1998, redesignet 2003
Vekt	5553 g (med 150 mm setehøyde)
Pris	9990 NOK (Utøvere under 26 får betalt kjelken av NAV)
Seteposisjon	Justeres ved å legge til eller fjerne deler i understellet. Mulige setehøyder: 100 mm og 150 mm over isen. Mulige vinklinger av setet: 0 ° og 12 ° (bakover)
Lengde på ramme	Justeres på kjelken ved forskyvning (kontinuerlig/trinnløs) av rammen i lengderetningen.
Balansepunkt	Justeres ved å forskyve skøytebrakett (kontinuerlig/trinnløs) i lengderetningen. Justering: 80 mm
Skøytebredde	Justeres ved å bytte ut skøytebrakett og skøytebraketttholdere. Tilgjengelige bredder: 20 mm, 34 mm, 50 mm & 90 mm (målt mellom skøytestålene)

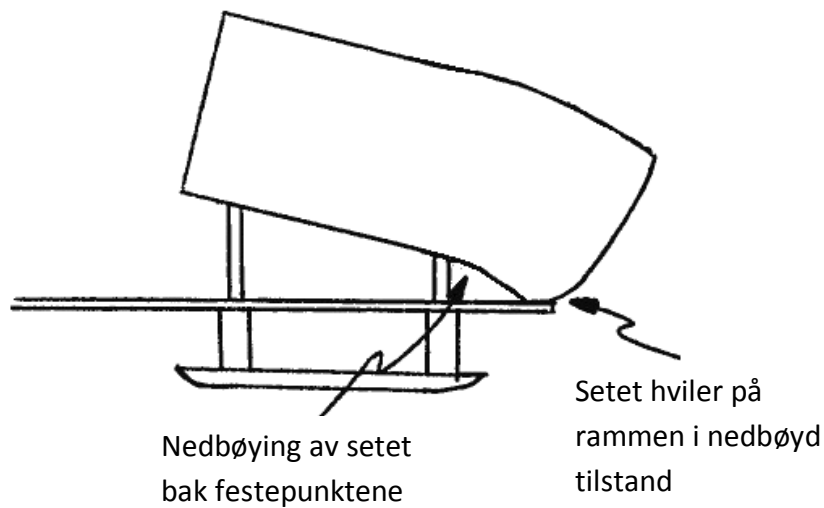
4.1.1 Respons

Den største kilden til mangel på respons på Proff er en utbøying i koblingen mellom setet og understellet som oppstår når utøverne lener seg over for å utføre en sving. Utøverne presenterte dette som det største forbedringspotensialet med Proff, og de opplevde betydelig bedre kontroll og respons i utførelse av sving etter at denne utbøyingen ble eliminert i en test utført i Forprosjekt 2012. Grunnen til at denne utbøyingen oppstår er at koblingen mellom sete og understell er for smal i en kombinasjon med at setebunnen er for myk.



Figur 19 – Riggtest av Proff for å lokalisere og måle utbøying (Forprosjekt 2012, foto: Emil Kjærnli)

Et annet problem er at koblingen mellom setet og understellet er plassert for langt frem, slik at setet bøyes ned og flekser i bakkant (Figur 20 – Kobling mellom setet og understellet på Proff er plassert for langt frem Figur 20) der de fleste av kreftene overføres.



Figur 20 – Kobling mellom setet og understellet på Proff er plassert for langt frem

Utøverne opplever også problemer med bevegelse inne i setet. Det er snakk om en rotasjonsbevegelse (Figur 21). Grunnen til dette er at setet på Proff har en u-formet profil og insiden av setet har en glatt overflate uten konturer som holder fast kroppens konturer.



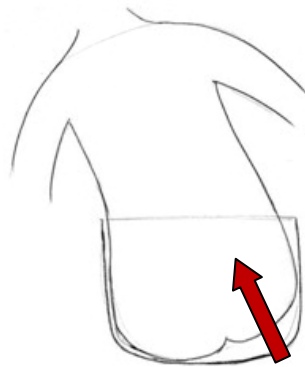
Figur 21 – Bevegelse av utøver inne i setet

Ved utførelse av svingebevegelser beveger lårene til utøveren seg frem og tilbake, og knærne vrir seg (Figur 22). Disse bevegelsene er uønsket, og fører til at svingebevegelsene til utøveren ikke føres direkte ned i isen.

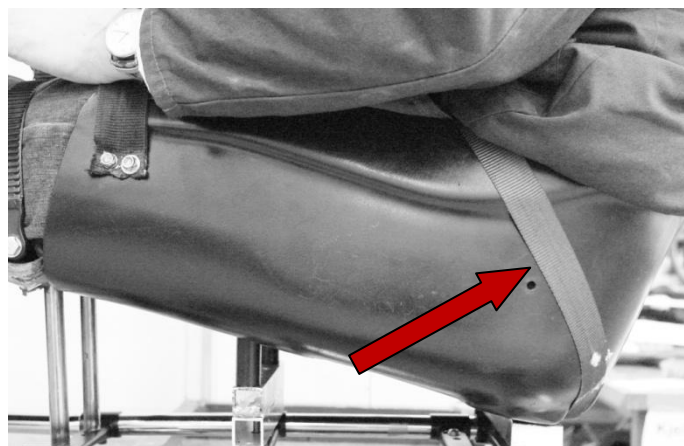


Figur 22 – Bevegelse i lår og knær ved utførelse av sving

Den øvre stroppen på Proff er plassert for langt fremfor hofta, den kan ikke strammes med tilstrekkelig kraft og den strammer ikke i riktig retning. Dette fører til at utøverne ikke blir holdt tilstrekkelig fast nede i setet og opplever en vippebevegelse (Figur 23) når de utfører svingbevegelser. Mange av utøverne har påmontert en jekkestropp for å kunne stroppe seg fast ved hofta og i en retning skrått bakover, slik at de holdes fast ned mot setebunnen og mot seteryggen (Figur 24).



Figur 23 – Vippebevegelse inne i setet



Figur 24 – Ekstra jekkestropp påmontert

Et siste problem er at stroppene gir for smal kontaktflate mot kroppen slik at de klemmer seg inn i kroppen. Dette fører til at det ikke gir en kontant støtte, og ved utføring av svingebevegelser tillates en løfting av låret ved at stroppen presses ytterligere ned i det, istedenfor å holde låret fast med en stor kontaktflate som forhindrer bevegelse.



Figur 25 - Stroppene presser seg ned i kroppen

4.2 Ballistic – Produsert av Unique Inventions Inc., Canada

Unique Inventions Inc. (omtales videre som Unique i denne rapporten) er en kanadisk produsent av utstyr til kjelkehockey lokalisert i Petersborough, Ontario i Canada. Mannen bak selskapet, Laurie Howlett, startet med å utvikle sykkelutstyr til funksjonshemmede fra sin egen garasje. Etter hvert endret han fokus til kjelkehockey og har siden 1991 utviklet og produsert utelukkende kjelkehockeyutstyr. I 2009 hadde selskapet tre fulltids- og tre deltidsansatte og produserte mellom 300 og 400 kjelker i året. De leverte i kjelker til det kanadiske og det amerikanske landslaget, og fikk bestillinger fra utøvere verden over (Wedley, 2009). Siden flere av de beste landslagene i verden bruker kjelkene deres er det interessant å bruke selskapet til benchmarking og som inspirasjonskilde.

Under (Figur 26 og Tabell 2) presenteres deres nyeste og beste kjelke, Ballistic. Setet til den tidligere modellen, Razor, vil også bli brukt i prosjektet. Setene er veldig like, men Ballistic-setet har fått en oppdatert form – fremre setebunn er forhøyet.



Figur 26 – Kjelken Ballistic fra kanadiske Unique (Uniqueinventions.com/ballistic)

Tabell 2 – Ballistic spesifikasjoner (Unique, 2012)

Utviklet år	Tilgjengelig for salg 2012
Vekt	4434 g (med 150 mm setehøyde)
Pris	749 USD + 25 % MVA = 5300 NOK
Vinkel- og høydejustering, sete	Understellet produseres etter utøvers oppgitte mål. Ingen justering.
Lengde på kjelke	Produseres etter utøvers oppgitte mål. Kan deretter justeres 38 mm
Balansepunkt	Skøytebraketten justeres i lengderetningen. Justering: 38 mm
Skøytebredde	Justeres ved å bytte ut skøytebrakett. Tilgjengelige bredder: 35 mm, 32 mm, 25 mm, 19 mm, 16 mm & 10 mm (målt i ytterkant av skøytestålene)

4.2.1 Respons

Understellet har en tilstrekkelig bred kobling mot setet, og koblingene er plassert i x-retning der kreftene blir overført fra utøveren, slik at de absorberer kreftene fra svingebevegelsene uten særlig utbøying og fører dem videre ned til isen. Det opptrer imidlertid noe utbøying i koblingen mellom setet og understellet, men det er uklart hvor mye utslag dette gir på isen. Utøverne opplever at kjelken er stiv og gir god respons i utførelse av svinger.



Figur 27 – Understellet på Ballistic festet til setet

Problemene som oppleves ved denne kjelken er relatert til at utøveren ikke er tilstrekkelig festet til kjelken, slik at alle svingebevegelsene ikke blir tatt opp på en god måte. Det største problemet er en vippebevegelse av hoften inne i setet, på samme måte som på Proff.

Andre problem som opptrer på Ballistic er bevegelse av knær og lår, samt problemet ved at stroppene er for smale og presser seg inn i kroppen. Begge disse problemene er beskrevet ovenfor under Proff.

4.3 Evaluering av kjelkenes respons

Under følger en oppsummering av hvordan de to kjelkene, Proff og Ballistic, presterer på respons. Det er lagt til en vurdering av hvor sterkt de ulike effektene **bidrar til god respons**. Skalaen er fra 1 - 6, der **1 er stort bidrag til svekket respons** og **6 er maksimalt bidrag til god respons**.

Tabell 3 – Evaluering av kjelkene Proff og Ballistic i forhold til respons

	Proff	Ballistic
Stivhet i kjelke	Mye utbøyning mellom understell og setet Karakter: 2	Lite utbøyning innad i kjelken. Noe utbøyning opptrer i riggen i koblingen mellom sete og understell Utøverne opplever at kjelken er stiv og svarer godt Karakter: 5
Hoftebevegelse	Hofte roterer og vipper inne i setet Karakter: 3	Vippebevegelse inne i setet Karakter: 4
Bevegelse knær og lår	Lår og knær beveger seg opp og ned og sideveis, og de vrir seg Karakter: 4	Lår og knær beveger seg opp og ned og vrir seg Karakter: 4
Stropper	For smale, utilstrekkelig stramming og plassert for langt fremfor hoften Karakter: 3	For smale, utilstrekkelig stramming og plassert for langt fremfor hoften Karakter: 3
Karakter respons:	3	4

5 Testprosedyrer

I dette prosjektet har i hovedsak to testprosedyrer blitt benyttet, test i lab og på is. Disse testprosedyrene beskrives her.

5.1 Testing i lab - riggtest

I Forprosjekt 2012 ble det bygget en testrigg og utviklet en laborietest der svingebevegelser simuleres for å undersøke stivheten til kjelken og fastholdingen av utøveren. Denne testmetoden viste seg å være svært nyttig og ble derfor videreført til dette prosjektet. Resultatene fra testing av andre kjelker i Forprosjekt 2012 ble brukt som sammenligningsgrunnlag for testene i dette prosjektet. Bildet under viser oppsettet for riggtesten.



Figur 28 – Testoppsett ved riggtesting (Forprosjekt 2012)

Riggtesten går ut på at en testperson sitter i kjelken og vugger fra side til side med varierende kraft, for å identifisere svake punkter i konstruksjonen. I dette prosjektet ble funksjonsmodeller testet i denne riggen for å se om de økte stivheten i kjelken, eller om det oppstod deformasjon innad i kjelken ved simulering av svingebevegelser. Det ble også utført tester for å undersøke om nye konsepter på fastholding forhindret bevegelse mellom utøver og kjelken. Det ble så gjort tiltak for å fjerne eventuelle svake punkter før ny testing ble gjennomført. Var resultatet vellykket ble det gjennomført tester på is for å se om en fikk forbedret prestasjon også der. Primært ble Kjærnli brukt som testperson og Seim som observatør, da de hadde erfaring med testingen og disse rollene fra Forprosjekt 2012.

Testing av stivhet ved simulerte svingebevegelser

5.2 Testing på is

Underveis i prosjektet har funksjonsmodeller og prototyper jevnlig vært på isen for testing. Noe av grunnen til at istester i stor grad har blitt benyttet i dette prosjektet, er at responsen og hvordan kjelken svarer til svingebevegelser best kan måles med en profilert utøvers

"feeling". Det er imidlertid vanskelig å måle "feeling", og det er også noe av grunnen til at det er blitt brukt mange ulike testpersoner, da de kan ha ulike preferanser.

Erfarne utøvere måler kjelkens egenskaper basert på erfaring og "feeling"

Testingen har i hovedsak gått ut på å kjøre aggressivt rundt på isen og ta kraftige svinger og start-stopp-bevegelser, samt å bruke kjelken i spill med andre, eller puckhåndtering sammen med kjøring alene. Avhengig av hva som skal testes har ulike utøvere vært testpersoner. Ved testing av prinsipper i tidlig fase, for å finne ut om prinsippet i det hele tatt kan brukes, har primært prosjektdeltaker Seim utført enkle tester, da han har opparbeidet seg gode basisferdigheter gjennom Forprosjekt 2012. For å teste mer nøyaktige modifikasjoner har profilerte utøvere, stort sett fra landslaget, vært testpersoner. En oversikt over disse personene presenteres senere.

På tester har nye modifikasjoner blitt utprøvd på en kjelke, samtidig som en referansekjelke har vært med i samme test som sammenligningsgrunnlag. Til dette har Proff eller Ballistic blitt benyttet, avhengig av hvilke modifikasjoner som har blitt testet. Det er også blitt gjennomført tester der modifikasjonen har vært mulig å ta av og på kjelken for enkelt å kunne evaluere om den gav ønsket endring i prestasjon.

Resultater av testingen ble samlet inn via subjektiv tilbakemelding fra testpersonen der "følelsen" beskrives, i tillegg til at testingen ble observert av prosjektdeltakerne, og filmet og fotografert.

5.2.1 Testpersoner

Utøverne ble valgt ut etter erfaring, interesse for utvikling av utstyret og tilgjengelighet. Det var også viktig å bruke utøvere med variasjon i anatomi og funksjonsnedsettelse, for å kunne verifisere om modifikasjoner fungerer for alle. Under følger en kort presentasjon av disse utøverne.

Tabell 4 – Utøvere som har vært testpersoner i prosjektet

<p>Stig Tore Svee</p> <p>Alder: 49 år Funksjonshemming: Tverrsnittskade på ryggmarg som gir lammelser i begge ben</p> <p>Svee er inne i sin 15. sesong på landslaget, der han også er kaptein. Gjennom årene han har vært aktiv i kjelkehockey, har han utforsket og tilpasset kjelken selv ut i fra svakheter han har oppdaget.</p>	
<p>Morten Værnes</p> <p>Alder: 30 år Funksjonshemming: Lammelse i ben</p> <p>Værnes har spilt kjelkehockey i 13 sesonger. Han er blant de beste og mest erfarne på landslaget, og tidligere kaptein. Han ønsker stadig å forbedre sin prestasjon på isen, og er interessert i utvikling av kjelken og utstyret generelt.</p>	
<p>Atle Haglund</p> <p>Alder: 49 år Funksjonshemming: Amputert begge ben øverst på låret.</p> <p>Haglund har spilt kjelkehockey i 20 sesonger. Han har i dag gitt seg på landslaget, men spiller med det lokale laget.</p>	

Emil Sørheim

Alder: 15 år

Funksjonshemming: Ryggmargsbrokk

Sørheim har spilt kjelkehockey i fem sesonger, er inne i sin første sesong på landslaget. Han ønsker å etablere seg der fast, og har blitt lagt merke til internasjonalt som et lovende talent.

**Ola Bye Øiseth**

Alder: 14 år

Funksjonshemming: Dysmeli, har en vanlig og en kort fot.

Øiseth har spilt kjelkehockey i 3 sesonger, og er med som rekrutt på det norske landslaget.

**Kjell Christian Hamar**

Alder: 28 år

Funksjonshemming: Født med Hereditær spastisk paraparese (HSP). Bena stivner, og muskelkraften er dårlig.

Hamar er keeper på landslaget og har spilt kjelkehockey i 3 sesonger.

**Jon Jenshagen**

Funksjonshemming: Spastisk

Tidligere landslagsspiller



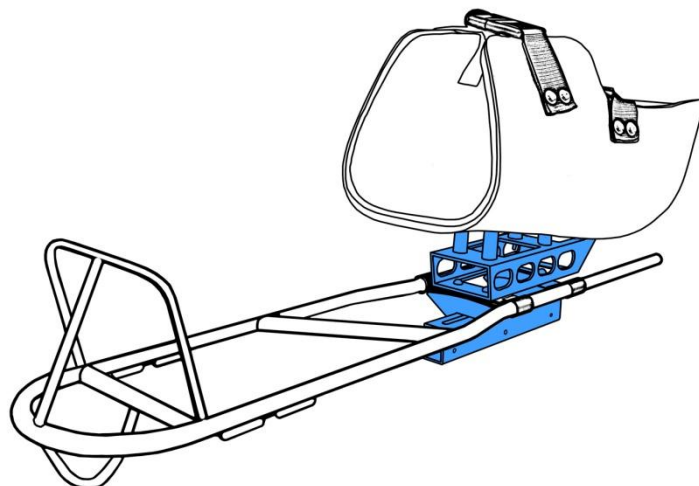
5.2.2 Hovedtester

Det ble gjennomført mye testing på is gjennom prosjektet, både for å teste ut prinsipper og mer helhetlige løsninger. Hovedsakelig ble testingen gjennomført i Leangen Ishall i Trondheim, men siste test, testingen av *Prototype 2* ble gjennomført på Hønefoss da det ikke lengre var is tilgjengelig i Trondheim. I tabellen er en oversikt over hovedtestene som ble gjennomført, og hvordan de ble gjennomført.

Tabell 5 - Oversikt over hovedtestene som ble gjennomført på is i løpet av prosjektet

Leangen ishall Trondheim Februar-april Egentester	Testpersoner: Prosjektdeltakerne Det ble flere ganger gjennom februar, mars og april utført tester av prinsipper og funksjonsmodeller. Testingen ble gjennomført samtidig som utøverne i Rosenborg Kjelkehockey gjennomførte sin ukentlige trening
Leangen ishall Trondheim 16.04.2013	Testpersoner: Ola Bye Øiseth Funksjonsmodeller av sitteplaten, overliggende støtter til øvre lårben, ny stroppemekanisme og knestøtte ble testet samtidig for første gang på en profesjonell utøver. (Disse delene blir utviklet og omtalt videre i rapporten i individuelle deler).
Leangen ishall Trondheim 23.04.2013	Testpersoner: Seim og Kjærnli Pilottest av <i>Prototype 1</i>
Leangen ishall Trondheim 24.04.2013	Testperson: Stig Tore Svee <i>Prototype 1</i> ble testet for første gang på profesjonell utøver. I testen ble Ballistic også benyttet til sammenligning.
Schjongshallen Hønefoss 18.05.2013	Testpersoner: Morten Værnes, Atle Haglund, Kjell Christian Hamar og Jon Jenshagen <i>Prototype 2</i> ble testet for første gang på profesjonelle utøvere. I testen ble Ballistic og Proff benyttet som sammenligning. Til <i>Prototype 2</i> ble det laget to understell, for å gi ulike setehøyder (115 og 150 mm over isen). Det ble også laget to ulike seter med ulik stivhet og utforming, og ulike varianter av faststropping.

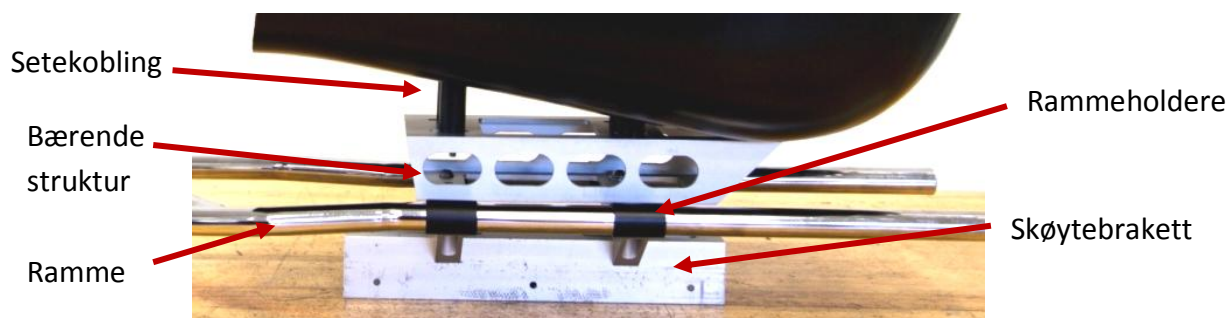
6 Deloppgave 1: Understell - Peder Kjærnli



6.1 Hva er understellet

Understellet omtales som delene fra setet og ned til skøytebraketten. Understellet består tradisjonelt av setekobling mot setebunnen, rammeholdere og en bærende struktur. I denne deloppgaven vil også skøytebraketten betraktes som en del av understellet, da utformingen av understell og skøytebrakett er sterkt avhengig av hverandre. Rammen vil også betraktes noe i denne deloppgaven.

De overordnede funksjonene til understellet er å støtte setet, angi setehøyde og setevinkel, koble rammen til resten av kjelken, kobling til skøytestålene og angi balansepunkt ved å justere skøytebrakett i x-retning. Understellet er også den bærende strukturen som forbinder utøveren med isen, og den må gi tilstrekkelig stivhet slik at svingebevegelesene fra utøveren transporteres direkte ned i isen uten at det opptrer utbøyinger i kjelken. Nedenfor forklares de ulike delene i understellet:

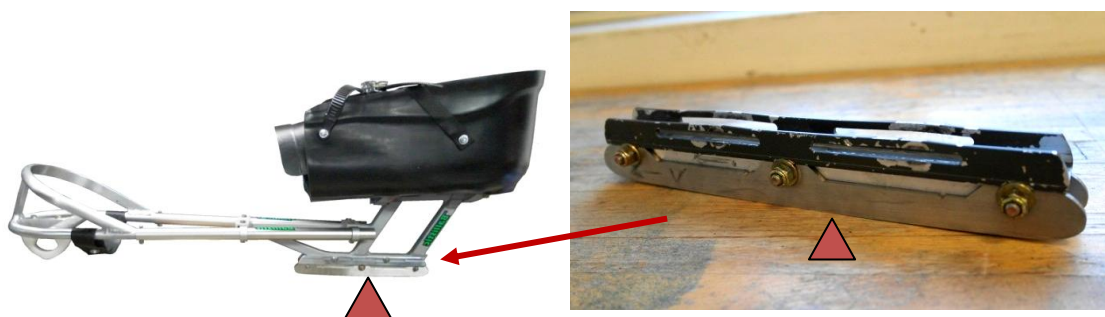


Figur 29 - Deler i understellet til Proff



Figur 30 - Deler i understellet til Ballistic (uniqueinventions.com/ballistic)

1. **Setekobling:** Er koblingen mellom setet og understellet.
2. **Rammeholder:** Kobler rammen til resten av kjelken
3. **Bærende struktur:** Er knutepunktet mellom rammeholder, setekobling, knestøtte og skøytebrakett. Den bærende strukturen overfører kreftene fra svingbevegelsene fra setet og ned til skøytebraketten. Den bærende strukturen angir setehøyde og setevinkel.
4. **Knestøtte (struktur som støtter knestøtten):** Som en følge av funnene som ble gjort i Forprosjektet 2012, skal det nye kjelken også bestå av en knestøtte som skal gi ekstra støtte under knær og hindre sideveis bevegelse av knær. Understellet må derfor bygges med en struktur som støtter denne. Selve utformingen av knestøtten vil foregå i Deloppgave 2; Setebunn og setekobling.
5. **Ramme (rammen vil kunne brukes som en del av strukturen i understellet):** Har som funksjon å holde utøvernes ben oppe fra isen, og samtidig beskytte dem.
6. **Skøytebrakett:** Tradisjonelt sett er dette en egen del som kan justeres frem og tilbake relativt til resten av understellet. Dette er for å kunne plassere skøytestålene under massesenter slik at det oppnås et balansepunkt rett bak midten av skøytestålene. Overfører krefter fra svingbevegelsene fra bærende struktur og videre til skøytestålene

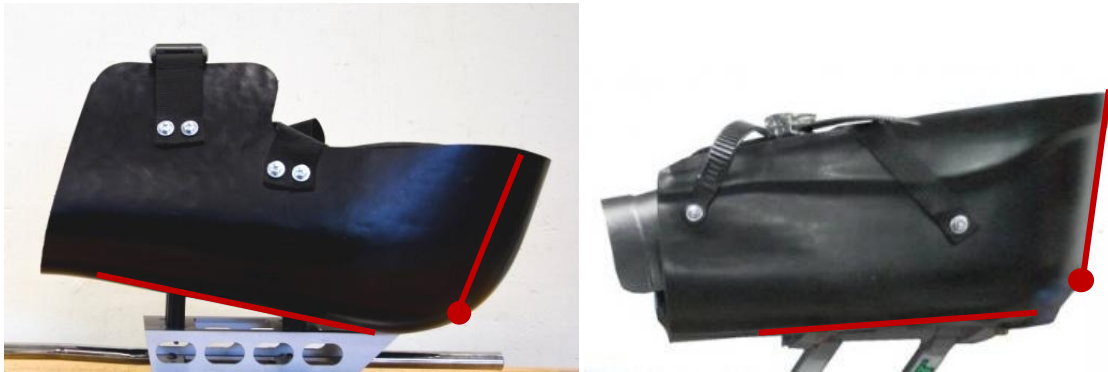


Figur 31 - Skøytebrakett og balansepunkt (bildet til venstre: uniqueinventions.com/ballistic)

6.1.1 Definerings av målepunkter på kjelken

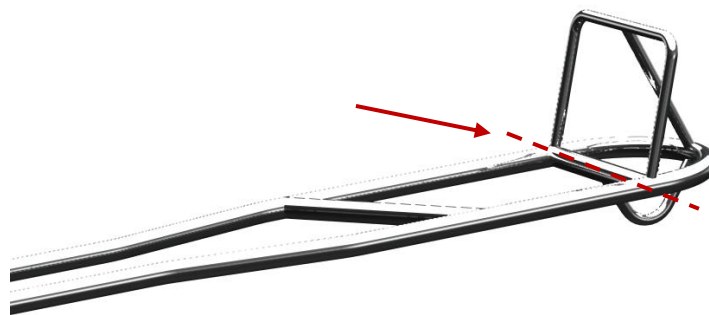
For å danne et grunnlag for målepunkt til produktkravspesifikasjonen, måtte det etableres et 0-punkt på setet. Dette er definert som det punktet der ryggen går over fra å være rett til å krummes mot setebunnen. På seteryggen på Proff (som har krum rygg) defineres punktet som der krummingen fra setebunnen begynner å bli mindre krapp (Figur 32). I rapporten blir

dette punktet omtalt som *setets 0-punkt*, eller *seteryggen* (når det er snakk om avstander i lengderetning).



Figur 32 - Målepunkt på seterygg (bildet til venstre: uniqueinventions.com/ballistic)

Fotbøylen på rammen benyttes også som målepunkt videre i rapporten. Den er illustrert nedenfor:



Figur 33 - Fotbøylen er der utøverne hviler helene, og brukes som målepunkt

6.2 Problemstilling

Problemstillingen presenteres igjen her for å danne grunnlaget for utviklingen av understellet:

"Det skal utvikles et nytt understell som er tilstrekkelig stivt slik at det overfører svingebevegelsene fra utøveren, indirekte via setebunn, ned til isen uten at utbøyinger opptrer verken i understellet eller i koblingen mot delene over."

Utviklingen av det nye understellet skal baseres på grunnbehovene.

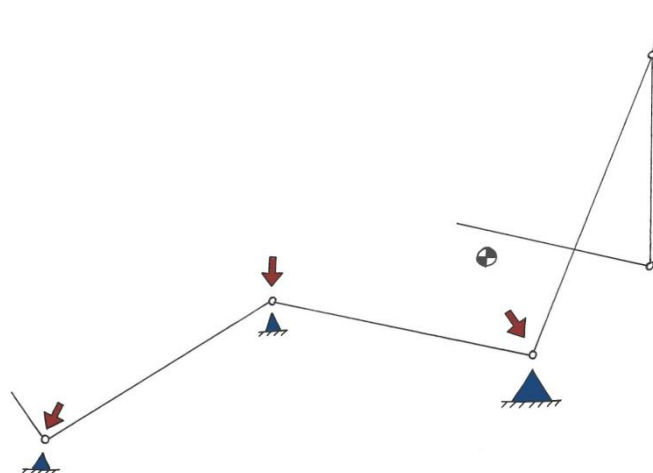
6.3 Bruksanalyse – definere brukerkrav og produktkrav

I dette kapittelet analyseres brukeren, brukssituasjon, data fra tidligere prosjekter og erfaringer fra dagens kjelker til å definere brukerkrav og produktkrav. Som i felles bruksanalyse vil brukerkravene knyttes til utøvere, materialforvaltere, produsenter eller andre som bekrefter brukerkravet.

Der det er hensiktsmessig vil produktkravspesifikasjonene inneholde en graf som antyder toleransen til tallene i forhold til stivhet eller fordelingen blant utøvere. Grafene skiller på utøvere på det norske landslaget, angitt som *NLL*, og *utøvere generelt*. Det er også brukt fargekoder for å antyde hvor sikkert kravet er. Grønn skrift betyr at kravet er nøyaktig og godt underbygd. Oransje betyr at kravet med rimelig sikkerhet er riktig, ofte er disse krav som kommer fra utøvernes preferanser på dagens kjelker og som muligens vil kunne endres om utøverne får et nytt utgangspunkt med flere tilpasningsmuligheter. Rød skrift betyr at kravet er satt opp fra et anslag utfra utøvernes uttalelser og antakelser. Initialene bak brukerkravene refererer til utøverne som har uttalt eller bekreftet brukerkravet, og er forklart i utbrettarket over.

6.3.1 Respons

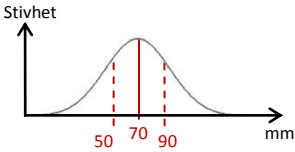

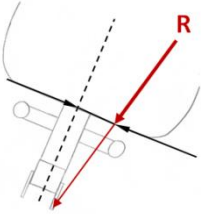
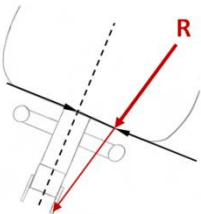
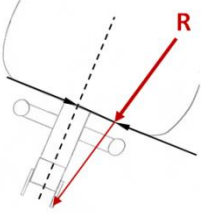
For å oppnå god respons må understellet støtte opp under kroppen i strategiske punkter. I *Forprosjekt 2012* ble det fastslått at størsteparten av kreftene fra svingebevegelser overføres til understellet ved sitteknutene, normalt 70 mm fremfor seteryggen. Dette blir også videre omtalt i *Deloppgave 2; Setebunn og knestøtte*. Det viste seg også å være betydelige vertikale og sideveis bevegelser i knær som førte til mangel på respons. Dette problemet ble løst med en knestøtte med stropp som gjorde at bena ble holdt skikkelig fast til kjelken, slik at alle krefter fra svingebevegelsene gikk direkte ned fra utøveren til understellet. I *Deloppgave 2*, etableres et krav om knestøtte, mens til understellet stilles kravet til at den bærende strukturen skal ha en slik utforming at den gir støtte til knestøtten. Ved å fokusere på støtte av hofte og knær, er rotasjonspunktene i den nedre delen av kroppen til utøveren festet til kjelken (anklene er festet til rammen i front), og dette er et godt utgangspunkt for å fange opp alle bevegelsene i denne delen av kroppen. For amputerte utøvere må støtten kunne plasseres under lår. I *Deloppgave 4; Faststropping* vil også disse rotasjonspunktene være fokuset for å holde fast utøveren.



Figur 34 - Utøveren bør støttes og holdes fast ved rotasjonspunktene. Piler antyder plassering av stropper.

Understellet må bygges tilstrekkelig stivt, slik at det ikke oppstår deformasjoner innad i understellet ved utføring av svingebevegelser. Det skal også kobles mot setebunn og knestøtte på en slik måte at det ikke oppstår utbøying i disse grensesnittene.

For å danne et bilde av størrelsesordenen på kreftene som opptrer ble det gjort noen forenklete beregninger tidligere i rapporten under [Bruksanalyse - Generelt for hele kjelken](#). Disse tallene er med å danne et bilde på hvordan understellet må dimensjoneres. Som validering av tilstrekkelig stivhet i understellet benyttes riggtesten og istes med profilerte utøvere fra landslaget da dette anses som den mest realistiske måten å teste om understellet gir god respons.

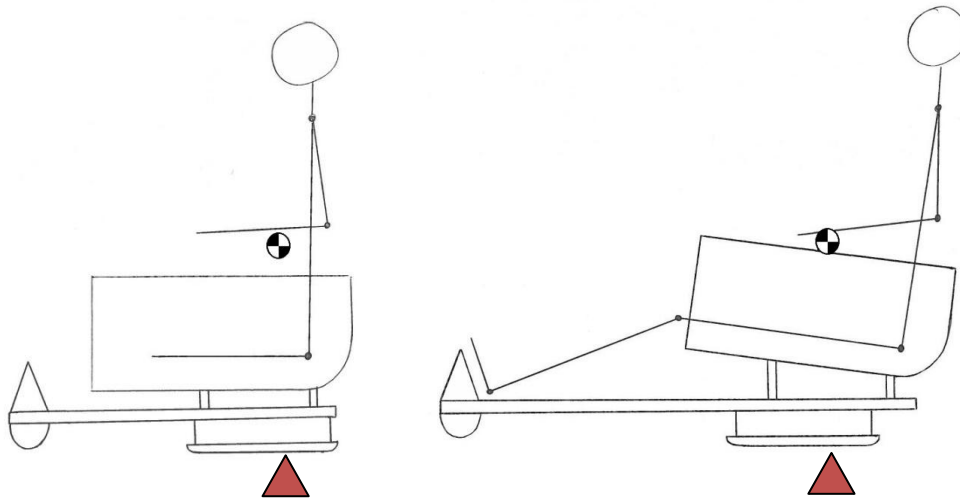
Respons		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Setet skal støttes av understell i området som utøvernes sitteknuter hviler mot setebunnen (REP, STS, MV)	<p>70 mm foran setets 0-punkt</p> 	
Ingen utbøying skal opptre innad i understellet ved utføring av svingebevegelser. (STS, MV)	<p>Standardisert riggtest: Utbøyinger skal ikke være synlig</p> <p>Standardisert istestes med landslagsutøver: Skal ikke føle at kjelken gir etter</p>	
Ingen utbøying skal opptre i overgangen mellom setebunn og understell ved utføring av svingebevegelser. (STS, MV)	<p>Standardisert riggtest: Utbøyinger skal ikke være synlig</p> <p>Standardisert istestes med landslagsutøver: Skal ikke føle at kjelken gir etter</p>	
Ingen utbøying skal opptre i overgangen mellom knestøtte og understell ved utføring av svingebevegelser. (STS, MV)	<p>Standardisert riggtest: Utbøyinger skal ikke være synlig</p> <p>Standardisert istestes med landslagsutøver: Skal ikke føle at kjelken gir etter</p>	

6.3.2 Tilpasning

For at alle utøvere skal kunne oppleve god respons med kjelken, må understellet utvikles slik at det kan tilpasses de ulike utøverne. Dette er svært viktig i kjelkehockey da det er store anatomiske forskjeller.

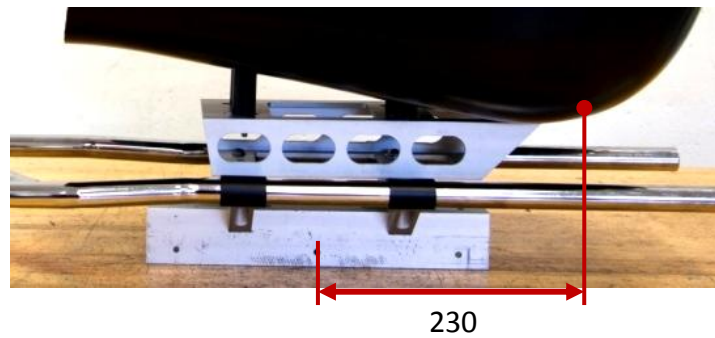
6.3.2.1 Balansepunkt

Siden utøverne sitter med bena rett frem i tilnærmet horisontal stilling, har lengden og vekten av bena stor innvirkning på balansepunktet på kjelken. Figur 35 antyder hvordan plasseringen av setet i forhold til skøytestålene varierer med anatomien til utøveren.



Figur 35 - Plassering av skøytebrakett i forhold til tyngdepunkt (Forprosjekt 2012)

På det norske landslaget er det ti utøvere som har to hele bein, fire er enkeltamputerte og to er dobbelamputert (blant utøverne i VM mars 2013). Dette betyr at de aller fleste utøverne (med ett eller to hele ben) vil ha et balansepunkt 15 - 20 cm fremfor hofta (NASA man systems integration standards), noe som gir en struktur der skøytebraketten er plassert et stykke fremfor seteryggen i x-retning. Dette blir dermed basis for utforming av hovedstrukturen til understellet. Likevel må det være mulig å gjøre justeringer eller tilpasninger av understellet slik at det passer til ytterpunktene blant utøverne. Proff er laget slik at setets 0-punkt er plassert 230 mm bak senter av skøytestålene i utgangsposisjonen (Figur 35), som tilsvarer 160 mm fremfor optimalt koblingspunkt mellom understell og sete. Med dette som utgangspunkt oppnår de fleste av utøvere på det norske landslaget rett plassering av skøytestålene i forhold til balansepunkt, ved at skøytebraketten kan justeres +/- 40 mm. Svee, som har veldig lange ben, er unntaket og er avhengig av å kunne ha skøytestålene 50 mm fremfor utgangsposisjon. På Ballistic gjøres den grove tilpasningen i produksjonen, ved å sveise sammen rørene i ulike vinkler, mens finjustering gjøres ved å endre plasseringen av skøytebraketten. Denne justeringen er på tilsammen 38 mm.



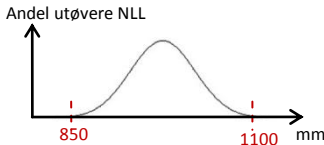
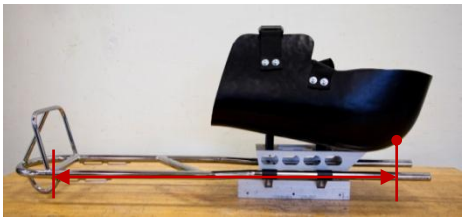
Figur 36 - Seteryggens plassering ift. senter av skøytestål på Proff

Det er viktig for utøverne å kunne plassere skøytebraketten nøyaktig slik at balansepunktet havner litt bak midten av skøytestålene i x-retning. Denne plasseringen er individuell og må gjøres svært nøyaktig, og det må derfor kunne gå an å gjøre denne finjusteringen på kjelken. Den minste justeringen på dagens kjelker er på Ballistic, der skøytebraketten kan justeres 38 mm på kjelken. Dette fungerer i dag, og blir dermed satt som foreløpig krav til minimum justeringsmulighet av skøytestålenes plassering.

Tilpasning		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Skøytestålene må kunne plasseres i ulike posisjoner i x-retning for å treffe alle utøvernes balansepunkt (STS)	<p>190 - 280 mm (målt fra seterygg til senter av skøytestål)</p> <p>Andel utøvere NLL</p> <p>Minimum finjustering på kjelken: 38 mm</p>	

6.3.2.2 Rammelengde

Lengden på rammen avhenger av lengden på bena til utøverne. Det er stor forskjell mellom ytterpunktene, med små steg mellom ønskede størrelser. På Proff er hele rammelengden justerbar på kjelken, mens på Ballistic bestiller man sin lengde på rammen, og den kan i tillegg finjusteres 38 mm på kjelken. Dermed settes dette opp som minimumskrav, da dette fungerer i dag. Ytterpunktene i rammeplasseringen er hentet fra ytterpunktene på landslaget, og deres rammeplassering på sin Proff-kjelke.

Tilpasning		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Rammen må kunne plasseres i rette lengde i.f.t. utøverens beinlengde (STS)	920 - 1170 mm (målt fra fotbøyle til seterygg)  Minimum finjustering på kjelken: 38 mm	

6.3.2.3 Sittestilling

Ut fra fysiologiske aspekter (Sandbakk 2013) er det fordelaktig for utøverne å ha en fremoverlent og offensiv sittestilling for å få overkroppen over kjøllene og dermed få mest mulig kraft i stavgakene (Figur 37). Samtidig er det en ulempe å sitte med rette ben, da dette fører til at senene på baksida av lår strammes slik at man ikke får strukket seg fram for å komme seg over stavgaket med overkroppen. En canadisk studie (Worden-Rogers, Cliff, 2012) foreslår en vinkel på 140 grader i knærne for utøvere med to hele bein.



Figur 37 - offensiv sittestilling for god kraft i stavgakene (skiforbundet.no)


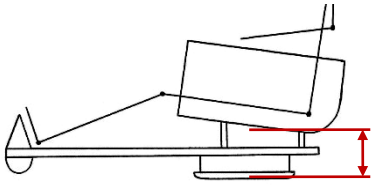
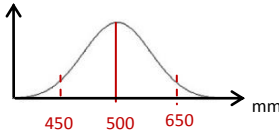
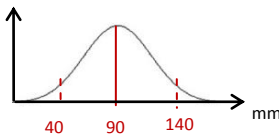
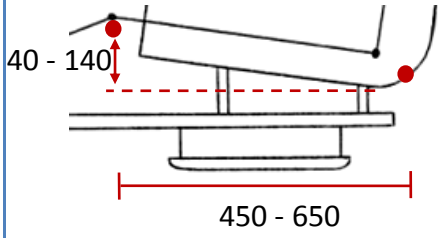
Tradisjonelt sett har utøverne stilt inn kjelken sin for å oppnå denne vinkelen i knærne, men beholdt sin setehøyde som på det norske laget er enten 110 eller 150 mm over isen. Dermed har lårene blitt løftet opp fra setet, så utøverne har tiltet setet opp for å gjenvinne støtte oppunder lårene. En bieffekt av denne tiltingen er at seteryggen også vippes bakover, noe som gir utøveren en bakoverlent og mindre offensiv posisjon. Med stor vinkel i knærne og lav sittestilling vil man bli sittende mer bakpå, og få en passiv sittestilling.



Figur 38 - Vinkel i knærne ved lavt sete og bakoverlent seterygg gir passiv posisjon (ntnu.no/toppidrettsforskning)

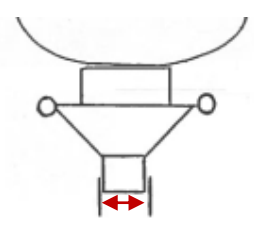
En nyere trend blant utøverne på det kanadiske landslaget (Nicholsen, 2013, Værnes 2013) er at de plasserer setet høyere, mellom 150 - 200 mm over isen, og plasserer setet flatt. Dette gjør at de får en offensiv sittestilling, men samtidig opprettholde en viss vinkel i knærne. En høyere seteplassering påvirker imidlertid puckhåndteringen og spillestilen. Som beskrevet i introduksjonen har bladene på køllene lite vinkling, og utøverne holder hendene ned til isen når de håndterer pucken. Det er da åpenbart at en forskjell på 100 mm på setet over isen påvirker puckhåndteringen (Værnes 2013).

Det som blir konklusjonen når det gjelder sitteposisjon blir at det er foreløpig ingen stilling som er optimal når det gjelder alle aspekter; offensiv stilling, vinkel i knærne og puckhåndtering. Derfor må utøverne velge en stilling som blir et kompromiss mellom disse, og kjelken som utvikles bør kunne tilpasses til ulike høyder og ulike knevinkler. Høydene som må være tilgjengelig blir 110 og 150 mm, da dette brukes av det norske landslaget, mens det bør tilbys høyder mellom 100 og 200 mm. Nedre grense på 100 mm avgrenses av regelverket for høyden på rammen (85 - 95 mm over isen), og siden setet hviler oppå rammen kan det ikke senkes nedenfor. 200 mm er øvre grense på setehøyde i regelverk. Ettersom dette prosjektet retter seg mot utøvere på det norske landslaget, vil denne variasjonen settes som en tilpasning som blir gjort ved bestilling, da det er snakk om erfarne utøvere som vet sin sittestilling. Kravet til knevinkel settes til mellom 180° og 140°, da utøvere på det norske laget ikke bruker setehøyde over 150 mm, og en vinkel på mindre enn 140° i bena vil da gi en passiv sittestilling. Mindre enn 180° vil gi bakoverknekk i knærne som ikke kan skje på grunn av muligheter for skader. På bakgrunn av målinger på testkjelkene ved oppsett til de ulike utøverne fra landslaget som har deltatt i istesting *Forprosjekt 2012* og i dette prosjektet, anslås det at knestøtten skal kunne plasseres mellom 450 - 650 mm fremfor seteryggen i x-retning (hvorav: 50 (+/- 10) mm skal være justering på kjelken). Høydeplasseringen skal kunne være mellom 40 - 140 mm høyere enn bakre setekobling.

Tilpasning		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
<p>Understellet må kunne gi ulik høyde på setet over isen (STS)</p> <p>Setebunnen skal ikke være høyere enn 200 mm over isen (R)</p>	<p>Må: 110 mm og 150 mm (+/- 10 mm)</p> <p>Bør: 100 - 200 mm</p> <p>Andel utøvere generelt</p> 	
<p>Understellet må kunne tilpasses for å muliggjøre en knevinkel mellom 180° -140° (STS, MV)</p>	<p>Støtte knestøtten:</p> <p>Mellom 450 - 650 mm fremfor seteryggen i x-retn. hvorav: 50 (+/- 10) mm er justering på kjelken.</p>  <p>Mellom 40 - 140 mm høydeplassering ift. bakre setekobling</p> 	

6.3.2.4 Skøytebredde

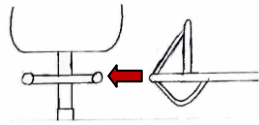
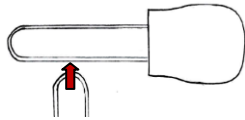
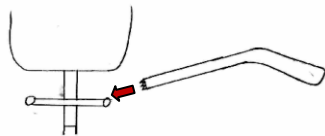
Individuelle ferdigheter og spillestil påvirker ønsket bredde mellom skøytestålene. Liten bredde gjør at utøveren kan komme seg raskere over fra en sving til en ny, men samtidig fører det til større grad av ubalanse når utøverne skal håndtere pucken. Blant utøverne på det norske landslaget har de fleste 34 mm mellom skøytestålene. Flere av disse utøverne forteller at de gjerne vil forsøke seg på smalere bredde, men til Proff er den neste tilgjengelige bredden 20 mm, noe som for mange er for smalt. Det ville derfor vært hensiktsmessig å utvikle en kjelke der det er mulighet for flere steg med bredder på skøytebraketten. Ballistic leveres med ulike skøytebredder med steg på 5 +/- 1 mm. Dette oppfyller utøvernes behov (Værnes 2013), og settes derfor som krav. Siden kjelken som utvikles i dette prosjektet er rettet mot utøverne på landslagsnivå, vil det ikke være hensiktsmessig å tilby bredere skøytebrakett enn 34 mm.

Tilpasning		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Ulike bredder mellom skøytestålene må kunne velges (STS)	34 mm - 20 mm (målt mellom innsidene skøytestålene) Minimum steglengde: 5 mm (+/- 1)	

6.3.3 Sammenstøt

De ulike tilfellene av sammenstøt som understellet må dimensjoneres mot er sammenstøt med annen kjelke direkte på understellet eller indirekte via rammen, og slag fra piggene og puck.

I dette prosjektet er det ikke utført beregninger på hvilke krefter som opptrer i sammenstøtene da det ikke er blitt vurdert som nødvendig da den nye kjelken kan dimensjoneres med utgangspunkt i dagens kjelker, og testes ved reell bruk. Kravet settes til at det ikke skal være oppstått skader etter fem kamper på landslagsnivå. Dette settes som krav da det er naturlig da de mest vanlige sammenstøtene av den kraftigste typen vil opptre i løpet av fem kamper. Spesialtilfellene med enda kraftigere sammenstøt kan forekomme utenom disse testene, men ikke hyppig nok til at det skal være et krav at kjelken skal tåle dette.

Sammenstøt		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Understellet skal dimensjoneres for å tåle/beskyttes mot krasj fra andre kjelker (<i>STS, KAN, MV</i>)	Testes ved normal bruk i fem (5) kamper på landslagsnivå. Skal ikke oppstå skader.	
Understellet skal ikke deformeres som følge av krasj fra annen kjelke i rammen (<i>STS, KAN, MV</i>)	Testes ved normal bruk i fem (5) kamper på landslagsnivå. Skal ikke oppstå skader.	
Understellet skal dimensjoneres for å tåle/beskyttes mot slag fra pigger og puck (<i>STS, KAN, MV</i>)	Testes ved normal bruk i fem (5) kamper på landslagsnivå. Skal ikke oppstå skader.	

6.3.4 Regelverk

Et utdrag fra regelverket, som har innvirkning på understellet, er presentert i tabellen under. Reglement for setehøyde er allerede tatt med i brukerkravet for tilpasning av setehøyde.

Regelverk		
Krav fra reglement	Produktkrav	Illustrasjon
Holde ramme i rett høyde over isen (<i>R</i>)	Min: 85, max:95 mm (absolutte grenser) Dette gjelder fremfor setet	
Ingen spisse deler som stikker ut (kravet er ikke mer spesifisert enn dette i regelverk) (<i>R</i>)	Kjelken må bli godkjent i juryens kontroll før kamp	

6.3.5 Øvrige brukerkrav

I understellet utgjør øvrige krav disse:

- Lav vekt
- Produksjon, montasje og reparasjon
- Isansamling og rust
- Design

Til disse brukerkravene hentes noen av kravene fra den generelle bruksanalysen i som ble presentert under i fellesdelen.

6.3.5.1 Vekt

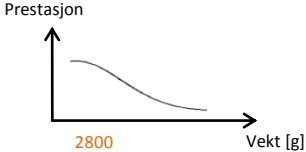
Det er usikkert hvor stor innvirkning massen til kjelken har på prestasjonen til kjelken. Likevel er lav vekt et behov som er uttrykt fra flere av utøverne, og er dermed tatt med som et behov i denne utviklingen.

Vekten skal være lavere enn dagens Proff, og bør ha samme vekt eller lavere enn Ballistic. Dagens Proff øker kraftig i vekt ved å benytte høy seteposisjon. Dette er fordi det tillegges ekstra deler med høy vekt for å øke setehøyden. Dette er en ulempe, og ved utviklingen av en ny kjelke skal denne effekten unngås. Det settes som et krav at vekten ikke skal øke mer enn 300 g som følge av endret seteplassering.

Rammen til Ballistic stopper under framdelen av setet, noe som fører til at understellet strekker seg lenger frem, og vekten på understellet går opp. For å gi et best mulig sammenligningsgrunnlag er vekten som er satt opp i kravspesifikasjonen den samlede vekten av understell og ramme. Ballistics understell og ramme samlet veier 2600 g mens på Proff veier det 3330 g.

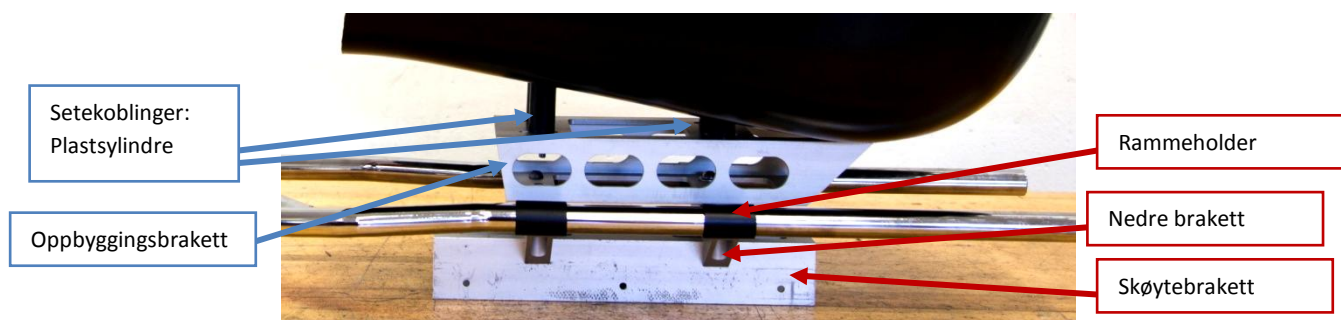


Figur 39 - Understellet på Ballistic strekker seg lenger frem som en følge av at rammelengden (uniqueinventions.com/ballistic)

Vekt		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Lav vekt (STS)	Vekt på understell og ramme samlet: Under 2800 g Prestasjon 	
Vekten skal øke minimalt som følge av høyere seteplassering (STS)	Vektøkning: < 300 g	

6.3.5.2 Produksjon, montasje og vedlikehold

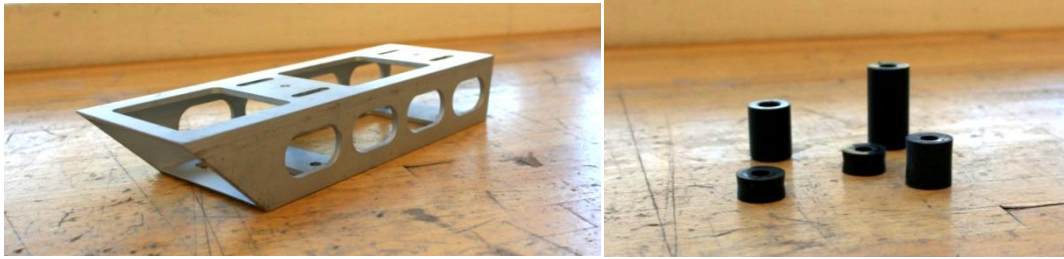
Understellet til Proff består i dag av mange ulike deler (Figur 40, Figur 41, Figur 42), og i tillegg må både nedre braketter og skøytebrakett byttes ut for å endre bredden mellom skøytestålene (Figur 41), noe som gir variasjon også innenfor flere av delene. Understellet til Proff er bygd opp av tre ulike standarddeler og to ulike deler for å justere høyde. Dermed er det også ekstradeler for å endre setehøyde.



Figur 40 - Understell proff oppbygging. Standarddeler i rødt og oppbyggingsdeler i blått



Figur 41 - Standarddeler: Skøytebrakett, nedre brakett og rammeholder



Figur 42 - Oppbyggingsdeler: Aluminiumsbrakett og plastsylindre

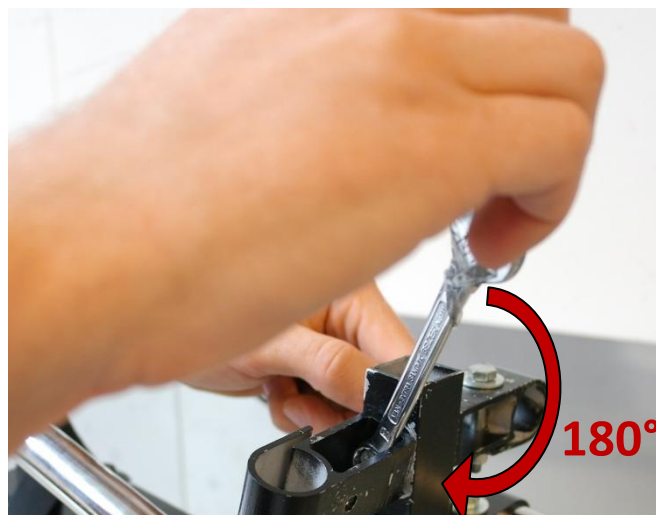
Den store variasjonen av deler øker produksjonskostnadene, og utøvere og materialforvaltere må også ha et stort antall ulike reservedeler i tilfelle noe skulle bli ødelagt. Det nye understellet som utvikles skal ha færrest mulig ulike deler, og det skal legges til færrest mulig ekstra deler for å oppnå de ulike seteposisjonene.

Generelle brukerkrav for produksjon, montasje og reparasjoner ble omtalt i felles bruksanalyse, hvor de som gjelder for understellet er tatt med nedenfor, og omgjort til produktkrav. Det er også lagt til ytterligere krav.

For å møte kravet fra materialansvarlig om at det skal være enkelt å skru av skøytestål for sliping, stilles det et krav om at skøytestålene skal kunne demonteres fra kjelken kun ved å løsne skruene litt uten å måtte skru skruen helt ut. På denne måten er det kun skøytestålene som fjernes fra kjelken, materialansvarlig unngår å miste skruene på bakken, og de kan lett bli bort når dette foregår i garderobes og ganger i ishallen. Han sparer også tid, og har færre deler å holde styr på.

Både med tanke på produksjon, montasje og vedlikehold er det en fordel at kjelken består av færrest mulig delkomponenter og varianter av disse. Dellager vil dermed bli mindre for både produsent, materialansvarlig og utøvere. Det settes som krav at understellet, inkludert skøytebrakett og knestøttestruktur, skal bestå av maksimalt fem (5) ulike deler. Skøytebraketten kan ha flere varianter for å oppnå ulik skøytebredde, men sett bort fra denne skal det totalt være maksimalt seks (6) varianter av delene i understellet (eks: fire delkomponenter og to varianter innenfor to av disse).

For å imøtekomme krav fra produsent om montasje og materialansvarlig om skruing på kjelken for vedlikehold, skal dimensjonen på skruene og plasseringen av dem skal velges slik at en kommer til med fastnøkkel, umbrako eller skrutrekker, og det skal være mulig å skru minimum 180° før en må ta nytt tak på skruen. Dette skal gjøre at det ikke blir knotete og tidkrevende å montere og demontere deler på understellet. Det settes som et krav at det ikke skal ta mer enn 20 minutter å montere et understell, men tidskravet er usikkert og kan bli justeres i senere arbeid.



Det skal være nødvendig med maksimalt 5 enheter verktøy for montasje og vedlikehold. Dette for å spare tid, spare dellager med mindre variasjon i skruer og for at materialansvarlig skal kunne ha med seg få verktøy på samlinger og turneringer.


For å demontere en vilkårlig defekt del i understellet skal det ikke være nødvendig å demontere mer en maksimalt én (1) annen del fra understellet for å kunne fjerne den defekte delen.

Produksjonskostnaden som er satt er et anslag som er gjort ut fra en sammenligning med understellet på Proff i dag. Det er ønskelig for HandiNor å holde omtrent samme pris på den totale kjelken som før, da prisen er styrt av NAV. Nøyaktig talldata fra HandiNors produksjonskostnader vil av hensyn til HandiNor ikke trykkes i denne rapporten.

Som beskrevet i XX kan følgende produksjonsmetoder benyttes for produksjon av understell hos HandiNor deres underleverandører:

- Manuell sveising, boring, kutting, bøyning, fresing, lakkering, kompositt (glassfiber og karbonfiber) m/kjerne
- Montasje
- Vannskjæring

Produksjon, montasje og vedlikehold		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Færrest mulig ekstra deler for å oppnå annen seteposisjon (TEK, EEW, AS)	Maksimum: 2 ekstra deler	
Enkelt å skru av skøytestål for sliping. Slipes mellom hver kamp (MV, AS, STS)	Skøytestål skal kunne tas av kjelken ved å løsne skruene uten at de må skrues helt ut	

	og fjernes fra kjelken	
Få ulike deler og få ulike varianter av delene (AS, EEW)	<p><i>Maksimalt antall ulike delkomponenter (inkl. knestøttestruktur og skøytebrakett):</i></p> <p>5</p> <p><i>Maksimalt totalt antall varianter (sett bort fra skøytebrakett):</i></p> <p>6</p>	
Enkel montering og demontering av understellet (AS, EEW)	<p>Dimensjonen på skruene og plasseringen av dem skal velges slik at en kommer til med fastnøkkel, umbrako eller skrutrekker, og det skal være mulig å skru minimum 180° før en må ta nytt tak på skruen.</p> <p><i>Tid for montering av hele understellet med håndverktøy:</i></p> <p>20 min</p>	
Få typer verktøy for montasje og vedlikehold, standard verktøy (EEW, AS, STS)	<p><i>Maksimum antall verktøy for montasje og vedlikehold:</i></p> <p>5 enheter håndverktøy (som fastnøkler, umbrako og skrutrekker)</p>	
Enkelt å skifte ut deler; Uavhengige deler som i høyest mulig grad kan demonteres fra understellet separat (AS)	<p>For å demontere en vilkårlig del i understellet fra kjelken skal det være nødvendig å demontere maksimalt <u>1</u> annen del</p>	
Produksjon som er økonomisk sett i forhold til produksjonsvolum og som kan utføres av HandiNor og deres underleverandører (TEK, EEW)	<p><i>Prod.kostnad understell:</i></p> <p><2000 kr</p> <p><i>Prod.metoder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Manuell sveising, boring, kutting, bøying, fresing, lakkering, kompositt (glassfiber og karbonfiber) m/kjerne - Montasje med skruer (se 	

	krav over) - Vannskjæring	
--	------------------------------	--

6.3.5.3 Isansamling og rust

Det er stor grad av issprut fra skøytestålene, som lett kan samles opp og pakkes mellom skøytestålene. Det er problematisk om dette skjer i stor grad, da det kan samles opp såpass mye at skøytestålene løftes fra isen (Værnes 2013). Dermed vil det være et krav at det ikke skal kunne samles så mye is mellom skøytestålene at isklumpen stikker utenfor skøytestålene. Kravet er at det ikke skal samles opp så mye is til at det stikker ned i isen i løpet av en periode i kamp (15 minutter). Det er mulig å skrape vekk isen i mellom periodene.

Det skal også forhindres rust ved bruk materialer som ikke ruster eller som er behandlet for å forhindre rust.

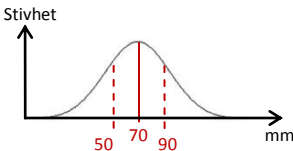

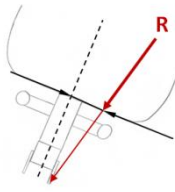
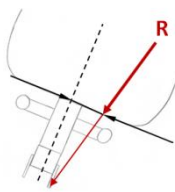
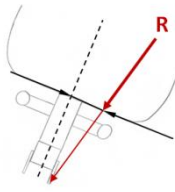
Isansamling og rust		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Is skal ikke samles mellom skøytestål slik at det stikker ut nedenfor skøytestålene (MV)	Må: Ikke skje i løpet av én periode á 15 minutter	
Forhindre rust (EEW, MV)	Delkomponentene i understellet skal være av materialer som ikke ruster, eller være behandlet for å forhindre rust	

6.3.5.4 Design

Generelt krav til design er presentert i felles brukesanalyse, og gjelder også for understellet. Produktkravet settes til at 80 % av utøverne skal like det nye designet:

Design		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Tøft, helhetlig design som gir inntrykk av soliditet (STS, MV)	80 % av utøverne på det norske landslaget skal like designet	

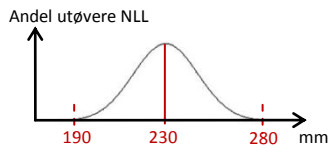
7 Produktkravspesifikasjon

Produktkravspesifikasjon for understell		
Brukerkrav/regelkrav/ krav fra andre interessenter	Produktkrav	Illustrasjon
1. Respons		
1.1. Setet skal støttes av understell i området som utøvernes sitteknuter hviler mot setebunnen (REP, STS, MV)	70 mm foran setets 0-punkt 	
1.2. Ingen utbøying skal opptre innad i understellet ved utføring av svingebevegelser. (STS, MV)	<i>Standardisert riggtest:</i> Utbøyinger skal ikke være synlig <i>Standardisert istestes med landslagsutøver:</i> Skal ikke føle at kjelken gir etter	
1.3. Ingen utbøying skal opptre i overgangen mellom setebunn og understell ved utføring av svingebevegelser. (STS, MV)	<i>Standardisert riggtest:</i> Utbøyinger skal ikke være synlig <i>Standardisert istestes med landslagsutøver:</i> Skal ikke føle at kjelken gir etter	
1.4. Den bærende strukturen skal kobles til knestøtten, og ingen utbøying skal opptre i overgangen mellom knestøtte og understell ved utføring av svingebevegelser. (STS, MV)	<i>Standardisert riggtest:</i> Utbøyinger skal ikke være synlig <i>Standardisert istestes med landslagsutøver:</i> Skal ikke føle at kjelken gir etter	

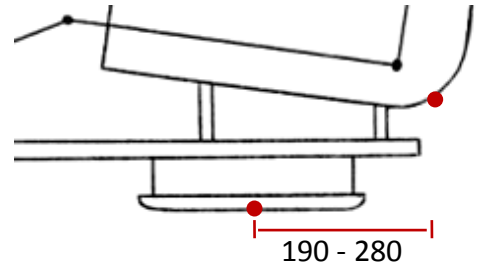
2. Tilpasning

2.1. Skøytestålene må kunne plasseres i ulike posisjoner i x-retning for å treffe alle utøvernes balansepunkt (STS)

190 - 280 mm (målt fra seterygg til senter av skøytestål)

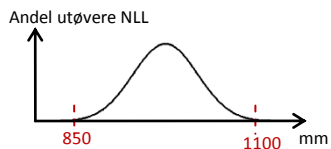


Minimum finjustering på kjelken: **38 mm**

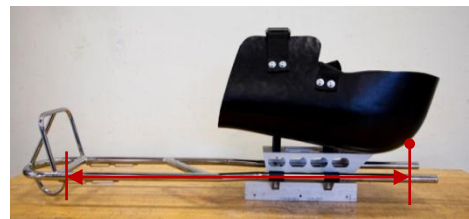


2.2. Rammen må kunne plasseres i rette lengde i.f.t. utøverens beinlengde (STS)

920 - 1170 mm (målt fra fotbøyle til seterygg)



Minimum finjustering på kjelken: **38 mm**

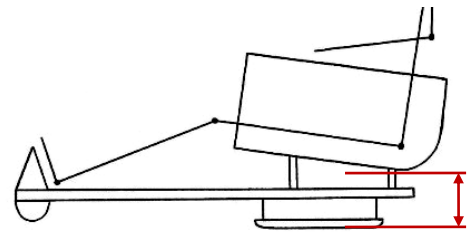
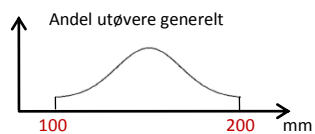


2.3. Understellet må kunne gi ulik høyde på setet over isen (STS)

Setebunnen skal ikke være høyere enn 200 mm over isen (R)

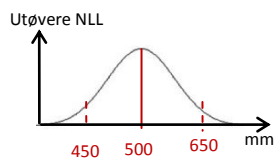
Må: **110 mm og 150 mm (+/- 10 mm)**

Bør: **100 - 200 mm**

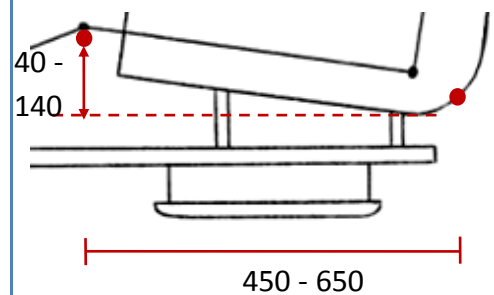
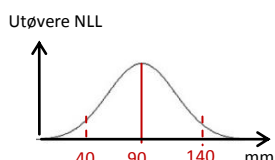


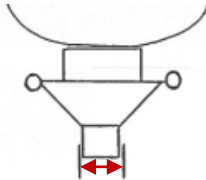
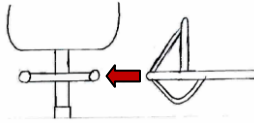
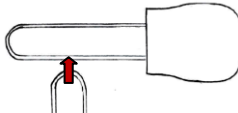
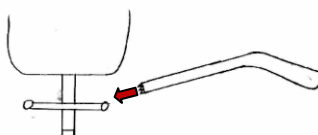
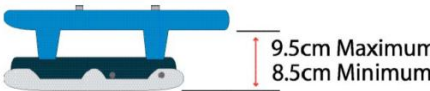
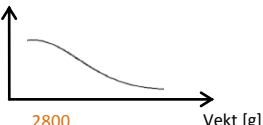
2.4. Understellet må kunne tilpasses for å muliggjøre en knevinkel mellom 180° -140° (STS, MV)


Støtte knestøtten:
Mellom 450 - 650 mm fremfor seteryggen i x-retn. hvorav: 50 (+/- 10) mm er justering på kjelken.

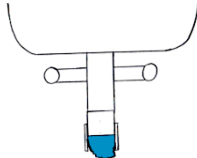


Mellom 40 - 140 mm høydeplassering ift. bakre setekobling



<p>2.5. Ulike bredder mellom skøytestålene må kunne velges (STS)</p>	<p>34 mm - 20 mm (målt mellom innsidene skøytestålene)</p> <p>Minimum steglengde: 5 mm (+/- 1)</p>	
<p>3. Sammenstøt</p>		
<p>3.1. Understellet skal dimensjoneres for å tåle/beskyttes mot krasj fra andre kjelker (STS, KAN, MV)</p>	<p>Testes ved normal bruk i fem (5) kamper på landslagsnivå. Skal ikke oppstå skader.</p>	
<p>3.2. Understellet skal ikke deformeres som følge av krasj fra annen kjelke i rammen (STS, KAN, MV)</p>	<p>Testes ved normal bruk i fem (5) kamper på landslagsnivå. Skal ikke oppstå skader.</p>	
<p>3.3. Understellet skal dimensjoneres for å tåle/beskyttes mot slag fra pigger og puck (STS, KAN, MV)</p>	<p>Testes ved normal bruk i fem (5) kamper på landslagsnivå. Skal ikke oppstå skader.</p>	
<p>4. Regelverk</p>		
<p>4.1. Holde ramme i rett høyde over isen (R)</p>	<p>Min: 85, max:95 mm (absolutte grenser) Dette gjelder fremfor setet</p>	
<p>4.2. Ingen spisse deler som stikker ut (kravet er ikke mer spesifisert enn dette i regelverk) (R)</p>	<p>Kjelken må bli godkjent i juryens kontroll før kamp</p>	
<p>5. Vekt</p>		
<p>5.1. Lav vekt (STS)</p>	<p>Vekt på understell og ramme samlet: Under 2800 g</p> <p>Prestasjon</p>  <p>Vekt [g]</p>	
<p>5.2. Vekten skal øke minimalt som følge av høyere seteplassering (STS)</p>	<p>Vektøkning: < 300 g</p>	

6. Produksjon, montasje og vedlikehold		
6.1. Færrest mulig ekstra deler for å oppnå annen seteposisjon (TEK, EEW, AS)	<i>Maksimum:</i> 2 ekstra deler	
6.2. Enkelt å skru av skøytestål for sliping. Slipes mellom hver kamp (AS, MV, STS)	Skøytestål skal kunne tas av kjelken ved å løsne skruene uten at de må skrues helt ut og fjernes fra kjelken	
6.3. Få ulike deler og få ulike varianter av delene (AS, EEW)	<i>Maksimalt antall ulike delkomponenter (inkl. knestøttestruktur og skøytebrakett):</i> 5 <i>Maksimant totalt antall varianter (sett bort fra skøytebrakett):</i> 6	
6.4. Enkel montering og demontering (AS, EEW)	Dimensjonen på skruene og plasseringen av dem skal velges slik at en kommer til med fastnøkkel, umbrako eller skrutrekker, og det skal være mulig å skru minimum 180° før en må ta nytt tak på skruen. <i>Tid for montasje av hele understellet med håndverktøy:</i> 20 min	
6.5. Få typer verktøy for montasje og vedlikehold, standard verktøy (EEW, AS, STS)	<i>Maksimum antall verktøy for montasje og vedlikehold:</i> 5 enheter håndverktøy (som fastnøkler, umbrako og skrutrekker)	
6.6. Enkelt å skifte ut deler; Uavhengige deler som i høyest mulig grad kan demonteres fra understellet separat (AS)	For å demontere en vilkårlig del i understellet fra kjelken skal det være nødvendig å demontere maksimalt <u>1</u> annen del	
6.7. Produksjon som er økonomisk sett i forhold til produksjonsvolum og som kan utføres av HandiNor og deres	<i>Prod.kostnad understell:</i> <2000 kr <i>Prod.metoder:</i> - Manuell sveising, boring,	

underleverandører (TEK, EEW)	<p>kutting, bøyning, fresing, lakking, kompositt (glassfiber og karbonfiber) m/kjerne</p> <p>- Montasje med skruer (se krav over)</p> <p>- Vannskjæring</p>	
7. Isansamling og rust		
<p>7.1. Is skal ikke samles mellom skøytestål slik at det stikker ut nedenfor skøytestålene (MV)</p>	<p>Må:</p> <p>Ikke skje i løpet av én periode á 15 minutter</p>	
<p>7.2. Forhindre rust (EEW, MV)</p>	<p>Delkomponentene i understellet skal være av materialer som ikke ruster, eller være behandlet for å forhindre rust</p>	
8. Design		
<p>8.1. Tøft, helhetlig design som gir inntrykk av soliditet (STS, MV)</p>	<p>80 % av utøverne på det norske landslaget skal like designet</p>	

8 Utvikling av et nytt understell

Produktkravspesifikasjonen danner grunnlaget for utviklingen av nye konsepter for et nytt understell. Utviklingen er delt inn i to; *Konseptutvikling* der det resulteres i en fullstendig prinsippstruktur for hele understellet, og *Struktur og utforming* der det valgte konseptet vil detaljeres til ferdig løsning.

I utviklingen vil inspirasjon hentes fra kjelkene som allerede er presentert, Proff og Ballistic. I tillegg til disse vil også kjelken Razor, som er fra samme produsent som Ballistic (Unique Inventions), brukes til inspirasjon. Dette er kjelken som var forrige toppmodell til Unique Inventions før Ballistic kom. Razor brukes i dag av flere landslagsutøvere fra flere av de beste nasjonene.



Figur 43 - Kjelken Razor fra kanadiske Unique (Uniqueinventions.com/razor)

Videre i denne deloppgaven vil et målflagg dukke opp i margin ved holdepunkter der en prinsippstruktur er valgt, eller en deløsning er ferdig.



Figur 44 - Målflagget symboliserer at en prinsippstruktur er valgt, eller at en deløsning er ferdig

I oppgaven vil også flagg med "mer arbeid behøves" dukke opp i margin der det viser seg å være nødvendig med mer arbeid. [Teksten som omtaler det som krever videre arbeid er farget med turkis](#). Disse oppsummeres til slutt i denne deloppgaven under *Videre arbeid*.



Figur 45 - Symbolet som brukes i rapporten for å antyde hvor mer arbeid behøves

Det vil jevnlig refereres til produktkrav videre i denne rapporten. Disse vil refereres til med parentes og nummerering, eks: (PK 2.1), og kravene det refereres til finnes i utbrettarket på venstre side.

Ved evaluering vil egenskapene som er viktigst for valg markeres med gul bakgrunn.

8.1 Konseptutvikling

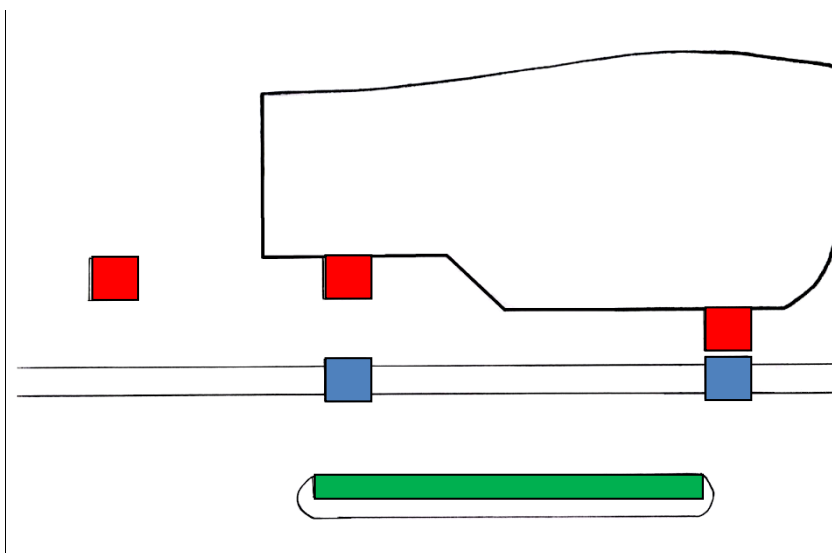
Siden understellet består av flere deler, og utformingen av hver av disse er svært avhengige av hverandre, var det hensiktsmessig å dele inn konseptutviklingen i to faser;

Fase 1. Etablere *grunnstruktur*

Fase 2. Med utgangspunkt i *grunnstrukturen*, finne *prinsippstrukturer* på de ulike delkomponentene og igjen sette disse sammen til en fullstendig *prinsippstruktur* for understellet.

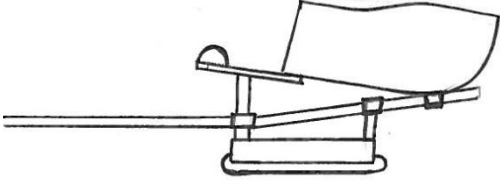
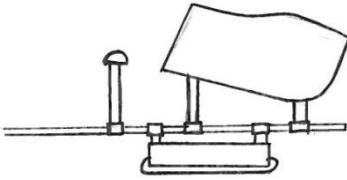

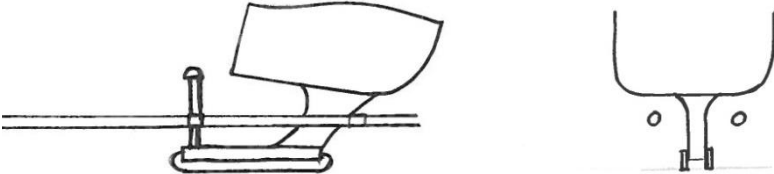
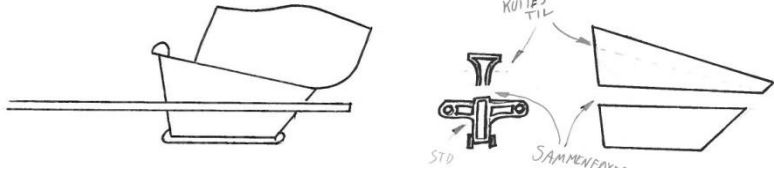
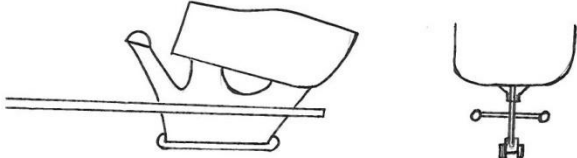
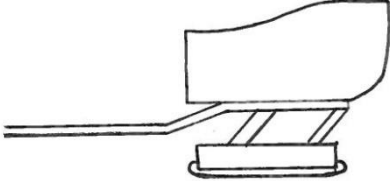
8.1.1 Grunnstruktur

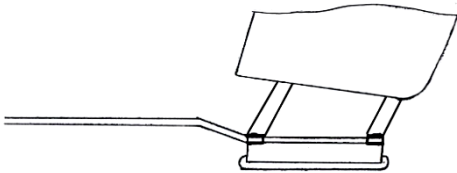
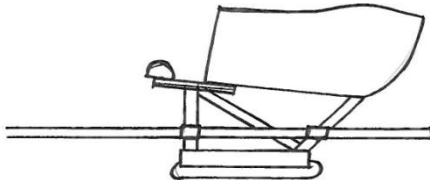
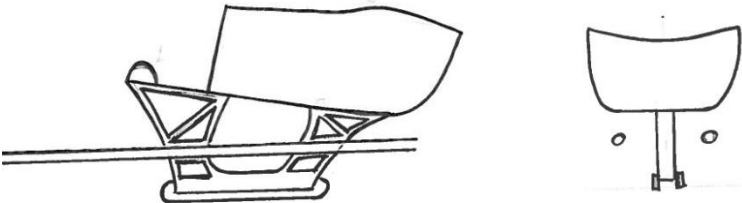
Til å begynne med ble funksjonsflater tegnet opp basert på produktkravspesifikasjonen, og også noe inspirert av dagens løsninger. Disse ble tegnet opp som et grunnlag for utforming i idégenereringen av prinsippstrukturene. Utformingen av setebunnen i tegningen nedenfor er basert på Ballistics sete (som er av dagens beste seter) som er opphøyet i fremkant, noe også løsningen i *Deloppgave 2: Setebunn og knestøtte* vil ta utgangspunkt i.



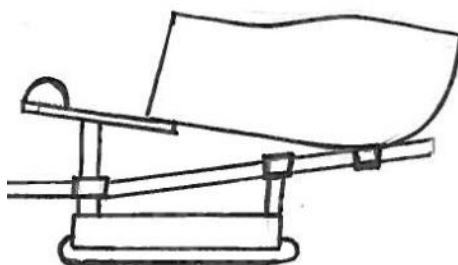
Figur 46 - Funksjonsflater for understell. Setekoblinger og knebøyekobling i rødt, rammeholdere i blått, skøytefeste i grønt

På bakgrunn av funksjonsflatene ble det satt i gang en idégenereringsfase der en stor variasjon av løsninger ble skissert, basert på dagens kjelker, andre produkter og tilgjengelig teknologi. Grunnbehovene for kjelken lå til grunn i denne idégenereringen. Tabellen nedenfor presenterer et utvalg av løsningene som kom frem.

Navn og forklaring	Illustrasjon
<p><u>1. Knekt ramme</u> Rammen brukes i stor grad som en del av understellet. Gir god støtte av bakre sete</p>	
<p><u>2. Delt</u> Enkelt å tilpasse ulike sittestillinger, rammen utnyttes som en del av understellet</p>	
<p><u>3. Høy skøytebrakett</u> Skøytebraketten når opp til ramme. Egne deler fra ramme og opp til setet</p>	
<p><u>4. Minimalistisk (kompositt)</u></p>	
<p><u>5. Kontinuerlig profil</u> - To profiler som kuttes til og sammenføyes</p>	
<p><u>6. Plate</u></p>	
<p><u>7. Ramme oppunder setet</u></p>	

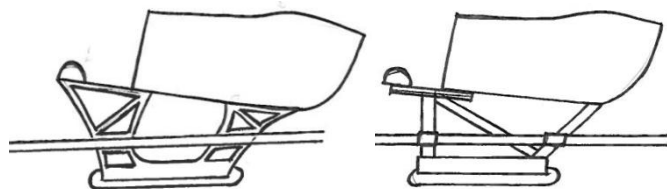
8. Ramme ned til skøytebrakett	
9. Rammeverk	
10. Vannskjært plate	

Av idégenereringen pekte prinsipp nr. 1; *Knekt ramme*, seg ut som en god grunnstruktur. Ved at rammen bøyes opp til setebunnen bak, er rammen med på å stive av setebunnen mot sideveis utbøying, samtidig som rammeholder og setefeste kan kombineres i samme del. Modifikasjonen på rammen er enkel bøying og kan gjøres under produksjonen av rammen som allerede består av tilsvarende bøyer. Rammen vil også fungere som en del av understellet og bidrar til å stive av konstruksjonen ved å tilføre triangularitet, samtidig som den fungerer som et skjold for resten av understellet mot sammenstøt på samme måte som før. På bakgrunn av dette, sammen med en "magefølelse" som sier at dette er et utgangspunkt med gode muligheter for å oppnå god respons og samtidig oppfylle de øvrige grunnbehovene for kjelken, ble prinsipp 1; *Knekt ramme*, valgt til grunnstruktur.



Figur 47 - Grunnstruktur: Knekt ramme

Prinsipp 9; *Rammeverk*, og 10; *Vannskjært plate* ble også tatt med videre som mulige løsninger for bærende struktur som passer til grunnstrukturen.



Figur 48 - To løsninger for bærende struktur som kan benyttes til grunnstrukturen

8.1.1.1 Raffinering av grunnstruktur

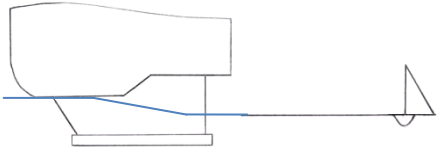
Det er tidligere beskrevet at det ikke vil arbeides med å utvikle en ny ramme i sin helhet i dette prosjektet, da rammen ikke har direkte innvirkning på respons. Derfor vil rammen til Proff brukes til den nye kjelken. I grunnstrukturen vil imidlertid understellet utformes slik at det er nødvendig med noen modifikasjoner på rammen.



Figur 49 - Rammen til Proff brukes, med noen modifikasjoner, videre som ramme til den nye kjelen (Foto: Emil Kjærnli)

Videre følger en raffinering av grunnstrukturen ved å bruke formvariasjon. Prinsippet ble stegvis evaluert og deretter forbedret ut fra evalueringene.

Navn og forklaring	Illustrasjon	Evaluering
1. Enkelt knekk, fremfor understell		÷ Knekk foran fester gir kritisk punkt på rammen ÷ Fremre og bakre kobling, samt setet heves og senkes om rammen justeres i x-retning (PK 6.3)
2. Enkelt knekk, mellom understell		÷ Bakre kobling og setet heves og senkes om rammen justeres i x-retning (PK 6.3)

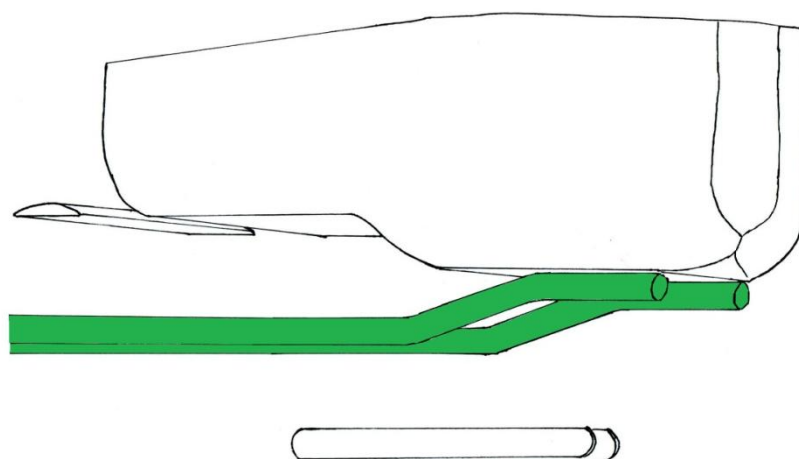
3. Dobbel knekk		<p>+ God støtte av setet (PK 1.3) + Ramme kan justeres noe i x-retning uten å heve setet (PK 2.2, 6.3)</p> <p>÷ Begrenset justering av ramme i x-retning --> Det kan lages to rammestørrelser, eller skreddersydd knekkplassering (PK 2.2)</p>
------------------------	---	--

Resultatet av formvariasjonen er en ramme som går inn under setet, gjennom første rammeholder, for så å knekke opp mot setet, og knekker tilbake til horisontalt retning ved bakre rammeholder. På denne måten kan lengden på rammen justeres i x-retning uten at setet, eller rammeholderne heves eller senkes. Rammen må leveres i to høyder (115 og 150 mm oppunder setet) for å oppfylle produktkravet for setehøyde (PK 2.3). Den høye versjonen må komme i to - tre ulike lengder mellom fotbøyle og knekk for å oppfylle kravet til rammelengde (PK 2.2).



Figur 50 - Den høye rammen må leveres i flere størrelser der "knekkene" er plassert i ulik avstand fra fotbøyle

Grunnstrukturen ser dermed slik ut:



Grunnstrukturen er etablert

Figur 51 - Grunnstrukturen

Figuren over vil følge med resten av oppgaven og oppdatere seg ettersom de ulike delene blir utviklet. Siste del som utvikles vil markeres med grønt.

8.1.2 Prinsippstruktur for rammeholdere og setekoblinger

Etter at grunnstrukturen var skissert, ble prinsippstrukturer på enkeltdelene utviklet basert på valgt grunnstruktur med inspirasjon i løsningene som finnes i dag og fungerer godt. Disse ble igjen satt sammen til helhetlige prinsippstrukturer.

Rammeholder var første del til å bli laget prinsippstruktur av, da denne er en kritisk del for utformingen av resten av understellet. Grunnstrukturen gjør det mulig å kombinere bakre setekobling og rammeholder til en og samme del. For å oppnå dette må en kombinert del for rammeholder og setekobling utvikles. Dersom en identisk del blir brukt til samtlige setekoblinger, rammeholdere og i tillegg til knestøttekobling, vil produksjonskostnadene gå ned og montasje og reparasjoner blir enklere. Derfor vil det tilstrebes å utvikle disse til å bli en kombinert og universell del.

Grunnbehovene er bakgrunnen for genereringen av prinsipløsninger og de spesifikke produktkrav som må tas hensyn til ved generering av løsninger for rammeholdere og setekoblinger er:

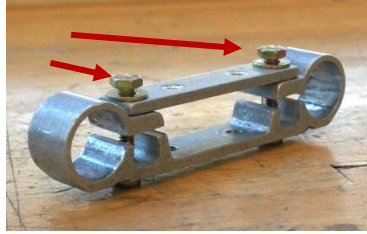
1.1, 1.2, 1.3, 1.4	2.2	3.1, 3.2, 3.3	4.1, 4.2	5.1, 5.2	6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7	7.2	8.1
-----------------------	-----	------------------	----------	----------	------------------------------------	-----	-----

Delfunksjoner som rammeholdere og setekobling må oppfylle følger nedenfor:

- D2.1. *Holde ramme fast i en posisjon*
- D2.2. *Tillate ulik plassering av ramme i lengderetning (x-retning)*
- D2.3. *Kobles til setet/knestøtte*
- D2.4. *Kobling til understellet*
- D2.5. *Forbindelse mellom rammen og understellet med tilstrekkelig stivhet og styrke for sammenstøt*

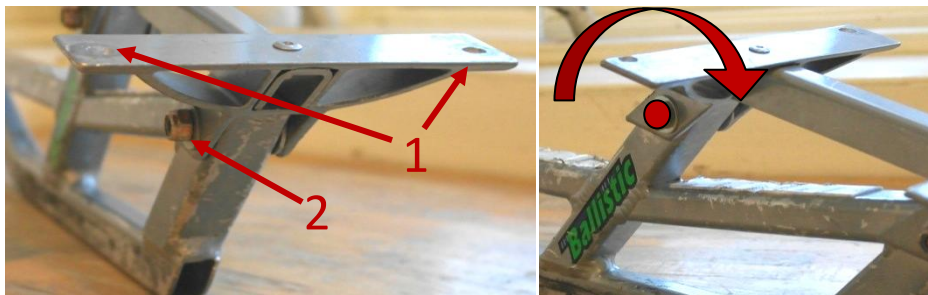
8.1.2.1 Inspirasjon

Til å begynne med ble det tatt utgangspunkt i rammeholdere og setekoblinger som finnes i dag, og som fungerer godt.



Figur 52 - Razor rammeholder

Razors rammeholder holder fast rammen ved å skru til skruer som klemmer sylindre fast rundt rammerørene, og rammen holdes dermed fast ved friksjon. Rammelengden justeres enkelt ved å løsne skruen og skyve rammen frem eller tilbake. Rammeholderen er i aluminium kvalitet 6061 T6. Geometrien tyder på at de er produsert ved ekstrudering, vannskjæring, wireekstrudering eller lignende. Materialet gjør at den har lav vekt og ikke ruster.



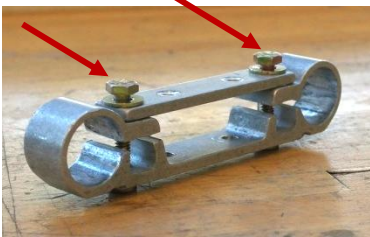


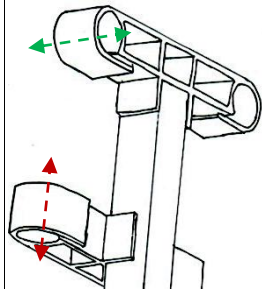

Figur 53 - Setekobling Ballistic. 1: feste til setet, 2: feste til bærende struktur

Ballistics setekobling gir god støtte av setet, og strukturen er tilstrekkelig sterk til å unngå utbøying ved utføring av svingbevegelser. Setekoblingen festes til den bærende strukturen med en skrue i y-retning (pil 2, Figur 53) gjennom den bærende strukturen. Denne festemåten gjør at setekoblingen kan rotere relativt til den bærende strukturen om bolten. Setekoblingen er produsert på samme måte som Razors rammeholdere.

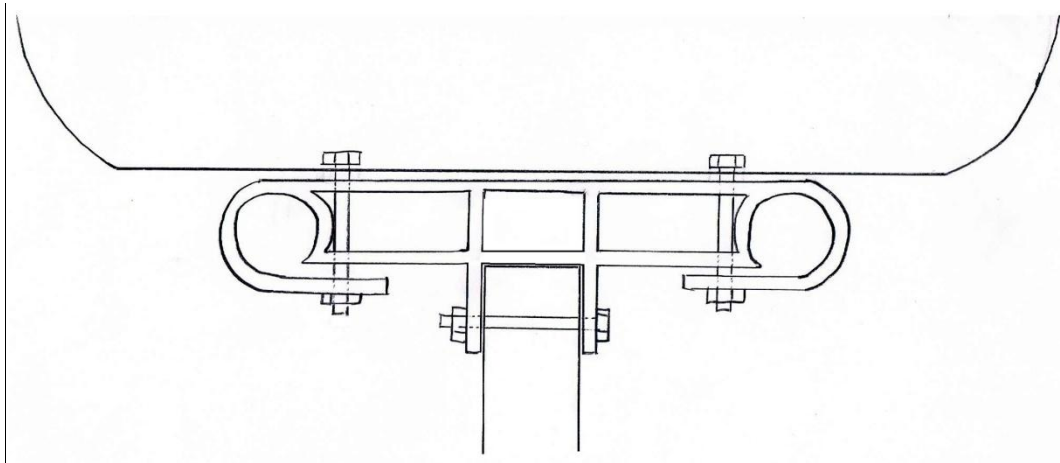
Siden Razors rammeholder og Ballistics setekobling er løsninger som fungerer godt i dag, vil disse bli brukt som utgangspunkt for utviklingen av en ny rammeholder og setekobling (videre vil den kombinerte rammeholderen og setekoblingen bli omtalt generelt som rammeholderen, men der den brukes til setekobling vil den omtales som kobling til setet, selv om det fortsatt er snakk om samme del). Under beskrives hvordan de ulike delfunksjonene til rammeholderen oppfylles ved å bruke dagens løsninger, og hvilke som trenger ytterligere idégenerering.

Grønn skrift angir løsning som kan brukes direkte, oransje skrift angir løsning som har funksjonen på plass, men det behøves endring i utforming, og rød skrift angir løsninger som må raffineres eller nyutvikles.

Tabell 6 - Delfunksjoner for rammeholder/setekobling

Delfunksjon	Prinsipløsning	Illustrasjon
<p>1. Holde ramme fast i en posisjon</p>	<p>Bruker Razors løsning: Press og friksjon</p> <p>Løsning kan brukes direkte</p>	
<p>2. Tillate ulik plassering av ramme i lengderetning</p>	<p>Bruker Razors løsning: Press og friksjon løsnes og strammes med skrue</p> <p>Løsning kan brukes direkte</p>	
<p>3. Kobling til setet</p>	<p>Løsningen på Ballistics setekobling brukes som utgangspunkt, der skruene for sammenklemming av rammeholder også fester setet</p> <p>Funksjonen er på plass, endringer i utforming behøves</p>	
<p>4. Kobling til understellet</p>	<p>Løsningen på Ballistics setekobling brukes som utgangspunkt</p> <p>Denne løsningen må raffineres for å kunne passe alle posisjoner</p>	
<p>5. Hovedstruktur med tilstrekkelig styrke</p>	<p>Razors rammeholdere og Ballistics setekobling har tilstrekkelig styrke, disse geometriene vil brukes som utgangspunkt</p> <p>Funksjonen er på plass, endringer i utforming behøves</p>	

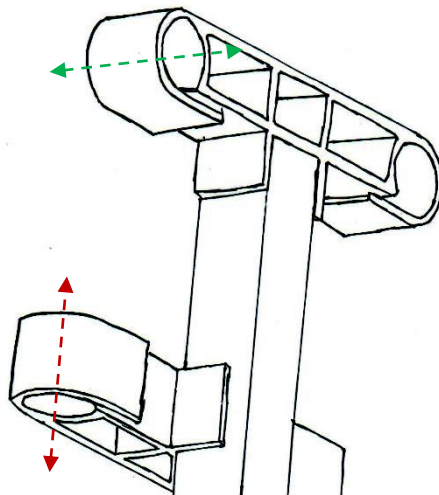
Ved å sette sammen disse løsningene ser den foreløpige prinsippstrukturen ut som illustrert nedenfor.



Figur 54 - Foreløpig prinsippstruktur for kombinert rammeholder og setekobling

8.1.2.2 Raffinering av prinsippstruktur

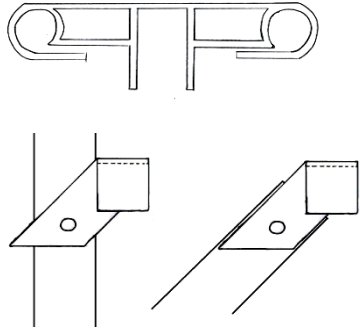
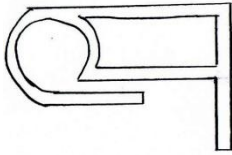
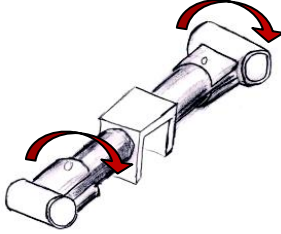
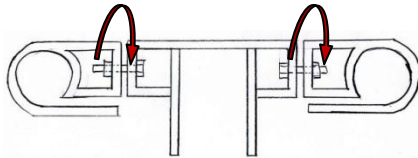
For del funksjon 4; *Kobling til understellet* er det nødvendig med en raffinering av prinsipløsningen. Det er ønskelig å lage en del som er mest mulig lik og passer like godt til alle stedene den skal brukes.



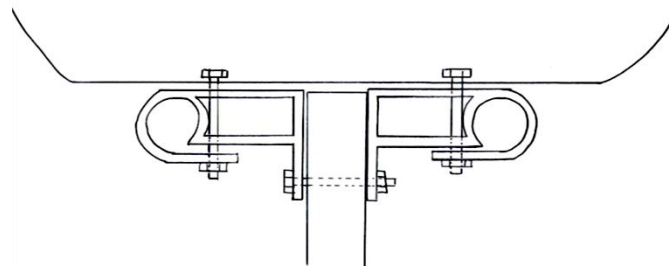
Figur 55 - Foreløpig løsning må modifieres på grunn av at fremre rammeholder er vridd 90° i forhold til setekoblingene. Grønn pil betyr at retningen på rammeholder samsvarer med retning på rammerøret, rød pil betyr at retningene ikke samsvarer.

Rammeholderne mot setet er plassert i toppen av bærende struktur, noe som gjør at disse kan henge sammen på oversiden. Fremre rammeholder kan derimot ikke gå tvers over i overkant og blir en utfordring for å kunne bruke identisk del alle steder (Figur 55). Det ble utført en idégenerering for å finne løsninger for denne utfordringen:

Tabell 7 - Ulike løsninger for kobling mot bærende struktur. (Påminnelse: Ved evaluering vil egenskapene som er viktigst for valg markeres med gul bakgrunn)

Forklaring	Illustrasjon	Evaluering
<p>1. Uendret profil, skrå sett fra siden figuren viser profilen sett bakfra, og fra siden påmontert på stag i ulike vinkler</p>		<p>+ Passer alle posisjoner uten variasjon (PK 6.3)</p> <p>+ Én enkelt del (PK 6.3)</p> <p>÷ Tykk plate kreves ved vannskjæring og øker prod.kostnad (PK 6.7)</p> <p>÷ Ikke direkte overføring av krefter fra ramme til den bærende strukturen (PK 1.2)</p>
<p>2. Uendret profil, oppdelt</p>		<p>+ Passer alle posisjoner uten variasjon (PK 6.3)</p> <p>+ Én enkelt del (PK 6.3)</p> <p>+ Minimalt materialbruk (PK 6.7)</p> <p>+ Liten diameter ved vannskjæring (PK 6.7)</p> <p>+ Større repetisjon av deler (PK 6.3, 6.7)</p> <p>+ Enkelt å skifte ut ødelagt del da hver side er uavhengig (PK 6.6)</p> <p>÷ utfordring med å plassere skruer for å oppnå solid kobling til bærende struktur (PK 1.2)</p>
<p>3.1. Todelt, med roterende endestykker - runde</p>		<p>+ Koblingen mot den bærende strukturen passer uansett vinkel relativt til rammen - unngår variasjon (PK 6.3)</p> <p>÷ Flere deler (PK 6.3)</p> <p>÷ Dårlig koblingsflate mot setet (PK 1.3)</p> <p>÷ Mer komplisert å produsere (PK 6.7)</p>
<p>3.2. Todelt, med roterende endestykker - flate</p>		<p>+ Koblingen mot den bærende strukturen passer uansett vinkel relativt til rammen - unngår variasjon (PK 6.3)</p> <p>÷ Flere deler (PK 6.3)</p> <p>÷ Dårlig koblingsflate mot setet (PK 1.3)</p>

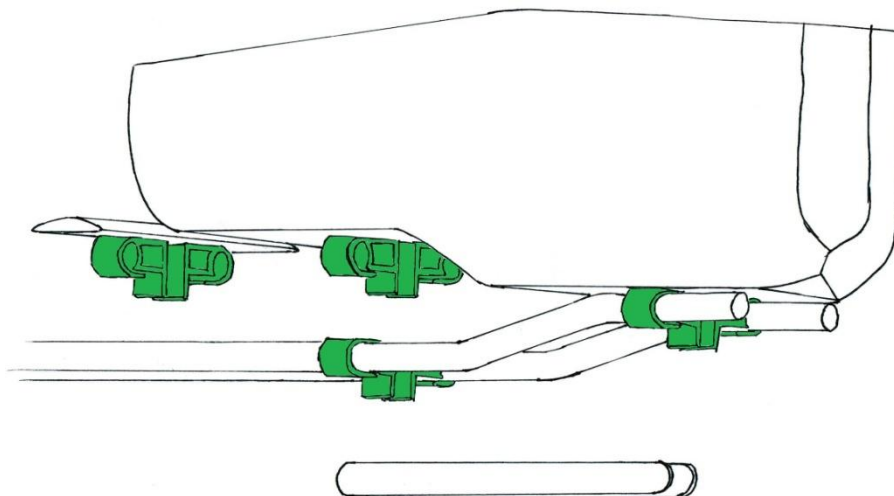
Av disse prinsipløsningene peker nr. 2; *Uendret profil, oppdelt* seg ut som beste løsning da denne vil gi god respons og vil være enkel å produsere. Denne blir derfor valgt. Utfordringen med å plassere skruer for å oppnå solid kobling til bærende struktur vil arbeides med under *Struktur og utforming*. Nedenfor er valgt prinsippstruktur for rammeholdere presentert:



**Prinsippstruktur
klar for
rammeholdere**

Figur 56 - Prinsippstruktur for rammeholder

Dermed ser foreløpig prinsippstrukturen for understellet slik ut:



Figur 57 - Foreløpig prinsippstruktur for understellet

8.1.3 Prinsippstruktur for bærende struktur og knestøtte

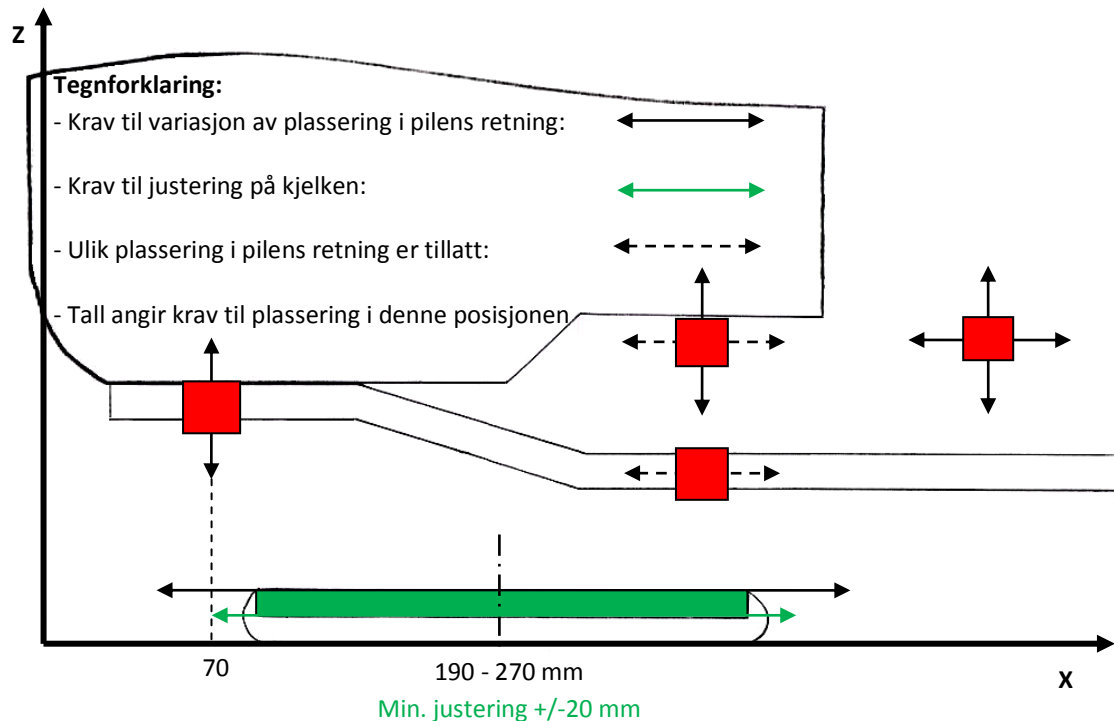
Grunnbehovene er bakgrunnen for genereringen av prinsipløsninger og de spesifikke produktkrav som må tas hensyn til ved generering av løsninger for bærende struktur og knestøtte er:

1.1, 1.2	2.1, 2.3, 2.4	3.1, 3.2, 3.3	4.1, 4.2	5.1, 5.2	6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7	7.2	8.1
----------	------------------	------------------	----------	----------	------------------------------------	-----	-----

Delfunksjoner som den bærende strukturen må oppfylle er hovedsakelig:

- D2.1. Kobling til rammeholdere; bakre setekobling, fremre setekobling, fremre rammeholder og knestøttekobling
- D2.2. Ha ulike høyder
- D2.3. Kobling til skøytebrakett

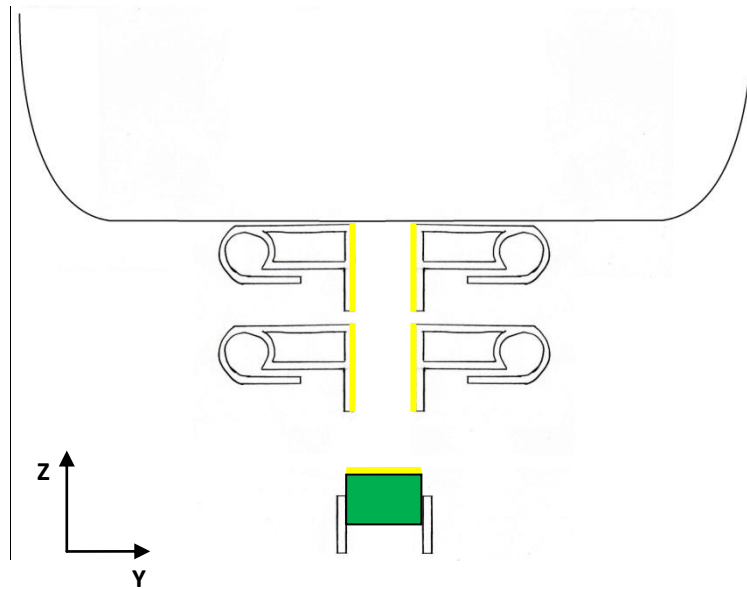
Basert på produktkrav og foreløpig prinsippstruktur for understellet, ble funksjonsflatene for den bærende strukturen tegnet opp.



Figur 58 - Funksjonsflater for den bærende strukturen. Røde bokser antyder plasseringen til rammeholdere. Grønn boks antyder kobling til skøytestål.

Som det fremkommer av tegningen, har bakre setekobling fast posisjon på setet i x-retning (PK 1.1), men det skal være ulike varianter av høyde (PK 2.3). Fremre setekobling kan plasseres i ulike posisjoner på x-aksen relativt til setet uten å påvirke respons, mens den skal være ulike varianter av høyde (PK 2.3). Fremre rammeholder kan plasseres i ulike posisjoner på rammen, bare den er fremfor rammeknekken. Knestøtten skal kunne plasseres i ulike posisjoner på x-aksen og z-aksen (PK 2.4). Skøytestålene skal kunne plasseres mellom 190 - 280 mm fremfor setets 0-punkt, hvorav minimum 38 mm justering skal være mulig på kjelken (PK 2.1).

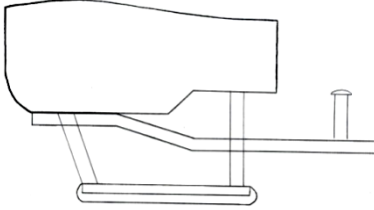
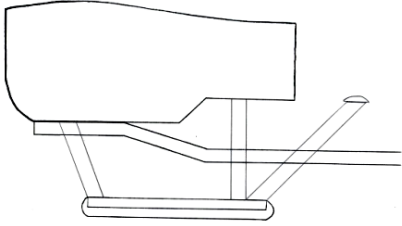
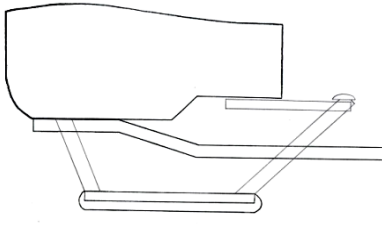
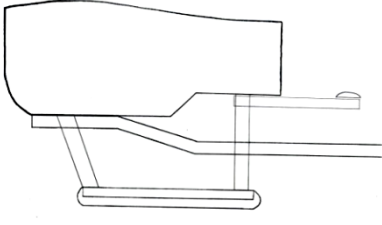
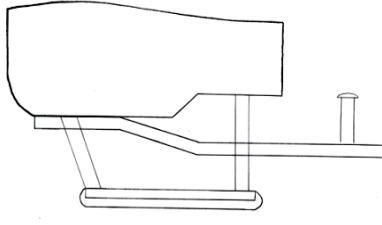
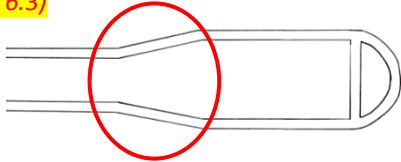
På grunn av valgt løsning for rammeholdere må den bærende strukturen ha flater i xz-planet der hvor rammeholdere skal festes. Nedenfor følger en illustrasjon av funksjonsflatene for den bærende strukturen sett bakfra.



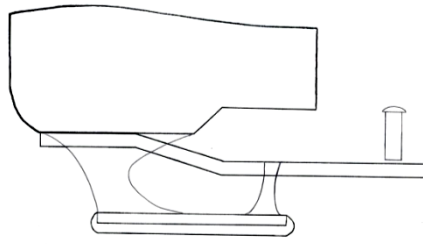
Figur 59 - Funksjonsflatene for den bærende strukturen sett bakfra. Grønn boks antyder skøytebrakett og gule bokser antyder koblingsflater til den bærende strukturen.

På grunnlag av funksjonsflatene ble det utviklet prinsippstrukturer basert på de to løsningene for bærende struktur, *Rammeverk* og *Vannskjært plate*, som ble valgt under *Grunnstruktur*. Nedenfor følger en tabell som presenterer og evaluerer disse to løsningene med variasjoner.

Tabell 8 - Prinsippstrukturer for bærende struktur og knestøtte

1. Rammeverk - Prinsipp	
	
<p>+ Lave materialkostnader ved å bruke standard firkanttrør (PK 6.7)</p> <p>+ Enkel produksjon (kapping, sveising, boring) basert på det lave volumet og den høye graden av manuell produksjon (PK 6.7)</p> <p>+ Danner trekantstruktur sammen med rammen (PK 1.2)</p>	
<p>1.1. Kobling til sete bak, foran og knestøtte</p>  <p>+ God støtte av knær (PK 1.4)</p> <p>÷ Vinkelen på knestøttestaget må komme i mange varianter, da plassering av knestøtte i x-retning varierer mye (PK 2.4, 6.3)</p>	<p>1.2. Kobling sete bak og knestøtte</p>  <p>+ God støtte av knær (PK 1.4)</p> <p>÷ Vinkelen på knestøttestaget må komme i mange varianter, da plassering av knestøtte i x-retning varierer mye (PK 2.4, 6.3)</p>
<p>1.3. Kobling sete bak og foran, knestøtte på utstikker</p>  <p>+ Kun én variant (høy versjon) produseres og kuttes ned til ønsket høyde, knestøttens lengdeplassing justeres på kjelken (PK 2.3, 2.4, 6.3)</p> <p>+ Rammeholder i fremre setekobling utnyttes til å koble til knestøtte, fremstikker til knestøtte kan være avkapp fra rammerørene (PK 6.3)</p> <p>+ Valgfri knestøtte</p> <p>÷ Høydejustering av knestøtte må gjøres ved å legge til deler (PK 2.4)</p>	<p>1.4. Kobling sete bak og foran, ekstern knestøtte</p>  <p>+ Enkel tilpasning av knestøtteplassering i x-, og z-, retning (PK 2.4)</p> <p>+ Valgfri knestøtte</p> <p>÷ Ekstra del mellom ramme og knestøtte (PK 6.3)</p> <p>÷ Ved kort ramme vil festepunktet til knestøtten være der rammerørene ikke er parallele, dette kompliserer knestøtten (PK 6.3)</p> 

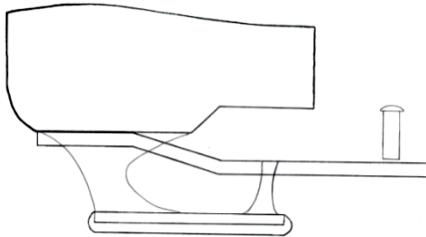
2. Vannskjært plate



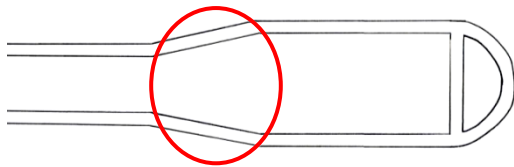
- + Mulighet for detaljert optimalisering av geometri for vektreduksjon (PK 5.1)
- + Enkelt å lage ulike størrelser, varianter og designvariasjon (vannskjæring; variasjon i programmering) (PK 2.1, 2.3, 2.4, 8.1)

- ÷ Mer arbeid kreves for å utvikle en optimal løsning sammenlignet med rammeverk-prinsippet
- ÷ Egne varianter for hver høyde er nødvendig (PK 2.3, 6.3)

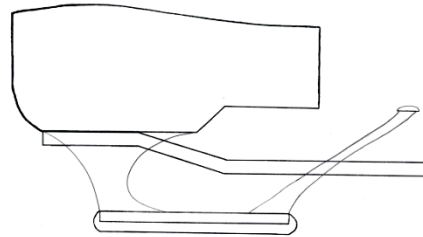
2.1. Kobling sete bak og foran, ekstern knestøtte



- + Enkel justering av knestøtte i x-, og z-, retning (PK 2.4)
- + Valgfri knestøtte
- ÷ Ekstra del mellom ramme og knestøtte (PK 6.3)
- ÷ Ved kort ramme vil festepunktet til knestøtten være der rammerørene ikke er parallelle, dette kompliserer knestøtten (PK 6.3)



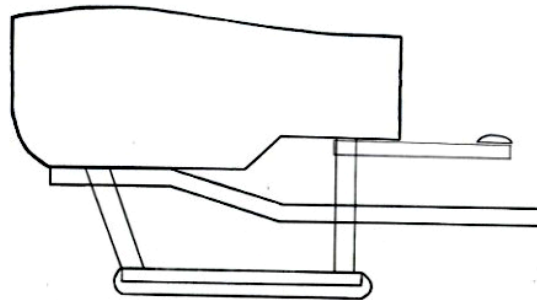
2.2. Kobling sete bak, foran og knestøtte



- + God støtte av knær (PK 1.5)
- ÷ Mange varianter siden knestøtteposisjonen varierer mye (PK 2.4, 6.3)
- ÷ Stort materialbruk ved utskjæring (PK 6.7)

Av evalueringen går det frem at prinsippstruktur 1.3; *Rammeverk - kobling sete bak og foran, knestøtte på utstikker* vil være den beste løsningen basert på at det kan lages kun én variant som kappes til ulike høyder mens knestøtten justeres på kjelken. Lave materialkostnader og enkel produksjon basert på PK 6.7 er også viktige fordeler ved denne løsningen. Det er viktig at knestøtten kan justeres i mange steg for å passe de store variasjonene av kneposisjoner, og knestøtte på utstikker peker seg ut som en god løsning da denne utnytter eksisterende deler (rammeholdere på fremre setekobling og avkapp fra rammerør). Rammeverk-

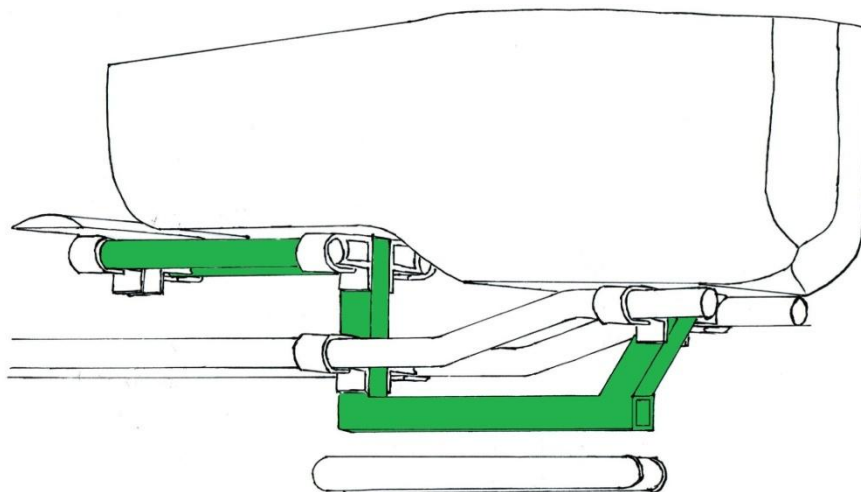
prinsippet ser også ut til å være enkleste løsning å utvikle, noe som er essensielt for valget da det er tidspress på prosjektet. I tillegg har denne løsningen mange likhetstrekk med understellet på Ballistic, slik at erfaringer derfra kan benyttes. En utfordring er å oppnå ulike høyder på knestøtten.



Prinsippstruktur klar for bærende struktur

Figur 60 - Prinsippstruktur for bærende struktur

Dermed ser foreløpig prinsippstruktur for hele understellet slik ut:



Figur 61 - Foreløpig prinsippstruktur for understellet

8.1.4 Prinsippstruktur for skøytebrakett

Grunnbehovene er bakgrunnen for genereringen av prinsipløsninger og de spesifikke produktkrav som må tas hensyn til ved generering av løsninger for skøytebrakett er:

1.2	2.1, 2.5	3.1, 3.3	4.2	5.1	6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7	7.1, 7.2	8.1
-----	----------	----------	-----	-----	------------------------------------	----------	-----

Delfunksjoner som skøytebraketten må oppfylle:

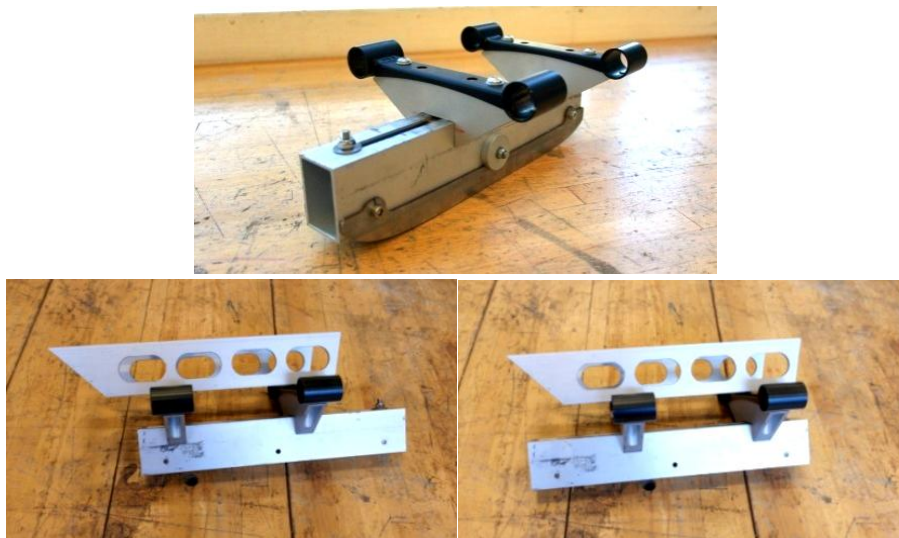
D3.1. Kobling til bærende struktur

- D3.2. *Ulike bredder (34 - 20 mm (5 mm steg))*
- D3.3. *Justering mot bærende struktur*
- D3.4. *Kobling mot skøytestål*
- D3.5. *Plan plassering av skøytestål*
- D3.6. *Presis retning på skøytebrakett langs x-aksen*

8.1.4.1 *Inspirasjon*

Til å begynne med ble det tatt utgangspunkt i skøytebraketter som finnes i dag, og løsninger ved disse som fungerer godt.

HandiNors skøytebrakett festes med en skrue som går gjennom toppen og inn i den bærende strukturen. Den bærende strukturen er laget med "ører" som går ned på siden av skøytebraketten for å gi støtte og for å gi nøyaktig plassering langs x-aksen (Figur 62). Dette fører til at både skøytebrakett og bærende struktur må byttes for å endre skøytebredden. Skøytestålene skrues fast i tre punkter, der skruene går kun gjennom veggen i skøytebraketten. Justering i x-retning oppnås ved å endre plasseringen av skrue mellom bærende struktur og skøytebraketten. Skruene som fester skøytestålene angir også plasseringen av skøytestålene og gjør at de får plan plassering.



Figur 62 - Proffs skøytebrakett koblet til resten av understellet. De to nederste bildene viser fremre og bakre posisjon av skøytebraketten

Razors skøytebrakett festes til den bærende strukturen med en vertikal skrue gjennom toppen. Skøytebraketten består av to "skall" som skøytestålene er festet til. Ulike bredder oppnås ved å bytte ut midtdelerne til ønsket bredde. De eneste delene som byttes for å endre skøytebredden er midtdelerne og skruer. Skøytestålene skrues fast i tre punkter og støtter mot en kant på oversiden som angir plan plassering. Justering i x-retning foregår ved å skyve nedre del av den bærende strukturens plassering på rammen.



Figur 63 - Razor består av to skall, og ulike bredder oppnås ved å bytte ut midtdeleren (uniqueinventions.com/replacementparts)



Figur 64 - Justering av setet i x-retning relativt til skøytestålene skjer ved å endre avstanden mellom øvre og nedre braketter (Foto: Emil Kjærnli)

Ballistics understell har en "u-form" i overkant, og festes til den bærende strukturen ved at den bærende strukturen plasseres ned i "u'en" og horisontale skruer fester dem. "U'en" gir skøytestålene rett plassering langs x-aksen. Skøytebredden endres ved å bytte skøytebrakett, som kommer i ulike bredder, men med samme bredde i overkant. Et problem med denne er at "ørene" er svake mot ytre påkjenninger, og blir lett deformert i sammenstøt. Justering i x-retning oppnås ved å endre plasseringen av koblingen mellom bærende struktur og skøytebraketten.



Figur 65 - Ballistic skøytebrakett

Utøverne på det norske landslaget ønsker å bruke de "kanadiske" skøytestålene (Unique Inventions). Derfor vil løsningen på skøytebrakett i dette prosjektet lages for å passe til disse stålene.



Figur 66 - "Kanadisk" skøytestål (uniqueinventions.com/replacementparts)

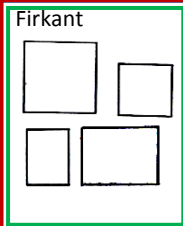
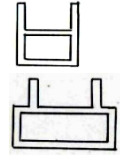

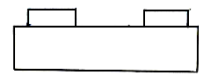
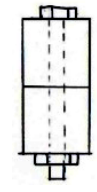
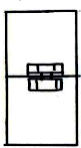
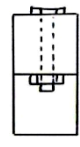
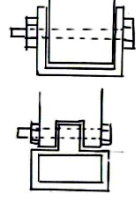
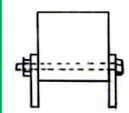
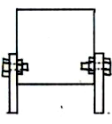
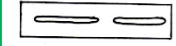
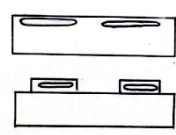
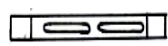

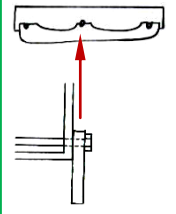
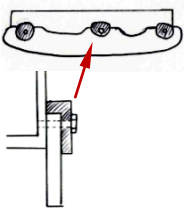
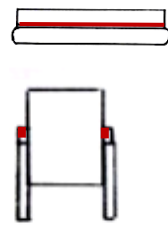
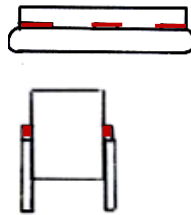
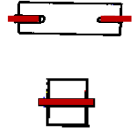
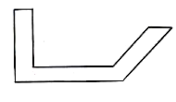

8.1.4.2 Prinsipløsninger skøytebrakett

Det ble utarbeidet mange ulike prinsipløsninger til hver av delfunksjonene for skøytebraketten. Derfor ble en morfologitabell brukt til å systematisere de ulike prinsipløsningene, og for å finne gode sammensetninger av disse til prinsippstrukturer for skøytebraketten. Nederste del av den bærende strukturen ble også vurdert i denne tabellen, da prinsipløsninger på skøytebraketten avhenger av denne delen.

Forvalgte prinsipløsninger:

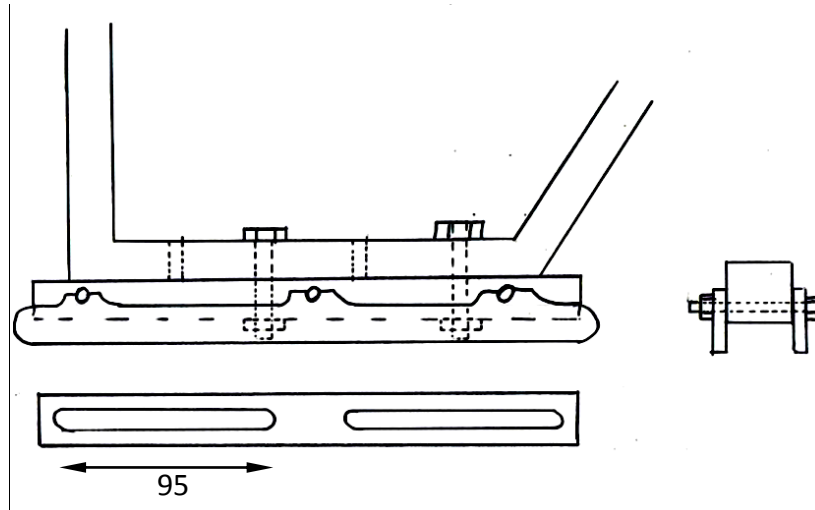
- Som koblingsmekanismer brukes skruer alle steder, da det enkelt muliggjør justering, og det fungerer tilfredsstillende i dag.
- Skøytestålene festes i tre punkter som på samtlige av dagens løsninger

Tabell 9- Røde firkanter angir *prinsippstruktur 1*, grønne firkanter angir *prinsippstruktur 2*

Delfunksjon	L1	L2	L3	L4	L5
Hovedstruktur og breddejustering	Firkant 	Utstikker U 	Utstikker tapp 	Utstikker punkt 	
Kobling til bærende struktur	Vertikal skrue tvers gjennom 	Vertikal skrue midt i rør 	Vertikal skrue gjennom bærende struktur 	Horisontal skrue 	
Feste skøytestål	Skrue tvers gjennom 	Skrue gjennom vegg 			
Justering x-retning	Skøytebrakett overside 	Skøytebrakett sideflate 	Bærende struktur overside 	Bærende struktur sideflate 	
Holde skøytestål i posisjon	Hvile mot skruer 	Skruer med støttepunkt 	Langsgående støtte 	Punktstøtte 	Innlagt punktstøtte 
Nedre del av Bærende struktur	Hel rør 	Delt 			

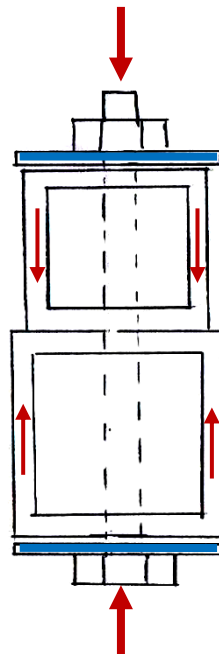
Fra morfoligitabellen ble det valgt to prinsippstrukturer til videre arbeid. Valget var i hovedsak basert på produksjonsvenlighet og enkel tilpasning, og tar erfaringer fra dagens løsninger som fungerer godt. Under følger en presentasjon av disse prinsippstrukturene.

8.1.4.3 Skøytebrakett prinsipstruktur 1; Sveist



Figur 67 - Prinsipstruktur 1; Sveist

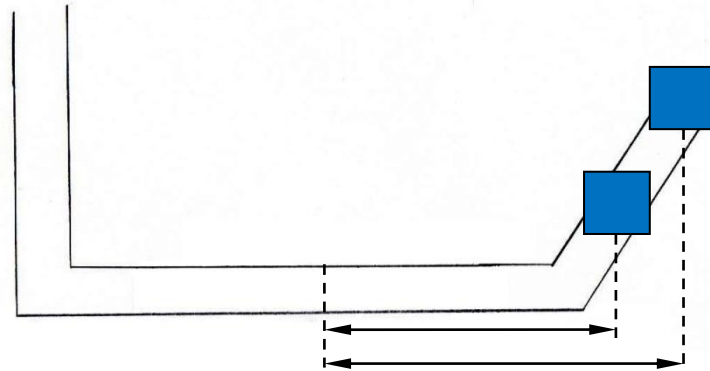
På den sveiste versjonen er den bærende strukturen sveist til én del, og er sammenhengende på oversiden av skøytebraketten. Delene kobles sammen med en vertikal skrue som går tvers gjennom skøytebraketten og den bærende strukturen. Dette anses som den sterkeste koblingen, da skruene kan kraftig forspennes mot skiver som fordeler kreftene til veggene i rørene, og gir høyt kontaktrykk mellom flatene.



Figur 68 - Skivene (i blått) fordeler kreftene slik at skruen kan strammes svært godt og gi høyt kontaktrykk mellom den bærende strukturen og skøytebraketten

Justering av skøytestålene i lengderetning oppnås ved de avlange skruehullene på oversiden av skøytebraketten, på samme måte som på Proff. Denne justeringen settes til 95 mm for å oppfylle behovene til alle utøverne på landslaget (PK 2.1). I tillegg kan ytterligere justering oppnås ved å endre plasseringen av skruehullet i den bærende strukturen. Dette vil også

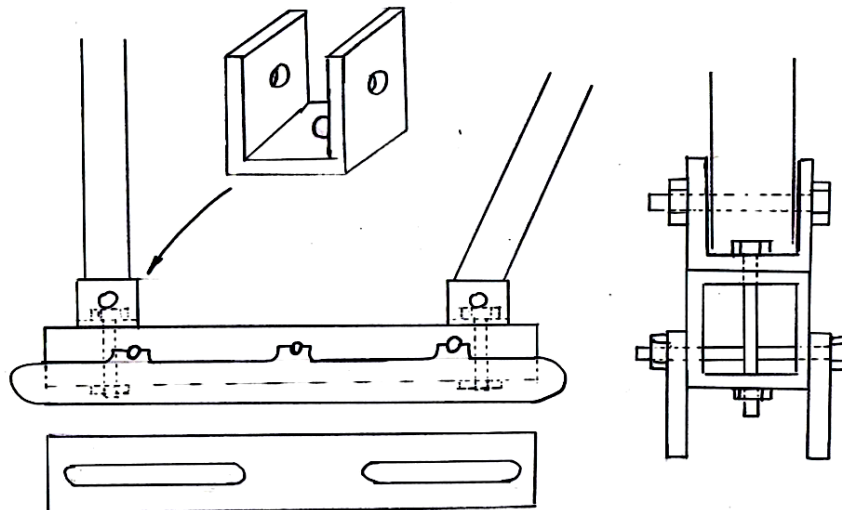
være nødvendig da utgangsposisjonen til skøytebraketten varierer med høyden på bærende struktur (illustrert nedenfor).



Figur 69 - Avstanden mellom bakre setekobling og senter av nedre stag i bærende struktur endres med setehøyden. Blå bokser antyder bakre setekobling i to ulike setehøyder

Skøytestålene plasseres plant ved å hvile mot de gjennomgående skruene som fester stålene til braketten, på samme måte som på Proff. Hovedstrukturen velges til å være firkantet, og valget av spesifikke geometrier og dimensjoner velges under *Struktur og utforming* på bakgrunn av passende rør som finnes som hyllevarer.

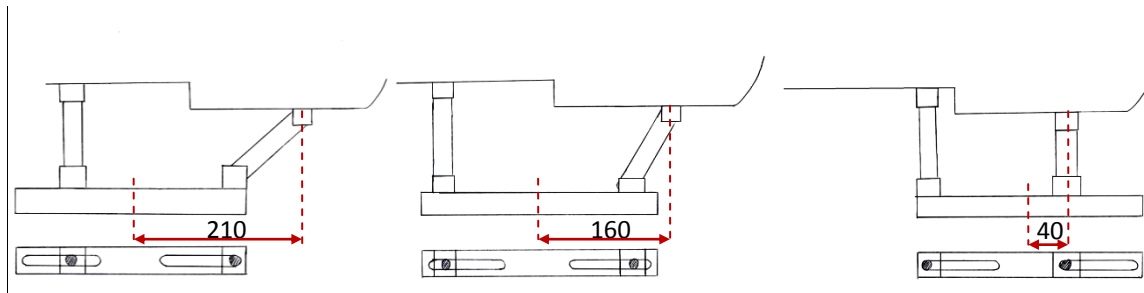
8.1.4.4 Skøytebrakett prinsipstruktur 2; Leddet



Figur 70 - Skøytebrakett prinsipstruktur 2, Leddet. U-brakett benyttes som kobling mellom bærende struktur og skøytebrakett

I den leddede versjonen består den bærende strukturen av to uavhengige stag, som festes til u-formede braketter, som igjen festes til skøytebraketten. På denne måten utnyttes skøytebraketten som en del av den bærende strukturen, og materialbruken går ned sammenlignet med den sveiste versjonen. Delene kobles sammen med en horisontal skrue mellom bærende struktur og "u-brakett", som igjen festes til skøytebraketten med en vertikal skrue som går tvers igjennom skøytebraketten på samme måte som på den sveiste versjonen. Ved at rammen bidrar til å danne en triangulær struktur i den bærende

strukturen, antas det å være tilstrekkelig med en skru kobling mellom stagene og "u-braketten". Som hovedstruktur og festemåte av skøytestål benyttes samme løsning som på den sveiste versjonen. Figurene under illustrerer hvordan justering av skøytebrakettens plasseringen vil kunne gjøres:

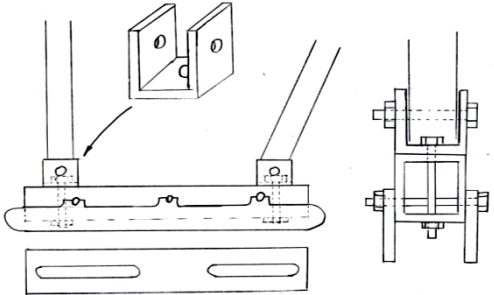


Figur 71 - Endring av skøytebrakettens plassering på prinsippstruktur 2. Bakre setekobling er hele tiden plassert på samme punkt i henhold til PK 1.1, mens plasseringen av fremre setekobling varierer.

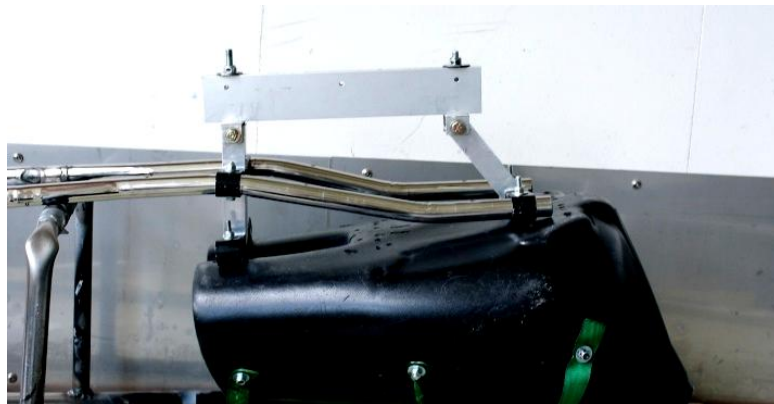
Ved at vinkelen på stagene i den bærende strukturen kan varieres, gir denne løsningen store muligheter for tilpasning av balansepunkt. Skøytebraketten har avlange hull som på sveist versjon, og ved å kombinere dette med endret vinkel av bakre stag, og forflytning av fremre setekobling i x-retning kan man oppnå mer enn 150 mm ulik plassering av skøytestålene. Dette er illustrert over. Tilpasningen som må gjøres hos produsent er da å kutte stagene i den bærende strukturen til rett lengde i forhold til ønsket høyde og plassering i x-retning mot setet.

Videre følger en evaluering av de to prinsippstrukturene opp mot hverandre og mot produktkravspesifikasjonen.

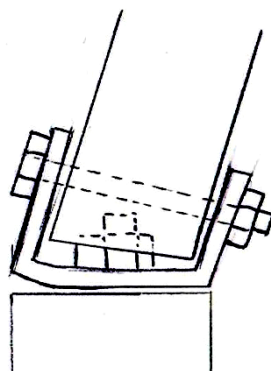
Navn og forklaring	Illustrasjon	Evaluering
1. Sveist		<ul style="list-style-type: none"> + Enkel produksjon: sveising kapping og boring (PK 6.7) + God mulighet for justering - kan ha to sett med hull i bærende struktur som tillater ytterligere vanding (PK 2.1) + Kun skøytebrakett byttes for endring av bredde (PK 6.3) + Høy stivhet og styrke ved sveising (PK 1.2)

<p>2. Leddet</p>		<ul style="list-style-type: none"> + Enkel produksjon: kapping og boring (PK 6.7) + Kun skøytebrakett byttes for breddejustering (PK 6.3) + Mindre behov for justering ved brakett siden bærende struktur kan endres (PK 2.1) <p>÷ Usikkert om u-braketten vil få utbøying (PK 1.2)</p>
-------------------------	---	--

Fra evalueringen ser *Ledd* ut til å være den mest optimale med tanke på vekt og enkel produksjon. Men fokuset ligger på stivhet og respons, og i evalueringen fokuseres det derfor på usikkerheten i stivhet. Derfor ble det nødvendig å bygge en enkel funksjonsmodell for å teste om *Ledd* vil få utbøying ved utføring av svingebevegelser. Det ble gjennomført en riggtest på denne.



Figur 72 - Funksjonsmodell av prinsippstrukturen *Ledd*

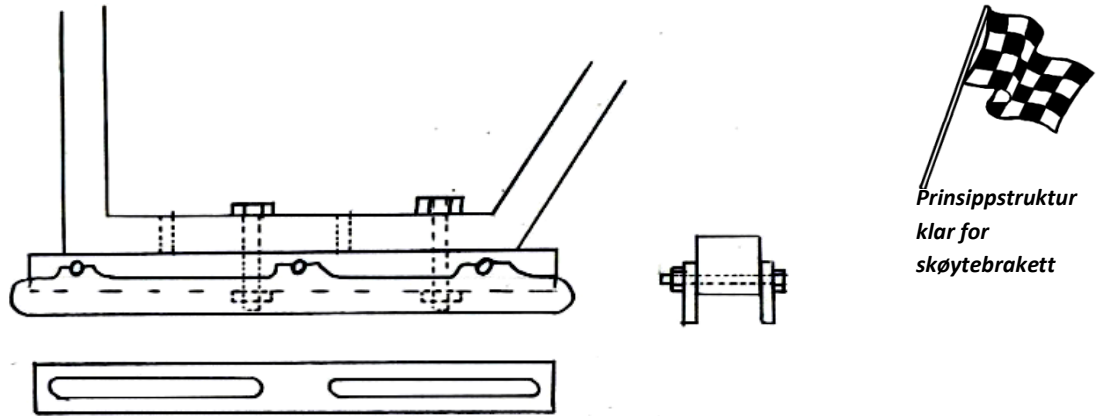


Figur 73 - Utbøying som oppstod i riggtesten

I riggtesten ble det oppdaget en betydelig utbøying i bunnen på u-braketten. Dette oppstod da all bøyemoment ble påkjent denne platen, som ikke får fordelt krefter utover i

geometrien. Det viste seg dermed at denne løsningen ikke er tilstrekkelig stiv, og Sveist ble valgt som prinsipp for skøytebraketten.

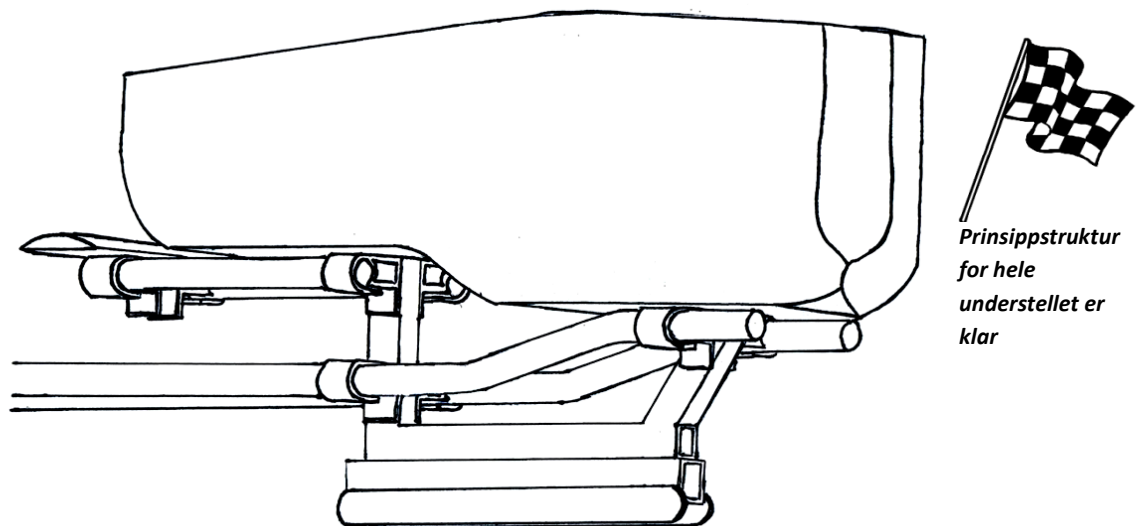
Prinsippstruktur for skøytebraketten ser dermed slik ut:



Figur 74 - Prinsippstruktur for skøytebrakett

8.1.5 Fullstendig prinsippstruktur

Dermed er det utviklet en fullstendig prinsippstruktur for hele understellet, som ser slik ut:



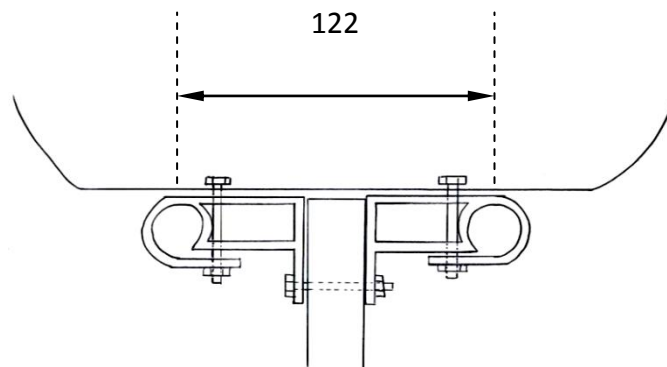
Figur 75 - Prinsippstrukturen for det nye understellet

8.2 Struktur og utforming

Med en fullstendig prinsippstruktur for det nye understellet etablert, ble delkomponentene detaljert til bygging av prototype, for så å bli ytterligere detaljert mot ferdig løsning.

Til å begynne med bestemmes noen grunnleggende dimensjoner, som må etableres som et utgangspunkt for utformingen av enkeltdelene.

Bredden mellom rammerørene settes til 100 mm (innerkant til innerkant), som er tilsvarende rammebredde som på Razor. Dette tilsvarer 122 mm mellom rammerørens senter, som er noe smalere enn dagens Proff ramme. Begrunnelsen er at dette vil gjøre avstanden mellom rammerør og bærende struktur kortere slik at rammeholderne kan bli mindre og vekt spares, og kraftoverføringen ved sammenstøt i ramme får kortere arm til bærende struktur.



Figur 76 - Bredden mellom rammerør

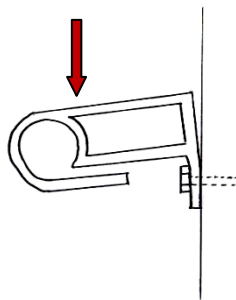
Dimensjonen på rørene i den bærende strukturen settes til 25 * 25 * 2 mm, da dette blir brukt i Ballistics understell som har lignende oppbygging, og det er en standard rørdimensjon som er billig. Prototypen vil bli bygget med disse dimensjonene, og det vil ut fra tester i lab og på is vurderes om dette gir tilstrekkelig stivhet.

Det vil tilstrebes å bruke samme skruedimensjoner og mest mulig identiske skruer for å forenkle produksjon, gjøre det lettere for montasje og for å utføre reparasjoner, og det blir færre reservedeler og verktøy å ha med på samling og turneringer (PK 6.3, 6.4, 6.5).

8.2.1.1 Rammeholdere

Med informasjonen over etablert kan detaljeringen av rammeholderne sette i gang.

Til å koble rammeholderne til den bærende strukturen brukes skruer gjennom flensen, på samme måte som på Ballistics setekobling. Dette velges da det fungerer godt i dag. Siden rammeholderen nå er delt i to, oppstår en utfordring med å få til to koblinger til bærende struktur, en i overkant og en i underkant, slik at det blir en stabil kobling som ikke får utbøying ved normale og ytre påkjenninger. Utfordringen vil hovedsakelig være fremre rammeholder, da de øvrige kobles til setet i overkant og dermed får en kobling i overkant.

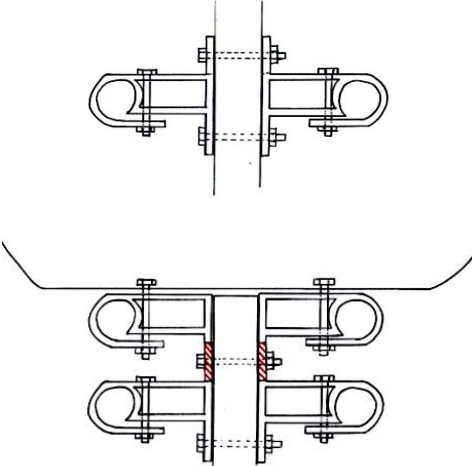


Figur 77 - Rammeholderen må kobles solid til den bærende strukturen for å unngå utbøying mellom disse delene

Det ble brukt formvariasjon for å finne løsninger på denne utfordringen:

Tabell 10 - Formvariasjon av rammeholder

Forklaring	Illustrasjon	Evaluering
<p>1. En flens - Uforandret med skrue i flens og midt i rammeholder</p>		<p>+ Lik alle steder på understellet (PK 6.3)</p> <p>÷ Kan være tungvint å komme til skrue i senter (PK 6.4)</p>
<p>2. Uten flens - Kun en skrue som festes midt i rammeholder</p>		<p>+ Lik alle steder på understellet (PK 6.3)</p> <p>+ Minimalt med materialbruk (6.7)</p> <p>+ Krever lite areal ved vannskjæring (PK 6.7)</p> <p>+ Færre skruer behøves (PK 6.4)</p> <p>÷ Usikkert om det kan bli utbøying (PK 1.2)</p> <p>÷ Kan være tungvint å komme til skrue i senter (PK 6.4)</p>

<p>3. Flens over og under</p> <ul style="list-style-type: none"> - Øvre flens kuttes om den skal brukes mot setet - Ved bruk mot setet fungerer koblingen til setet indirekte som en kobling i y-retning 		<p>+ Sikker mot utbøyning (PK 1.2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ÷ Ekstra arbeid i produksjon: Flens må kuttes etter maskinering (PK 6.7) ÷ To ulike reservedeler behøves på turneringer (PK 6.3) ÷ Øvre flens på fremre rammeholder kommer i konflikt med nedre flens på setekoblingen over ved lav seteposisjon (PK 6.4, 6.7)
---	---	---

Av disse løsningene peker løsning 2; *Uten flens* seg ut som den beste basert på produksjon, montering og vekt. Likevel er det usikkert med om det kan oppstå utbøyning mellom rammeholder og bærende struktur, og dette er knyttet til respons, som er det viktigste grunnbehovet til kjelken. For å kunne ta et endelig valg blant disse løsningene kreves det derfor mer testing og beregninger på om det ikke oppstår utbøyning ved løsning 2. På grunn av tidspress på prototypbyggingen, som følge av at ishallerne stenger for sommeren, ble disse testene utsatt til etter bygging av prototyper. Prototypene blir dermed bygget med løsning 3; *Flens over og under*, for å sikre at responsen er på plass.



8.2.1.1.1 Prototype 1

Første prototype ble laget ved å bygge om Razors rammeholdere. De ble delt i to, kuttet i rett lengde og fikk påsveist vertikale plater som skulle utgjøre koblingen mot bærende struktur.



Figur 78 - Utgangspunkt: Razors rammeholder



Figur 79 - Første funksjonsmodell av rammeholdere påmontert ramme og bærende struktur på *Prototype 1*.

Denne funksjonsmodellen fungerte godt på *Prototype 1* i riggtest og på istest. Det oppstod ingen synlig utbøying mellom rammeholdere og knestøtte, innad i rammeholdere eller mellom rammeholdere og bærende struktur (PK 1.2, 1.4). I koblingen mot setet derimot ble det observert en liten utbøying av bakre setebunnen som følge av at skruene som festet setet rammeholderne var for smalt festet (PK 1.3).

Dette problemet ble eliminert ved avstiving av setebunnen i *Deloppgave 2: Setebunn og knestøtte*, og derfor ble det ikke nødvendig å gjøre tiltak for dette i rammeholderen.

Oppsummert gav testing av *Prototype 1* gode resultater, og det tyder på at funksjonen er på plass, bortsett fra utfordringen med overlappende flenser som er nevnt lenger opp (dette problemet oppstod imidlertid ikke på *Prototype 1* da denne var bygget som høy versjon; 150 mm setehøyde).

8.2.1.1.2 Prototype 2 (Utforming og dimensjonering)

Med utgangspunkt i *Prototype 1* fulgte en videre raffinering av løsningen. Understellet til *Prototype 2* ble laget i *Lav versjon* og *Høy versjon* å få ulik setehøyde (115 og 150 mm). Til *Prototype 2* skulle det lages mer presise rammeholdere som skulle ligne mer på det endelige resultatet. Derfor ble det bestemt at disse skulle vannskjæres, og dermed var det nødvendig å fastsette geometrien og dimensjonene på rammeholderne. Med utgangspunkt i dimensjonene på Razors rammeholder og Ballistics setekobling sammen med de allerede etablerte dimensjonene på understellet ble rammeholderen dimensjonert som vist i figuren nedenfor. Rammeholderne ble modellert i CAD-, og CAE-programmet Siemens NX 8.5 (heretter omtalt som NX) for å kunne sende filer direkte til Trondheim Stål AS for utskjæring.



Figur 80 - NX-modell av rammeholder

Materiale velges til aluminium, som brukes på Ballistics setekoblinger og Razors rammeholdere. Til skruer velges M6 da det er tilsvarende som brukes på Ballistic og Razor. Det brukes sekskantskrue da det flere steder kun er mulig å komme til fra siden. Skruene vil være i rustfritt stål for å unngå rust (*PK 7.2*). Skruene som er kobling til setet kombinert med rammeklemmer plasseres slik at de kommer nærmest mulig rammeklemmene, for å få bredest mulig kobling til setet.

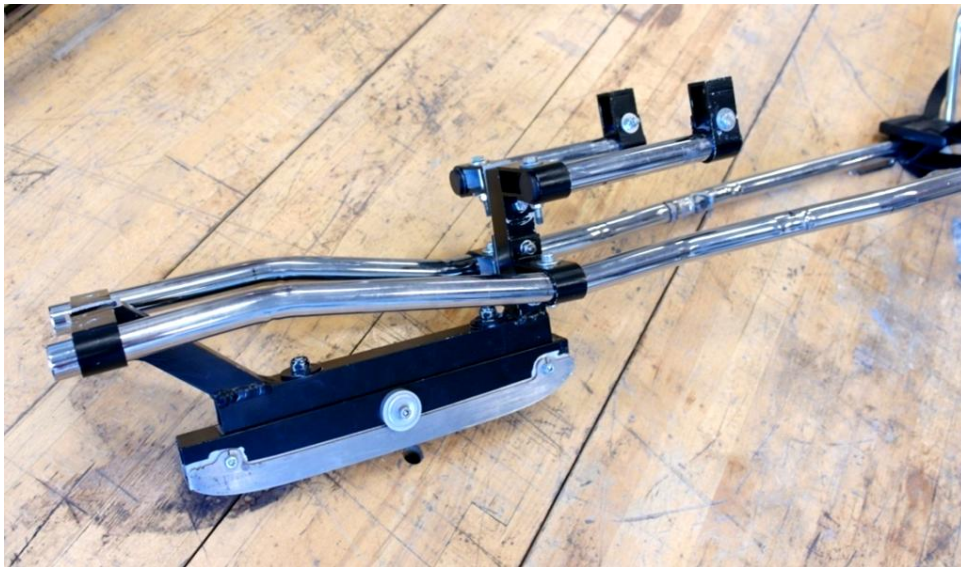


Figur 81 - Ferdig rammeholder til *Prototype 2*

Delene ble laget med flens over og under, der øvre flens ble kuttet av ved bruk til setekobling, og begge flenser ble kuttet av til bruk som knestøttekobling. Det ble boret hull i flenser og ved rørklemmer. Problemet med overlappende flens oppstod på *Lav versjon*, men ble her unngått ved å kutte til flensene slik at de gikk inn i hverandre, og begge fikk støtte fra samme skrue med skive.

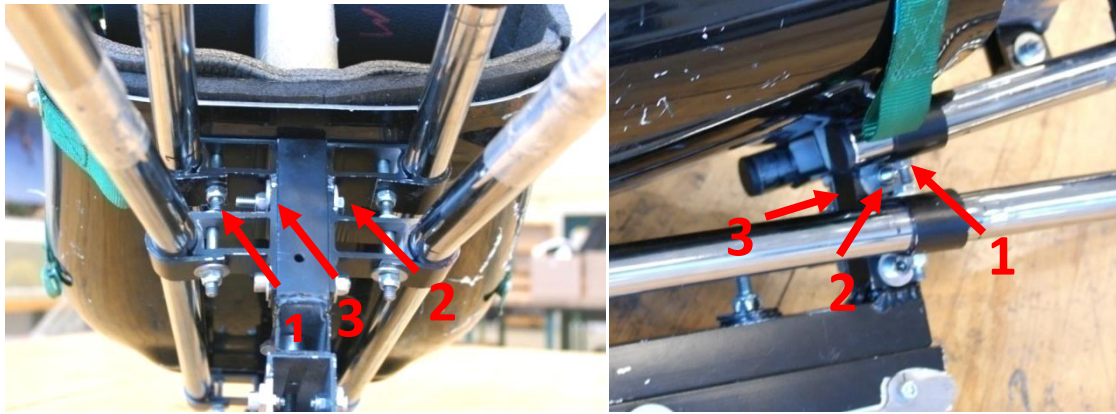


Figur 82 - Flensene på rammeholderne ble kuttet til slik at de kunne overlappe



Figur 83 - Prototype 2 - Høy versjon, med åtte rammeholdere

I test i lab og på is presterte disse rammeholderne svært godt med tanke på respons. Utfordringene var at det på *Lav versjon* var overlappende flenser og at det var trangt å komme til for å skru mellom fremre rammeholderne og fremre setekobling (Figur 84). Samtidig måtte skruene i setekoblingene (Figur 85; pil nr. 1) ikke være for lange for å unngå at de buttet imot oversiden av tilsvarende skruer i rammeholderne under.



Figur 84 - Skruer nr. 1 butter i skruen under om den er for lang, og er vanskelig å komme til. Skruer nr. 2 er vanskelig å komme til. Nedre flens i setekobling overlapper med øvre flens i rammeholder (3)

8.2.1.1.3 Funksjonsmodell med rammeholdere uten flens

For å unngå problemene med overlappende flens og skruer som er problematiske å komme til, ble rammeholderne i *Prototype 2* modifisert til *Prinsipp 2* fra Tabell 10. Fordelen med denne løsningen er beskrevet i nevnte tabell. Alle flenser ble kuttet av alle rammeholdere, og det ble boret hull midt i vegg mot den bærende strukturen. Disse ble montert på *Prototype 2*.



Figur 85 - Rammeholder uten flens

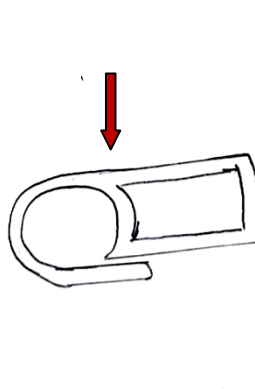
En av utfordringene med denne løsningen er at det er trangt å komme til for å skru midt inne i rammeholdere. Det fungerte imidlertid godt å bruke baksiden på fastnøkler, og rotere hele rammeholderne ved grovskruing.



Figur 86 - Ved grovskruing kan rammeholderen roteres sammen med fastnøkkelen

Det ble utført en test i rigg med dette oppsettet for å undersøke om det oppstod utbøying ved påkjenninger som kommer av svingebevegelser. Med påkjenningene som ble påført i denne testen opptrådte ikke synlig deformasjon. Eneste deformasjon som ble observert, var

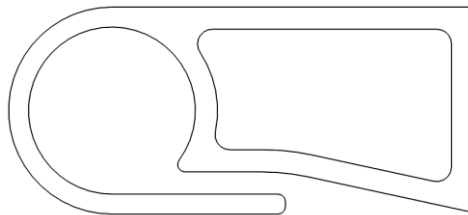
når det ble gjort en påkjenning av rammen, som gjorde at en liten deformasjon i fremre rammeholder av typen som illustrert nedenfor opptrådte:



Figur 87 - Deformasjon i rammeholder under riggtest. Utbøyingen er overdrevet i tegningen

Utbøyingen var imidlertid liten, og det krevdes stor kraft for at den skulle oppstå. Siden dette også opptrådte ved fremre rammeholder vil det ikke ha innvirkning på respons, da denne kun har som oppgave å holde rammen som igjen holder bena.

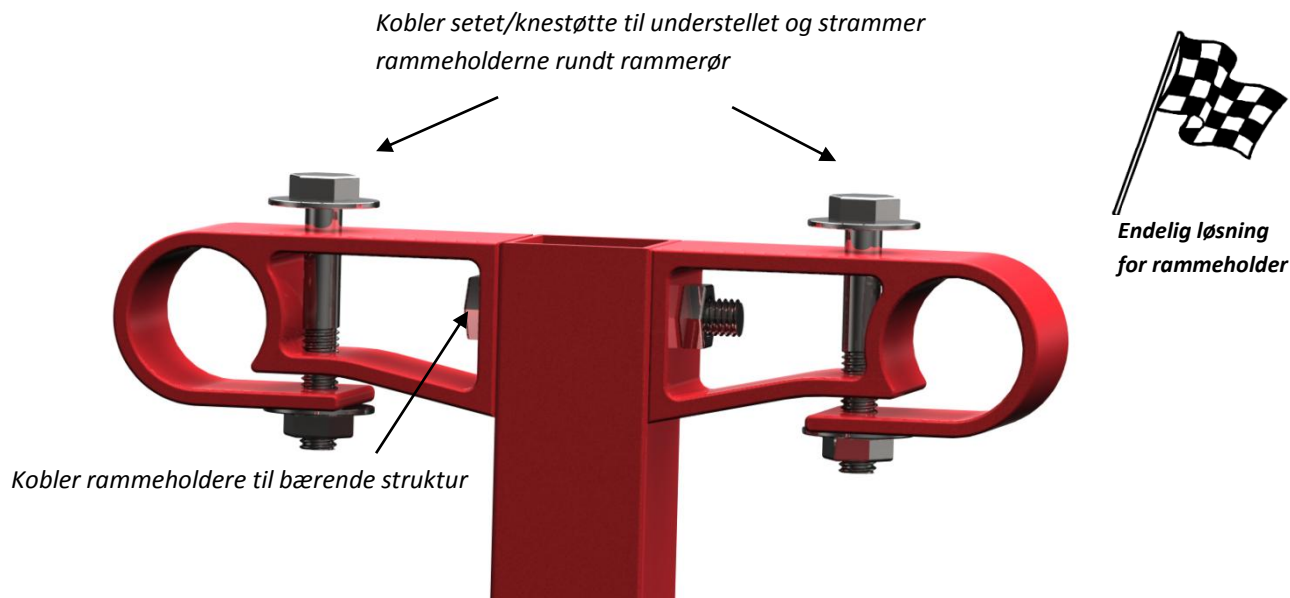
På bakgrunn av denne testen ble geometrien til rammeholderne forsterket for å kunne være uten flens, og likevel kunne motstå disse utbøyingene på en bedre måte:



Figur 88 - Endelig utforming av rammeholder

8.2.1.1.4 Presentasjon og evaluering av endelig løsning

Dermed er den endelige løsningen for rammeholderne utviklet. Nedenfor følger en presentasjon av løsningen, og en evaluering basert på grunnbehovene og produktkravene som er gjeldende for rammeholderne.



Figur 89 - Endelig versjon av rammeholder med skrått stag nede

Respons: Testing i rig og på is viser at det ikke oppstår utbøying verken innad i understellet, eller i overgangen til setebunnen eller knestøtten (PK 1.3, 1.4, 1.5).

Tilpasning: Rammelengden kan justeres ved å løsne skruene i rammeklemmene.

Sammenstøt: For å tåle påkjenningene i sammenstøt er rammeholderen laget slik at den beskyttes mot direkte sammenstøt fra rammen, ellers er den dimensjonert som Razors rammeholdere for å tåle påkjenningene som oppstår. [Testing på is gjenstår for å ytterligere validere at rammeholderne tåler påkjenningene fra sammenstøt.](#)

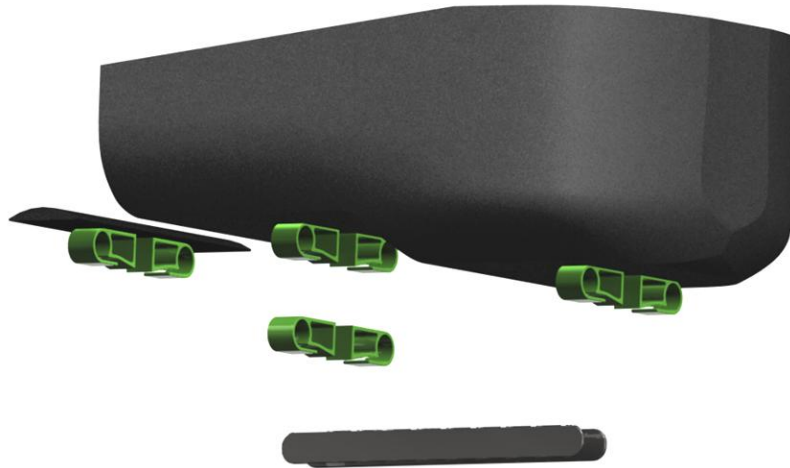
Reglement: Det er ingen spisse deler som stikker ut.

Øvrige krav:

- Produksjon, montasje og reparasjon: Rammeholderne er identiske for alle stedene de brukes på kjelken (holde ramme, støtte setet, støtte knestøtte). De produseres ved vannskjæring hos ekstern bedrift. Ved montasje hos HandiNor bores hull, og rammeholderen skrues fast til resten av understellet med sekskantskruer i rustfritt stål. Negative ting med løsningen er at noen av skruene er noe kronglete å komme til.

- Vekt: Én rammeholder veier 38 g. Det brukes åtte til hver kjelke, og inkludert skruer, muttere og skiver blir totalvekt på 420 g (560 g inkl knestøtte). Vekten som sammenlignes med dagens kjelker vil være den som er uten knestøtte, da denne ikke finnes på dagens kjelker.

Dermed ser foreløpig understellet slik ut:



Figur 90 - Foreløpig ferdig understell

8.2.1.2 Bærende struktur

Det er allerede fastslått at den bærende strukturen skal bestå av firkantør på 25 * 25 * 2 mm, der tre rør sveises sammen til en "u-struktur". Lengde på nedre stag settes til 260 mm, og vinkelen på bakre stag settes til 123°. Med dette, og sammen med justeringen på skøytebraketten, oppnås rett avstand mellom bakre setekobling og senter av skøytestål i utgangsposisjon (PK 2.1), ved oppsett med 150 mm setehøyde.

Den bærende strukturen lages i én versjon, der høyden tilsvarer maksimal setehøyde på 200 mm. Denne kappes ned til ønsket høyde (som tilsvarer mellom 200 - 100 mm setehøyde), og det bores hull til rammeholdere og skøytebrakett i forhold til hvilken høyde som velges. Som standard leveres kjelkene med setehøyde på 115 eller 150 mm. Kjelken kan også leveres i andre høyder, dette forklares nærmere under detaljering av rammen.

Som forklart under *Prinsippstruktur for skøytebraketten*, settes justeringen på skøytebraketten til 95 mm, og i tillegg kan ytterligere justering oppnås ved å endre plasseringen av skruehullet i den bærende strukturen.

Til *Prototype 2* ble det bygget en fullstendig modell av den bærende strukturen. I riggtest og istest fungerte den bra, og det var ingen utbøying å finne.



Figur 91 - Prototype 2, lav versjon

Nedenfor følger en presentasjon av løsningen, og en evaluering basert på grunnbehovene og produktkravene som er gjeldende for den bærende strukturen.

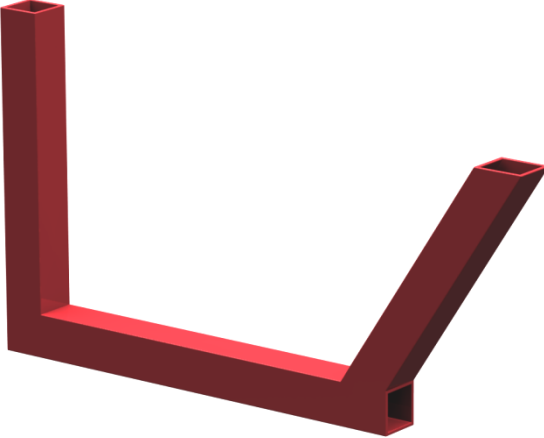
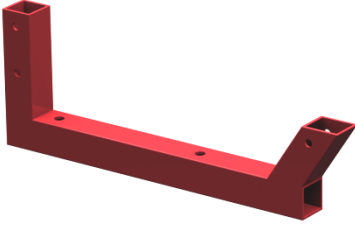
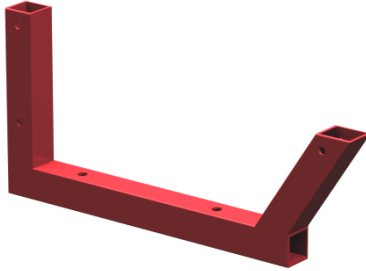
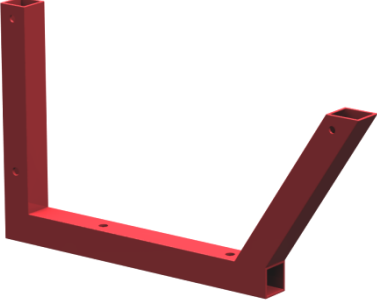


**Endelig løsning
for bærende
struktur**

Figur 92 - Endelig utforming av bærende struktur, modellert i NX

Tabellen nedenfor illustrerer hvordan den bærende strukturen produseres som en standard, som så kuttes til rett høyde, og det bores hull i forhold til hvilken høyde som velges. Plasseringen av hullene for skruene til skøytebraketten avhenger av høyden på den bærende strukturen, da horisontal avstand mellom toppen av bakre stag og senter av nedre stag endres med høyden. Endringen av hullplasseringen gjør at skøytestålene kan justeres innenfor gitte krav (PK 2.1) ved alle setehøyder.

Tabell 11 - Bærende struktur i ulike størrelser

Den bærende strukturen lages i én standard størrelse som kuttes til for å oppnå de ulike setehøydene		
		
Standard størrelse: 115 mm setehøyde	Standard størrelse: 150 mm setehøyde	Eksempel på spesialhøyde: 200 mm setehøyde
		

Respons: Tester i lab og på is tilsier at den bærende strukturen er tilstrekkelig stiv.

Tilpasning: Bærende struktur kan gi setehøyder på mellom 100 og 200 mm, som er innenfor kravet om setehøyde (PK 2.3).

Sammenstøt: Den bærende strukturen er plassert slik at den ikke er hyppig utsatt for sammenstøt, men likevel forekommer det. Den bærende strukturen er dimensjonert tilsvarende som Ballistics bærende struktur, som fungerer i dag. **Det behøves likevel mer tester for å validere at denne tåler påkjenningene fra sammenstøt.**



Reglement: Det er ingen spisse deler som stikker ut.

Øvrige krav:

- Produksjon, montasje og reparasjon: Standard rør kappes, sveises, bores og lakkeres hos HandiNor.

- Vekt: 236 g

Dermed ser foreløpig understelet slik ut:



Figur 93 - Foreløpig ferdig understell

8.2.1.3 Knestøttestruktur

I denne delen omtales strukturen som støtter under knestøtten, mens selve knestøtten omtales under *Deloppgave 2: Setebunn og knestøtte*.

Knestøtten vil, som presentert under *Konseptutvikling*, bestå av rør av samme type som rammerørene, som festes til fremre setekobling. På tuppen av disse rørene festes ytterligere to rammeholdere, og til disse festes knestøtten. På denne måten vil det være mulighet for kontinuerlig lengdejustering av knestøtten, og det er to tilgjengelige høyder. Bildene under illustrerer justeringsmuligheten på knestøttestrukturen. Som bildene viser vil det brukes rørender i plast, som brukes på Proffs rammerør i dag, for å unngå skarpe kanter.



**Endelig løsning
knestøttestruktur**

Figur 94 - Knestøtten kan få to ulike høyder ved å vri rammeholderne



Figur 95 - Lengdejustering av knestøtten

Nedenfor følger en evaluering av løsningen basert på grunnbehovene og produktkravene som er gjeldende for rammen.

Respons: Tester i lab og på is tilsier at knestøtten er tilstrekkelig stiv. Knestøtten gir støtte av knær og muliggjør ulike knevinkler.

Tilpasning: Lengdejustering ved å løsne skruene til rammeklemmene. Rørene kuttes til ønsket lengde, der knestøtteplassering 450 - 650 mm (PK 2.4) fremfor seteryggen oppnås uten at det oppstår utbøying i tester i rigg. To høyder, 40 og 75 mm, kan oppnås ved å vri rammeholderne. Ytterligere høydejustering av knestøtten vil bli diskutert mer i [Deloppgave 2: Setebunn og knestøtte](#).

Sammenstøt: Den bærende strukturen er plassert slik at den ikke i nevneverdig grad er utsatt under sammenstøt. Den er ellers dimensjonert tilsvarende som den bærende strukturen på Ballistic som er tilstrekkelig sterk.

Reglement: Det er ingen spisse deler som stikker ut.

Øvrige krav:

- Produksjon, montasje og reparasjon: Rørene er de samme som brukes i rammen, og kan enten kappes av bakenden av rammen (ved for lang ramme), eller leveres sammen med rammen. Kobling til knestøtte er to rammeholdere.

- Vekt: 202 g (gjelder rørene, rammeholderne er iberegnet med resten av rammeholderne)

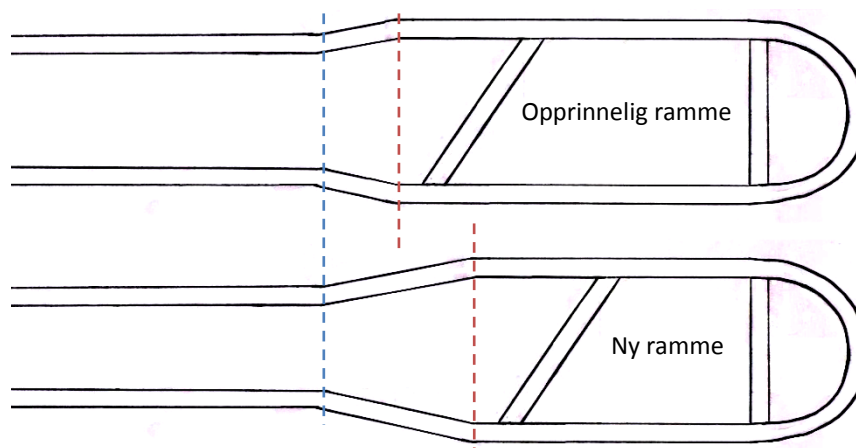
Dermed ser foreløpig understellet slik ut:



Figur 96 - Foreløpig ferdig understell

8.2.1.4 Rammeutforming

Ved utformingen av rammen tas det utgangspunkt i dagens Proff-ramme. Endringene som gjøres vil hovedsakelig være å bøye til rørene i bakre del annerledes for å oppnå ønsket geometri i forhold til understellet. Fremdelen av rammen (fotbøylen og frem) vil være lik.



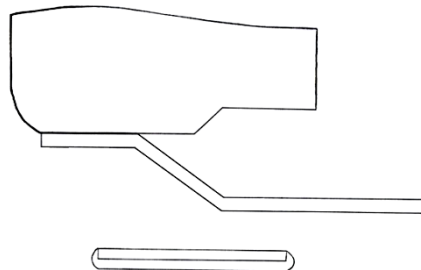
Figur 97 - Innsmalingen starter lenger fremme på den nye rammen, mens den bakre parallelle delen starter på samme punkt

Avstanden mellom rammerørene er smalere enn på den originale Proff-rammen. Det skal være mulig å plassere understellet like langt frem på rammen som før, derfor må rammerørene være parallelle fra samme sted som før. For å oppnå dette flyttes den fremste knekken som starter innsmalingen lenger frem. På denne måten havner den bakre knekken på samme sted som før, og innsmalingen har samme vinkel i knekken (Figur 97). Som en følge av dette må avstivingsstaget også plasseres lenger frem.

I produktkravspesifikasjonen er det angitt at setet skal kunne plasseres i to høydeplasseringer relativt til isen; 115 og 150 mm men at det også bør kunne tilbys flere

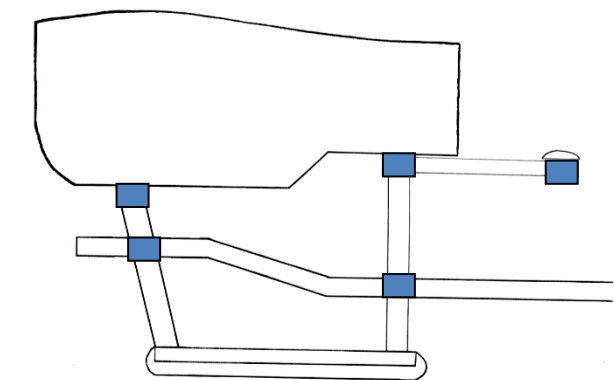
høyder mellom 100 og 200 mm (PK 2.3). Dette løses ved at rammen kommer i to standard høyder, 115 og 150 mm, som oppnås ved ulike bøyer. Utover dette kan kjelken bygges i andre høyder på to måter:

Løsning 1. Rammen leveres i flere høyder eller tilpasses til brukerens ønske. Ulempen er at dette øker variasjonen og det vil øke prisen.



Figur 98 - Eksempel på skreddersydd ramme: høy variant

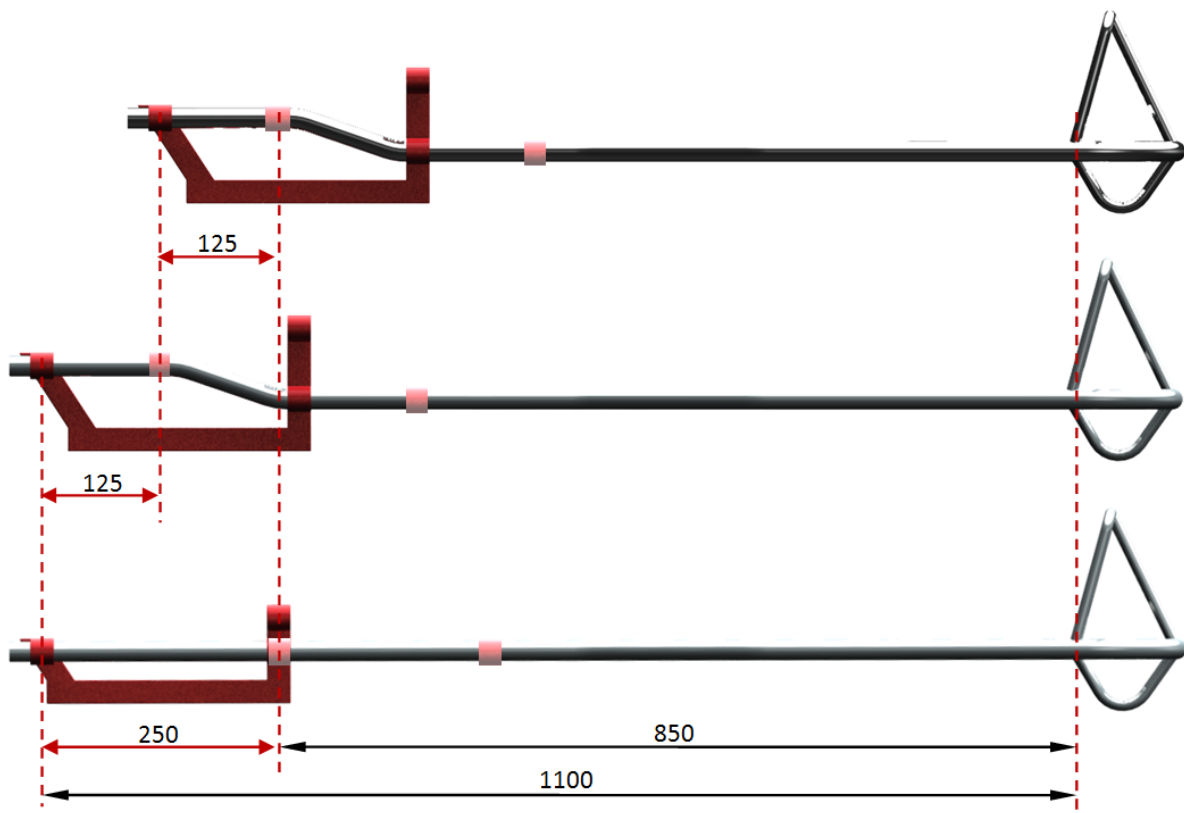
Løsning 2. Det kan tas utgangspunkt i én av standardhøydene, og så plasseres setet høyere enn rammen. Dette gjøres ved å forlenge stagene på den bærende strukturen og bruke separate rammeholdere og setekoblinger i bakkant. Ulempen ved dette vil være økt pris (men mindre enn på *Løsning 1*) på grunn av to ekstra rammeholdere, og geometrien på understellet blir mindre triangulær, noe som kan gi svakere geometri. Det antas likevel at denne reduksjonen i geometriens stivhet er minimal, og at det ikke vil resultere i økt utbøyning ved bruk av kjelken. Mer arbeid må gjøres for å validere dette.



Figur 99 - Høy variant uten å endre ramme. Blå bokser antyder plasseringen av rammeholdere. Det vil være nødvendig å legge til to rammeholdere i bakkant

Foreløpig vil de to standardvariantene med setehøyde på 115 og 150 mm dekke behovet til utøverne på det norske landslaget (Værnes 2013). Foreløpig velges *Løsning 2*, der eventuelle ønsker om andre høyder oppnås ved å tillegge rammeholdere med én av de to standardhøydene som utgangspunkt. Hvis det skulle vise seg at denne løsningen blir mindre stiv, velges *Løsning 1*.

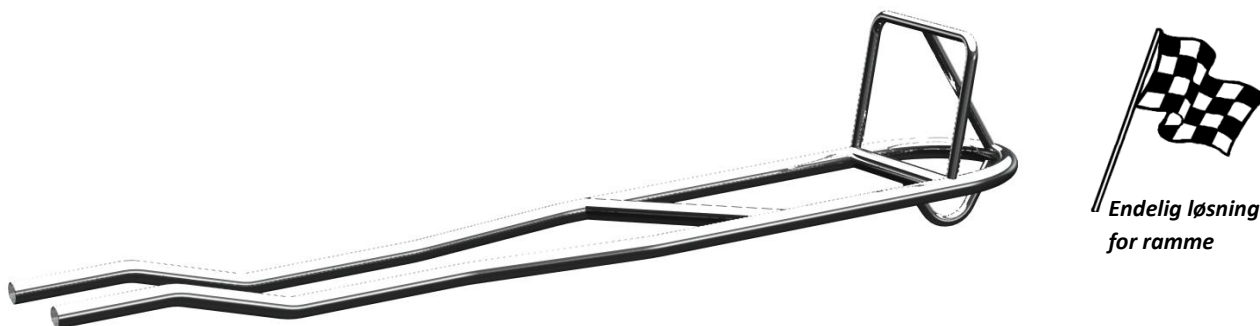
I produktkravspesifikasjonen er det bestemt at avstanden mellom seteryggen og fothviler skal kunne være mellom 920 og 1170 mm (*PK 2.2*). Dette tilsvarer en avstand mellom bakre setekobling og fothviler på 850 og 1100 mm, forutsatt at *PK 1.1* er oppfylt. Dette gir en forskjell på 250 mm. Den lave versjonen vil ha horisontal ramme, som ikke bøyes opp, og kan dermed lages som én variant som kan justeres for å oppnå hele spekteret. Denne kan justeres frem til fremste rammeholder treffer rammeknekken, og så langt bak som lengden på rammerørene tillater. På den høye versjonen, er avstanden mellom fremre og bakre setekobling på 250 mm fra innerkant til innerkant, noe som gjør at det ikke er mulig å oppnå justering på 250 mm når rammen bøyes mellom disse. Derfor vil det være nødvendig å lage den høye rammen i to størrelser. Vinkelen på knekken settes til 160°, som gjør at hver av rammene har en justering på 125 mm, og dermed oppnås samlet justering på 250 mm. Nedenfor følger en presentasjon av løsningen, og en evaluering basert på grunnbehovene og produktkravene som er gjeldende for rammen. Figur 100 illustrerer de tre størrelsene av rammen og hvordan de justeres.



Figur 100 - De tre ulike rammestørrelsene med antydte fremre (hel figur, sterk farge) og bakre (kun rammeholdere, svak farge) posisjon antydte på hver av dem. Røde piler antyder justeringsmulighet



Figur 101 - Høy versjon av ramme på *Prototype 2*, justeringsmulighet illustrert



Figur 102 - Den endelige rammen, høy versjon, modellert i NX

Respons: Rammen er med på å stive av den bærende strukturen til understellet ved å tillegge triangularitet. I tillegg er rammen med på å støtte setet i bakkant der høy stivhet er kritisk.

Tilpasning: Krav for rammelengde dekkes av varianter og justering på rammene og kan være mellom 920 og 1170 mm (*PK 2.2*). Setehøyder på 115 og 150 oppfylles, og ytterligere posisjoner mellom 100 og 200 (*PK 2.3*) kan oppnås ved å legge til ekstra rammeholdere.

Sammenstøt: Rammen er dimensjonert som på Proff, og spennes fast til understellet i samme plass som før, derfor anses denne å tåle påkjenningene fra sammenstøt.

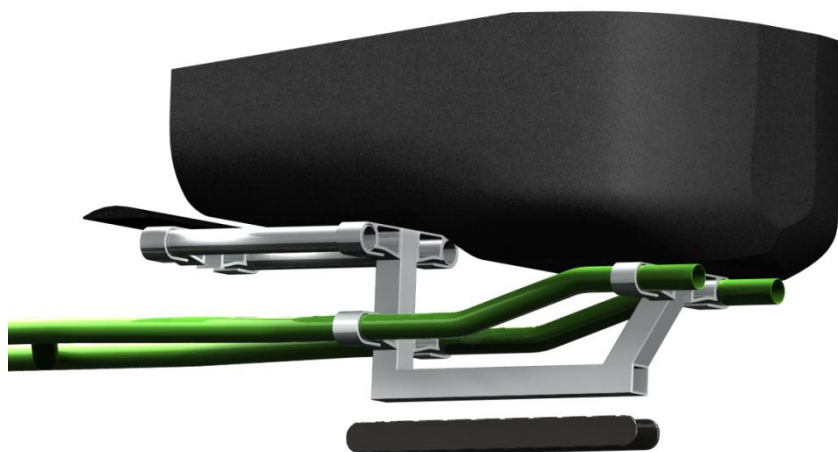
Reglement: Det er ingen spisse deler som stikker ut. Rammen holdes i 90 mm over isen, som er innenfor kravet (*PK 4.1*)

Øvrige krav:

- Produksjon, montasje og reparasjon: Rammen kommer i tre størrelser. Den produseres som før til Proff, men bøyes andre steder på rammen og det er flere bøyger på de høye versjonene.

- Vekt: 1750 g

Foreløpig understellet slik ut:



Figur 103 - Foreløpig ferdig understell

8.2.1.5 Skøytebrakett

Skøytebraketten vil ha avlange hull til skruene mot den bærende strukturen, slik at det er mulig med 95 mm justering, og ytterligere variasjon kan oppnås ved at plasseringen av skruene kan endres på den bærende strukturen.

Det er uttrykt ønske fra utøverne om å benytte kanadiske skøytestål (som benyttes på Razor og Ballistic) på kjelken da flere av utøverne mener disse er bedre enn de som benyttes på Proff. **Det trengs mer arbeid for å kunne fastslå hvilke av disse skøytestål-typene som vil fungere best på den nye kjelken.** Skøytebraketten vil imidlertid være stort sett lik uavhengig av type skøytestål, da det eneste som endres er plasseringen av skrueshullene som fester skøytestålene. Dermed presenteres den foreløpige løsningen nedenfor med oppsett for kanadiske skøytestål for å imøtekomme utøvernes ønske.



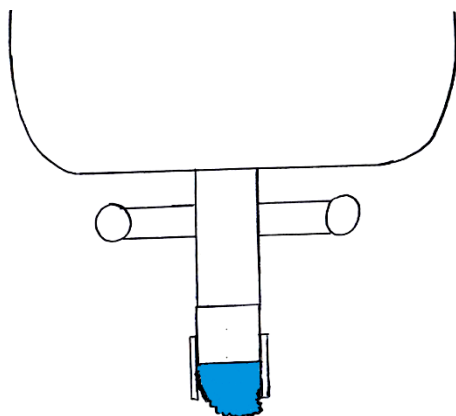
Ulik bredde mellom skøytestål oppnås ved å endre rørdimensjonene på skøytebraketten. Høyden på braketten velges til å være 30 mm for alle bredder. Størrelsene som skal være tilgjengelig velges ut fra passende rektangulære rør som er hylleware for å holde materialkostnadene nede. Størrelsene som velges er: 35*30*2, 30*30*2, 25*30*2, 20*30*2 mm (PK 2.5). Godstykkelsen på 2 mm velges da dette brukes og fungerer godt på Proffs skøytebrakett i dag.

Skøytestålene festes med gjennomgående skruer som fester begge skøytestålene. Disse skruene er M6 og lengden varierer med bredden på skøytebraketten. Skøytestålene plasseres plant ved å hvile imot skruen.

Siden koblingen mot den bærende strukturen er flate mot flate, kan de ulike skøytebrakettene produseres på samme måte, og passe til samme bærende struktur. Skruene som kobler skøytebraketten til den bærende strukturen velges til å være M8. De går tvers gjennom skøytebraketten og nedre stag på den bærende strukturen der den skrues fast

med en mutter. På begge sider brukes kraftige skiver som på skøytebraketten tilpasses valgt bredde, slik at kreftene fordeles til veggene på rørene.

Den endelige skøytebraketten ble bygget til *Prototype 2* og testet i rigg og på is. Resultatene viste at skøytebraketten og koblingen til den bærende strukturen var tilstrekkelig stiv, og gav god respons. Under istest oppstod det et problem med isansamling mellom skøytestålene. Dette var under en teknikktest på en landslagstrening og det samlet det seg opp såpass mye is mellom skøytene at det gikk ned i isen. Dette var imidlertid en test med repetert sprint i en teknikkløype bestående av mange krappe svinger i stor hastighet. Under normalt spill ellers på treningen samlet det seg også is, men ikke nok til at det var til hinder. Mulige grunner til isansamling kan være skruene som stikker ut mellom skøytestålene, eller overflaten på skøytebraketten som ikke var behandlet. Skøytebraketten til Ballistic har også en skrue som stikker ut mellom skøytestålene, uten at det er problemer med isansamling. Svee uttrykte imidlertid at da lakket på hans Ballistic skøytebrakett flasket av, pakket det seg is mellom skøytestålene med en gang. Etter å ha lakkert på nytt ble han kvitt problemet. Det er dermed naturlig å anta at mangel på lakkering er grunnen til isansamlingen, **men det behøves mer arbeid for å kunne si det med sikkerhet og gjøre tiltak for å forhindre dette.**



Figur 104 - isansamling mellom skøytestålene. Bildet til høyre viser de nedstikkende skruene og den ulakkerte undersiden

Nedenfor følger en presentasjon av løsningen, og en evaluering basert på grunnbehovene og produktkravene som er gjeldende for skøytebraketten.



Endelig løsning
for skøytebrakett

Figur 105 - Skøytebrakett 30 mm med alle skruer og skøytestål. Modellert i NX



Figur 106 - Den endelige skøytebraketten på *Prototype 2*. Her med norske skøytestål da dette ble benyttet på Prototypen

Respons: Tester i rig og på is viser at skøytebraketten og koblingen til den bærende strukturen er tilstrekkelig stiv. Dersom isansamlingen skylles skruene som kobler skøytebraketten til den bærende strukturen vil det være nødvendig med en ny løsning, som på nytt må evalueres for respons.

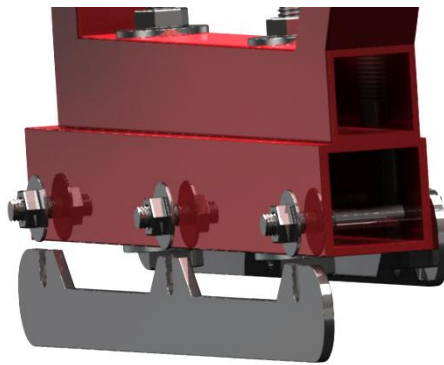
Tilpasning: Skøytebraketten byttes for å oppnå andre bredder. 35, 30, 25 og 20 mm er tilgjengelig (PK 2.5). Plassering i lengderetning justeres ved at skøytebraketten har avlange hull til kobling mot den bærende strukturen. Mulig justering er 95 mm, og flytting av skruehull på den bærende struktur ved endret høyde på denne gjør at senter av skøytebraketten kan plasseres mellom 190 og 280 mm fremfor seteryggen med alle høyder på den bærende strukturen (PK 2.1).

Sammenstøt: Skøytebraketten er dimensjonert som skøytebraketten på Proff som fungerer godt i dag. Testing for å validere dette behøves.

Reglement: Ingen utstikkende deler

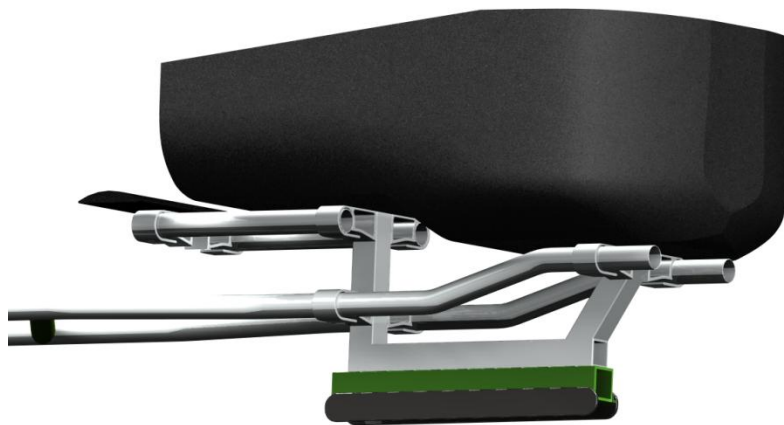
Øvrige krav:

- Produksjon, montasje og reparasjon: Produseres hos HandiNor der standard rør kappes, avlange hull freses, øvrige hull bores og skøytebraketten lakkres. Skruene som fester skøytestålene er gjennomgående, slik at begge stålene løsnes ved samme skruer, og det er lett å komme til. Dette gjør det enkelt å skru av skøytestål for sliping. Skruene er i samme dimensjon som skruene til rammeholderne. I tillegg er det valgt skøytestål med skruehull som er "åpne" i overkant, slik at en bare trenger å løsne skruene for så å "skli" skøytestålene ut.



Figur 107 - Enkel demontering av skøytestål

- Vekt på skøytebrakett: 262 g



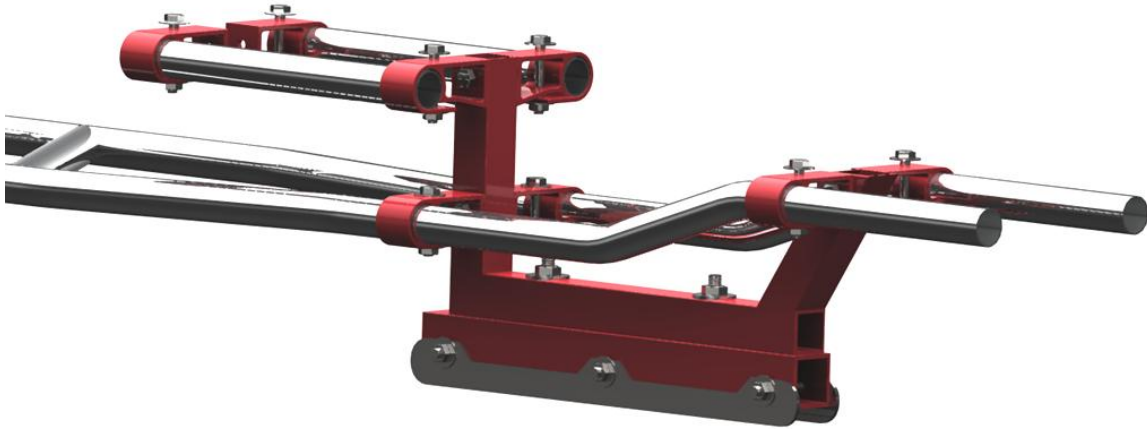
Figur 108 - Foreløpig ferdig understell

8.3 Presentasjon og evaluering av ferdig utviklet understell

Dermed har det blitt utviklet fullstendige løsninger for alle delene i understelet. Nedenfor følger en presentasjon av det ferdig utviklede understelet.



Figur 109 - Ferdig understell med sete og knebøyle påmontert. Modellert i NX



Figur 110 - Ferdig understell med alle skruer. Modellert i NX



Figur 111 - Understell til *Prototype 2* i to høyder

Videre blir resultatet evaluert opp mot produktkravspesifikasjonen i en tabell som samsvarer med produktkravspesifikasjonen. I evalueringen vil symbolene nedenfor bli brukt:

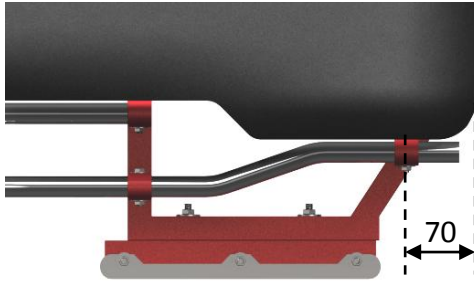
✓ = Kravet er oppfylt

≈ = Kravet er delvis oppfylt, noe mer arbeid behøves for ferdigstilling eller for å bekrefte at kravet er oppfylt

✗ = Kravet er ikke oppfylt

8.3.1 Respons

Tabell 12 - Evaluering av resulterende understell

1. Respons	
1.1. ✓	
1.2. ✓	<p>Understellet bestod av <i>Prototype 2</i>-versjoner av enkeltdelene som er beskrevet under <i>Struktur og utforming</i>.</p> <p>I riggtesten var det ingen deformasjon å se verken innad i understellet eller i koblingene til sete og knestøtte. På istesten opplevdes kjelken som fullstendig stiv, og utøverne (Værnes og Haglund) uttrykte at kjelkene responderte svært godt til svingebevegelsene. Værnes uttrykte dette: "Skøytestålene graver seg ned i isen på en helt annen måte enn før (refererer til Proff og Ballistic som han begge eier). Jeg får konkret svar med en gang jeg svinger, og kommer raskt gjennom svingen. Kjelken beveget seg jevnt gjennom hele svingen". Utøverne var i stand til å utføre krappere og raskere svinger, men trengte noe tid til å venne seg til den store kontrasten til den gamle kjelken (Proff). De sammenlignet det med å gå fra en gammel tungkjørt bil til en rallybil. Disse testene viser dermed at det nye understellet gir bedre respons enn Proff og Ballistic som i dette prosjektet brukes som sammenligningsgrunnlag.</p>
1.3. ✓	
1.4. ✓	

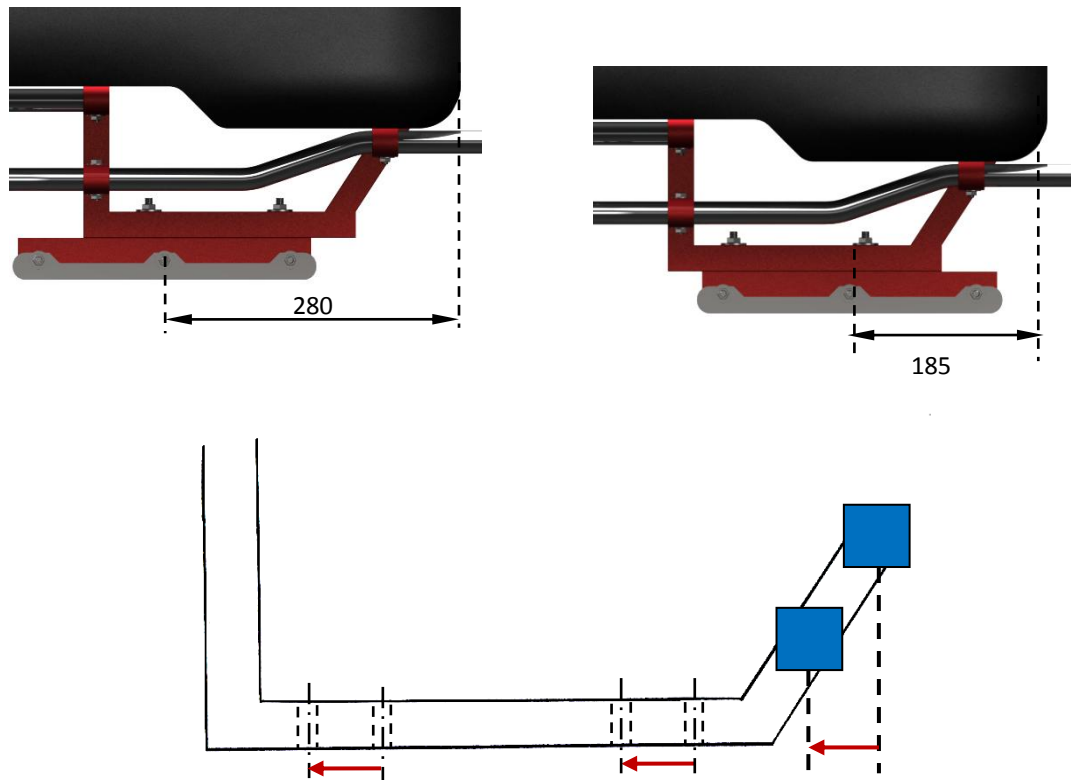
8.3.2 Tilpasning

Et av de viktigste aspektene ved understellet er at det må være tilpasningsdyktig slik at alle utøverne kunne oppnå riktig posisjon. Uten at de oppnår riktig sitteposisjon får ikke utøverne utført skikkelige svingebevegelser, og får dermed ikke utnyttet den gode responsen i kjelken.

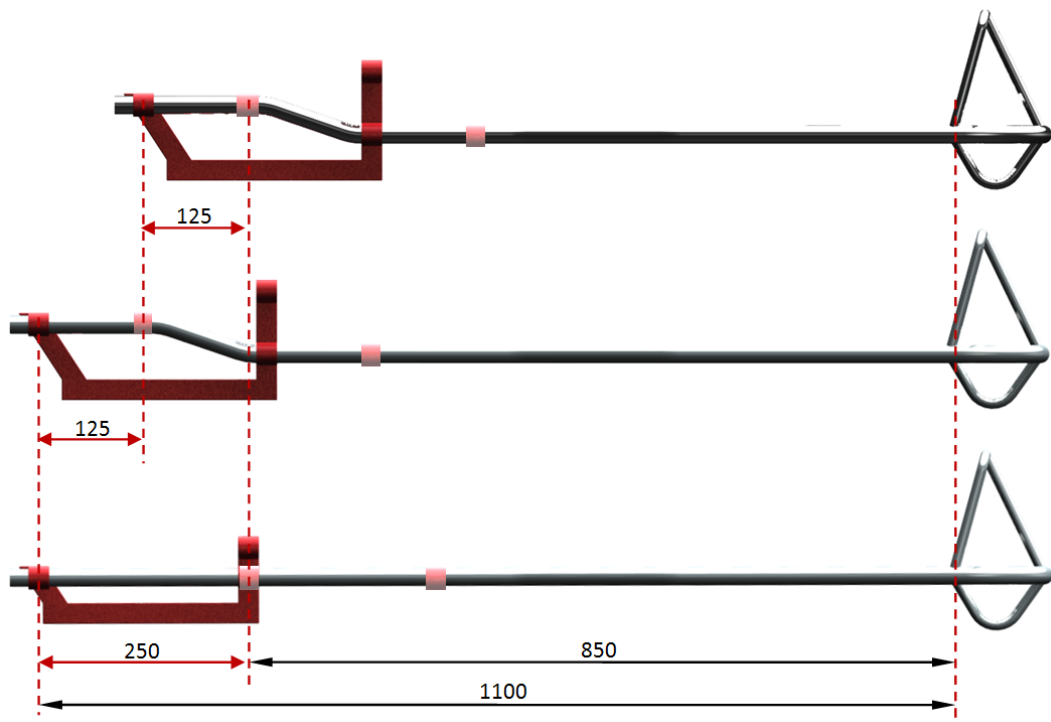
2. Tilpasning

2.1.

Justering på kjelken (Endring av hullplassering kompenserer for endret utgangsposisjon ved endret setehøyde)


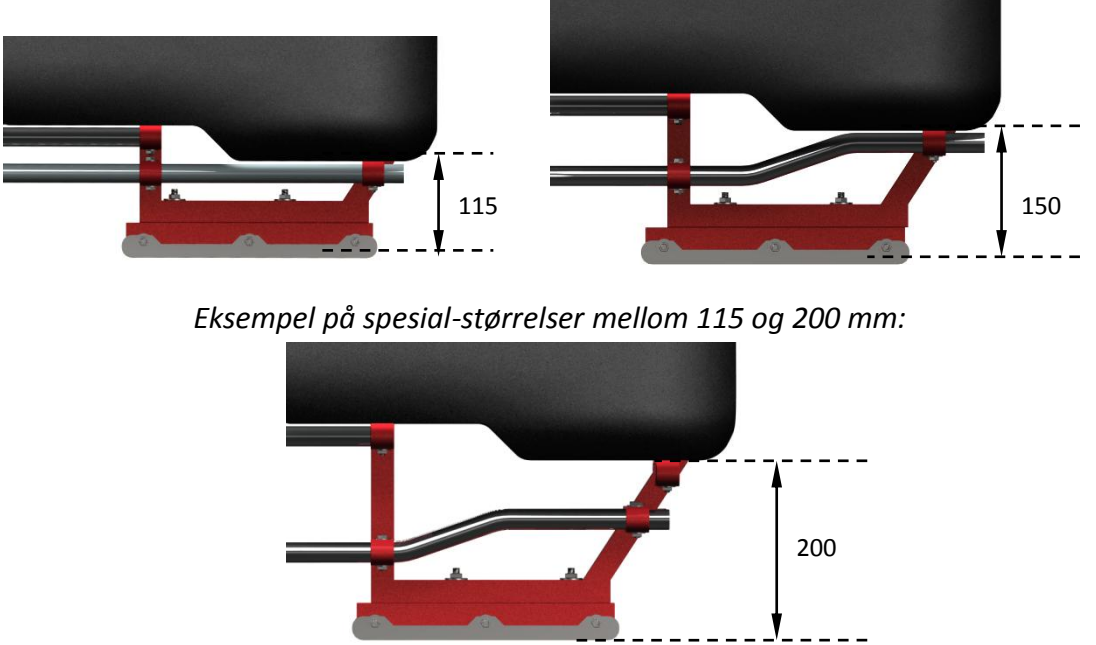

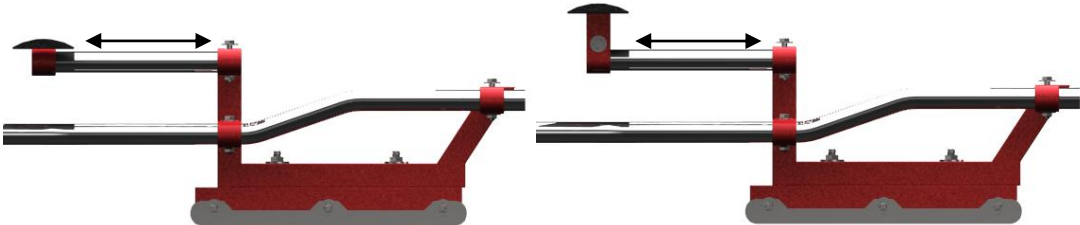




2.2.



2.3.




Standard størrelser, 115 og 150:

	 <p>Eksempel på spesial-størrelser mellom 115 og 200 mm:</p>
	<p>2.4. Kontinuerlig lengdejustering (450 - 650 fremfor seterygg) . To høydeplasseringer mulig (40 og 75 mm). Ytterligere steg i høydejustering gjøres på selve knestøtten og omtales i deloppgave 2: Setebunn og knestøtte.</p> 
	<p>2.5. Tilgjengelige bredder [mm]: 35, 30, 25, 20</p>  <p>30 mm 25 mm 35 mm 20 mm</p>


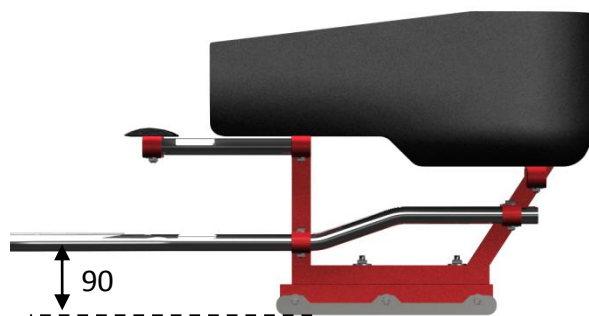

Det er også en utfordring å få til alle tilpasningsmulighetene uten å gjøre produksjonskostnadene for høye. Det nye understellet er laget slik at de tilpasningene som er mulig å ha som justeringer på kjelken uten at det går utover respons er laget slik. Tilpasningene som må gjøres under produksjon skjer sent i produksjonen, krever lite

omstilling og er enkle prosesser som kapping, bøying og boring. På denne måten øker ikke produksjonskostnadene i særlig grad selv om alle tilpasninger er tilgjengelig.

8.3.3 Sammenstøt



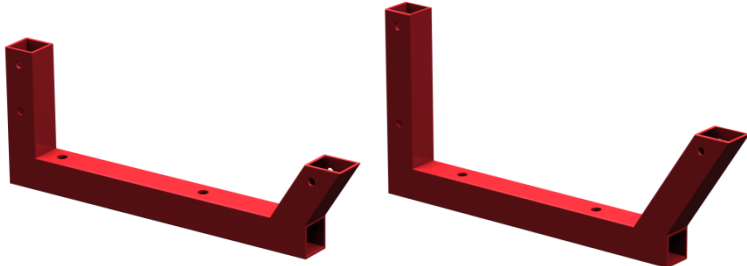
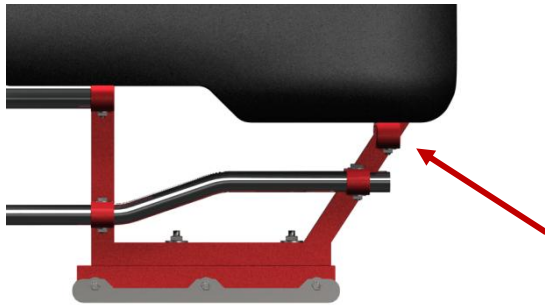
3. Sammenstøt	
3.1. 	For å tåle påkjenningene som opptrer ved sammenstøt er understellet utformet slik at det meste av deler beskyttes av rammen. Rammen fungerer i dag ved at den er tilstrekkelig sterk mot sammenstøt, og er utformet slik at det er denne som blir truffet under sammenstøt. Ellers er delene dimensjonert tilsvarende som på dagens løsninger som fungerer godt i dag.
3.2. 	For å bekrefte at understellet tåler påkjenningene fra sammenstøt er det imidlertid nødvendig med testing ved bruk over tid i reell kampsituasjon.
3.3 	

8.3.4 Reglement

4. Reglement	
4.1. 	
4.2. 	Ingen utstikkende deler

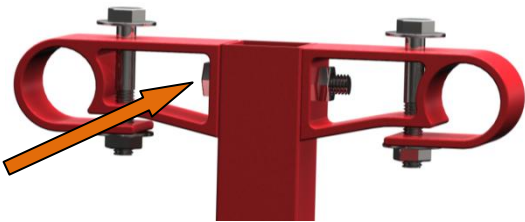
8.3.5 Øvrige krav




8.3.5.1 Vekt

5. Vekt	
<p>5.1.</p> 	<p>Totale masse ved standard oppsett med setehøyde på 150 mm: 918 g (1260 g med knestøtte)</p> <p>Sammenlignet med Proff er massen av understellet 664 g lettere.</p> <p>Samlet understell og ramme (uten knebøyle): 2670 g</p> <p>(Dette er noe mer enn på Ballistic (2600 g), men rammen til Ballistic er av materiale med lavere vekt, så de to understellene kan dermed regnes som nokså like på vekt.)</p>
<p>5.2.</p> 	<p>På standard størrelser er økende høyde på bærende struktur eneste som bidrar til vektøkning.</p> <p>Forskjell mellom 115 mm setehøyde og 150 setehøyde: 35 g</p>  <p>Spesialhøyder har i tillegg et ekstra sett med rammeholdere</p>  <p>Forskjell mellom 115 mm setehøyde og 200 setehøyde: 225 g</p>


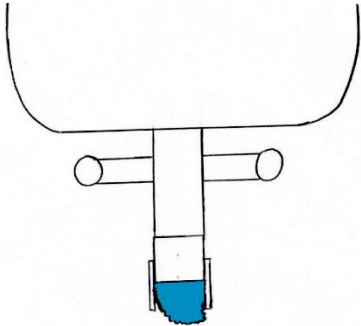

8.3.5.2 Produksjon, montasje og reparasjon

Kjelkene vil bli produsert i lavt volum (50 - 400 kjelken per år). Rammen vil bli produsert hos samme underleverandør som før med samme prosess (med noen modifikasjoner på plassering av bøyer) i tre størrelser. Rammeholderne vil vannskjæres hos en underleverandør av HandiNor. Ellers vil resten av produksjonen av understellet utføres hos HandiNor. Dette består hovedsakelig i kapping, fresing, boring, sveising, lakkering, utført manuelt og ved med manuelt bemannede maskiner. Montasje vil også bli utført her.


6. Produksjon, montasje og vedlikehold	
6.1. ✓	<p>Samme antall deler mellom standardhøydene: 0 ekstra deler</p> <p>Spesialhøyder har et ekstra sett med rammeholdere enn standard: 2 ekstra deler</p>
6.2. ✓	<p>Gjennomgående skruer gir god tilgjengelighet på skruene og reduserer antallet (sammenlignet med Proff der det er separate skruer for hver av skøytestålene som stopper inne i skøytebraketten). I tillegg er det valgt skøytestål med skruerhull som er "åpne" i overkant, slik at en bare trenger å løsne skruene for så å "skli" skøytestålene ut.</p> 
6.3. ✓	<p>Rammeholder: 1 variant, universaldel som brukes 8 ganger og er kombinert rammeholder, setekobling og knestøttekobling</p> <p>Bærende struktur: 1 variant som kappes til sent i produksjonen</p> <p>Knestøttestruktur: 1 variant som kappes til ønsket lengde</p> <p>= 3 varianter i understell (ekskludert skøytebrakett)</p> <p>Skøytebrakett: 4 varianter</p> <p>Ramme: 3 varianter som kappes for rett lengde</p> <p>= Totalt 4 deler i understell (ramme regnes ikke som understell)</p>
6.4. ≈	<p>To typer skruer: Sekskant M6 og M8</p> <p>Noe tungvint å komme til noen av skruene på rammeholdere.</p> 

<p>6.5.</p> 	<p>To typer skruer: Sekskant M6 og M8</p> <p>Behøver to 10 mm og to 13 mm fastnøkler</p> <p>Totalt: 4 enheter verktøy</p>
<p>6.6.</p> 	<p>Bærende struktur byttes ved å løsne skruene til rammeholdere og skøytebrakett</p> <p>Skøytebrakett skiftes ved å løsne skruene til bærende struktur og skøytebladene</p> <p>Rammeholdere på hver side kan demonteres uavhengig, slik at demontering er enkelt selv ved bøydd skadet ramme som står i spenn.</p> <p>For å bytte ut en defekt rammeholder kan alle disse demonteres separat, bortsett fra fremre rammeholdere, hvor bakre rammeholder på samme side også må demonteres for å kunne skli fremre rammeholder av rammen.</p> <p>= 1 annen del må demonteres</p>
<p>6.7.</p> 	<p>Det nye understellet er laget av enkle deler (basert på standard rør) og gjenbruk av deler (rammeholder), samtidig som det er lav variasjon innenfor hver av delene til tross for stor tilpasningsdyktighet. Skøytebraketten lages i ulike bredder, men den lages av billige standard firkantør, og omstillingen mellom disse for fresing og boring er små. Ellers kommer rammen i tre ulike standard størrelser, der eneste variasjon er plasseringen av bøyene i bakkant. Den bærende strukturen produseres i én størrelse som kappes til de ulike høydene. Det brukes åtte rammeholdere per kjelke, som alle er identiske.</p> <p>HandiNor produserer bærende struktur, skøytebrakett og monterer understellet: Manuell sveising, boring, kutting, bøyning, fresing, lakkering og montasje med skruer</p> <p>Underleverandører produserer rammeholdere og ramme: Vannskjæring, sveising, bøyning, kutting og forkromming.</p>

8.3.5.3 Isansamling og rust

7. Isansamling og rust	
<p>7.1.</p> 	<p>Isansamling oppstod mellom skøytestålene under testing. Dette skjedde imidlertid ikke under normalt spill, men ved en teknikktest med ekstra mye krappe svinger. Det tyder på at ansamlingen ikke skjer i løpet av 15 minutter i kamp, men dette er noe som må forhindres i videre arbeid. Grunnen til denne isansamlingen er ikke avklart, men det kan tyde på at det er mangel på lakking eller den utstikkende skruen mellom skøytestålene som er grunnen.</p> 
<p>7.2.</p> 	<p>For å unngå rust er delene i understellet av aluminium. Rammen er, som før, i stål (Docol), men er forkrommet for å forhindre rust. Rammen kan ruste der krombelegget har falt av etter sammenstøt. Rammen fungerer imidlertid godt i dag, men under videre arbeid vil det være en fordel å se på andre materialer til rammen. Skruene som benyttes er i rustfritt stål.</p>

8.3.5.4 Design

8. Design	
<p>8.1.</p> 	<p>Utsagn fra utøverne tyder på at designet har falt i smak. Værnes: "Den ser tøff ut, vi gleder oss til å ta den i bruk". Det kreves mer arbeid for å undersøke om 80 % av utøverne på landslaget liker designet.</p> <p>Videre diskuteres tiltakene som er gjort for å oppnå godt design på det nye understellet: Det nye designet bærer preg av helhet i større grad enn Proffs understell. Hovedstrukturen består av slanke rør. Den bærende strukturen har rette rør som følger retningen på kreftene fra setet til skøytestålene, som gir et minimalt og rent design. Den bøyde rammen danner sammen med bærende struktur en trekantstruktur, som gir inntrykk av styrke. Rammeholderne er minimalistiske, og syntes lite i helheten. Både den svarte matte lakken som ble benyttet på prototypene og rødfargen i NX-modellene passer begge godt sammen med den forkrommede rammen og det svarte setet. Det er imidlertid ikke besluttet hva som blir endelig farge og lakk.</p>

9 Evaluering av metodikk

Metoden for utviklingen av nytt understell har i hovedsak vært basert på IPM-modellen. Mye av behovskartleggingen og utarbeiding av produktkravspesifikasjonen har vært en videreføring av arbeidet i *Forprosjekt 2012*. Deler av behovskartleggingen og utarbeiding av produktkravspesifikasjon har vært utført i samarbeid med resten av prosjektdeltakerne da disse er generelle og gjelder for hele kjelken.

Brukerbehov er blitt etablert i tett samarbeid med utøvere fra det norske landslaget, deres materialforvalter, HandiNor og reglement. Noen krav er kommet direkte fra disse, andre har kommet ut fra observasjoner av bruk på isen og i lab. Observasjonene har blitt knyttet til et problem som utøverne opplever, og har blitt validert som brukerkrav i samråd med utøverne. Utsagn og observasjoner har i stor grad blitt testet i lab for å finne årsaken bak. Brukerkravene har gjennom beregninger og erfaringer fra dagens kjelker blitt omformet til produktkrav. Denne fremgangsmåten har ført til en fullstendig og godt forankret produktkravspesifikasjon. Det tette samarbeidet med utøverne har vært viktig i denne fasen.

Konseptutviklingen har i hovedsak vært en todelt prosess. Her var det til å begynne med mange løse tråder og prosessen var lite systematisk. Det ble først arbeidet med flere av delkomponentene samtidig og det ble utført en bred løsningsutvikling av alle delene, før det viste seg å være hensiktsmessig å starte med å etablere en grunnstruktur for hele understellet. Dette ble første fase i utviklingen der konseptet med bøyde ramme utpekte seg og ble etablert som grunnstruktur. På denne måten ble det dannet et grunnlag for hele understellet som prinsipløsningene kunne bygge på, slik at helheten i hele understellet ble ivaretatt. Andre fase var en mer kronologisk og systematisk utvikling av prinsippstruktur. Det ble utviklet nye prinsippstrukturer på hver av delene, og prinsipper fra tidlig første fase som kunne passe inn under hovedkonseptet ble dratt inn. Videre ble disse satt sammen til en helhetlig prinsippstruktur.

Deretter ble struktur og utforming på løsningene fastsatt til de kunne bygges i prototyper, som ble testet og gav resultater som igjen gav grunnlag for ny raffinering. Denne fasen endte opp i ferdige løsninger der de fleste delene kan produseres som de er, mens enkelte behøver noe mer testing og raffinering.

Metoden som ble benyttet under første fase av konseptutviklingen var noe ustrukturert. Dette førte til at denne fasen var tidkrevende uten at det følte som det var særlig stor fremdrift. Det er mulig at denne fasen burde vært gjort noe mer systematisk og tatt i bruk flere metoder for idégenerering og lignende. Samtidig er det vanskelig å vite, da dette er en kreativ fase med mange løse tråder, og det er ikke sikkert det vil være noen fordel å bruke kortere tid på dette, og det kan hende for mye bruk av strukturert arbeid ville vært til hinder for kreativiteten.

Den brede løsningsutviklingen i tre steg (grunnstruktur, prinsippstruktur og struktur og utforming) har ført til at et svært stort antall av ulike prinsipper, løsninger og varianter har blitt betraktet. Dette er med på å forsterke at det er kommet frem til en god endelig løsning. Oppdelingen av konseptutviklingen i to faser har gjort det mulig å unngå å fastlåse enkeltløsninger for tidlig, løsningene har derfor ikke vært forhindrede for andre deler. Det har også gjort at helheten i løsningen har blitt ivaretatt under hele utviklingen.

Underveis i konseptutviklingen har PU-journalen i veldig stor grad blitt tatt i bruk. Store antall skisser, beregninger og tegninger ble laget og aktivt tatt frem underveis i prosessen. De har også blitt brukt aktivt i verkstedet, der tidligere versjoner har vært nyttig som reserveløsninger og variasjoner av løsninger under bygging av prototyper.

Modellering i NX og håndtegninger har blitt brukt underveis i konseptutviklingen for å få et godt visuelt bilde av hvordan løsningene kommer til å se ut og passe sammen. Dette har vært viktig for å kunne raskt teste ut justeringer og tilpasning, for å få et inntrykk av design, og for å presentere foreløpige løsninger for resten av gruppen, og for de ulike interessentene til prosjektet og produktet for forankring. Det kommer mer om forankring under [Evaluering av metodikk - felles](#).

10 Konklusjon

I dette prosjektet har respons vært primært behov for at en kjelke skal prestere godt. Løsningen for nytt understell har utfylt dette behovet svært godt, basert på tester i lab og på is. De sekundære men også viktige behovene tilpasning, reglement, vekt, produksjon og design har også blitt løst på en god måte. Utfordringer knyttet til sammenstøt har blitt ivaretatt, men det gjenstår mer testing for å validere dette.

I understellet har god respons blitt oppnådd med å ha en stiv konstruksjon som ikke gir utbøying ved utførelse av svingebevegelser. Understellet støtter opp under strategiske punkter under utøveren, knær og hofte, og fanger på denne måten opp svingebevegelse fra de bevegelige leddene i kroppen. Dette gir også et godt grunnlag for å kunne feste utøveren godt ved hjelp av konturer i setet og stropping.

Tilpasningsdyktighet og gjenbruk av universaldel (rammeholderen) trekkes, sammen med god respons, frem som viktige løsninger i denne utviklingen. Understellet kan tilpasses til alle sittestillinger, uten at produksjonskostnadene går særlig opp. Rammeholderne er svært enkle, små og lette, og brukes identisk åtte steder på kjelken. Denne universaldelen gjør produksjonen enklere, forenkler montasjen, gjør det lett å demontere ved defekte deler, og reduserer antallet nødvendige reservedeler.

Viktigheten av vektreduksjon anses som relativt liten, da vekten til kjelken allerede er lav sammenlignet med totalvekten av utøver og kjelke (5 - 10 %). Likevel er kjelken dødvekt, og

det kan gjøres mer arbeid for å finne effekten av vektreduksjon, der det kan gjøres sammenligninger med andre idretter som sykkel.

Noe arbeid og forbedringer gjenstår. Disse omtales under *Videre arbeid* som følger etter dette kapitlet.

Ved å gå over fra Proffs understell til dette understellet vil utøverne på det norske landslaget oppleve bedre respons og forbedrede svingeegenskaper, bedre tilpasset sittestilling som gir optimal posisjon for fremdrift, balanse og puck-håndtering, samt et understell som er enklere å bytte ut defekte deler på. I tillegg antyder utøverne at dette understellet tøffere ut.

Det nye understellet tilfredstiller produktkravspesifikasjonen, og tester har gitt svært gode resultater på respons. Med dette grunnlaget anses utviklingen av det nye understellet å være vellykket.

11 Videre arbeid



Figur 112 - Symbolet som brukes i rapporten for å antyde hvor mer arbeid behøves

I dette kapitlet oppsummeres tingene som har vist seg å behøve ytterligere arbeid. Disse har blitt markert underveis i rapporten med flagget i figuren over.

I dette delkapitlet blir disse oppsummert, og det blir drøftet om de er nødvendig å utføre med hensyn på viktigheten av dem, og basert på tidsbegrensningen til prosjektet.

Det videre arbeidet vil utføres av to av prosjektdeltakerne (Seim og Kjærnli) som skal jobbe videre gjennom SIAT, NTNU frem til julen 2013. Da disse prosjektdeltakerne i hovedsak vil arbeide med å utvikle ferdig andre deler av kjelken (som har lenger igjen til å bli produksjonsklare), vil arbeidet med understellet i hovedsak gå ut på å klargjøre til produksjon. Selve produksjonen av understellet vil imidlertid utføres av HandiNor. Kun de mest nødvendige forbedringene på understellet vil arbeides med. Det vil bygges tidlige modeller av den nye kjelken i september som utøverne kan trene med for å venne seg til den nye kjelken tidlig. Til disse kjelkene vil understellet være ferdig, mens resten av kjelken (sete og faststropping) vil være pilotmodeller som i løpet av høsten vil optimaliseres og ferdigstilles slik at en fullstendig ferdig kjelke er klar til jul. Denne vil brukes av det norske landslaget i de paralympiske vinterlekene i Sochi 2014.

Nedenfor følger en oppsummering av de videre arbeidene, og en drøfting av hvilke av de som skal utføres i den kommende perioden.

- Mangel på testing for å undersøke om understellet tåler påkjenningene fra sammenstøt behøves før kjelkene brukes i mesterskap. Understellet er stort sett dimensjonert basert på dagens løsninger som tåler de ytre påkjenningene, men dette må valideres. Det vil bygges tre pilotkjelker i august 2013 for at disse kan brukes av profilerte landslagsutøvere i kamp og på trening for å se om de tåler de ytre påkjenningene. Eventuelle svakheter som oppdages vil forbedres kontinuerlig.
- Isansamlingen mellom skøytestålene kan være et kritisk problem dersom det pakker seg for mye is i løpet av én periode i kamp. Det er nødvendig med mer testing for å fastslå omfanget av problemet, og det behøves testing og prøving for å finne årsaken og løsningen på problemet. Dette vil prioriteres før de første kjelkene til landslaget bygges i september 2013.

- For å oppnå setehøyde utenom standardhøydene på 115 og 150 mm, vil oppbygging skje utover rammehøyden, slik at setet ikke støttes direkte av rammen. Det behøves mer arbeid for å validere om understellet likevel er tilstrekkelig stivt som antatt. Dette bør gjøres i fremtiden, men vil ikke prioriteres frem mot Sochi 2014, da 115 og 150 mm setehøye oppfyller brukerkravene til utøverne på det norske landslaget.
- Utvikling av ny ramme bør gjøres i fremtiden, men frem til Sochi 2014 vil det ikke prioriteres, da rammen som brukes fungerer i dag godt på Proff, og har ikke innvirkning på respons. En ny ramme vil kunne redusere massen til kjelken betydelig, og det er potensiale for å senke produksjonskostnadene.
- Mulighet for smalere skøytebredde. I fremtiden kan det bli aktuelt med smalere bredder mellom skøytestålene. Dette kan være en følge av den nye kjelken som har gitt bedre respons og balanse, og dermed kan føre til at utøverne ønsker å forsøke smalere enn 20 mm mellom skøytestålene. For å oppnå dette må det mest sannsynlig utvikles et nytt konsept for skøytebrakett. Dette vil ikke prioriteres i arbeidet frem mot Sochi 2014, da dagens krav fra brukerne til skøytebredde er oppfylt.

Dermed er det to ting ved understellet som det vil arbeides videre med før Sochi 2014; påkjenninger ved sammenstøt og problematikken ved isansamling. I tillegg vil det som nevnt over bygges tre pilotkjelker først som vil brukes av profilerte utøvere på landslaget på kamp og trening, og her vil også eventuelle "barnesykdommer" komme frem og forbedres før det bygges kjelker til hele landslaget.

Videre må det tas stilling til om det er aktuelt å patentere enkelte deler i understellet, for å sikre at produktet kan holde norsk hockeykjelkeproduksjon konkurransedyktig.

12 Felles presentasjon og evaluering av resultater

Fra og med dette kapitlet er rapporten identisk for alle deloppgavene (Masteroppgave Kjærnli, Masteroppgave Seim, Masteroppgave Kvassheim og Prosjektoppgave Ålgård) Disse kapitlene er skrevet av Kjærnli og Seim. Resten av rapporten er basert på alle de fire deloppgavene, så det kan være en fordel å ha vært innom disse først for å ha et best mulig grunnlag for siste del av rapporten. Likevel er alle resultatene presentert kort her, slik at det skal gå fint å henge med uten å ha lest alle deloppgavene i forkant.

I dette kapitlet (kapittel 12) presenteres og evalueres den nye kjelken som helhet i forhold til grunnbehovene til en god kjelke (*Utbrettark 1*). Hele kjelken (utenom rammen) gjennomgikk en utviklingsprosess i prosjektet.

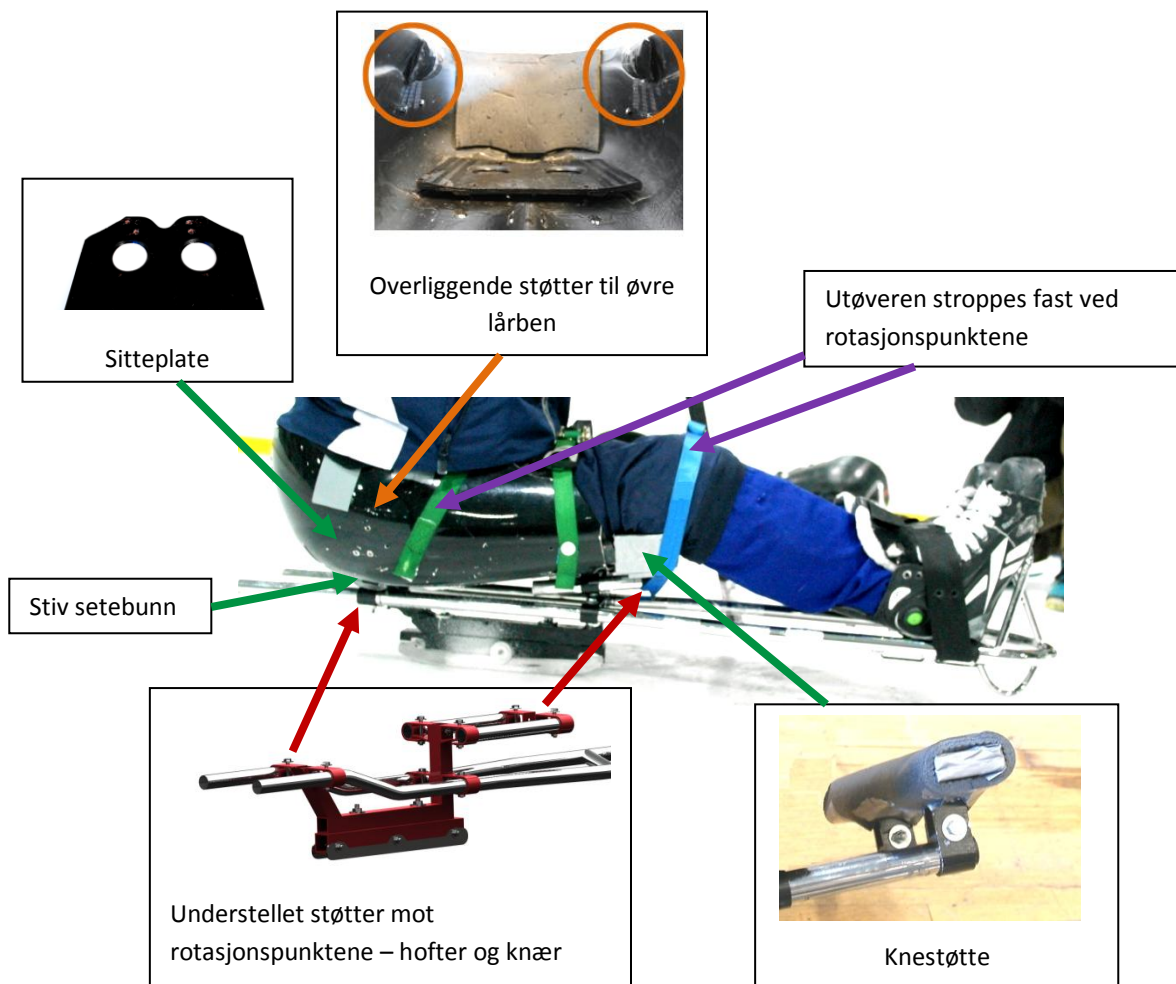


Figur 113 - Prototype 2 - lav versjon

12.1 Respons

Utviklingsprosessen ble rettet mot å få en kjelke som responderer godt på svingebevegelsene til utøveren.

For å holde fast utøveren til kjelken og overføre kreftene direkte fra utøveren til isen tar den nye kjelken utgangspunkt i skjelettet og de fastere områdene på kroppen. Ved å stroppe fast utøveren ved rotasjonspunktene som er hofter og knær (eventuelt endepunkter/stump for amputerte) holdes utøveren godt fast og bevegelsene fanges opp. Med stiv setebunn og god støtte ved knærne overføres svingebevegelsene godt fra utøveren og ned til understellet, og det stive understellet overfører kreftene ned til skøytestålene og isen.



Figur 114 - Figur som oppsummerer konsepter for god respons. Fargene på pilene refererer til fargene i deloppgavene.

Stroppene er strategisk plassert, og stroppene og strammemekanismene sterke nok til å gi tilstrekkelig trykk til å holde hofte og knær fast til setet og kjelken slik at det ikke opptrer noe bevegelse. Stroppene har økt bredde, for å kunne tillate høyt strammetrykk mot kroppen uten å skjære inn i den. Det var et problem med de gamle, smale stroppene at de skar seg inn i kroppen, noe som førte til dårlig fastholding og ubehag. Stroppene fungerer godt til å holde utøveren ned i setet. Overliggende støtter til øvre lårben (øverst på Figur 114) holder igjen for vippebevegelse og rotasjon sideveis inne i setet, ved å være en fysisk hindring i overkant av øvre lårben, ved hoften. Både stroppene og støttene bidrar på denne måten til at svingebevegelsene til utøveren blir absorbert av kjelken, noe som hindrer tap av respons. Knærne holdes fast mot vertikal og sideveis bevegelse av knestøtten med midtstøtte og stropp. Hullene i sitteplaten i setet bidrar til fastholding av utøveren, ved å forhindre at utøveren sklir fremover eller roterer inne i setet.



Figur 115 - Stropper med kraftig strammemekanisme og bred kontaktflate mot utøveren. Sitteplate med hull til sitteknutene

Sitteplaten fungerer også til å definere plasseringen til utøveren i setet, ved at sitteknutene plasseres ned i hullene i sitteplaten og hullene holder dermed utøveren på plass. På denne måten opprettholdes riktig posisjon for optimal fremdrift, og utøverne trenger ikke bruke krefter på å opprettholde posisjonen.

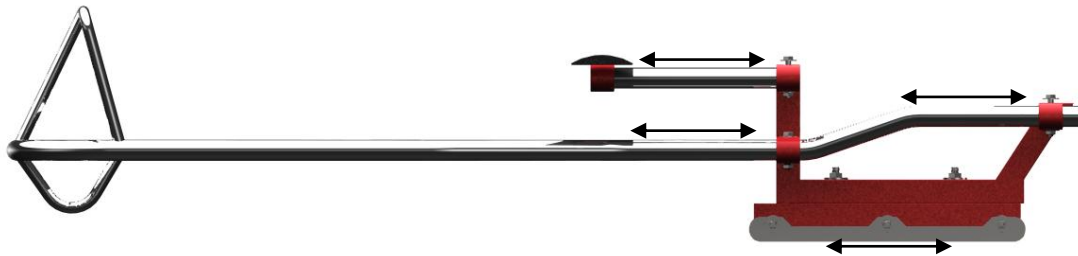
Konseptet som tar utgangspunkt i skjelettet for å definere holdepunkter ser ut til å gi en svært fast kobling av utøveren til kjelken. Under istesten utrykte utøverne (MV, AH) at de følte de satt skikkelig godt fast i kjelken. Morten Værnes utrykte: "Her er det absolutt ingen slark noe sted, bevegelsene går rett i kjelken". Etter å ha tatt noen kraftige svinger på isen sa han: "Dette er helt noe annet enn de andre kjelkene (refererer til Proff og Ballistic). Knallgod respons! Stålene skjærer seg ned i isen og kjelken svarer kontant med en gang." Atle Haglund ble svært positivt overrasket da han prøvde kjelken: "Jeg har spilt kjelkehockey på landslaget siden 1986, og har aldri sittet ordentlig fast i setet før. Tidligere kunne jeg bare løfte meg rett ut av setet uten å løsne stroppingen. Her sitter jeg dønn fast". Jon Jenshagen får lett spasmer i bena. Med den gamle kjelken opplevde han dårlig fremdrift fordi han måtte anstrenge seg mye for å holde posisjonen i kjelken, noe som ført til at han fikk spasmer. Dette var noe av grunnen til at han gav seg med kjelkehockey. Den nye kjelken gav han gløden tilbake: "Her trenger jeg ikke tenke på å holde posisjonen, jeg er avslappet i overkroppen og fremdriften går mye bedre. Er det plass på landslaget tror du Morten?" (snakker til Morten Værnes).

12.2 Tilpasning

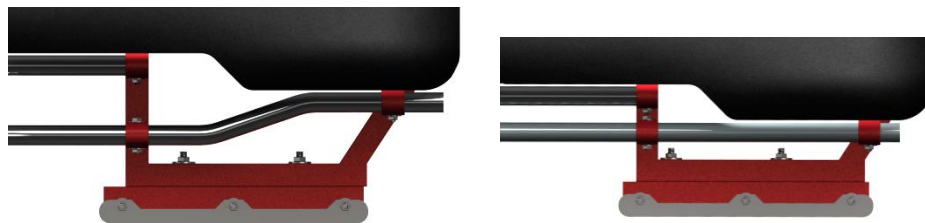
Det er store forskjeller blant utøverne på landslaget, noe som stiller krav til tilpasning av kjelken for at alle skal oppleve god respons. Konseptet med å holde fast i skjelettet går, i tillegg til å feste rotasjonspunkt til harde punkt (der det er lite muskelvev, og det er mer direkte på ben og skjelett), også ut på at utøveren holdes fast i de delene av kroppen som er mest like fra person til person. Amputerte utøvere har øvre lårben og sitteben intakt. Utøvere med lammelser har muskelsvinn, men skjelettet er som vanlig. Konseptet reduserer dermed tilpasningsbehovet til noen få punkter: Seteskallene må komme i ulike bredder men

kan ellers være likt. Resten av tilpasningen gjøres ved å endre plasseringen av overliggende støtter til øvre lårben og sitteplaten (Figur 115), som begge er justerbare på kjelken. Hoftestroppen og lårstroppen har standard plassering, men kan flyttes ved å bore nye hull i setet. Knestroppen følger den justerbare knestøtten.

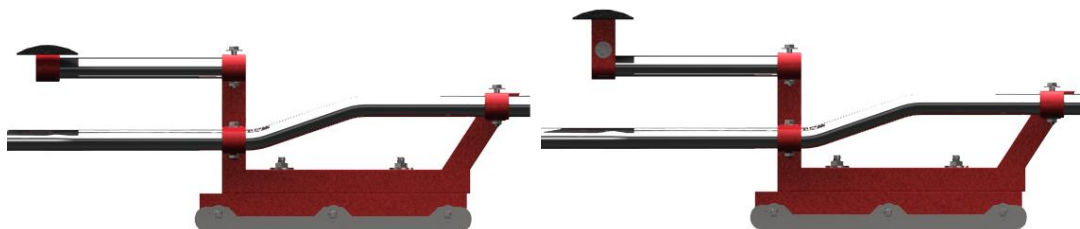
Understellet er laget slik at tilpasninger ikke påvirker stivhet og respons. Delene som kommer i ulike varianter lages fra samme utgangspunkt, og variasjonen skjer sent i produksjonsprosessen. Dette gjør at alle sittestillinger kan oppnås uten at produksjonskostnadene øker vesentlig.



Figur 116 - Mulige justeringer i kjelkens lengderetning: knestøtte, rammelengde og skøytebrakett



Figur 117 - Setehøydevariasjon



Figur 118 - Høydevariasjon knestøtte

12.3 Sammenstøt

Delene som er utsatt for sammenstøt er: understellet, seteskallet og stroppene. De utsatte delene på understellet er dimensjonert som tilsvarende deler som fungerer godt på dagens kjelker, og understellet er utformet slik at rammen beskytter de øvrige delene. Seteskallet har en utfordring med holdbarhet ved gjentatte sammenstøt. Dette er noe som vil bli løst i videre arbeid høsten 2013 (masteroppgave av Ålgård), der endelig utforming av seteskallet og dimensjonering mot sammenstøt skal utføres. Stroppene er plassert slik at de er mindre utsatt for å komme i klem mellom kjelkene i sammenstøt, og de har polstring som beskytter

stroppene og utøver mot stikk fra kjøllene. Strammemekanismen er solid og tåler tøffe påkjenninger, mens stroppene er billige og enkle å skifte ut om de skulle ryke.

12.4 Regler

Den nye kjelken tilfredsstiller alle gjeldende regler.

12.5 Øvrige krav

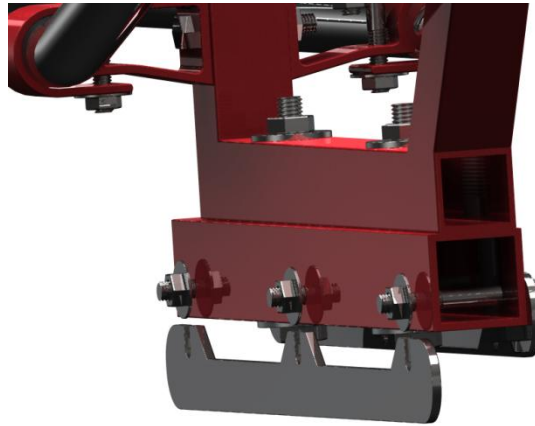
Vekten av understellet er betydelig redusert sammenlignet med Proff, og sammenlignet med Ballistic (dagens letteste kommersielle kjelke) er vekten tilsvarende. Dette er mer utfyllende diskutert under *Deloppgave 1, Understell*.

Komfort er ivaretatt ved utviklingen av de områdene som er i kontakt med kroppen: sitteplate, knestøtte, overliggende støtter til øvre lårben og stropper. Totalt sett er kjelken behagelig å sitte i enn både Proff og Ballistic, noe som gjør det lettere å holde fokus på spillet og holde konsentrasjonen oppe gjennom hele kampen.

Sammenlignet med den gamle kjelken er det nye understellet enklere å produsere, med færre deler og økt gjenbruk av deler (Figur 119). Delene kan også produseres av HandiNor eller deres underleverandører, noe som var et av målene i prosjektet. Færre deler og varianter reduserer også delelageret til materialansvarlig på landslaget, noe som var et stort ønske fra dem. Montering og vedlikehold er enklere, ved at det er enklere å komme til for å skru, en kan skifte ut enkeltdeler uten å måtte demontere store deler av kjelken og det trengs færre forskjellige verktøy enn tidligere. Alle skruer i understellet er M6 eller M8 sekskantskruer. Skøytestålene kan tas av kjelkene ved kun å løsne skruene og "skli" stålene ut uten å måtte ta ut skruene, noe som gjør det raskere og enklere å få de slipt (Figur 120).



Figur 119 - Gjenbruk av deler: rammeholderen brukes åtte steder på understellet



Figur 120 - Enkelt å ta av skøytestål for sliping

Landslagsspillerne syntes den nye kjelken så solid og gjennomført ut. "Den ser tøff ut, vi gleder oss til å ta den i bruk" uttrykte Værnes. Godt design er god reklame, og Paralympics i Sochi en viktig arena for å vise frem produktet og avgjørende for kommersiell suksess (Kleppe, 2013). Det vil derfor bli lagt mer vekt på design i slutten av utviklingsprosessen når alle funksjonene er på plass (høsten 2013).




12.6 Den nye kjelken vs. dagens kjelker

I dette delkapittelet sammenlignes den nye kjelken med kjelken som blir brukt av landslaget i dag (Proff), og den beste kjelken på markedet (Ballistic). Grunnlaget for sammenligningen er grunnbehovene til en god kjelke, med fokus på de to viktigste behovene for utøverne: respons og tilpasning. Sammenligningen fokuserer på de aspektene ved kjelkene som har blitt sett på som de viktigste i prosjektet. Prosjektet har gått ut på å forbedre disse aspektene, og tester viser at dette har blitt oppnådd, og derfor får den nye kjelken gode karakterer veien på alle punktene.

Det blir brukt en tilsvarende evaluering som i kapittel 4.3, *Dagens kjelker og utstysleverandører*, der ulike effekter ved kjelken vurderes etter hvor mye de **bidrar til god respons**. Skalaen er fra 1 - 6, der **1 er stort bidrag til svekket respons** og **6 er maksimalt bidrag til god respons**.

Tabellen vises på de neste sidene.

Tabell 13 – Sammenligning av den nye kjelken med Proff og Ballistic med fokus på respons og tilpasning

	Proff	Ballistic	Den nye kjelken
			
1. Respons			
Stivhet i kjelke	<p>Mye utbøying mellom understell og setet</p> <p>Karakter: 2</p>	<p>Lite utbøying innad i kjelken. Noe utbøying opptrer i riggen i koblingen mellom sete og understell</p> <p>Utøverne opplever at kjelken er stiv og responderer godt</p> <p>Karakter: 5</p>	<p>Ingen utbøying. Stiv setebunn og bred og riktig plassert setekobling hindrer utbøying mellom sete og understell. Stiv konstruksjon hindrer utbøying i understell. Utøverne opplever at kjelken er svært stiv og responderer svært godt på svingebevegelesene</p> <p>Karakter: 6</p>
Hofte-bevegelser	<p>Hofte roterer og vipper inne i setet</p> <p>Karakter: 3</p>	<p>Vippebevegelse inne i setet</p> <p>Karakter: 4</p>	<p>Rotasjon og vipping i setet forhindres av overliggende lårstøtter. Rotasjon forhindres også av sitteplaten som holder igjen sitteknutene. Solide stropper med rett plassering og stor kontaktflate hindrer vippebevegelse.</p> <p>Karakter: 6</p>
Bevegelse knær og lår	<p>Lår og knær beveger seg opp og ned og sideveis, og de vrir seg sideveis</p> <p>Karakter: 4</p>	<p>Lår og knær beveger seg opp og ned og vrir seg sideveis</p> <p>Karakter: 4</p>	<p>Knestøtten støtter opp under knærne, og sammen med knestroppen holder de knærne fast mot bevegelser opp og ned. Midtstøtten og knestroppen hindrer sammen sideveis bevegelse og vridning av knær.</p> <p>Karakter: 6</p>
Stropper	<p>For smale, utilstrekkelig stramming og plassert for langt fremfor hofte</p> <p>Karakter: 3</p>	<p>For smale, utilstrekkelig stramming og plassert for langt fremfor hofte</p> <p>Karakter: 3</p>	<p>Svært kraftig strammekraft, strategisk plassert (hofte, lår og knær) og med god kontaktflate mot kroppen.</p> <p>Karakter: 6</p>
Karakter respons:	3	4	6

2. Tilpasning

- Vurderes etter tilpasningsmulighet og om respons opprettholdes i alle posisjoner

Setehøyde	Koblingen til setet mister stivhet om annen setehøyde enn 110 velges. Ekstra deler må legges til og vekt øker betydelig. Karakter: 2	Samme støtte av setet i alle høyder og dermed like god stivhet. Ingen ekstra deler, tilpasses i produksjon ved å kutte til understell i rett høyde Karakter: 6	Samme støtte av sete og knær i alle høyder og dermed like god stivhet. Ingen ekstra deler. Samme understell brukes til alle høyder, men kuttes til rett høyde. Karakter: 6
Knevinkel	Setet må vinkles og dette fører til bakoverlent seterygg som gir passiv sittestilling Karakter: 3	Setet må vinkles og dette fører til bakoverlent seterygg som gir passiv sittestilling Karakter: 3	Knestøtte sørger for knevinkel uten at setet behøver å tiltes. Kontinuerlig lengdejustering av knestøtte, to mulige standard høyder, der oppbyggingsplate i skum brukes for andre høyder. Strukturen er like stiv i alle posisjoner. Respons: 6
Passform i setet	Mykheten i setet gjør at det til en viss grad føyer seg til kroppen. Utøverne sitter behagelig, men de sitter ikke fast. Setet er formet slik at man ikke kommer skikkelig nedi, og det er rundt slik at man roterer inne i setet. Karakter: 3	Setet er støpt i en standardform i kroppsform. Plasten er såpass stiv at den ikke føyes, og den passer dermed ikke veldig godt. Karakter: 4	Hoftefestene kan enkelt justeres for å treffe øvre lårben på alle utøvere. Passer også de med asymmetrisk anatomi. Utøveren kan tilpasse sitteplaten slik at sitteknutene treffer hullene. Med dette holder setet alle utøvere fullstendig fast ved skjelettet. Karakter: 6
Karakter tilpasning:	2,7	4,3	6
Karakter totalt:	2,9	4,1	6

12.7 Intervju med testutøvere

To utøvere, Haglund og Værnes, som var med å teste prototypen (på Hønefoss i mai), ble intervjuet om hvordan de opplevde den nye kjelken. Oppsummert opplevde de økt respons på grunn av en stivere kjelke og at de satt svært godt fast til kjelken. De gledet seg begge til å se og prøve den endelige kjelken.

Bildeserien under er fra intervjuene. Intervjuet kan sees på Youtube (se link under bildeseriene), eller på CD som er vedlagt i den trykte utgaven av rapporten.



Figur 121 – Bildeserie fra intervjuet med Atle Haglund og Morten Værnes om den nye kjelken og deres opplevelse av testingen prototypen

Link til intervjuet på Youtube: <http://goo.gl/8HiMae>

Kommentar til filmen: Tradisjonelt omtaler utøvere alt som er under setet (ramme og understell) for *rammen*. Når de i filmen snakker om *rammen*, refererer de til det som i rapporten kalles *understellet*.

13 Evaluering av metodikk - felles

Dette er en evaluering av metodikk for prosjektet som helhet, og den er lik i alle rapportene. Metodikk for deloppgavene ble omtalt tidligere i rapporten (kryssref).

I dette kapittelet er det gjort en evaluering på hvordan prosjektarbeidet som helhet ble strukturert og gjennomført.

Prosjektet ble hovedsakelig strukturert etter IPM-modellen (Hildre 2004), som deler prosessen inn i fem faser (Figur 122). Metoden ble valgt fordi prosjektdeltakerne hadde opparbeidet seg god erfaring med bruk av denne i prosjektarbeider tidligere i studiet, og de hadde erfart at den fungerte godt i produktutviklingsprosjekter lik dette prosjektet. Prosjektrapporten ble også hovedsakelig strukturert etter IPM-modellen.

(Den siste fasen i IPM-modellen, produksjonsforberedelse, blir gjennomført i et påfølgende prosjekt høsten 2013.)



Figur 122 – IPM-modellen (Hildre 2004)

I starten av prosjektet ble erfaringer og funn fra tidligere studier og samtaler med utøverne brukt til å identifisere de grunnleggende behovene til kjelken. Dette ble gjort for å enklere kunne bestemme hva som skulle være fokus i prosjektet, og ble gjort av prosjektdeltakerne samlet.

Deretter ble det gjennomført et møte med de mest sentrale personene i prosjektet: Svee (kaptein på landslaget), Sandbakk (Olympiatoppen Midt-Norge, oppdragsgiver), Blankenburg (veileder), Aasland (veileder i Forprosjekt 2012) og alle fire prosjektdeltakerne. På møtet presenterte prosjektdeltakerne funnene om de grunnleggende behovene til kjelken, og en kom sammen frem til hvilket behov som var det viktigste ved kjelken, og som skulle ha hovedfokus i prosjektet (respons). Deretter ble det bestemt hvilke områder på kjelken som skulle forbedres: Understell, setebunn og knestøtte, sete og fastspenning. Møtet ble holdt for å sørge for at målet ble riktig i forhold til visjonen til prosjektet, og at målet og prosjektet var godt forankret i forhold til utøverne og Olympiatoppen. I tillegg var det viktig å få presisert for alle partene hva som skulle være fokus og målet i prosjektet. Det ble også fastsatt viktige milepæler, for å sikre at alle parters viktige datoer ble tatt hensyn til i planleggingen av tidsplanen til prosjektet. Områdene på kjelken som skulle utvikles ble etter møtet fordelt mellom prosjektdeltakerne.

Siden to av prosjektdeltakerne, Kjærnli og Seim, allerede hadde arbeidet med kjelkehockeyprosjektet i tidligere prosjekter, ble det i starten av prosjektet satt av tid til å gi

de to "nye" prosjektdeltakerne, Kvasheim og Ålgård, en introduksjon til kjelkehockey og prosjektet. Dette ble gjort gjennom videoer, samtaler, informasjon fra *Forprosjekt 2012* og Kvasheim og Ålgård også fikk prøve kjelkehockey selv. Målet med tiltaket var at de raskt skulle få interesse og kunnskap om prosjektet og idretten. Mye av dette ble gjort samlet som en gruppe, både for teambuilding og for at introduksjonen skulle gå raskere. Tiltaket førte til at de "nye" deltakerne ble raskt engasjert og aktivt deltakende i prosjektet. Det var også et ønske at deltakerne jobbet parallelt i prosjektet, og da var det viktig å få de "nye" deltakerne raskt i gang. Deloppgavene var sterkt avhengige av hverandre, spesielt de tre tilknyttet setet og fastspenningen (deloppgave 2, 3 og 4). En parallell utvikling kunne gjøre det enklere å få løsningene til å fungere sammen, og bidra til å få en helhetlig og fungerende løsning.



Figur 123 – Ålgård og Kvasheim prøver kjelkehockey

Det ble også fokusert på at gruppen bestod av fire likeverdige deltakere, og ikke to "nye" og to "gamle". Et eksempel er bordplassering ved møter, der "gamle" og "nye" deltakere ble "blandet" og ikke ble plassert på hver sin side av bordet. Etter at dette tiltaket ble innført ble alle deltakerne merkbart mer aktive, og gruppefølelsen ble også forbedret.

For å sikre tett samarbeid og fremdrift benyttet gruppen et fast grupperom, med ett fast ukentlig møte og ellers møter ved behov. På det faste møtet ble siste ukes arbeid presentert, og det ble lagt en plan for arbeidet videre. Dette gjorde at gruppen hadde god kontroll på hva som var utført og hvordan prosjektet lå an i forhold til tidsplanen. Det faste møtet ble også sett på som viktig for å styrke gruppefølelsen, og ved å møtes måtte en også i større grad stå til ansvar for det arbeidet som var gjort den siste uken, og en kunne hjelpe hverandre dersom noen "stod fast". Totalt sett bidro dette til kontinuerlig fremdrift.

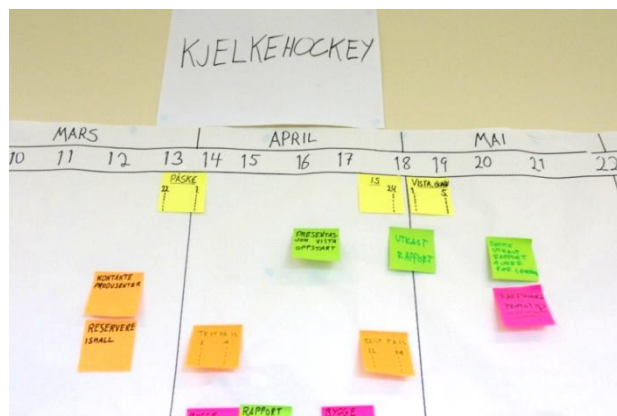


Figur 124 – Samarbeid i det faste grupperommet

Samarbeidet mellom prosjektdeltakerne ble kontinuerlig utnyttet til å generere og evaluere idéer, løsninger og konsepter. Idémyldring var en av metodene som ble mye brukt. Det var fokus på at grensesnittene mellom delene skulle stemme overens, og at det ble valgt løsninger som totalt sett gav det beste resultatet. Dette resulterte i helhetlige løsninger, der delene utnyttet hverandre i stedet for å gjøre den samme funksjonen dobbelt eller var et hinder for hverandre. Et eksempel er setebunnen, som ble avstivet for å løse et problem med utbøyning i understellet.

En ulempe med å dele opp oppgaven i fire deler, der hver av deltakerne fikk hver sin del av kjelken, var at enkelte deler og løsninger var avhengige hverandre. Et eksempel var fastspenningen, som var sterkt avhengig av utformingen på seteskallet, siden seteskallet bestemte hvor festepunktene til fastspenningsmekanismen kunne være. Dette ble løst ved at evaluering og valg, og delvis utviklingen, av konsepter og løsninger ble gjort som samarbeid og ble gjort samtidig for de ulike delene.

I starten ble det utarbeidet en fremdriftsplan ut fra viktige milepæler og begrensninger, og denne ble hengt opp på veggen i grupperommet. Planen ble oppdatert underveis, og bidro til god kontroll på fremdriften i prosjektet i forhold til milepælene, og var et sentralt bidrag til at viktige milepæler ble holdt.



Figur 125 – Oversikt over milepæler

For å sikre god informasjonsflyt og tilgang på tilgjengelig informasjon ble fildelingstjenesten Dropbox aktivt brukt. På denne måten hadde alle prosjektdeltakerne til enhver tid tilgang på oppsamlet informasjon og hverandres arbeider. Dette gjorde at alle hadde den samme informasjonen tilgjengelig til enhver tid, en kunne følge med på hverandres arbeid og det ble unngått å gjøre ting dobbelt. Sandbakk og Svee hadde også tilgang på denne Dropbox-mappen for å kontinuerlig kunne følge med på arbeidet. Ved kommunikasjon med interne og eksterne parter ble alle prosjektdeltakerne inkludert i e-post, og etter møter og telefonsamtaler ble det skrevet og sendt ut referat. Dette bidro til at alle til en hver tid var oppdatert og følte seg inkludert og det bidro til fremdrift i prosjektet.

Verkstedet på skolen ble aktivt brukt til bygging av funksjonsmodeller for å teste ut ideer og løsninger, og til bygging av prototypen til slutt. Testingen av funksjonsmodellene ble et viktig bidrag til prosjektet, og ble en av de viktigste metodene for å teste ut og evaluere ideer tidlig i prosjektet. Byggingen og testingen var tidkrevende, men gav nesten uten unntak resultater. Arbeidet i verkstedet ble gjort i felleskap, noe som bidro til å sikre helheten i kjelken. Kompetansen til hver enkelt ble utnyttet for å bidra til effektiv fremdrift, men også til å øke kompetansen til hverandre. Dette økte interessen, motivasjonen og eierskapet til prosjektet. En kunne effektivisere verkstedarbeidet ved at kun de mest erfarne utførte arbeidet, men det ble vurdert at en totalt sett ville komme frem til best resultat ved at alle deltok.



Figur 126 – Arbeid i verkstedet

Lab- og istesting var sentralt i hele prosjektet. Når forbedringspotensial ble kartlagt i lab ble funksjonsmodeller laget og testet og deretter raffinert til gode løsninger. Løsningene ble så testet på is. De to testmetodene utfylte hverandre godt, ved at detaljer kunne studeres i testriggen i lab, og effekten av disse kunne utprøves på is. Validiteten til testene er usikker, da det var vanskelig å vite sikkert hvor mye en liten utbøying i rigg, som ble identifisert ved stor belastning, hadde å si for en reell sving på isen. Dette kan ha ført til at stivheten ble "overdimensjonert", men under istestene, som ble utført ved å sammenligne to ulike funksjonsmodeller med ulik stivhet, var det funksjonsmodellen som hadde høyest stivhet ved labtesten som også presterte best på isen. En annen usikkerhet ved testene er at det i stor grad ble benyttet subjektive målemetoder. Ved testing i rigg var det en person som så etter utbøyinger og bedømte hvor betydelige de var, uten objektive målinger. Ved istestene ble utøvernes "feeling" brukt som evaluering. Personlige preferanser kan variere og andre forutsetninger, som dagsform, kan påvirke resultatet. Likevel har disse testmetodene blitt sett på som de mest realistiske for å måle responsen til kjelkene, og forskjellene mellom ulike kjelker og ulike funksjonsmodeller har vært tydelige. Forbedringene blitt påvist både i rigg og på is, og flere utøvere har opplevd samme resultater.



Figur 127 – Istest med Øiseth i Leangen Ishall

Forankring var en viktig del av prosjektet, og de ulike interessentene ble oppdatert gjennom hele prosjektet. Utøverne fra landslaget og støtteapparatet ble oppdatert og involvert gjennom testing, møter og e-post, og prosjektdeltakerne deltok på samlinger. HandiNor (produsent) ble involvert gjennom jevnlig møter, e-post og telefonsamtaler. Olympiatoppen ble tett involvert gjennom hyppig kommunikasjon via e-post og telefon og jevnlig møter.

I mai deltok to av prosjektdeltakerne, Seim og Kjærnli, på konferansen *Vista 2013* i Tyskland, og Kjærnli holdt foredrag om utviklingen av den nye kjelken. *Vista* er en internasjonal forskningskonferanse for utvikling av kunnskap, teknologi og utstyr innenfor de paralympiske idrettene. Representanter fra Olympiatoppen og kjelkehockeyavdelingen i den internasjonale paralympiske komiteen (IPC) var til stede på konferansen, og var svært interessert i den nye kjelken. Et mål med presentasjonen var å bygge opp tillit hos IPC og utøverne om at den nye kjelken var et godt utviklet produkt, som tilfredsstilte krav til regler og sikkerhet. Det var ønskelig å få frem at det var gjennomført en omfattende forskning som

resulterte i en stor mengde kunnskap om både idretten og utstyret, og som resulterte i en helhetlig produktkravspesifikasjon, og at dette vil bidra til både utvikling av utstyret og sporten. På *Vista 2013* var også representanter fra andre kjelkehockeylandslag tilstede. De kan være potensielle kunder eller nyttige kontakter ved kommersialisering i en senere fase av kjelkehockeyprosjektet.



Figur 128 – Den norske delegasjonen med prototypen under Vista 2013. Kjærnli, Sandbakk (Olympiatoppen), Seim, Aasland (NTNU) og Zahl Pedersen (Olympiatoppen)

Gjennom den jevnlige kontakten med de involverte partene ble løsninger diskutert og justert i en tidlig fase, noe som var viktig for å sikre at de ferdige løsningene skulle fungere for brukerne og ikke bare "på papiret". En annen viktig motivasjon for forankringen var å få spesielt utøverne, men også materialansvarlig og HandiNor, til å få tiltro til prosjektdeltakerne, utviklingsprosessen og den ferdige kjelken, for å sikre at kjelken ble tatt raskt i bruk etter ferdigstilling. Forankring hos Olympiatoppen var svært viktig siden de har finansiert store deler av kjelkehockeyprosjektet i form av lønn til sommerjobber (2012) og utstyrsutgifter, og vil finansiere deler av fortsettelsen av prosjektet (sommerjobber 2013).

14 Konklusjon - Felles

Dette er en felles konklusjon for hele prosjektet, og den er lik i alle rapportene.

Resultatet av prosjektet er en helhetlig prototype der det meste av kjelken er nyutviklet, og i tillegg enkelte funksjoner er helt nytt for hockeykjelker. Prototypen er testet av profilerte utøvere på det norske landslaget og har gitt svært tilfredsstillende resultater. I tester i lab og på is presterer kjelken bedre enn dagens beste kommersielle kjelke (Ballistic).

Landslagsutøverne får dette ut av den nye kjelken: Den nye kjelken har klart bedre respons enn kjelken utøverne på det norske landslaget bruker i dag (Proff). Dette er oppnådd gjennom bedre fastspenning av utøveren til kjelken og en stivere konstruksjon. Den største forbedringen er fastholdingen av utøveren inne i setet, noe som tidligere var mangelfullt. Utøvere med svært ulik anatomi sitter "som støpt fast" i den nye kjelen med samme oppsett og kun små justeringer.

Kjelken har også god tilpasningsdyktighet til ulike sitteposisjoner og funksjonsnedsettelse. Dermed sørger kjelken for å gi optimal sittestilling for alle, til tross for den store variasjonen av preferanser. Fastholdingsmekanismen av utøveren tar utgangspunkt i det som er hardt på kroppen og likt fra person til person: den holder fast i skjelettet. På denne måten sitter alle utøvere, uavhengig av anatomi, like godt fast i setet. Dette bekreftes av istesten der en utøver som var dobbeltamputert, utøvere med lammelser i beina og spastiske utøvere alle uttrykte at de satt "som støpt fast" i det samme setet. Dette er et viktig og unikt resultat av utviklingen, da alle utøverne tidligere har sittet løst i setet, og beveget seg inne i setet på flere måter. Det nye setet og fastholdingsmekanismene (stroppe, overliggende lårstøtter, sitteplate, knedeler og knestøtte) har forhindret all bevegelse inne i setet og samme løsning fungerer på tvers av funksjonsnedsettelse og anatomi. Utøverne på det norske landslaget vil delta i de Paralympiske leker i Sochi 2013 med den beste kjelken på markedet.

Utøvere på det norske landslaget vil ha den beste kjelken i Paralympisc i Sochi, 2014.

Materialforvalterne får dette ut av den nye kjelken (sammenlignet med Proff): Den nye kjelken har færre ulike deler og færre varianter av delene, noe som reduserer delelageret til samlinger og turneringer. Antallet skruer og skruer varianter er redusert, noe som reduserer både delelageret og antall nødvendige verktøy. De fleste skruene er også plassert slik at det skal være enkelt å komme til for hånd.

HandiNor (produsenten) får dette ut av den nye kjelken (sammenlignet med Proff): HandiNor får en kjelke som (ut fra tester) er den beste kjelken på markedet. Dette er et stort løft fra Proff, som ble utviklet for 15 år siden og begynte å bli utdatert. De vil med den nye kjelken for det første kunne holde seg i markedet og i tillegg kunne bli ledende, gjennom å være leverandør av verdens beste kjelke. Samtidig får HandiNor en kjelke som har færre ulike deler og det er

HandiNor vil styrke sin posisjon i markedet

færre varianter av delene, som gjør produksjon og montasje både enklere og rimeligere enn den tidligere kjelken (Proff). Den nye kjelken har også flere deler som kan produseres av HandiNor selv, noe som vil redusere produksjonskostnadene ytterligere.

Olympiatoppen (oppdragsgiver) får dette ut av prosjektet: Prosjektet er i tråd med Olympiatoppens visjon: Å styrke prestasjon på tvers av prestasjonsarenaer gjennom samarbeid. Olympiatoppen får forsterket sitt omdømme blant spillerne som bidragsyter til utvikling og forbedret prestasjon. De får styrket sitt samarbeid med NTNU og tilgang på spisskompetanse som blir nyttig i videre utstyrsutvikling.

Oppsummert anses det største og unike fremskrittet i dette prosjektet å være den svært faste og tilpasningsdyktige fastspenningen av utøveren. Utøverne har i andre kjelker aldri sittet så godt fast til kjelken, slik at svingebevegelser har gått tapt i slark mellom utøver og kjelke. Samtidig er den store tilpasningsdyktigheten, uten å svekke respons eller å øke produksjonskostnader vesentlig, en suksess med denne utviklingen. Viktigheten av rett sitteposisjon er kartlagt, og den blir ivaretatt for alle utøverne i den nye kjelken.

Det meste av de nye funksjonenes prestasjoner anses å være bekreftet gjennom tester og erfaringer fra dagens kjelker. Likevel gjenstår en del testing, spesielt med tanke på holdbarhet ved sammenstøt. Det gjenstår også noe raffinering av løsningene, spesielt knyttet til utforming av seteskall, integrering av sitteplate og overliggende støtter til øvre lårben i setet og utforming av knestøtten. Dette vil bli utført gjennom videre arbeid for Senter for Idrettsanlegg og teknologi (SIAT) ved NTNU (Kjærnli og Seim) og en masteroppgave (Ålgård) gjennom høsten 2013.

Konklusjonen blir at utviklingsarbeidet har vært vellykket, tester tyder på at dette er den beste kjelken på markedet og produktet samsvarer med produktkravspesifikasjon og tilhørende brukerkrav. Landslaget er fornøyd, produsenten er fornøyd, oppdragsgiver (Olympiatoppen) er fornøyd og prosjektdeltakerne er fornøyd.

Alle interessentene er fornøyd med prosessen og resultatet

Referanser

EiT 2012. *Utvikling av en ny kjelke til det norske kjelkehockeylandslaget.*

Prosjektrapporten er tilgjengelig fra Senter for Idrettsanlegg og teknologi (SIAT), NTNU.

Forprosjekt 2012. Forberedende masterprosjekt for Kjærnli og Seim. *Utvikling av en ny kjelke til det norske kjelkehockeylandslaget.* Prosjektrapport tilgjengelig fra Institutt for Produktutvikling og Materialer (IPM), NTNU

Hawkeswood, Jonathan (2011). A pilot survey on injury and safety concerns in international sledge hockey. *The International Journal of Sports Physical Therapy.* September 2011, s. 173.

HandiNor (2012). Diskusjon om deres erfaringer. (Samtale, HandiNor, Fetsund, 2. april)

HandiNor (2011). *Hockeykjelke.* Tilgjengelig fra:

http://handinor.no/images/brosjyrer/Hockeykjelke_Proff.pdf

Hawkeswood et al. (2011). A pilot survey on injury and safety concerns in international sledge hockey. *The international Journal of Sports Therapy.* Volume 6, Number 3.

Tilgjengelig fra:

<<https://www.spts.org/CMS/UI/Views/Text.aspx?page=68725&AspxAutoDetectCookieSupport=1>>

Hildre (2004). IPM-modellen, produktutviklingsmetodikk.

IPC (2012). *About The Sport.* Tilgjengelig fra:

<http://www.paralympic.org/icesledgehockey/About>

IPC (2010). *IPC Ice Sledge Hockey Classification Handbook.* Tilgjengelig fra:

<http://www.paralympic.org/IceSledgeHockey/RulesandRegulations/Classification>

IPC biografi. Informasjon om spillerne. Tilgjengelig fra:

<<http://www.paralympic.org/IceSledgeHockey/Athletes/Bios>>

IPC regler (2011). *IPC Ice Sledge Hockey Rules 2011-2014.* Tilgjengelig fra:

http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/121009114625521_ISH%2BRulebook.pdf

Kleppe, Thor Erik (2013a). Om sin rolle i handikapidrett. (Telefonsamtale, Oslo, 22. juli)

Kleppe, Thor Erik (2013b). Kommersialisering av kjelkene. (Telefonsamtale, Oslo, 25. juni)

Kleppe, Thor Erik (2012). Diskusjon om regler og sikkerhet. (Samtale, Fetsund, 2. april)

Mason B, Portcellato L, van der Woude L, Goosey-Tolfrey V (2010). A qualitative examination of wheelchair configuration for optimal mobility performance in wheelchair sports: A pilot study. *J Rehabil Med*; 2010, 42: 141-149. Tilgjengelig fra: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20140410>

NASA man-systems integration standards. Volume I, Section 3, ANTHROPOMETRY AND BIOMECHANICS. Tatt i bruk: 12.04.2012 Tilgjengelig fra: <<http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm>>

Nicholson, Todd (2013). Samtale med Todd Nicholson om kjelkeutvikling og erfaring fra det kanadiske landslaget. Nicholson er merittert utøver på det kanadiske landslaget og medlem av IPC (International Paralympic Committee) (Samtale, Bonn, Tyskland, 2. mai)

Nordstoga, Knut André (2013). Sammenstøt. (Samtale, HandiNor, Fetsund, 21. mai)

Sandbakk, Øyvind (2011): *Rapport kjelkehockeyprosjektet Olympiatoppen Midt-Norge. Intern rapport i Olympiatoppen.*

Svee, Stig Tore (2013). Spillere som er aktuelle for Paralympic i Sochi 2014 (Samtale, Trondheim, 25. april)

Svee, Stig Tore (2012b). Informasjon om kjelkehockey. (Samtale, NTNU, Trondheim, 19. desember)

Svee, Stig Tore (2012). Introduksjon til kjelkehockey. (Samtale, NTNU, Trondheim, 24. januar)

Unique (2012). Produsent av kjelkehockeyutstyr. Tilgjengelig fra: <<http://www.uniqueinventionsinc.com>>

Worden-Rogers, Cliff (2012). *Effect of sledge hockey configuration on sledge hockey performance*. Masteroppgave, The University of Western Ontario, London, Ontario, Canada. Tilgjengelig fra: <<http://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=2079&context=etd>>

Værnes, Morten (2013). Preferanser på sittestilling. (Samtale, Toppidrettssenteret, Oslo, 8. mai 2013)

Wedley, Brendan (2009). Sledge hockey teams around the world turn to Peterborough company for sledges. *The Peterborough Examiner*. 23. Desember 2009. <<http://www.thepeterboroughexaminer.com/2009/12/23/sledge-hockey-teams-around-the-world-turn-to-peterborough-company-for-sledges>>

Figurer:

Calgarysun.com. Kollisjon på isen. Tilgjengelig fra:

<http://storage.canoe.ca/v1/dynamic_resize/sws_path/suns-prod-images/1297349866265_ORIGINAL.jpg?quality=80&size=650x>

Commoms.wikimedia.org. Kollisjon på isen. Tilgjengelig fra:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/Loyd_Remi_Johansen,_VM_Ostrava_2009.JPG/640px-Loyd_Remi_Johansen,_VM_Ostrava_2009.JPG>

Commoms.wikimedia.org. Hockeykøller til kjelkehockey. Tilgjengelig fra:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Sled_hockey_sticks.jpg>

Facebook.com/icesledgehockey. De første hockeykjelkene. Tilgjengelig fra:

<https://fbcdn-sphotos-d-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash4/p480x480/419324_351538291553428_596210634_n.jpg>

Newyorkfestivals.com. Sometimes you have to look down to find someone to look up to.

Tilgjengelig fra:

<<http://www.newyorkfestivals.com/worldsbest/2011/pieces.php?iid=421096&pid=2>>

Noelkingsley.com. Sitteknuter. Tilgjengelig fra:

<<http://www.noelkingsley.com/blog/ischial%20tuberosties.bmp>,http://www.noelkingsley.com/blog/archives/2007/06/sitting_a_pain.html>

Ntnu.no/toppidrettsforskning. Svee i duell på isen. Tilgjengelig fra:

<<http://www.ntnu.no/toppidrettsforskning/prosjekter>>

Paralympic.org. Norway Ice Sledge Hockey Team. Tilgjengelig fra:

<<http://www.paralympic.org/image/norway-ice-sledge-hockey-team>>

Tyleringram.com. Håndtering av puck. Tilgjengelig fra:

<<http://www.tyleringram.com/blog/2010-paralympic-winter-games-ice-sledge-hockey>>

Uniqueinventions.com/Ballistic. Kjelken Ballistic. Tilgjengelig fra:

<http://www.uniqueinventionsinc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=23>

Uniqueinventions.com/razor. Kjelken Razor. Tilgjengelig fra:

<http://www.uniqueinventionsinc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=14>

uniqueinventions.com/replacementparts. Uniques reservedeler. Tilgjengelig fra:

<http://www.uniqueinventionsinc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=21>

Zimbio.com. Norsk kjelkehockeyspiller. Tilgjengelig fra:

<<http://www1.pictures.gi.zimbio.com/Paralympic+Winter+Games+Day+Six+RkZEc9oGmL1l.jpg>>

skiforbundet.no. Tilgjengelig fra:

<<http://www.skiforbundet.no/Nyheter/2010/januar/Sider/SeiertilTrygveiBessans.aspx>>