

## Sete til ishockeykjelke

**Tollak Ålgård**

Master i produktutvikling og produksjon

Innlevert: april 2014

Hovedveileder: Detlef Blankenburg, IPM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produktutvikling og materialer



## Forord

---

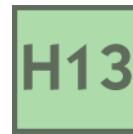
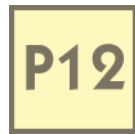
Prosjektet er gjennomført som en 30 studiepoengs masteroppgave ved Institutt for Produktutvikling og Materialer (IPM) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim, Norge. Det er en videreføring av et utstyrsprosjekt som har gått over to år, fra januar 2012 til høsten 2013 og er 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, tidens 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 ble initiert som et prosjektarbeid i Ekspert i Team (EiT), et obligatorisk fag for masterstudenter ved NTNU, og to av prosjektdeltagerne (Kjærnli og Seim) fortsatte utviklingsprosessen i sommerjobb og deretter i et forprosjekt samme året (omtales heretter som Prosjekt 2012). Våren 2013 ble det rekruttert to nye studenter til utviklingsarbeidet (Aarflot Kvasheim og Ålgård) og prosjektet fortsatte med fire deltakere, hvor Kjærnli, Seim og Kvasheim skrev masteroppgave og Ålgård skrev prosjektoppgave. Gjennom sensommer og høst 2013, før denne masteroppgaven ble iverksatt, ble det utført arbeid med videre raffinering av resultatene. Funn og resultater fra sistnevnte arbeid og fra prosjektet våren 2013 (heretter omtalt som Prosjekt 2013) legges til grunn for arbeidet i denne masteroppgaven.

Takk til Anders Seim og Peder Kjærnli ved SIAT for samarbeidet. Takk til landslagsutøverne Kristian Buen, Eskil Hagen, Kjell Christian Hamar, Martin Hamre, Emil Kirstistuen, Rolf Einar Pedersen, Loyd Remi Solberg og Morten Værnes for å stille opp til innsamling av anatomiske data, for innspill på utviklingsprosessen og testing av seter underveis. Takk til Jo Espen Branes, daglig leder ved AS Unica, for diskusjoner rundt produksjonsprosesser og hvilke muligheter som finnes. Takk til oppdragsgiver Olympiatoppen Midt-Norge ved Øyvind Sandbakk for støtte til prosjektet. Takk til førsteamanuensis Detlef Blankenburg ved IPM for veiledning til strukturering av arbeidet og faglig veiledning. Takk til ledelsen og de ansatte ved HandiNor Rehab AS for å stille produksjonslokaler og –fasiliteter til disposisjon. Takk til avdelingsingeniør Bjarne Stolpnessæter ved IPM for hjelp til produksjon av seter.

På grunn av den tette tilknyttingen mellom denne masteroppgaven og tidligere gjennomført arbeid vil deler av informasjonen som presenteres i rapporten være hentet fra tidligere arbeid. Noe tekst og bilder er benyttet uten endringer og noe er skrevet om, utdypet eller tilpasset. Dette gjelder spesielt i de første kapitlene av rapporten, da disse legger grunnlaget for det videre arbeidet. For å gjøre det klart hvilke avsnitt som er hentet fra tidligere arbeid

vil disse merkes med følgende symboler underveis, plassert til venstre ved starten av avsnittet, og henviser henholdsvis til Prosjekt 2012, Prosjekt 2013 og Høst 2013:



Andelen av symbolet som er fylt med farge indikerer om materialet er hentet tilnærmet direkte fra nevnte kilde, om det er bearbeidet og omskrevet eller om kilden kun står for inspirasjon.



Gjennom rapporten vil det også benyttes små faktabokser plassert langs kanten av sidene, hvor dette anses som hensiktsmessig. Disse oppsummerer kort essensen i avsnittet og gir på denne måten en kortfattet versjon av hva man har kommet frem til i avsnittet.

NTNU, Trondheim, 21.04.2014

## Sammendrag

---

Kjelkehockey er basert på de samme prinsippene som vanlig 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, og disse har en todelt funksjon; i den ene enden er de utstyrt med stålpigge og benyttes til fremdrift gjennom staking, den andre enden ligner en vanlig hockeykølle og brukes til håndtering av pucken. Spillet hyppige retningsforandringer gjør svingresponsen til et kritisk behov og den bestemmes av flere aspekter av kjelkens konstruksjon, hvor et av de viktigste er hvordan utøveren er festet til kjelken. Her er setet en kritisk komponent og det er viktig at det passer godt til den enkelte utøveren.

Det har de siste årene vært en tydelig forbedring av kjelkene som benyttes av andre nasjoners landslag, men det norske laget har benyttet kjelker som har blitt stadig mer utdatert og dermed ikke tatt del i denne utviklingen. I samme periode har den norske produsenten av kjelker opplevd sviktende salg, hvor økte prestasjoner på konkurrerende produkter anses som en viktig faktor. Hovedfokuset i denne masteroppgaven har derfor vært utviklingen av et sete og en tilhørende produksjonsprosess som gir mulighet for en kostnadseffektiv småskalaproduksjon av individuelt tilpassede seter til hockeykjelker.

Det ble gjort en gjennomgang av hvordan de ulike kjelkeprodusentene håndterer variasjonene blant utøvere gjennom modellspekteret – hvilke valg som kunne gjøres ved bestilling og hvordan disse ville påvirke utformingen. Videre ble det gjort en analyse av hvilke aspekter som var forventet å variere mellom utøverne med tanke på anatomiske variasjoner, effekter fra funksjonsnedsettelse og individuelle preferanser. Setets funksjonsflater ble identifisert og det ble utviklet spesialiserte måleverktøy for å hente inn anatomiske data fra utøvere. Målinger av halve landslaget, med mål for å bestemme plasseringen av setets funksjonsflater, ble utført og systematisert. Det ble etablert et parametriseringssystem for å definere hvordan et sete må kunne tilpasses ut fra disse målene. Neste steg var å utforske muligheter for oppnå dette gjennom justering i produktet, i produksjonen eller en kombinasjon av disse.

For å møte behovene for individualisering ble det utviklet og presentert to ulike konsepter; Konsept 1 – justerbart produksjonsverktøy som dekker hovedvariasjonene mellom utøverne og brukes til å vakuumforme seter av plast. Konsept 2 – tredelt sete bygget opp av to vakuumformede sider av plast og en midtre del av karbonfiberkompositt, hvor individualiseringen oppnås ved montering av de ulike delene. Begge konseptene gjør det mulig å variere bakre setebredde, fremre setebredde, rygghøyde og fremre setehøyde for å gi god passform for alle oppmålte utøvere, og håndterer også krav fra utøvere som er enkel- eller dobbelamputerte. Forskjellen mellom konseptene ligger i prioriteringene av manuell innsats i produksjonen og hvor dette er påkrevd. Konsept 1 krever mer justering ved formingen, mens Konsept 2 krever mer tilpasning ved montering.

## 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 enable 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. The seat is a critical component in this optimization and requires special attention in terms of how it is adapted to fit each individual athlete.

During the last years there has been a significant improvement in the equipment used by other national teams, but the Norwegian team has been using sledges that have become increasingly out-dated and therefore have not been part of this development in full. In the same period the Norwegian sledge manufacturer has experienced a substantial decline in sales, where the increased performance of competing products is regarded as one of the main factors. The main focus of this master thesis has therefore been the development of a new and improved seat for ice hockey sledges, which enables the customization for each individual athlete, while still being able to be produced in a cost-efficient manner on a small scale.

The possibility of seat customization from the four major sledge manufacturers were identified, in terms of which changes could be made at the time of ordering and how they would affect the design. Furthermore, an analysis was done in order to assess which parameters are expected to vary the most amongst the different athletes, in terms of anatomical measurements, effects from the specific impairment and the athletes' individual preferences. An identification of the seat's functional surfaces was performed and specialized tools for measuring the athletes were developed. Anatomical data from half of the athletes of the Norwegian national team was gathered and the results systemized. A system was developed to determine the desired location of the seat's functional surfaces based on the anatomical measurements of the athlete, effects from his impairment, and his personal preferences.

Resulting from the analysis are two separate concepts of individualized seats and their respective production setups. Concept 1 comprises of an adjustable vacuum forming tool to form seats from a plastic material and where the main variations between the athletes' anatomical measurements are met by adjusting the tool. Concept 2 comprises of a seat assembled from three individual components. Two side panels made from vacuum formed plastic material that are mounted to a center part made from a carbon fiber composite sandwich structure, and the athletes' specific requirements are fulfilled through the assembly process. The main difference between the concepts, in terms of implementation of the production, lies in the amount of manual effort that is required to attain the high level of individualization; Concept 1 requires manual adjustments in the vacuum forming facility and Concept 2 requires adjustments while assembling pre-made components.

# Innhold

---

1	Introduksjon.....	1
1.1	Visjon og Misjon .....	1
1.2	Spillet og utstyret .....	2
1.3	Historie .....	3
1.4	Produkt .....	5
1.5	Marked .....	7
1.6	Tidligere studier.....	8
1.7	Problemstilling.....	13
1.8	Rammebetingelser .....	13
2	Individualisering i dagens seter .....	14
3	Bruker og brukssituasjon .....	17
3.1	Utøvere.....	18
3.2	Materialansvarlige.....	23
3.3	Produsent og underleverandør .....	23
4	Grunnbehov .....	27
4.1	Respons .....	27
4.2	Tilpasning.....	28
4.3	Sammenstøt .....	29
4.4	Bruk og vedlikehold.....	29
4.5	Grensesnitt .....	30
4.6	Produksjon.....	32
4.7	Øvrige .....	34
5	Behov for individualisering .....	37
5.1	Anatomiske variasjoner.....	37
5.2	Fysiologiske effekter fra funksjonsnedsettelse .....	39
5.3	Individuelle preferanser .....	44
6	Setets funksjonsflater .....	47
7	Parametrisering.....	51
7.1	Utvikling av måleverktøy.....	51

7.2	Utvikling av måleprosedyrer .....	57
7.3	Funn blant utøverne på landslaget .....	58
8	Produksjon av seter for bruk og testing.....	62
8.1	Sete V1.....	64
8.2	Sete V2.....	68
8.3	Oppsummering og konvertering til produktkrav .....	71
9	Produktkravspesifikasjon .....	75
10	Konseptutvikling.....	78
10.1	Individualisering i produkt - Idéutvikling.....	79
10.2	Individualisering i produksjon - Idéutvikling .....	82
10.3	Valg av prinsipp for videre konseptutvikling.....	83
10.4	Presentasjon av konsepter .....	84
10.5	Evaluering av konseptene .....	89
11	Presentasjon og evaluering av resultater.....	91
12	Evaluering av metodikk .....	94
13	Videre arbeid .....	96
14	Konklusjon .....	97
15	Referanser .....	98
16	Vedlegg.....	102



# 1 Introduksjon

## 1.1 Visjon og Misjon

Ishockeykjelkens respons, hvordan den overfører styrebevegelser fra utøveren ved sving, stopp og akselerasjon, ble kartlagt som viktigste behov i Prosjekt 2012 og verifisert gjennom Prosjekt 2013. Setet er et viktig element i forbindelsen mellom utøveren og isen, da det er den komponenten som overfører hoveddelen av krefter mellom utøveren og resten av kjelken. For å gjøre dette på en effektiv måte må det ha en utforming som passer godt til hver enkelt utøver, som alle har individuelle behov, og dette blir ikke løst på en god måte av dagens seter. Det er stor variasjon mellom behovene til brukerne av ishockeykjelker, både anatomisk, medisinsk og med bakgrunn i personlige preferanser.



Figur 1-1 One size does NOT fit all (ungerboeck.com)

Det har de siste årene vært en tydelig forbedring av kjelkene som benyttes av andre nasjoners landslag, men det norske laget har benyttet kjelker som har blitt stadig mer utdatert og dermed ikke tatt del i denne utviklingen. Det er derfor ønskelig å styrke det norske landslagets posisjon i verdenstoppen innen kjelkehockey. I samme periode har den norske produsenten av kjelker opplevd sviktende salg, hvor økte prestasjoner på konkurrerende produkter anses som en viktig faktor. Det er derfor ønskelig å oppnå økt inntjening og konkurransekraft, både på det nasjonale og internasjonale markedet for den norske produsenten.

Gjennom tidligere utført arbeid har alle andre komponenter av kjelken blitt forbedret til et nivå som virker å ligge over konkurrentene i prestasjon, men det forventes å ligge ytterligere prestasjonspotensiale i utformingen av setet ved å optimalisere det opp mot hver enkelt utøver. En slik forbedring av produktet er forventet å gi økte prestasjoner for kjelken som helhet, i tillegg til å gi den norske produsenten et fortrinn over konkurrentene. Målet i dette prosjektet er derfor å utvikle et sete og en tilhørende produksjonsprosess som gir mulighet til en kostnadseffektiv småskalaproduksjon av individuelt tilpassede seter til ishockeykjelker.

### Visjon

Styrke det norske landslagets posisjon i verdenstoppen

Økt inntjening og konkurransekraft for norsk kjelkeprodusent

### Misjon

Utvikle individuelt tilpassede seter

Kostnadseffektiv produksjonsprosess

## 1.2 Spillet og utstyret



**Figur 1-2 Duellene i kjelkehockey er harde og foregår ofte i høyt tempo (commoms.wikimedia.org, calgarysun.com)**

**P13**

Kjelkehockey er en idrett som 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, som vist i Figur 1-5. 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 (faste 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 tilsvarende som i vanlig ishockey, spillerne bruker hockeysko (uten skøytestål) og kne- og leggebeskyttere (Svee, 2012). Det er seks spillere på hvert lag, inkludert målmann, og det spilles på samme baner som ishockey i tre perioder á 15 minutter.

**Samme prinsipp som ishockey, både regler og utstyr.**

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

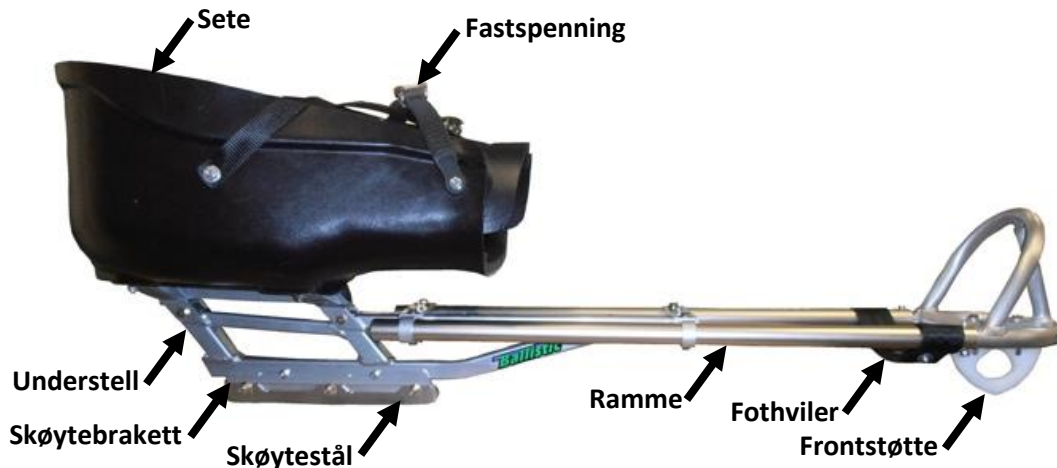
**Høyt tempo, hyppige retningsforandringer, tette dueller og harde kollisjoner.**



**Figur 1-3 Håndtering av puck (tyleringram.com)**



Figur 1-4 Tilpassede hockeykøller med pigger i bakkant (commons.wikimedia.org)



Figur 1-5 Eksempel på en av dagens hockeykjelker – Unique Ballistic (uniqueinventions.com/Ballistic)

1. Skøytestål – 2 standard skøytestål står for kontakten med isen
2. Skøytebrakett – Braketten forbinder skøytestålene med understellet, gir justeringsmulighet i lengderetning og bredden mellom stålene
3. Understell – Overfører krefter mellom setet/utøveren og skøytebraketten.
4. Ramme – Beskytter utøverens bein og støtter opp/beskytter føttene
5. Fothviler – Ekstra støtte til utøverens føtter
6. Frontstøtte – Begrenser vipping av kjelken når utøveren staker eller lener seg fremover
7. Sete – Posisjonerer utøveren i kjelken, overfører utøverens svingebevegelser og beskytter utøveren mot skade
8. Fastspenning – Holder utøveren fast i setet og føttene fast til rammen. Hindrer bevegelse av utøveren i forhold til kjelken

### 1.3 Historie

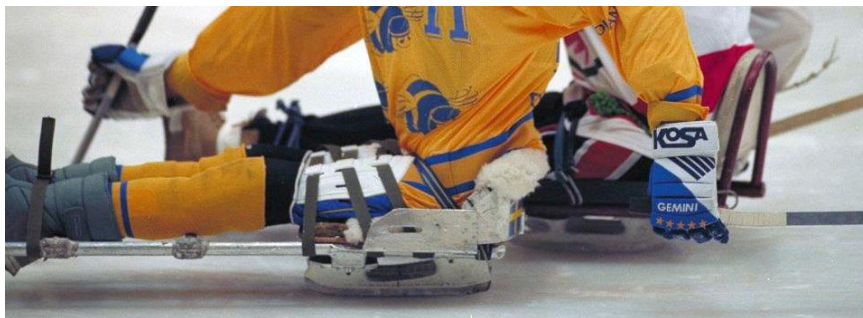
Kjelkehockey ble etablert som idrett tidlig på 60-tallet. Det startet på et rehabiliteringssenter i Stockholm i 1961 for å hjelpe med rehabiliteringen av funksjonshemmede med lammelser i nedre del av kroppen. Skøytestål fra hockeyskøyter ble festet under lett modifiserte trekjelker slik at pucken kunne passere på undersiden, og for fremdrift og spill ble det brukt staver med påmonterte sykkelhåndtak. Treningene ble holdt vinterstid på en islagt innsjø i

området. Idretten ble godt mottatt og økte fort i popularitet; i 1969 hadde Sverige fem lag og den første internasjonale kampen ble avholdt mot Norge samme året.



**Figur 1-6 Hockeykjelke fra starten av 60-tallet  
([facebook.com/icesledgehockey](https://facebook.com/icesledgehockey))**

Gjennom 70-tallet spilte Norge mot Sverige en til to ganger årlig, og det ble i samme periode etablert lag i andre land rundt om i verden, inkludert England, Canada, USA, Estland og Japan. I 1976 viste Sverige frem kjelkehockey gjennom en demonstrasjonskamp under Paralympics i hjemlandet, men idretten ble ikke en offisiell gren før Paralympics på Lillehammer i 1994 (IPC 2014).



**Figur 1-7 Kjelkene som ble brukt av Sverige og Canada i Lillehammer '94  
([facebook.com/icesledgehockey](https://facebook.com/icesledgehockey))**

Etter den paralympiske debuten ble kjelkehockey fort en av publikumsfavorittene. Høy fart, harde dueller og dynamisk spill regnes som mye av årsaken til suksessen. Norge har hevdet seg internasjonalt og tatt medalje i alle paralympiske leker siden det, med ett gull, tre sølv og en bronse, i tillegg til å ta medaljer i alle mesterskap mellom 1992 og 2011! (IPC 2013) Kjelkehockey opplever en stadig vekst; i Paralympics i Salt Lake City i 2002 deltok 88 utøvere fra seks nasjoner, i Vancouver i 2010 var tallene økt til 117 utøvere fra åtte nasjoner (IPC 2013), og i Sochi 2014 var det 129 utøvere fra åtte nasjoner (Ice Sledge Hockey: Athletes in Sochi 2014).

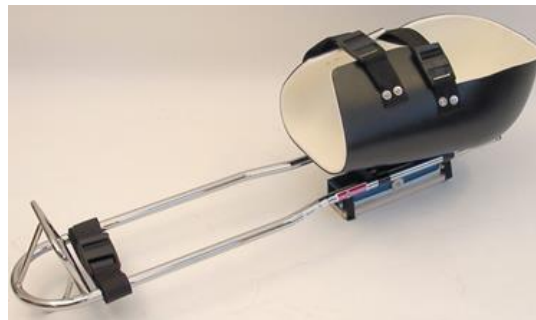


## 1.4 Produkt

### Kjelken

P13

Ved starten av utstyrsprosjektet brukte utøverne på det norske landslaget kjelken Proff fra HandiNor. Denne hadde vist seg å ha begrensede prestasjoner og var ikke modernisert for å følge utviklingen fra konkurrerende produsenter. Flere av utøverne gikk til privat innkjøp av kjelker fra den kanadiske produsenten Unique Inventions for å kunne prestere på et høyere nivå. For at det norske laget skulle kunne bruke norskutviklede og -produserte kjelker var det kritisk at det ble iverksatt en utviklingsprosess på dette området, noe som fant sted gjennom Prosjekt 2012 og Prosjekt 2013.



**Figur 1-8 HandiNor Proff - Utgangspunktet for det overordnede utstyrsprosjektet til Olympiatoppen ([handinor.no/proff](http://handinor.no/proff))**

Gjentatte forsøk viste at Proff-kjelken hadde flere betydelige svakheter i konstruksjonen; setet var svært mykt og hadde en lite optimal utforming, understellet var lite materialeeffektivt og hadde dermed høy vekt i forhold til stivhet og fastspenningen hadde verken optimal utforming eller plassering.

**Store forbedringer av kjelkens prestasjoner ble oppnådd gjennom Prosjekt 2013**

Gjennom Prosjekt 2013 ble det utviklet en ny kjelke, med forbedring av respons som hovedfokus. Resultatet av denne utviklingen ble en prototype som vist i Figur 1-9.



**Figur 1-9 Endelig prototype fra Prosjekt 2013**

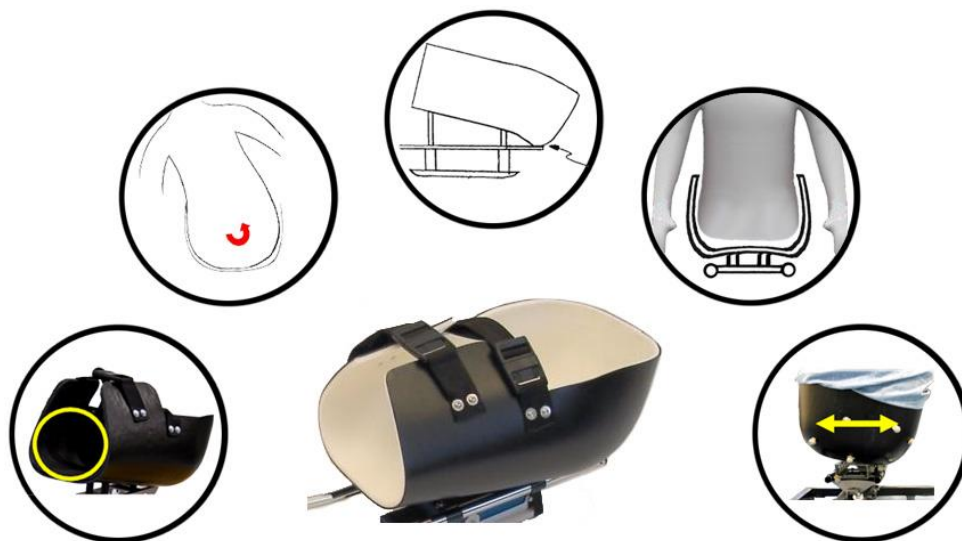
På prototypen ble det benyttet et stivt sete av glassfiberkompositt, et minimalistisk understell som benyttet rammen som et strukturelt element og en justerbar knestøtte. Prototypen hadde også fastspenningsmekanismer med betydelig høyere fastspenningskraft,

som var plassert nærmere kroppens rotasjonspunkter (hoftene og knær) og utstyrt med polstring for å øke arealet mot kroppen. Alle disse endringene virket sammen for å gi en kjelke med tydelig forbedret respons.

## Setet

**P13** Hovedfunksjonen til setet er at utøveren skal ha noe å sitte i eller på, og overføre utøverens styrebevegelser til tilsvarende endring i kjelkens hastighet og/eller retning. Setet er konstruert som et heldekkende skall som dekker utøveren fra nedre halvdel av lårene, over rumpa og hoftene og opp til nedre del av korsryggen. Dette gir det et omfattende grensesnitt mot utøverens kropp. Av andre funksjoner som må oppfylles kan det nevnes plassering av utøveren i forhold til kjelken (at denne er korrekt og at den opprettholdes ved bruk) og beskyttelse mot skader (ved sammenstøt med andre kjelker, vantet og piggene på kjøllene).

Ved utvikling av en ny seteutførelse i Prosjekt 2013 ble setet fra HandiNor Proff-kjelken brukt som utgangspunkt da dette var det mest brukte på landslaget. Dette ble deretter sammenlignet med konkurrerende seter.



**Figur 1-10 Svakheter ved setet på HandiNor Proff**

De fleste svakheter ved tidligere seter ble tatt hånd om gjennom Prosjekt 2013

Individualisering av setet mot utøveren er ikke løst på en god måte

De største svakheter ved Proff-setet som ble forbedret gjennom Prosjekt 2013 var passform i front av setet ved stramming av fastspenningen, rotasjon av utøveren inne i setet, nedbøying i bakkant av setet ved belastning, nedbøying på sidene av setet på grunn av utøverens vekt og lav stivhet mellom sete og understell, som vist i Figur 1-10. Tilbakemeldinger fra fire landslagsutøvere som testet seteoppsettet ga klare signaler om at de satt bedre fast enn de hadde gjort i noe annet sete, inkludert seter fra den norske Proff-kjelken og den kanadiske Unique Ballistic-kjelken. Aspekter som ikke ble håndtert

optimalt var tilpasning av setet mot ulike utøvere da det ble benyttet et solid skall, som vist i Figur 1-9, og all tilpasning ble gjort innvendig ved hjelp av polstringsmateriale. Som et resultat av at tilpasningen utelukkende ble gjort innvendig ble setet unødvendig stort, slik at det blant annet begrenset maksimal svingevinkel (setet tok nedi isen ved sving) og ga en konstruksjon som var mer kompleks enn ønskelig (mange løse komponenter).

## 1.5 Marked

Det er i dag anslagsvis 2000-2500 spillere på verdensbasis, (Svee, 2012b) og 83 aktive spillere fordelt på 7 klubber i Norge. Idretten praktiseres av utøvere fra 15 ulike land verden over (Ice sledge hockey 2013), og internasjonalt er det stor vekst i antall utøvere på elitenivå. Det har de siste årene skjedd et skifte i hvordan landslagene organiserer seg ved større turneringer ved at hvert lag, som har seks spillere på banen til enhver tid, har utvidet spillerstallen betydelig. Ved å gjøre dette kan de rotere mellom spillere gjennom kampen og på denne måten holde et høyere tempo. Fra Paralympics i 2010 til Paralympics i 2014 var det en økning på over 10 % i antall spillere (fra 117 til 129) selv om antall lag var uendret.

**Stor økning i antall spillere på internasjonalt toppnivå**

Paralympics har de siste årene opplevd økt pressdekning og under Sochi i 2014 dekket NRK lekene med 60 direktesendte timer på tv, i tillegg til streaming i tre egne nettkanaler og direktesendinger på radio. (Hoel 2014) Alle norske kjelkehockeykamper og alle finaler ble vist på direktesendt tv. Dette gir økt eksponering mot potensielt nye utøvere og bør gi et vesentlig bidrag til å øke rekrutteringen til idretten i etterkant.

**Betydelig pressdekning gir økt eksponering av idretten**

Norges ishockeyforbund, som har det formelle ansvaret for kjelkehockey i Norge, satser tungt for å utvikle idretten videre. I 2011 ble det etablert et eget europeisk landslag for kvinner som ønsker å konkurrere på internasjonalt nivå, hvor det på dette tidspunktet er fem norske utøvere. I mars 2013 ble norgeshistoriens første nasjonale turnering arrangert.

**Nasjonal satsning på kjelkehockey, både som bredde- og toppidrett**

*“Vi ønsker å utvikle kjelkehockey som både bredde- og toppidrett”*

– Bjørn Ruud, tidligere president i Norges Ishockeyforbund.

(Norges Ishockeyforbund: Om kjelkehockey 2014)

På leverandørsiden i det internasjonale markedet for hockeykjelker er de største aktørene kanadiske Unique Inventions Inc. (<http://www.uniqueinventionsinc.com>) og norske HandiNor Rehab AS (<http://handinor.no>). Andre aktører omfatter tyske Otto Bock (<http://www.ottobock.com>) og amerikanske Mobility Sports (<http://www.mobilitysports.com>). HandiNor posisjonerte seg i

**Hardere konkurranse på det internasjonale markedet for kjelker gir tap av markedsandel ved mangel av videreutvikling av utstyret**

markedet etter deres lansering av den nyutviklede kjelken Proff i 2003 og leverte til utøvere både nasjonalt og internasjonalt. Det har vært liten utvikling på HandiNor sine kjelker siden, noe som antas å være en viktig årsak til at Unique Inventions tar en stadig større del av markedet med kjelkene Razor og Ballistic. De to sistnevnte er i bruk av et stadig økende antall utøvere fra ulike nasjoner.

Salg av kjelker foregår ofte gjennom personer som selv er direkte involvert i idretten. Eksempelvis har HandiNor ansatte eller innleide salgsagenter som selv er aktive kjelkehockeyutøvere, noe som gir en tett knytting til miljøet og god kunnskap om idretten.

**Kraftig økning i nasjonal støtteordning for aktivitetshjelpemidler**

**Støtteordningen blir tilgjengelig for en betydelig større gruppe**

Salget i Norge differensieres fra verdensmarkedet på den måten at NAV og Hjelpemiddelsentralen her bekoster aktivitetshjelpemidler til funksjonsnedsatte som ønsker å begynne med kjelkehockey eller andre aktiviteter. Frem til 2014 var denne støtten begrenset til personer under 26 år, men Arbeids- og sosialdepartementet (2013) opplyser i en pressemelding at dette alderstaket er besluttet fjernet og at regjeringen i samme omgang øker bevilgningene til aktivitetshjelpemidler fra 25 til 55 millioner kroner årlig. Den nye ordningen trer i kraft 1.juli 2014. Arbeidsminister Anniken Huitfeldt, som sitert i Øderud (2013), uttrykker at saken har vært viktig for idretten i lang tid, fordi det handler om at alle som vil være aktive skal få være det. Fjerningen av alderstaket og mer enn en dobling av bevilgningene til formålet vil gi svært gode muligheter for økt salg for leverandørene av aktivitetshjelpemidler som har kontrakt med NAV. HandiNor har, som eneste kjelkehockeyaktør med leveringsavtale til NAV, levert mellom 20-25 kjelker årlig de siste årene.

**Potensiale for å selge opp mot 350 kjelker årlig**

Det internasjonale markedet for hockeykjelker kan anslås til å være rundt 870 kjelker årlig per i dag. Antas det at 80 % av all salg deles likt mellom de to leverandørene som tilbyr de beste kjelkene betyr dette et salg på 348 kjelker/år for hver av leverandørene. Det er her tatt bakgrunn i antall topputøvere som deltok i Sochi (129) og lagt til 50 %, da ikke alle utøvere på toppnivå får delta på landslaget, og anslått at disse bytter ut kjelkene årlig. De resterende utøverne på det internasjonale markedet anslås å bytte ut kjelken hvert tredje år, noe som gir rundt 670 kjelker årlig for denne gruppen. Estimater på 870 kjelker årlig tar ikke hensyn til virkningen av økt rekruttering til idretten, men det er usikkerhet rundt det totale antallet utøvere og hvor ofte kjelkene byttes ut.

## 1.6 Tidligere studier

### Innstilling av hockeykjelker (Worden-Rogers, 2012)

**P13** 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

**140° vinkel i knær**  
**Middels setehøyde**



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 setet i gjennomsnitt ga den raskeste tiden i testløypen.

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

**P13** Studien ble gjennomført ved University of British Columbia Division of Physical Medicine and Rehabilitation, Vancouver, Canada, der målet var å få en oversikt over skadene som oppstår i kjelkehockey, se etter mulige skademønstre 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**

**Utforming 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 kjelkehockeyspillernes hodehøyde 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.

### Utforming av setet på rullestoler i konkurranseidrett (Mason et al., 2010)

**P13** 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. 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

**Stabilitet viktigst da det også  
påvirker andre egenskaper**

**God fastspenning ga en følelse  
av "å være ett" med  
rullestolen, som ga økt følelse  
med underlaget og gjorde mer  
avanserte bevegelser mulig**

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.

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 påvirker disse faktorene.

### **Prosjekt 2012: Utvikling av ny hockeykjelke (Kjærnli, Seim, 2012)**

**P12** Forprosjektet ble gjennomført høsten 2012 og var fortsettelsen av et EiT-prosjekt fra våren 2012. Det hadde som mål å avdekke de generelle behovene til hockeykjelker. 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 fastpenning av utøver (ved hofter, knær og fot) og stiv bakre setebunn viktig for god respons.**

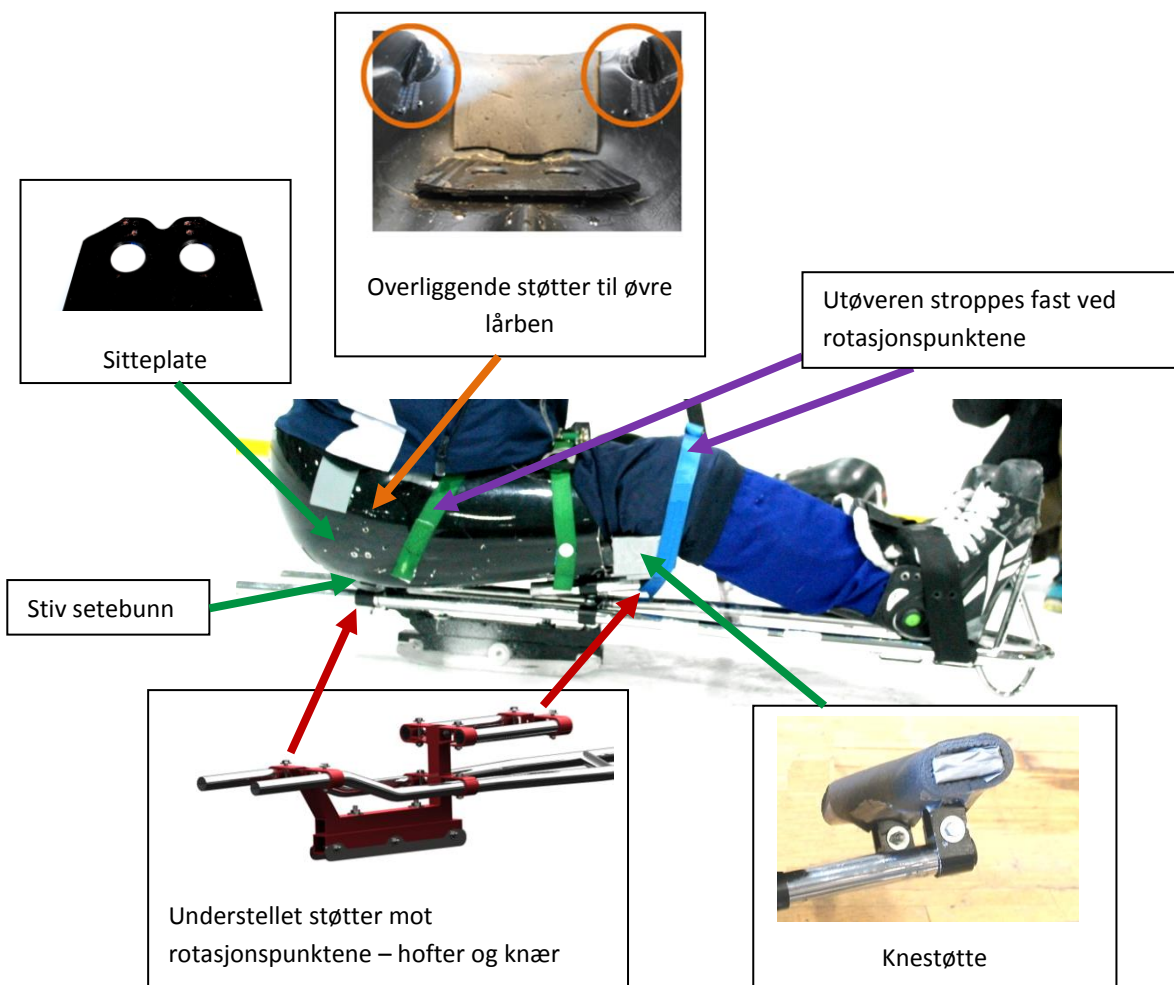
Resultatene fra prosjektet ga et godt grunnlag for hvilke egenskaper som er viktig for å oppnå god respons:

1. Svingebevegelsene 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 stroppe 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 køllene.
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, 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.

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.

**Prosjekt 2013: Utvikling av ny kjelke til det norske kjelkehockeylandslaget (Aarflot Kvasheim, Kjærnli, Seim, Ålgård, 2013)**

**P13** Prosjektet som ble gjennomført våren 2013 var fortsettelsen av Prosjekt 2012 og la grunnlaget for denne masteroppgaven. Det hadde som mål å verifisere behovene til kjelken og møte disse gjennom utvikling av en ny kjelkekonstruksjon. Respons ble verifisert som det viktigste behovet og et klart forbedringspotensial ble avdekket. En forbedring av kjelkens respons ble oppnådd og demonstrert gjennom en endelig prototype. Testing og tett samarbeid med kjelkehockeyutøvere gjennom prosjektet avdekket også store variasjoner i anatomi og sittestilling blant utøverne. Arbeidet i prosjektet ble delt opp i fire deler; (1) Understell, (2) Setebunn og knestøtte, (3) Utforming av setet og (4) Fastspenning av utøver. I Figur 1-11 oppsummeres resultater fra alle delene. De neste avsnittene utdyper funnene, med størst fokus på del (2) og (3), da disse er mest relevante for videreutvikling av setet.



**Figur 1-11 Oppsummering av samlede funn fra Prosjekt 2013**

### (1) Understell

- a. Endelig løsning: Slankt, U-formet understell av kvadratiske aluminiumsprofiler. Rammen anvendes som avstivende element. Standardiserte, vannskårne rammeholdere for å feste rammen til understell, sete og knestøtte.
- b. Resultater: Redusert vekt, økt stivhet, økte muligheter for individualisering i forhold til utøverens anatomi og preferanser. Redusert behov for reservedeler på grunn av standardiserte rammeholdere.

### (2) Setebunn og knestøtte

- a. Endelig løsning: En svært stiv setebunn med sitteplate som er formet etter rumpa og med to hull til sitteknutene, i tillegg til en relativt bred kobling mot understellet. Setebunnen ble laget bredere og setet ble gitt en noe mer firkantet profil.
- b. Resultater: Ingen tegn til utbøying i setebunn eller setekobling. Testpersonene uttrykte at oppsettet føltes svært stivt. Sitteplaten bidro til å fastholde utøveren i kjelken og forhindret at utøveren beveget seg fremover eller sidelengs i setet. Den bidro til å oppnå og opprettholde korrekt posisjonering i setet. Sitteknutehullene reduserte også behovet for polstring, på grunn av bedre trykkfordeling, uten at dette gikk på bekostning av komfort. Tynnere polstring gjorde at svingebevegelsene fra utøveren raskere ble tatt opp av setet, og forbedret på denne måten kjelkens respons. Utøverne uttrykte at de opplevde direkte og kontant respons og at kjelken var rask og presis. Bruk av flyttbar sitteplate muliggjorde justering i lengderetning og hullene i sitteplaten ble gjort ovale for å passe til utøvere med forskjellig bredde mellom sitteknutene.

### (3) Utforming av setet

- a. Endelig løsning: Stivt seteskall med tilpasset innvendig polstring. Overliggende lårstøtter laget av deformerbart materiale med konstant volum.
- b. Resultater: Stivt seteskall resulterte i forbedret respons, da svingebevegelser ble overført raskt og presist. Noe usikkerhet rundt holdbarhet ved bruk av komposittsete (som ble brukt på prototypen). Overliggende lårstøtter utnyttet utøverens beinbygning til fastholding og hadde svært god effekt når setet ikke var fullstendig stivt, da de låste utøveren i posisjon og hindret både vipping og rotasjon inne i setet. Det gjorde at utøveren ble mer i ett med kjelken på den måten at når han utførte svingebevegelser responderte kjelken svært kjapt.

### (4) Fastspenning av utøver

- a. Endelig løsning: Økt stroppeareal mot kroppen. Fastspenningen plasseres ved kroppens rotasjonspunkter. Retning på stroppene ble funnet.
- b. Resultater: Fastspenningen ble mer behagelig å bruke når arealet mot kroppen økte. Det reduserte også problemet med at stroppene "gravde seg inn i" utøverens lår når de ble strammet til. Retningen på stroppene på skrå bakover bidro til å holde utøveren nede i, og inntil ryggen av, setet.

## 1.7 Problemstilling

Med bakgrunn i spilllets karakteristikk, dagens seter og resultatene fra Prosjekt 2013 skal det utvikles et individuelt tilpasset sete som kan fremstilles gjennom en kostnadseffektiv småskalaproduksjon. Setet skal ta hensyn til utøvernes variasjon i anatomi, funksjonsnedsettelse og preferanser til sittestilling og på denne måten øke prestasjonene i forhold til respons. Produksjonsprosessen for en slik produksjon skal utvikles og selve bestillingsprosessen for å få et tilpasset sete vil også bli vurdert.

## 1.8 Rammebetingelser

Masteroppgaven iverksettes høsten 2013 og har en utviklingstid på 21 uker. Noe av arbeidet vil skje i samarbeid og samråd med prosjektdeltakerne Kjærnli og Seim, som nå jobber i regi av SIAT (Senter for Idrettsanlegg og Teknologi) ved NTNU for å slutføre prosjektet. Kjærnli og Seim arbeider med å videreutvikle og produsere de resterende komponentene av kjelkene og montere dem. De samarbeider også tett med det norske landslaget for videre testing og tilpasning til hver enkelt utøver. Før de paralympiske leker i Sochi setter i gang skal alle utøverne som ønsker ny kjelke ha fått dette, noe som også inkluderer nye seter. Det er tatt ut 16 spillere som skal delta i de paralympiske lekene og avreisedatoen deres til precamp er satt til 26. februar 2014, hvor de reiser direkte videre til Sochi før lekene starter 7.mars.

Produksjon av kjelkene til Sochi 2014 skal i hovedsak oppnås gjennom bruk av HandiNors og et utvalg av deres underleverandørers fasiliteter. Hos HandiNor er det tilgjengelig utstyr for manuell bearbeiding gjennom blant annet sveising, fresing, dreining, boring, kapping og bøyning. De produserer også kjelkehockeykøller av karbonfiberkompositt med kjernemateriale, men utstyret er relativt spesialisert for formålet og prosessen er i stor grad manuell. Underleverandøren som produserer dagens seter, AS Unica, har utstyr for plateknekking, vakuumforming og 5-aksefresing av plastmaterialer. De overnevnte produksjonsfasilitetene vil være grunnlag for valg og raffinering av konsepter for setet, slik at løsningene tilpasses en lav-volumproduksjon som i hovedsak benytter nåværende apparat og stor grad av manuelt arbeid.

Det er foreløpig ikke fastsatt hvordan den videre produksjonen av hockeykjelker etter Sochi vil foregå. Prosjektdeltakerne Kjærnli og Seim har startet en bedrift som skal jobbe med utvikling av idrettsutstyr for funksjonsnedsatte og det er forventet at den videre produksjonen av hockeykjelker vil foregå i et samarbeid med HandiNor.

## 2 Individualisering i dagens seter

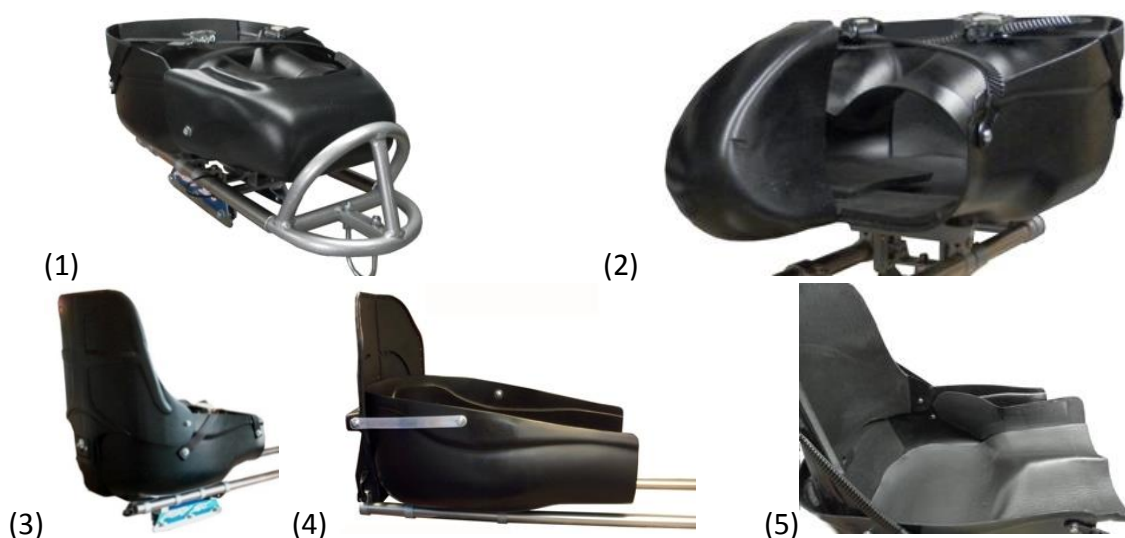
Av de setene som er tilgjengelige på markedet i dag benyttes standard størrelser på blant annet hoftebredde og det er et begrenset antall variasjoner og muligheter. Det er ingen leverandører som tilbyr seter med høy grad av tilpasning til utøveren. I de følgende avsnittene blir setene fra noen av de mest brukte kjelkene på det internasjonale markedet listet opp, med tilpasningsmuligheter, tilpasningsintervall og muligheter for ekstrakomponenter for ytterligere tilpasning. En oppsummering presenteres i Tabell 1.

### HandiNor – Proff

Setet til Proff-kjelken er vakuumformet av HDPE-plast. Det tilbys i tre størrelser, fra small (260 mm) til large (350 mm), bestemt av utøverens hoftebredde. Hver størrelse har egne mål på rygg høyde og setelengde, fra henholdsvis 180 mm og 420 mm (small) til 220 mm og 460 mm (large). Ekstra kileputer kan anvendes for justering av sittestillingen inne i setet. Utover dette kan rygg høyden og setelengden reduseres ved behov, noe som gjøres ved kapping etter at setet er formet.

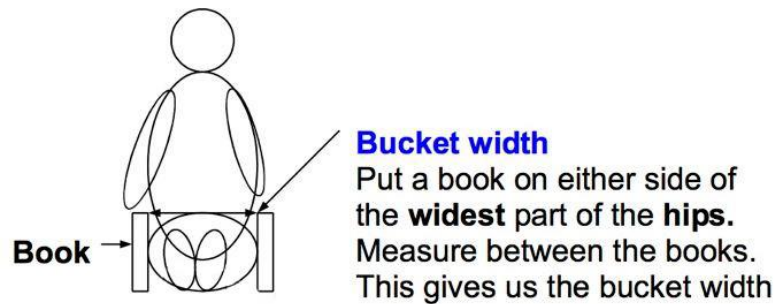
### Unique Inventions – Razor og Ballistic

Setet til Razor og Ballistic er produsert av HDPE-plast og tilbys i ni størrelser, fra 8" (203 mm) til 17" (432 mm) hoftebredde. Valget av setestørrelse gjøres etter at utøveren har målt sin egen hoftebredde som vist i Figur 2-2. Det er usikkert hvordan rygg høyde og setelengde varierer mellom størrelsene. Som ekstrautstyr leverer Unique frontdeksler for (1) dobbel- og (2) enkelamputerte, (3) høy ryggstøtte som kan monteres på standardsetene, (4) justerbar ryggstøtte og (5) beskyttelsesdeksel som ligger over lårene (dette kan også snus for å brukes til oppbygging under lårene). De tilbyr også justerbare knestøtter, nakkestøtter og ryggstøtter med bryststropper, men kun til kjelker for mosjon og trening og ikke til konkurransekjelkene Razor og Ballistic.



Figur 2-1 Ekstrautstyr fra Unique ([uniqueinventions.com/extras](http://uniqueinventions.com/extras))

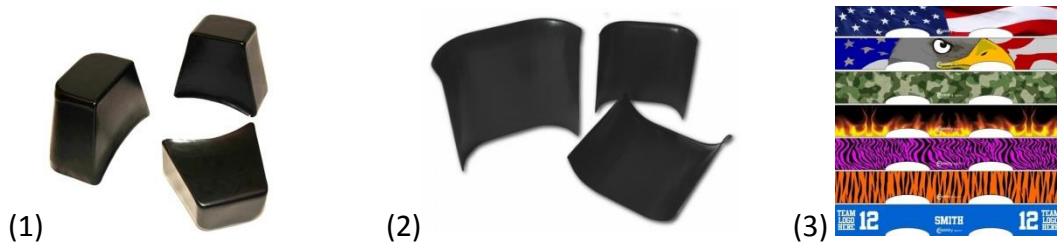




Figur 2-2 Måling av hoftebredde ([uniqueinventions.com/measuram](http://uniqueinventions.com/measuram))

### Mobility Sports – Competition Sled

Setet til Competition Sled er produsert av vakuumformet ABS-plast og leveres i 5 størrelser, med hoftebredde fra 10" (254 mm) til 18" (457 mm). Som ekstrautstyr tilbyr de (1) deksel for dobbelamputerte, (2) høy rygg som skrues på, (3) utvendig dekor til setene og innvendig polstring. Hoftebredden måles på tilsvarende måte som i Figur 2-2 og setelengde bestemmes ved at utøveren sitter inntil en vegg og måler avstanden fra veggen til rett over knærne. Mobility Sports ønsker også at vekt, høyde og funksjonsnedsettelse oppgis for å forstå brukerens behov bedre, men opplyser selv på nettsidene at dette ikke er et krav.



Figur 2-3 Ekstrautstyr fra Mobility Sports ([mobilitysports.com/extras](http://mobilitysports.com/extras))

### Ottobock – ArcticFlash

Setet til ArcticFlash er produsert i HDPE-plast og ligner mye på HandiNor Proff-setet i utforming. Det leveres i tre størrelser, med hoftebredde fra 13" (330 mm) til 16" (406 mm). Det oppgis at setet kan formes i ettertid, antakelig gjennom oppvarming og manuell forming. Ottobock tilbyr ikke ekstrautstyr til setene.






### Prosjekt 2013 – Prototype

Setet fra prototypen var hentet fra en alpin sitski og produsert i glassfiberkompositt. Siden det var en prototype bygget for testing og verifisering av funn ble det ikke brukt flere størrelser, men det ble brukt innvendige komponenter for å tilpasse det til utøveren. Innvendig ble setet utrustet med justerbar sitteplate med hull til sitteknuter, overliggende justerbare lårstøtter over øvre del av lår, innleggsplate i ryggen for å gi ønsket ryggvinkel og normal polstring utover dette.



Figur 2-4 Innvendig og utvendig utrustning i prototype

Tabell 1 Oppsummering av tilpasningsmuligheter på dagens seter

Modell	Illustrasjon	Tilpasningsmulighet	Ant. Var.	Minste - største mål	Ekstrautstyr
HandiNor Proff		Generell størrelse Rygghøyde Setedybde	3 Spes Spes		Kileputer
Unique Ballistic/Razor		Setebredde	9	203 - 430 mm	Lårbeskyttelse Fast høy rygg Justerbar høy rygg Enkelamp.-deksel Dobbelamp.-deksel
MobilitySports Competition Sled		Setebredde Setelengde	5 Ukjent	254 - 457 mm	Høy rygg Dobbelamp.-deksel Polstring Utvendig dekor
OttoBock ArcticFlash		Setebredde	3	330 - 405 mm	
Prototype Prosjekt 2013		Just. lårstøtter Just. sitteplate Ryggplate	-	Ukjent	



## 3 Bruker og brukssituasjon

---

Med bakgrunn i at det gjennom denne masteroppgaven skal utvikles et spesialtilpasset sete som kan produseres på en kostnadseffektiv måte i liten skala vil det være tre hovedbrukergrupper; (1) Utøvere – de som bruker setet på isen, (2) Materialansvarlige – de som vedlikeholder setet/kjelken og foretar utbedringer, og (3) Produsent og underleverandør – de som produserer, tilbyr og selger setet. Hver av de tre gruppene har forskjellige brukssituasjoner som påvirkes av setets utforming og disse presenteres i de følgende avsnittene.

**P13** Navn på brukere som har vært involvert i det overordnede utstyrsprosjektet kan ses i listen under, sammen med hvilken brukergruppe de tilhører, hvilken rolle de har og deres erfaring. Senere i rapporten henvises det til disse brukernes initialer for å stadfeste opprinnelsen til brukerkrav som presenteres.

### **Landslagsutøvere:**

- STS Stig Tore Svee, 15 sesonger på landslaget
- 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)
- REP Rolf Einar Pedersen, 15 sesonger på landslaget, en av verdens beste utøvere
- KAN Knut-André Nordstoga, 11 sesonger på landslaget
- KCH Kjell Christian Hamar, 3 sesonger på landslaget
- LRS Loyd Remi Solberg, 10 sesonger

### **Støtteapparat:**

- FOJ Finn Ove Johansen, Materialforvalter: Er med på samlinger og turneringer og har ansvar for å holde kjelkene i stand. Innebarer blant annet reparasjoner, sliping av skøytestål, justering.

### **Produsenter:**

- JEB Jo Espen Branes, daglig leder AS Unica, underleverandøren som produserer dagens seter
- EEW Ernst Egil Wold, ansatt HandiNor, produksjon og utvikling av produkter

### **Andre:**

- IPC International Paralympic Comitee, Reglement
- PK Peder Kjærnli, ansatt SIAT, slutføring av utstyrsprosjekt for kjelkehockey og mulig videreføring av kjelkeproduksjonen
- AS Anders Seim, ansatt SIAT, slutføring av utstyrsprosjekt for kjelkehockey og mulig videreføring av kjelkeproduksjonen

### 3.1 Utøvere

Under følger en kort presentasjon av noen av landslagsutøverne som har vært involvert i arbeidet rundt denne masteroppgaven.

---

**Kristian Buen – Målvakt - 30 år**

Amputert venstre bein gjennom kneet

Buen har spilt kjelkehockey i 3 sesonger. Før skaden var han aktiv målvakt i fotball.



---

**Eskil Hagen – Back - 43 år**

Ryggskada, hofteprotese etter brudd i hofte og bekken

Hagen er en av veteranene på landslaget og har spilt kjelkehockey i 21 sesonger.



---

**Kjell Christian Hamar – Målvakt - 28 år**

Hereditær Spastisk Paraparese, gir stivhet og spasmer i beina

Hamar har spilt kjelkehockey i 4 sesonger.



---

**Martin Flemsæter Hamre – Løper - 25 år**

Amputert venstre bein gjennom kneet



---

**Emil Garmo Kirstistuen – Løper - 20 år**

Ryggmargsbrokk (mild), noe redusert gangfunksjon

Kirstistuen har spilt kjelkehockey i 8 sesonger, hvorav 3 på landslaget, og drev tidligere med ispigging og alpin sitski.



---

**Rolf Einar Pedersen – Back - 43 år**

Amputert venstre bein under kneet

Pedersen er en av veteranene på landslaget og har vært med i 16 sesonger. Han har vært aktiv med idrett hele livet, og før skaden drev han blant annet med fotball, håndball og ishockey.



---

**Loyd Remi Solberg – Løper - 26 år**

Amputert venstre bein midt på låret

Solberg har spilt kjelkehockey i 10 sesonger. Før skaden drev han med fotball og håndball.



---

**Morten Værnes – Back - 32 år**

Lam fra livet og ned

Værnes har spilt kjelkehockey i 15 sesonger og vært på landslaget i 13 av disse. Før skaden drev han med fotball.



### 3.1.1 Primær brukssituasjon

**P13** Utøvernes primære brukssituasjon omfatter det som skjer under selve spillet i kjelkehockey; når utøveren sitter i kjelken og gjennomfører treninger eller kamper på isen. I denne situasjonen vil setet utsettes for krefter fra de svingebevegelser som utføres i tillegg til kortvarige, større krefter ved sammenstøt.

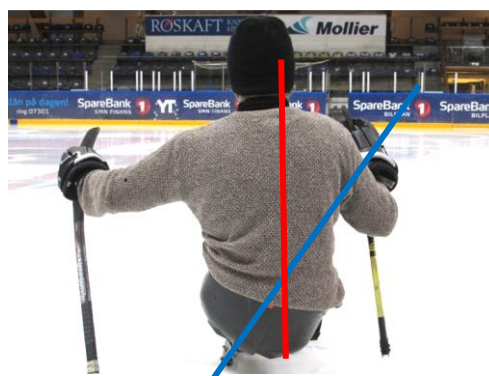
#### Respons: Krefter som opptrer i sving

For å ha et grunnlag for dimensjonering av kjelken ble det i Prosjekt 2013 gjennomført en enkel analyse for å få et anslag på størrelsen på kreftene som påkjerner setet og resten av kjelken når utøveren gjennomfører svinger.



Figur 3-1 Gjennomføring av lang sving

De største kreftene opptrer i skarpe svinger i høy fart: disse svingene er kontinuerlige, skjer ved stor hastighet og utøveren ligger stabilt på det ene skøytestålet gjennom hele svingen og presser imot. I disse svingene lener utøverne seg innover i svingen og støtter seg i isen med hånden, slik at det oppstår en "bananform" på kroppen som gjør at resultantkraften ikke går gjennom senter av kjelken. Ved kjappe, korte svinger holder utøverne overkroppen tilnærmet vertikal mens hoften vinkles sideveis for å svinge kjelken. Her oppstår også denne "bananformen", som vist i Figur 3-2.



Figur 3-2 Ved utførelse av kjappe 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

For utregning av kreftene som oppstår settes maksimal hastighet til  $7 \text{ m/s}$ , da dette er høyeste hastighet som er blitt målt under tidligere 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.

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

Dette gir en resultantakselerasjon på

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

Denne akselerasjonen kan også beregnes ut fra vinkelen utøverne har på kjelken i de krappeste svingene. I de aller krappeste svingene går setet ned i isen (Svee 2012), som ved 15 cm setehøyde tilsvarer en vinkel på 45°. Ved høyere vinkel enn 45° vil setet ta ned og skøytestålene løftes slik at de mister kontakt med isen. Ved sentripetalakselerasjon i horisontalplanet gir dette en resulterende akselerasjon på:

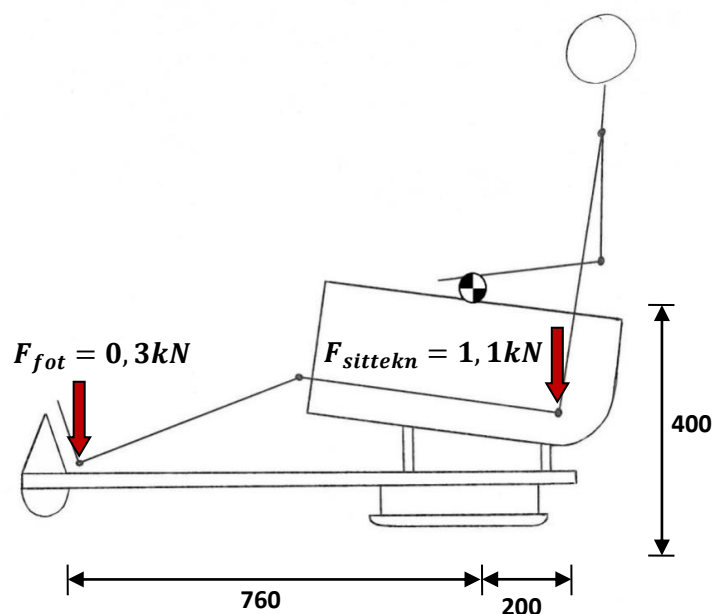
$$a \approx 1,4g$$

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 Stig Tore Svee, profilert utøver på landslaget.
- Plassering av massesenter i z-retning beregnes 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 bak midten av skøytestålene.



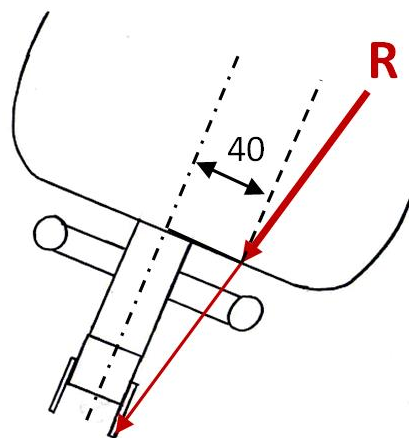
Figur 3-3 Kjelkeoppsett og plassering av massesenter

De viktigste kontaktpunktene mellom utøver og kjelke er der det overføres krefter, ved sitteknuter og føtter. Det vil overføres noen krefter lenger frem i setebunn og langs sideveggene, men i mye mindre grad enn i området ved sitteknutene. Dermed blir kraftfordelingen som følger:

$$F_{\text{fot}} = 0,3 \text{ kN}$$

$$F_{\text{sittekn}} = 1,1 \text{ kN}$$

Videre kan retningen til resultantkraften skisseres som nedenfor. Det er tatt utgangspunkt i vinkelen på utøveren i Figur 3-2, noe som med massesenteret beregnet over vil føre til at resultantkraften fra utøveren treffer 40 mm til side for senter av setet:



Figur 3-4 "Bananform" på kroppen ved sving gjør at resultantkraften virker eksentrisk på setet

### Sammenstøt

P13

Som tidligere nevnt er det hyppige sammenstøt mellom to eller flere utøvere og mellom utøverne og vantet rundt banen. Sammenstøt mellom utøverne skjer oftest ved at de kjører i hverandre med front mot front eller front mot side. I noen tilfeller sklir de sidelengs, liggende på isen, og treffer vantet med undersiden av kjelken (skøytestålene) først.



Figur 3-5 Front-side kollisjon ([ntnu.no/toppidrettsforskning](http://ntnu.no/toppidrettsforskning))

### 3.1.2 Sekundære brukssituasjoner

Utøvernes sekundære brukssituasjoner omfatter all bruk av kjelken som ikke finner sted på isen men som likevel stiller viktige krav til setet og resten av kjelken. Disse omfatter bestilling av setet, transport og det å sette seg ned i og komme seg ut av setet.

#### Bestilling

Før utøverne kan ta i bruk setet for første gang må de gjennom en bestillingsprosess mot produsenten. De bestiller da et sete basert på egne målinger og retningslinjer gitt av de ulike produsentene, ofte supplert av innspill fra andre utøvere som har kjennskap til produktet. Dersom det bestilles sete fra Unique Inventions blir utøveren bedt om å sette en bok på hver side av hoftene i sittende posisjon, måle bredden mellom bøkene og oppgi denne ved bestilling. Unique velger utfra dette det standardsetet som har den nærmeste bredden. Bestilles setet fra HandiNor oppgis hoftebredde og det velges sete i en av tre størrelser, men det er også en mulighet å få spesialtilpasset høyden på setet ved behov.

Utøverne bestiller selv sete basert på enkle mål

#### Transport

Ved trening og kamper frakter utøverne selv utstyret sitt til ishallens garderobe. Dersom de sitter i rullestol gjøres dette normalt ved å dytte en utstyrsbag foran seg mens de henger kjelkens ramme rundt halsen og støtter opp kjelken i fanget. Flere av utøverne som er i stand til å gå med krykker har et tau festet til en utstyrskasse slik at de kan trekke denne etter seg langs gulvet, og de som kan gå uten krykker triller utstyrsbaggen etter seg og bærer kjelken. Ved transport over lengre avstander, eksempelvis med fly eller buss, kan to og to kjelker festes sammen ved at den ene legges opp ned motsatt vei, slik at fronten på den ene kjelken havner inne i setet på den andre kjelken. På denne måten reduseres plassbehovet ved transport av mange kjelker.

Uavhengig av om det er transport over lengre eller kortere avstander oppleves det som viktig for utøverne at de er i stand til å klare seg selv i disse situasjonene og ikke være avhengige av eksterne hjelpere.

#### Sette seg ned i og komme seg ut av kjelken

P13

Det er viktig for utøverne å være i stand til å sette seg ned i og komme seg ut av kjelken på egenhånd, både for egen selvfølelse og av praktiske grunner da det gjerne er et begrenset antall medhjelpere tilgjengelig (Svee, 2012b). Normalt foregår dette ved at utøveren først plasserer kjelken på isen eller på gulvet like ved banen. Utøverne som bruker benprotese tar denne av før de skal på isen, støtter seg på en fot og setter seg ned i setet på en relativt kontrollert måte. De har begge hendene fri til å støtte seg med og klargjøre/åpne setet ved behov men på grunn av varierende grad av balanse er det en fordel at det er lett å komme seg oppi setet. Utøvere som sitter i rullestol plasserer kjelken ved siden rullestolen før de låser rullestolens hjul, støtter seg med en hånd på kjelken og en på rullestolen, og til slutt slipper seg ned til setet på kjelken, en høydeforskjell på ca. 30-40 cm. I denne situasjonen legges nesten hele kroppsvekten på den hånden som hviler på kjelken, og siden



de bruker begge armene må det være lett å komme oppi setet uten at de må holde til side noe eller klargjøre setet på andre måter. Deretter stropper de seg fast ved føtter, knær, rumpe og lår med kjelkens fastspenningsmekanisme. Det kan være utfordrende å holde balansen mens de stropper seg fast, spesielt om de benytter en smal skøytebrakett slik at avstanden mellom skøytestålene blir liten.

Etter endt bruk på isen må utøverne komme seg ut av kjelken igjen. De som sitter i rullestol plasserer denne ved siden av kjelken og løsner fastspenningsmekanismen. Deretter støtter de seg med den ene hånden på rullestolen og den andre på kjelkesetet, med hovedtyngden på rullestolen, og løfter seg opp de 30-40 cm til rullestolen. Når de skal ut av setet er det viktig at det ikke henger fast i utøveren og følger med når han løfter seg opp, da dette kan føre til tap av balanse eller at rullestolen flytter seg og føre til fall. Å ha et sete som det er enkelt å komme seg ut av oppleves derfor som viktig ved normalt bruk, og dersom det skulle oppstå skadesituasjoner på isen er det enda mer kritisk at utøveren kan løsnes raskt og effektivt slik at skaden kan tas hånd om.

### **3.2 Materialansvarlige**

De materialansvarlige på landslaget har ansvar for å vedlikeholde og gjennomføre service på kjelkene til alle utøverne. Dette arbeidet består av demontering av skøytestål for sliping, mindre justeringer av kjelkeoppsettet, utbytting av defekte komponenter og oppgraderinger til nye komponenter.

Ved demontering/montering av setet er det fire bolter som må løsnes for å frigjøre det fra resten av kjelken. Disse er plassert i setebunnen og den normale setepolstringen trenger ikke fjernes for å komme til dem. Fastspenningen er festet til sidene av seteskallet med fire til åtte gjennomgående bolter, og demonteringen av disse blir heller ikke hindret av polstringen.

### **3.3 Produsent og underleverandør**

HandiNor står som produsent av hockeykjelkene og utfører stort sett montering av ferdig fabrikerte komponenter. Denne monteringen består av manuelt arbeid som finner sted i lokalene deres i Fetsund. Det er HandiNor selv, og deres salgsagenter, som selger kjelkene til utøvere over hele landet. De benytter underleverandører for å produsere de ulike komponentene og det er AS Unica som produserer setene på dagens Proff-kjelker.

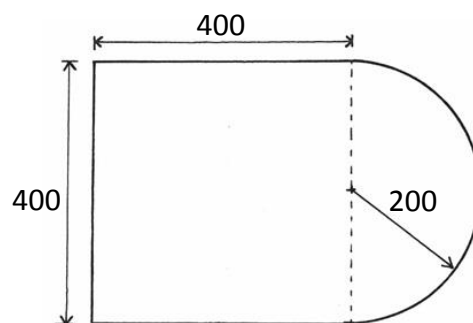
Unica holder til på Oppaker i Nes kommune og produserer transportkasser og koffertar for utstyr som skal beskyttes mot tøffe påkjenninger i tillegg til generell plastproduksjon. For sistnevnte kan de utføre vakuumforming, knekking og 5-akset CNC-fresing og produserer alt fra plakatholdere til bilinteriør og maskindeksler. Bedriften har lang erfaring med plastproduksjon og har vært i drift siden 1907 (Unica: Om oss, 2014).

Proff-setene lages av HDPE-plast (PE300) med 8 mm tykkelse. Det benyttes en plugg laget av kryssfiner for å forme plastplater til seter i en vakuumformingsmaskin. Overflaten på pluggen bestemmer den innvendige flaten i det ferdige setet, og som følge av formingsprosessen varierer materialtykkelsen noe på de ulike områdene av setet. Skarpe hjørner etterfulgt av nær vertikale flater gir tynnere materiale enn hjørner med større radier og mer vinklede flater (Branes, 2014).



**Figur 3-6 Geiss T8 vakuumformemaskin hos Unica**

Vakuumformemaskinen som benyttes har automatisk mating av plastplater og sonebasert oppvarming av plastplatene før forming (tid, temperatur og fordeling) i tillegg til at den kan gi signal til eksterne enheter på gitte tidspunkter i prosessen. Ved forming oppnås det rundt 90 % vakuum under plasten.

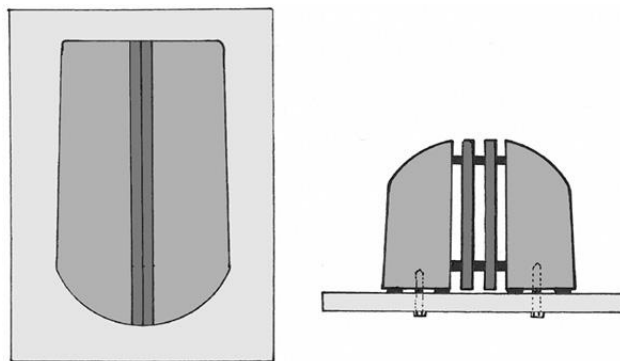


**Figur 3-7 Skisse av projisert areal av pluggen**

For å gi et estimat over hvilke krefter som kan forventes gjennom formingsprosessen benyttes et projisert areal ved undersiden av en formeplugg som vist i Figur 3-7. Dette gir en flate på  $222,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$ . Trykkforskjellen ved 90 % vakuum er 0,9 bar ( $\approx 1$  bar utvendig og 0,1 bar innvendig, absolutt trykk). Resultantkraften av trykkforskjellen og det gitte arealet blir 20,1 kN, altså over 2000 kg.



Ved bestilling får Unica beskjed om antall og hvilken størrelse seter som skal produseres. De henter formingspluggen fra lager og kontrollerer oppsettet på den. Pluggen, som skissert i Figur 3-8, er splittet langs midten slik at bredden kan endres, og den er festet til en underlagsplate kledd av aluminium for nøyaktig håndtering i maskinene. For å endre bredden på pluggen løsnes den fra underlagsplaten, demonteres og det tas bort eller legges til ett eller to mellomstykker før pluggen monteres og skrues fast på underlaget igjen. Utover tidsbruken ved å endre bredden på pluggen oppleves prosessen av de ansatte som tungvint da pluggen er stor og tung å jobbe med. Som et resultat av at det går mye tid på omstilling mellom ulike setestørrelser øker også kostnadene. Med større serier og bedre verktøy blir det anslått at produksjonskostnaden kan reduseres med opptil 60-70 % (Branes 2014).



**Figur 3-8 Skisse av plugg til Proff-setet**

En ubehandlet plugg laget av kryssfiner vil gi noe redusert overflatekvalitet og etter hvert tørke ut. Dette fører til at tynne platedeler av pluggen delamineres og må sparkles for å ikke ødelegges ved vakuumformingen, som vist i Figur 3-9.

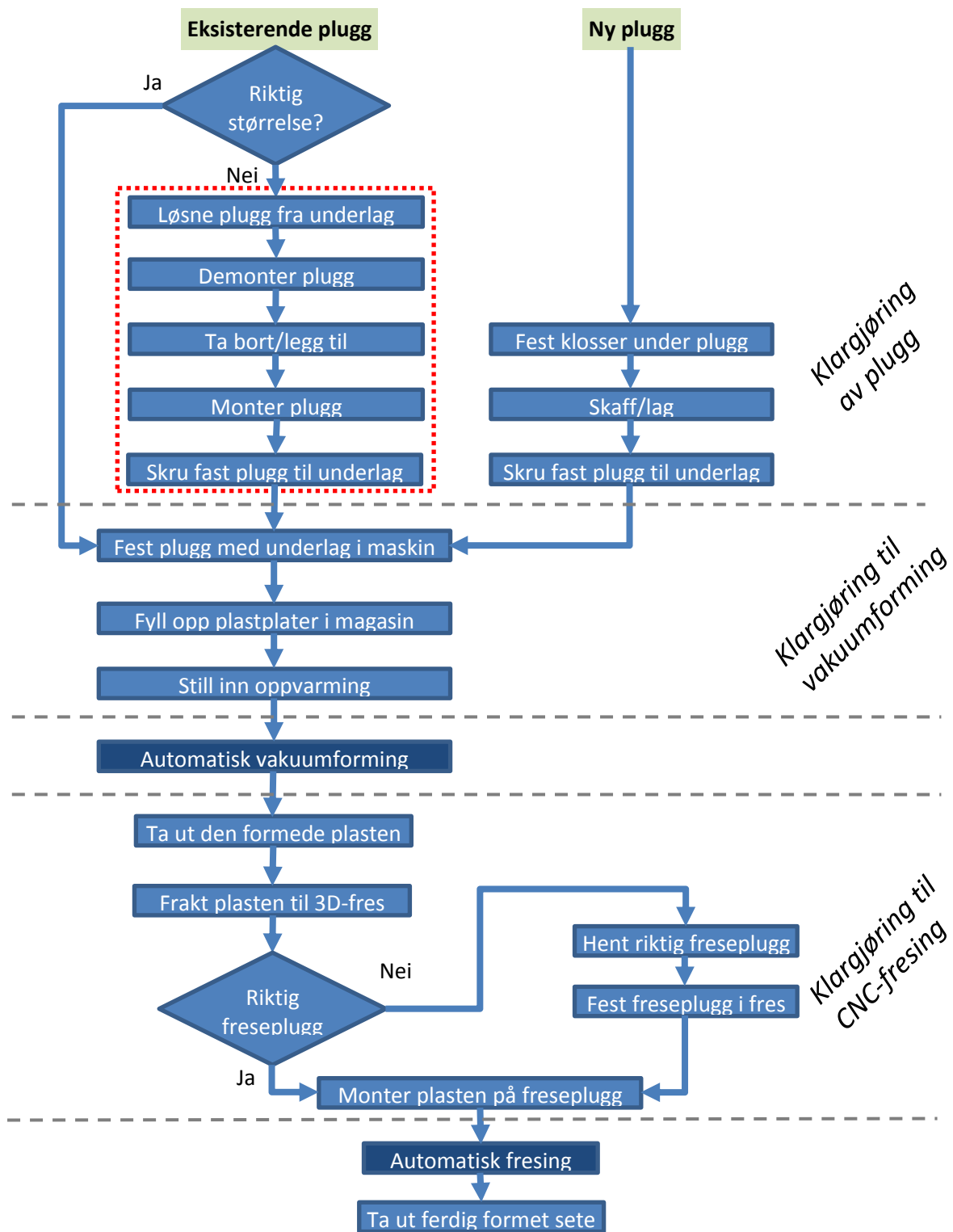


**Figur 3-9 Plugg i kryssfiner tørker ut og må sparkles**

For å forbedre overflatekvaliteten og holdbarheten har pluggen som benyttes til Proff-setet blitt malt med epoksymaling. Dette har bedret holdbarheten, men den begrensede finishen gjør den fortsatt noe vanskelig i bruk og reduserer finishen på sluttproduktet.

Produksjonsprosessen til Unica er skissert i Figur 3-10. Operasjonene som ligger innenfor den røde stiplede linjen er merarbeidet det medfører å endre størrelse på pluggen, og det er disse operasjonene som ønskes redusert eller eliminert. Alle manuelle operasjoner frem til

“Klargjøring til CNC-fresing” må kun gjennomføres én gang for hver serie som produseres, men i disse siste stegene kreves det noe manuelt arbeid.



Figur 3-10 Produksjonsprosess for plastsete hos Unica

## 4 Grunnbehov

---

P13

Grunnbehovene som ble utarbeidet for hockeykjelken generelt gjennom Prosjekt 2013 var **(1) Respons** – *kjelken skal utformes slik at den responderer godt til svingebevegelsene til utøveren*, **(2) Tilpasning** – *kjelken skal kunne tilpasses slik at utøverne, uavhengig av anatomi, opplever god respons*, **(3) Sammenstøt** – *kjelken skal tåle ytre påkjenninger og beskytte utøveren*, **(4) Reglement** – *kjelken skal overholde gjeldende reglement*, og **(5) Øvrige** – *Lav vekt, komfort, produksjon/montasje/reparasjon og design*. Disse grunnbehovene ble kartlagt gjennom tidligere studier, samtaler med og observasjoner av utøvere på det norske landslaget samt en analyse av idretten og utstyret som finnes i dag. De er også gjeldende for dette prosjektet men inndelingen av dem endres og behovene blir spisset til kun å gjelde setet. Videre vil behovet som omhandler tilpasning, sammen med produksjon og montasje, være nøkkelbehovene for denne oppgaven og disse vil bli behandlet mer omfattende.

Gjennom de følgende delkapitlene vil brukerkravene til setet presenteres, hvert av dem etterfulgt av initialene til brukerne som enten er opphavet til, eller har verifisert, det enkelte kravet. De brukerkrav som kan konverteres til kvantifiserte produktkrav blir behandlet fortløpende, mens de som behøver ytterligere data blir merket med dette og konvertert etter at tilstrekkelig data er samlet inn og behandlet. En tabell med den komplette brukerkravspesifikasjonen presenteres i siste del av Kapittel 5, etter at alle brukerkravene har blitt introdusert.

### 4.1 Respons

Respons, hvordan kjelken responderer til, og overfører, utøverens bevegelser ved akselerasjon og retningsendring ble i Prosjekt 2012 satt frem som det viktigste behovet for en kjelke med gode prestasjoner. Dette ble verifisert i Prosjekt 2013 og er også her det overordnet viktigste behovet. Bevegelsene fra utøveren må overføres direkte til isen med minst mulig tap for å gi størst mulig grad av kontroll. For setet betyr dette at utøveren må støttes opp, holdes fast og at setet i seg selv ikke gir etter mer enn ønskelig. Setet må posisjonere utøveren riktig i forhold til resten av kjelken og bidra til at denne posisjonen holdes gjennom kampene. Et problem med Proff-setet som ble avdekket i Prosjekt 2013 var at utøveren kunne bli slått ut av posisjon ved sammenstøt gjennom rotasjon inne i setet. Dette skyldtes at setets konstruksjon ikke motvirket denne typen bevegelse. Setene fra Razor- og Ballistic-kjelkene hadde ikke dette problemet, men her opplevde utøverne en vippebevegelse inne i setet ved raske svinger, siden setet ikke var utformet på en måte som hindret dette. Det er mange faktorer som påvirker responsen, blant annet passform, materialstivhet, valg av fastspenningsprinsipp og generell utforming av setet.

**(BK.1) Brukerkrav:** Rotasjon inne i setet ved sving og sammenstøt skal forhindres.

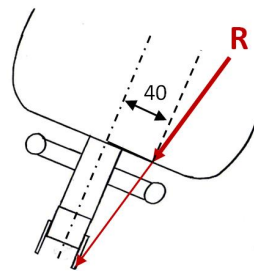
Setet må utformes slik at utøveren kun har én naturlig stilling og ikke kan låses ute av posisjon (REP)

**(BK.2) Brukerkrav:** Ingen vippebevegelse i setet ved sving (STS, MV)

**(BK.3) Brukerkrav:** Ingen sideveis bevegelse av utøveren inne i setet (STS, MV, REP)

**(BK.4) Brukerkrav:** Setet skal ha høy nok stivhet/styrke til å håndtere utøverens vekt og svingebevegelser uten å deformeres (STS, MV, REP)

For å vurdere setets stivhet kan tilfellet presentert i Kapittel 3.1.1 brukes som eksempel. Ved krappe svinger utsettes setet for en kraft på 1,4 kN (basert på en utøver som veier 100 kg), og denne virker omtrent 40 mm til side for senter av setet, som vist i Figur 4-1. Hvordan setet oppfører seg her vil være avhengig av hvordan det er festet sammen med kjelkens understell og hvordan det understøttes av dette. Som et estimat kan det settes en maks grense på nedbøying ved denne belastningen på 3 mm.



**Figur 4-1 Belastning av sete**

**(PK.1) Produktkrav:** 1,4 kN belastning 40mm eksentrisk i setet skal ikke gi mer enn 3 mm nedbøying

## 4.2 Tilpasning

For at utøveren skal oppleve god respons er det viktig at kjelken, og setet spesielt, er tilpasset hver enkelt utøver. Det er stor variasjon blant utøvere i kjelkehockey, og dette blir ikke tatt hånd om av de kjelkene som er tilgjengelige i markedet i dag. Setene leveres som nevnt stort sett i faste størrelser basert kun på hoftebredde og med en ellers generisk utforming. Tilpasningen til hver enkelt utøver gjøres hovedsakelig med polstringsmateriale eller deformasjon av seteskallet ved hjelp av fastspenningen. Dette er grunnbehov som blir behandlet nærmere i Kapittel 5: Behov for individualisering, og som utgjør rammeverket for denne masteroppgaven.

### 4.3 Sammenstøt

Kjelkehockey er en tøff kontaktsport på lik linje med vanlig ishockey, men her er utøverne i tillegg utstyrt med kjelker av harde metallkomponenter og køller med spisse pigger som kan medføre ytterligere skade ved sammenstøt. Utøverne utsettes for hyppige og kraftige sammenstøt med andre kjelker, de kan bli truffet av pucken i høy hastighet eller blir rispet av piggene på motstandernes køller.

*“Du kjenner det. Det er en kontaktsport, taklinger hele tiden og det skal smelle!”*

- Knut Andre Nordstoga, profilert landslagsutøver  
(SledgehockeyNorway, 2010a)

Det er viktig at setet håndterer sammenstøt på en god måte gjennom å fordele slagkrefter og beskytte utøveren ved sammenstøt.

**(BK.5) Brukerkrav:** Setet bør dekke hele området fra øvre hoftekam ned til knær  
(STS, MV)

**(BK.6) Brukerkrav:** Setet må tåle stikk fra ispigger uten å svikte eller tillate penetrering (STS, MV, AH)

**(BK.7) Brukerkrav:** Setet må tåle kollisjon fra siden og bakfra uten å svikte  
(STS, MV, AH)

### 4.4 Bruk og vedlikehold

Som beskrevet i utøvernes sekundære brukssituasjoner i Kapittel 3.1.2, oppleves det som viktig for utøverne å være i stand til å komme seg oppi kjelken på egenhånd. Dette innebærer at setet må være stivt nok til lene seg på og at det ikke må være noe i veien når utøveren skal sette seg ned i det. Det bør også være enkelt å komme seg ut av setet igjen, både etter endt trening/kamp og dersom en skade skulle inntreffe.

**(BK.8) Brukerkrav:** Det skal være mulig for utøverne å komme seg oppi kjelken på egenhånd (STS)

**(BK.9) Brukerkrav:** Det bør oppleves enkelt å komme seg ut av kjelken (STS)

Det er landslagets materialansvarlige som vedlikeholder utøvernes kjelker og bytter ut komponenter ved svikt. Setets holdbarhet vil ha innvirkning på hvor ofte det må byttes. Dersom et sete garanterer eksepsjonelt gode resultater kan en kortere holdbarhet aksepteres, men det vil gi klare ulemper ved turneringer og lignende. Spesielt gjelder dette dersom setene er spesialtilpasset hver utøver, da det må medbringes mange ekstra seter, noe som tar mye plass og er problematisk å frakte. Det er derfor ønskelig at setene har en holdbarhet på en hel sesong ved normalt bruk på toppnivå. Dersom setet er bygget opp av

flere komponenter antas det å være akseptabelt at enkelte komponenter kan være nødvendige å bytte ut og erstattes, men hovedkonstruksjonen bør holde en hel sesong.

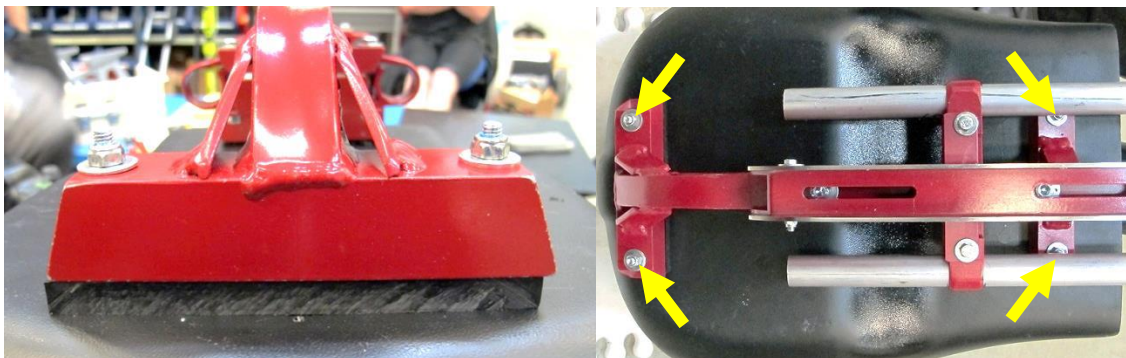
**(BK.10) Brukerkrav:** Setet må ha en holdbarhet på én sesong ved normal slitasje (FOJ)

## 4.5 Grensesnitt

I tillegg til å ha et grensesnitt mot kroppen til utøveren har setet grensesnitt mot kjelkens understell, knebøyle og fastspenningsmekanisme. For at setet skal oppfylle kravene og kunne benyttes må disse grensesnittene være avklarte og inkorporert i seteutformingen. Kjelken som ble utviklet gjennom Prosjekt 2013 og videreutviklet av Kjærnli og Seim i de påfølgende månedene har andre grensesnitt enn eksempelvis HandiNors Proff-kjelke. Det tas her utgangspunkt i førstnevnte kjelke.

### Understell

Setet festes til understellet ved hjelp av fire bolter som går gjennom seteskallet og setekoblingen på understellet. Det er plassert to bolter foran og to bak og de er symmetriske om setets senterlinje, som vist i Figur 4-2. Understellet leveres i flere ulike høyder, men alle har en avstand på 330 mm mellom fremre og bakre setekoblinger.



Figur 4-2 Grensesnitt mot understell

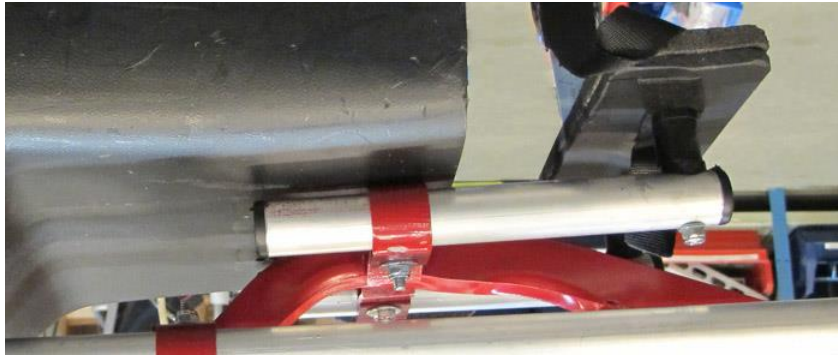
Avstand mellom hullene er 110 mm, både foran og bak. Ved innfestingspunktene må setet ha et flatt område på minst 30 x 150mm for å hvile mot setekoblingen.

**(IK.1) Internkrav:** Setet skal kunne monteres på understellet (AS, PK)

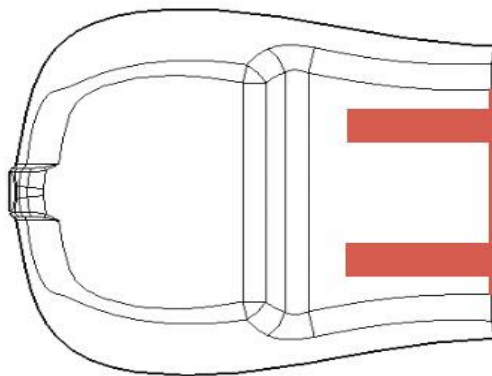
**(PK.2) Produktkrav:** Det skal være plass til skruehull med 110 mm avstand, foran og bak, sentrert langs midten av setet. Avstanden mellom fremre og bakre skruehull er 330 mm. Det skal være jevne områder på 30 x 150 mm rundt innfestingene.

## Knestøtte

Knestøtten monteres på understellet men ligger tett inntil undersiden av setets fremre kant. Setet har dermed ikke et sammenføyningsgrensesnitt mot knestøtten, men setets utforming må ikke hindre monteringen av den. Undersiden foran på setet må derfor ikke ha en kant som vender nedover og det må ha en jevn flate i forkant.



Figur 4-3 Grensesnitt mot knestøtte



Figur 4-4 Skisse av grensesnittet mot knestøtte

**(IK.2) Internkrav:** Setet skal ikke hindre montering av knestøtte (AS, PK)

**(PK.3) Produktkrav:** Jevn underside foran på setet for å ikke komme i veien for knestøtten; to områder med lengde 150 mm og bredde 35 mm, sentrert langs midten av setet og med 150 mm bredde mellom dem.

## Fastspenning

Fastspenningen, som utviklet av Kjærnli og Seim, består av to par plater av PE-plast med låsmekanisme tilsvarende alpinskospenner og med vingemutter som sikring/låsing. Hver plate festes med én bolt gjennom selve seteskallet og har flere hull for lengdejustering. Platene er omtrent 40 mm brede i området som festes på setet og de ligger mellom 100 og 120 mm fra hverandre (senter skruehull til senter skruehull). Plasseringen langs siden av setet blir tilpasset hver utøver noe som gjør at denne flaten bør holdes jevn fra toppen av setet og 50 mm nedover etter at setet er kappet til.





**Figur 4-5 Grensesnitt mot fastspenning**

**(IK.3) Internkrav:** Setet skal kunne påmonteres fastspenningsmekanismene (AS, PK)

**(PK.4) Produktkrav:** Jevn overflate fra 100 mm over fremre del av setebunn og opp til setekant, fra setets fremre kant og 200 mm bakover.

## 4.6 Produksjon

Under produksjon finnes det en klar todeling av behovene; ett sett som stammer fra produsenten selv og ett som stammer fra underleverandøren som produserer setene.

### Produsenten:

Produsenten av hockeykjelken ønsker å øke inntjeningen og gjenvinne konkurransekraft i markedet gjennom å tilby kjelker med prestasjoner som overgår konkurrentenes. Muligheten for å tilby tilpassede seter til utøverne vil kunne være et viktig bidrag til dette. Det er et ønske om å kunne tilby en høyere grad av tilpasning enn det som finnes i dag uten at kostnadene øker betydelig. Tidligere estimat fra underleverandøren, som nevnt i Kapittel 3.3, viser et potensiale for reduksjon av produksjonskostnadene med opptil 60-70 % ved bruk av et bedre verktøy og kjøring av større serier (reduksjon av manuelt arbeid per sete). For at produsenten skal ønske å investere i et nytt og mer kostbart verktøy antas det at det må lønne seg over ett års produksjon. Bruker vi 60 seter/år som et konservativt grunnlag, en tidligere produksjonskostnad på 1000 kr og en ny produksjonskostnad på 400 kr, kan verktøyet ikke koste produsenten mer enn 36.000 kr i innkjøp.

**(BK.11) Brukerkrav:** Setet skal kunne tilpasses utøveren slik at det gir en "tight" passform (AS, PK)

Brukerkravet BK.12 kvantifiseres ikke til produktkrav da det fanges opp av produktkravene som omhandler tilpasning til utøverne.

**(BK.12) Brukerkrav:** Produksjonsverktøyet skal være lønnsomt i løpet av ett år (AS, PK)



**(PK.5) Produktkrav:** Produksjonsverktøyet skal ikke koste mer enn 36.000 kr i innkjøp.

**Underleverandøren:**

Bedriften som står for selve formingen av setene ønsker å forenkle denne prosessen og kunne levere seter av høyere kvalitet enn det som er mulig i dag (Branes 2014). Dagens plugg er som nevnt tidligere frest ut av kryssfinerplater, limt/skrudd sammen lagvis og det er en arbeids- og tidkrevende prosess når bredden skal endres.

Pluggens overflatekvalitet overføres nærmest direkte til sluttproduktet, noe som vil si at dersom pluggen lages med en ujevn overflate vil alle setene som produseres ved hjelp av den også få redusert overflatekvalitet. Et strengere overflatekrav på grovhet vil her kunne øke det estetiske inntrykket setene gir. Videre vil en plugg med begrenset holdbarhet på grunn av slitasje måtte byttes oftere enn en plugg av høy kvalitet. Pluggene som Unica benytter for å produsere andre plastkomponenter er hovedsakelig laget av aluminium, som vist i Figur 4-6, og har tilnærmet ubegrenset holdbarhet (Branes 2014). Ved å ha en holdbar plugg reduseres også tidsbruken i produksjonen siden en ny plugg må justeres og eventuelt overflatebehandles, få montert på underlagsklosser og monteres på en underlagsplate før den kan benyttes i vakuumbremningsmaskinen. I tillegg til dette ønsker underleverandøren å redusere den manuelle innsatsen som kreves ved omstilling mellom ulike setestørrelser, da dette er både tungt, tidkrevende og kostnadsdrivende arbeid.



**Figur 4-6 Aluminiumsplugg montert på underlagsplate for formingsmaskinen**

**(BK.13) Brukerkrav:** Produksjonsverktøy med god holdbarhet (JEB)

Basert på samtaler med de ansatte på Unica vil det være tilstrekkelig at produksjonsverktøyet produseres av aluminium eller stål for å sikre god holdbarhet i produksjonen, da bedriften har god erfaring med slike verktøy.

**(PK.6) Produktkrav:** Verktøyet skal være produsert av aluminium eller stål

**(BK.14) Brukerkrav:** Høy finish på produksjonsverktøy (JEB)

Overflatekvaliteten på verktøyet overføres til sluttproduktet. Dersom det skal formes optisk plast kreves det polerte overflater, men det ved gjennomfarget plast og høyere

platetykkelser (6 – 8 mm) er overflatekvaliteten mindre kritisk. En overflate som kjennes jevn ut vil kunne gi et godt resultat, så produktkravet settes til 6,3 µm.

**(PK.7) Produktkrav:** Overflateruhet på verktøyet skal ikke overstige 6,3 µm på flaten som benyttes til forming

**(BK.15) Brukerkrav:** Redusere manuelt arbeid for omstilling mellom størrelser (JEB)

Det manuelle arbeidet involvert i omstilling mellom størrelser i dag innebærer å demontere pluggen, løsne fra underlaget, endre bredde og feste alt sammen igjen. Fjernes behovet for å løsne pluggen fra underlaget vil dette arbeidet kunne reduseres betydelig.

**(PK.8) Produktkrav:** Det skal ikke være behov for å skru løs pluggen for å endre størrelse på setene som produseres

## 4.7 Øvrige

### 4.7.1 Regler

Regelverk til utstyret er fastsatt av IPC, og de punktene i *Ice Sledge Hockey Rules 2011-2014* (IPC 2011) som omfatter setets utforming er gjengitt under.

- a) *The Seat may be made from any suitable material and must have no sharp edges (edges rounded off). No more than 1cm of the frame may protrude beyond the rear of the seat.*
- b) *Removable seat cushions or built-in padding or combination thereof must NOT exceed 5cm in height, nor overlap the seat.*

**(RK.1) Regelkrav:** Setet kan lages av ethvert passende materiale men skal ikke ha skarpe kanter (IPC)

**(RK.2) Regelkrav:** Innvendig polstring skal ikke ha tykkelse over 5 cm. (IPC)

### 4.7.2 Komfort

Begrepet komfort brukes her litt løst da det ikke anses som viktig for setet at det er svært behagelig i bruk, men snarere at det har et nivå av komfort som er tilstrekkelig for bruksområdet. Det skal ikke være så ubehagelig at det reduserer utøverens prestasjon eller være skadelig å bruke gjennom en hel kamp. Bedret komfort kan, opp til et visst nivå, medføre at utøverne kan bruke hele energien sin på å spille bra og ikke unngå å gjøre svingebevegelser eller satse alt fordi det er ubehagelig å gjøre det. Det er ønskelig med tilstrekkelig komfort til å ikke øke faren for trykksår eller andre skader, eller redusere utøverens prestasjon på isen.

**(BK.16) Brukerkrav:** Komforten skal være tilstrekkelig for å ikke redusere utøverens prestasjon på isen, gi stort ubehag eller varige mén under eller etter bruk.  
(STS, MV)

Det er problematisk å kvantifisere komfort for å konvertere BK.11 til et produktkrav. Det kan være mulig å analysere maksimalt vevtrykk som oppstår gjennom testing og måling, men for den videre utviklingen regnes det som tilstrekkelig med tilbakemeldinger fra utøvere som bruker og tester setene.

### 4.7.3 Design

Design av produkter er viktig, og kanskje spesielt innen konkurranseidrett. Et design som oppleves som aggressivt kan bidra til et psykologisk overtak over motstanderen, i tillegg til å styrke den enkelte utøvers tro på at det utstyret han bruker vil gi høyere prestasjoner. Designet kan altså bidra til å øke prestasjonen.

Det har vært ytret spesifikke ønsker fra utøverne med eksempelvis navn, spillernummer eller det norske flagget som dekor på kjelken, og setet er et naturlig sted å innføre dette. Dekor eller utforming som dette kan bidra til å styrke knytningen i laget ytterligere og definere dem som en gruppe. HandiNor leverer allerede seter med en slik type dekor, som vist i Figur 4-7 fra et alpint sitski-sete.



Figur 4-7 Alpint Sitskiset med utvendige detaljer

**(BK.17) Brukerkrav:** Tøff/aggressiv design (Alle utøvere)

Brukerkrav som BK.17 kan ikke kvantifiseres for bruk gjennom utviklingen av et nytt sete, men bør verifiseres overfor utøvere i etterkant.

**(BK.18) Brukerkrav:** Tilpasset dekor, for eksempel inkorporering av utøverens navn, spillernummer eller det norske flagg i designet (KAN, ES, MV)

I dag fester utøvere selv på klistremerke med spillernummeret sitt på setet, dette må derfor regnes som et minstekrav av tilpasset dekor.

**(PK.9) Produktkrav:** Setet skal ha, eller ha muligheten for, tilpasset dekor. Minstekrav er klistremerke med spillernummer

#### 4.7.4 Vekt

Blant utøverne på det norske landslaget anses lav vekt som en viktig egenskap ved kjelke, men det er imidlertid vanlig med et overdrevet vektfokus på utstyret blant idrettsutøvere. Kjelkene som benyttes i kjelkehockey veier rundt 5 - 6 kg, noe som tilsvarer omkring 6 % av totalvekten når man regner med vekten av utøveren selv. Vekten på setet fra Unique Ballistic-kjelken er 1520 gram og setet fra HandiNor Proff-kjelken veier 1970 gram. En realistisk reduksjon av setets egenvekt på 0,5 - 1 kg vil dermed ha lite å si på totalvekten og vil ikke være et styrende behov. Det ønskes likevel at vekten ikke overstiger vekten på de allerede eksisterende setene.

**(BK.19) Brukerkrav:** Setet skal ha lav vekt (KAN, MV, STS)

**(PK.10) Produktkrav:** Setet skal ikke ha en egenvekt høyere enn 1970 gram. Setet bør ha egenvekt under 1500 gram.

## 5 Behov for individualisering

---

De anatomiske variasjonene blant utøverne i kjelkehockey er betydelig større enn i den generelle befolkningen. Dette skyldes blant annet amputasjoner av ulikt omfang, lammelser som gir muskelsvinn og redusert beinmasse, og dysmeli som gir mangelfullt utviklede lemmer. De ulike funksjonsnedsettelsene kan gi andre krav enn kun de endringene i anatomien som oppleves, blant annet med tanke på støtte. I tillegg til dette har utøverne på høyere nivå ofte egne erfaringsbaserte preferanser for kjelkeoppsettet – disse kan ha bakgrunn både i funksjonsnedsettelsen deres, egen kjennskap til effekter fra den eller basert på innarbeidede vaner.

Det er naturlig å dele inn behovet for individualisering i tre kategorier; (1) Anatomiske variasjoner, forskjeller som er målbare med måleverktøy, (2) Preferanser, subjektive ønsker som uttrykkes av utøverne selv og (3) Fysiologiske effekter fra funksjonsnedsettelse. Sistnevnte inkluderes for å bedre forstå utfordringene de medfører og for best mulig å kunne ta hensyn til dem ved utforming av et sete.

I de påfølgende delkapitlene vil individualiseringsbehovene innen de tre kategoriene gjennomgås for å avdekke hvilke data det er nødvendig å samle inn fra utøverne. De generelle kravene for tilpasning blir lagt frem, men de blir ikke kvantifisert før senere i rapporten, da de krever mer bearbeiding for å kunne gis tallverdier.

### 5.1 Anatomiske variasjoner

#### Lår

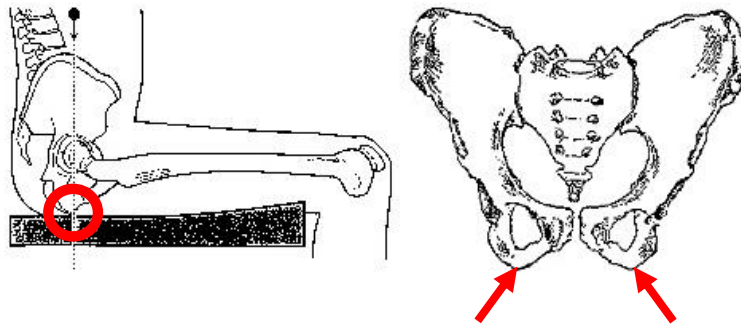
Lengde på lår vil indikere hvor langt setet bør være. Det er i utgangspunktet ønskelig med et sete som dekker nesten helt frem til knærne for best mulig beskyttelse, og som kun gir plass til knebeskyttere. Knebeskytterne rekker normalt 2-3 cm over knærne og er påbudt å bruke. Bakgrunnen for at dette området ønskes dekket er hovedsakelig for beskyttelse. Lårlengde er forventet å variere med 10 – 20 cm mellom utøverne som spenner fra utøvere som er 190 cm høye, via utøvere med underutviklede bein, til utøvere som er dobbelamputerte over knærne.

Lårenes tykkelse rett over knærne antas å variere noe mindre enn lårlengde, men det er viktig for utøverne å ha et sete som ligger inntil lårene helt i forkant. Dette både for å gi støtte og for å hindre at puck, køller eller annet kan komme innenfor seteskallet og føre til skade. Seter produsert i plastmaterialer er fleksible nok til at utøverne bruker fastspenningsmekanismen for å stramme setet sammen til det ligger inntil lårene, gitt at klaringen i utgangspunktet ikke er for stor.

#### Rumpe og sitteknuter

På dette området antas den største variasjonen å være hvor mye mykt vev utøveren har på underside av rumpe og lår. Dette kan henge sammen med lammelser og hvor lenge utøveren

har hatt dette, da lammelser over tid fører til muskelsvinn. Utøvere som har vært lamme i over lengre tid kan derfor ha svært redusert muskelmasse, noe som endrer størrelseskravet til setebunnen og øker kravene til polstring for å unngå skade ved bruk.



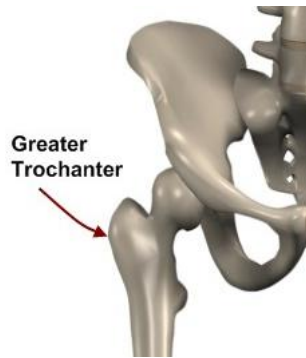
**Figur 5-1 Sitteknutene utgjør det nederste punktet i bekkenet i sittende stilling (noelkingsley.com)**

Sitteknutene utgjør det nederste punktet i bekkenet i sittende stilling og på grunn av dette vil det høyeste vevtrykket oppstå her. De ble benyttet aktivt i seteutformingen på den endelige prototypen fra Prosjekt 2013 gjennom bruk av en fast sitteplate med to hull som tilsvarte sitteknutenes plassering. Når utøveren setter seg i kjelken smetter sitteknutene ned i disse hullene og gir på den måten en god og repeterbar posisjonering. Når utøveren er fastspent i setet gir hullene til sitteknutene mekanisk låsing som forhindrer sideveis bevegelse og rotasjon i setet, noe som hjelper på kraftoverføringen. Her er det viktig å kartlegge avstanden mellom sitteknutene og avstanden fra korsrygg til sitteknuter for å vite hvordan sitteplaten/setebunnen skal utformes.

### **Hofter og hofteknuter**

Erfaring fra Prosjekt 2013 har vist at hoftebredden varierer relativt mye mellom utøverne. Dette målet vil styre hvor bredt bakre del av setet må være for å være tettsittende nok til å gi god respons men likevel romslig nok til at utøveren får plass.

Hofteknutene utgjør beinbygningens bredeste punkt i nedre del av kroppen, og tilsvarende som for sitteknutene er det her det er minst grad av beskyttende, utenpåliggende vev. Det er stor usikkerhet rundt hvor mye variasjon det er i plassering og mål/størrelse på hofteknutene, noe som må avklares før setet utformes. Prototypen fra Prosjekt 2013 utnyttet dette faste punktet for å hindre vippebevegelse inne i setet ved å benytte flyttbare overliggende støtter, noe som viste gode resultater i respons. Plassering og størrelse på hofteknutene kan altså brukes til å forme setet for å gi både økt komfort og forbedrede fastholdingsegenskaper.



**Figur 5-2 Greater Trochanter – hofteknuten**  
(sports-injury-info.com)

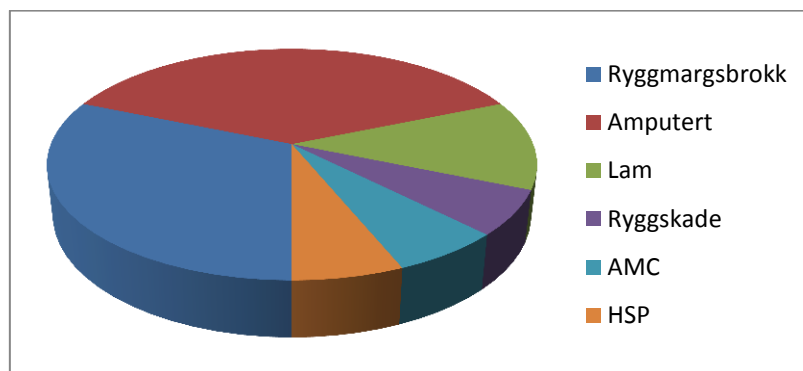
**(BK.20) Brukerkrav:** Setet skal ha en tettsittende passform til alle utøverne på det norske landslaget (MV, LRS)

Dette brukerkravet vil bearbeides videre i Kapittel 8.3, med bakgrunn i verdier som kartlegges i Kapittel 7.3.

## 5.2 Fysiologiske effekter fra funksjonsnedsettelse

Ulike funksjonsnedsettelse vil ha ulike konsekvenser for utøverne, både på kort og lang sikt. Det er viktig å forstå disse konsekvensene for å kunne ta hensyn til dem ved utvikling av et tilpasset sete både for å redusere faren for ytterligere skader og ubehag, og for å avdekke eventuelle endringer av behov. Eksempelvis vil en komplett lammelse fra livet og ned (*paraplegi*) føre til muskelsvinn i dette området, noe som øker behovet for polstring for å unngå skader, og ryggmargsbrokk (*spina bifida*) kan øke behovet for støtte i nedre korsrygg for å oppnå god stabilitet.

Det blir her tatt utgangspunkt i funksjonsnedsettelse som opptrer blant utøvere på landslaget 2013-2014 da disse antas å være generelt representative for kjelkehockeyutøvere og dermed vil dekke landslaget også i fremtiden. Det er klart flest tilfeller av ryggmargsbrokk og amputasjoner, som vist i Figur 5-3.

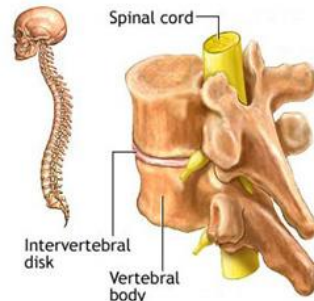


**Figur 5-3 Fordeling av funksjonsnedsettelse på landslaget 2014**



## Lammelser / Spinalskade

Lammelser kan påvirke hvor høy og tettsittende seteryggen må være. Ved slike skader er det også ekstra viktig å sørge for at utøverne ikke påføres skade ved bruk av setet, da de ikke vil kjenne ubehag før skaden har oppstått.



Figur 5-4 Spinalskade (markgouldlaw.com)

Etter en spinalskade inntreffer et hurtig og dramatisk muskelsvinn. Giangregorio og McCartney (2006) rapporterte i sin studie om gjennomsnittlige muskeltverrsnitt på pasienter med spinalskade som lå mellom 18 % og 46 % under kontrollgruppen allerede seks uker etter skaden inntraff, og 15 % redusert total muskelmasse i beina ett år etter at skaden inntraff. Det blir i studiet deres også lagt frem en trend om økt fettmasse i beina etter spinalskade, men stor spredning i resultater gjør dette vanskelig å bekrefte. Det er også viktig å ta med at spinalskadepasienter som holdt seg aktive hadde betydelig lavere fettprosent enn de som var inaktive, noe som spesielt er aktuelt i tilfellet med kjelkehockeyutøverne. Tap av beinmasse inntreffer også som følge av spinalskader. Det var tidligere antatt at denne reduksjonen tangerte mot et platånivå, men Giangregorio og McCartney argumenterer for at dette ikke ser ut til å stemme. De viser med sin studie at graden av beinmassetap er avhengig av hvor immobile pasientene blir og hvor lang tid det har gått siden skaden inntraff. Pasienter med delvis lammelse mister normalt mindre beinmasse, og muskelaktivitet virker å bidra til å opprettholde beinmassen. Redusert beinmasse øker faren for brudd, og studiet viser en bruddfare på 1 % gjennom de første 12 månedene, mens dette øker til 4,6 % 20 år etter spinalskaden.

*“Jeg har ikke mye setemuskulatur som fungerer, så det er ikke så mye å dempe med.”*

- Morten Værnes, profilert landslagsutøver  
(SledgehockeyNorway, 2010b)

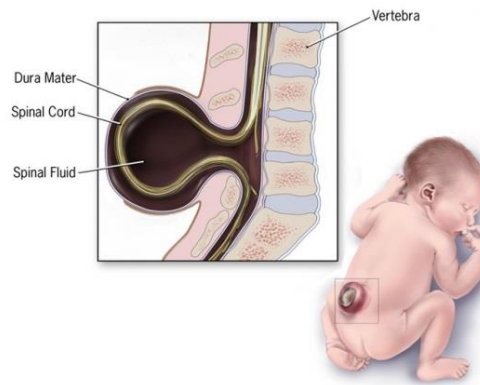
Muskelsvinn gjør at det blir mindre mykt vev mellom beinbygningen og huden som kan ta opp og dempe slag, og gjør at faren for trykksår er mer kritisk og skjer fortere. Kraby et.al (2013), på oppdrag fra LARS (Landsforeningen for Ryggmargsskadde), peker på bortfall av muskelmasse, ikke riktig tilpasset utstyr og feil sittestilling som risikofaktorer som kan føre til trykksår. De definerer trykksår som *“en avgrenset skade på huden og/eller det underliggende vev, vanligvis over et beinfremspring, som er et resultat av trykk eller trykk i kombinasjon med skjærende krefter”*. Halebein, sitteknuter og hofteknuter er blant de vanligste

områdene hvor trykksår oppstår. For å forebygge slike skader ved bruk av rullestol anbefaler Kraby et.al (2013) blant annet å velge en sittepute som gir god støtte under lårene, passe på at hofteknutene ikke får for mye trykk og å velge en rullestolrygg som gir god stabilitet. Det antas at disse rådene kan overføres direkte til kjelkehockeysetet, selv om sistnevnte kun benyttes over kortere perioder, da de omhandler samme brukergruppe og med likheter i bruksmåte.

### Ryggmargsbrokk

Spina Bifida forklares i *NHI: Spina Bifida hos barn* (2014) som en tilstand hvor ryggmargskanalen ikke har lukket seg fullstendig, og er noe som skjer tidlig på fosterstadiet. Åpningen i ryggmargskanalen kan variere i størrelse og på den mest alvorlige typen, Spina Bifida cystika, er den så stor at deler av ryggmargen flytter seg ut i en utposning. Sistnevnte er det som betegnes ryggmargsbrokk og forekommer hos 0,4 av 1000 fødte barn, som tilsvarer 25-30 tilfeller årlig i Norge. Ved utposning av ryggmargen kan den skades og resultatet blir blant annet lammelser i beina og fare for at en eller begge hoftene går ut av ledd (NHI: Spina Bifida hos barn, 2014).

Lammelsene kan medføre tilsvarende behov som ved spinalskade – blant annet økt krav til støtte i ryggen. Ryggmargsbrokk er en tilstand som flere av utøverne på landslaget har men den varierer i alvorlighetsgrad; fra milde tilfeller som gir nedsatt gangfunksjon til mer alvorlige tilfeller som gir tilnærmet komplett lammelse i beina.



**Figur 5-5 Spina Bifida (commons.wikimedia.org)**

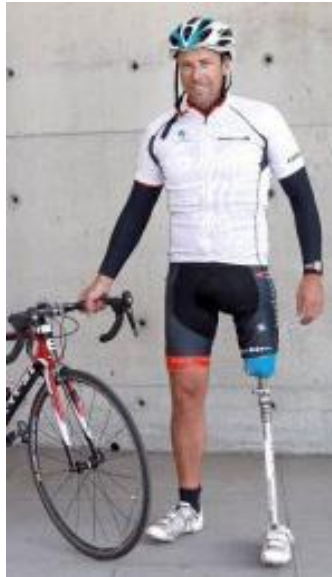
### Dysmeli

TRS kompetansesenter for sjeldne diagnoser ved Sunnaas Sykehus HF beskriver dysmeli som en medfødt tilstand med manglende eller mangelfullt utviklet skjelett i arm(-er) og/eller ben (Dysmeli, 2011). I tillegg til mangelfullt utviklet skjelett kan muskler, sener og blodårer også ha redusert grad av utvikling. Det henvises til ulike kilder som sier at tilstanden forekommer ved 5-7 tilfeller pr 10.000 fødsler, som gir et årlig antall på mellom 30 og 40 barn i Norge. I registeret til TRS har 9 % av de registrerte tilfellene mangelfullt utviklede bein (ett eller begge) (Dysmeli – Medisinsk beskrivelse, 2011). Pasienter med dysmeli får, så langt det er mulig, laget proteser for å fungere bedre i hverdagen.

For øyeblikket er det ikke tilfeller av dysmeli på landslaget, men tilstanden var representert på laget ved starten av 2013. Ved dysmeli vil det som nevnt over gi utslag i varierende størrelse og utforming på beina, men det virker ikke å gi ytterligere krav eller behov når det kommer til setet. Dysmeli i bein bør tas høyde for da dette er en tilstand som godt mulig kan bli aktuell på landslaget igjen, men behovene forventes å kunne dekkes gjennom normal kartlegging av utøverens anatomi.

### **Amputasjoner**

Amputasjoner blant utøverne kan ha flere årsaker, men involverer ofte ulykker hvor skadene har vært så alvorlige at bein eller deler av bein har måtte amputeres. Blant utøverne på landslaget er det per i dag én utøver som har amputert deler av begge bein og fem som har amputert deler av ett bein. Amputerte utøvere spiller som oftest uten proteser og må derfor beskytte stumpen (for eksempel med en plastkopp eller deksel) for å unngå skader ved sammenstøt, treff av puck eller kølle. En skade på stumpen vil kunne gi stort ubehag ved bruk av beinproteser i ettertid.

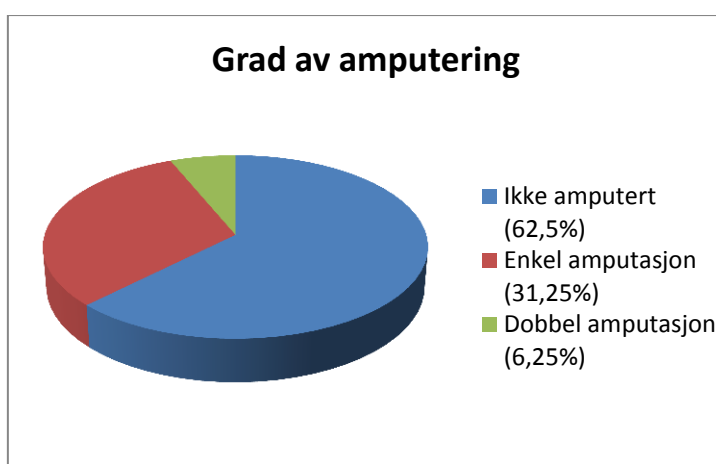


**Figur 5-6 Austevoll måtte amputere store deler av venstre bein etter en sjøulykke**

Sittestillingen i setet vil også påvirkes av amputasjoner. Utøvere med to hele bein sitter med disse parallelt gjennom setet, mens utøvere med enkel amputasjon ofte legger stumpen enten litt over eller under det friske beinet. Gjennom å sitte slik blir de smalere i forkant i setet slik at de får noe økt bevegelsesrom for hockeykøllene dersom setet er tettsittende. Også her forventes behovene å kunne dekkes gjennom normal kartlegging av utøverens anatomi.



Figur 5-7 Enkelamputert utøver med oppbygging under det friske beinet



Figur 5-8 Grad av amputering på det norske landslaget 2014

**(BK.21) Brukerkrav:** Setets utforming og støtte må være tilpasset/kunne tilpasses ulik grad av amputasjoner. Det må minst håndtere enkelamputerte over kne (LRS)

**(BK.22) Brukerkrav:** Setet må ha høy nok støtte og/eller beskyttelse i nedre korsrygg, også for dem med noe nedsatt balanse (STS, KCH, KAN)

## 5.3 Individuelle preferanser

### Setehøyde








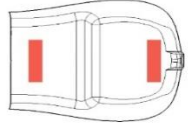
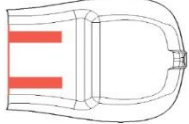
Valg av sittehøyde, hvor høyt setet er montert i forhold til isen, vil styre hvilken knevinkel utøveren vil få når han sitter i kjelken. Tidligere studier har tydet på at en knevinkel på 140° gir gode prestasjoner (Worden-Rogers, 2012). Dette kan brukes som en pekepinn, men det finnes klart individuelle preferanser på dette området.

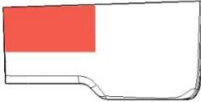
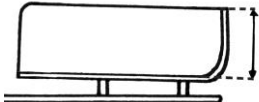
Sittehøyden blir gjennom siste versjon av kjelken som har blitt utviklet i prosjektet bestemt av høyden på understellet, og dette kan leveres i flere ulike høyder. Dette utgår dermed som behov for setet i seg selv.

### Rygghøyde

Setets rygghøyde virker å være en individuell preferanse som påvirkes blant annet av spillestil i tillegg til de fysiologiske effektene av funksjonsnedsettelse som beskrevet i Kapittel 5.2. En høy rygg vil gi god støtte og kan gi bedre kontroll på kjelken, mens en lavere rygg vil kunne gi mer bevegelsesfrihet til bakoverlente finter og raske dueller. Rygghøyden og dens tilpasning fanges opp i brukerkravene fra Kapittel 5.2.

Tabell 2 Brukerkravspesifikasjon

Brukerkravspesifikasjon for sete			
Brukerkrav		Kilde	Illustrasjon
<b>Respons</b>			
<b>BK.1</b>	Rotasjon inne i setet ved sving og sammenstøt skal forhindres. Setet må utformes slik at utøveren kun har én "naturlig" stilling og ikke kan låses ute av posisjon	REP	
<b>BK.2</b>	Ingen vippebevegelse i setet ved sving	STS MV	
<b>BK.3</b>	Ingen sideveis bevegelse av utøveren inne i setet	STS MV REP	
<b>BK.4</b>	Setet skal ha høy nok stivhet/styrke til å håndtere utøverens vekt og svingebevegelser uten å deformeres	STS MV REP	
<b>Sammenstøt</b>			
<b>BK.5</b>	Setet bør dekke hele området fra øvre hoftekam ned til knær	STS MV	
<b>BK.6</b>	Setet må tåle stikk fra ispigger uten å svikte eller tillate penetrering	STS MV AH	
<b>BK.7</b>	Setet må tåle kollisjon fra siden og bakfra uten å svikte	STS MV AH	
<b>Bruk og vedlikehold</b>			
<b>BK.8</b>	Det skal være mulig for utøverne å komme seg oppi kjelken på egenhånd	STS	
<b>BK.9</b>	Det bør oppleves enkelt å komme seg ut av kjelken	STS	
<b>BK.10</b>	Setet må ha en holdbarhet på én sesong ved normal slitasje	FOJ	
<b>Grensesnitt</b>			
<b>IK.1</b>	Setet skal kunne monteres på understellet	AS PK	
<b>IK.2</b>	Setet skal ikke hindre montering av knestøtte	AS PK	

<b>IK.3</b>	Setet skal kunne påmonteres fastspenningsmekanisme	AS PK	
<b>Produksjon</b>			
<b>BK.11</b>	Setet skal kunne tilpasses utøveren slik at det gir en "tight" passform	AS PK	
<b>BK.12</b>	Produksjonsverktøyet skal være lønnsomt i løpet av ett år	AS PK	
<b>BK.13</b>	Produksjonsverktøy med god holdbarhet	JEB	
<b>BK.14</b>	Høy finish på produksjonsverktøyet	JEB	
<b>BK.15</b>	Redusere manuelt arbeid for omstilling mellom størrelser	JEB	
<b>Regelverk</b>			
<b>RK.1</b>	Setet kan lages av ethvert passende materiale men skal ikke ha skarpe kanter	IPC	
<b>RK.2</b>	Innvendig polstring skal ikke ha tykkelse over 5 cm	IPC	
<b>Komfort</b>			
<b>BK.16</b>	Komforten skal være tilstrekkelig for å ikke redusere utøverens prestasjon på isen, gi stort ubehag eller varige mén under eller etter bruk	STS MV	
<b>Design</b>			
<b>BK.17</b>	Tøff/aggressiv design	Alle utøvere	
<b>BK.18</b>	Tilpasset dekor, for eksempel inkorporering av utøverens navn, nummer eller det norske flagget i designet	KAN ES MV	
<b>Vekt</b>			
<b>BK.19</b>	Setet skal ha lav vekt	KAN MV STS	
<b>Tilpasning</b>			
<b>BK.20</b>	Setet skal ha en tettsittende passform til alle utøverne på det norske landslaget	MV LRS	
<b>BK.21</b>	Setets utforming og støtte må være tilpasset/kunne tilpasses ulike lårstørrelser og amputasjoner. Det må minst håndtere enkelamputerte (over kne)	LRS	
<b>BK.22</b>	Setet må ha høy nok støtte og/eller beskyttelse i nedre korsrygg, også for dem med noe nedsatt balanse	STS KCH KAN	



## 6 Setets funksjonsflater

---

Med bakgrunn i de store variasjonene blant utøverne og påfølgende behov for individualisering, kan vi se på setets funksjonsflater og hvordan de påvirkes av disse variasjonene. Setets funksjonsflater betegnes på en slik måte at alle funksjonsflater er nødvendige for at setets funksjon skal være intakt, og gjennom å se på dem hver for seg kan en høyere grad av optimalisering oppnås. Om alle funksjonsflatene er til stede og oppfyller de gitte kravene vil de resterende områdene av setet ikke være påkrevd for annet enn beskyttelse av utøveren. Et eksempel på innledende testing av et minimalistisk sete basert kun på funksjonsflatene er “Testing av sete med rammekonstruksjon” som ble utført i Prosjekt 2013. Her ble det bygget opp en rammekonstruksjon som kun var i kontakt med kroppen på de antatt viktige områdene. Kombinert med en knestøtte, som ga fastholding i knehasene, ga dette setet overraskende gode resultater funksjonsmessig.



**Figur 6-1 Sete med rammekonstruksjon fra Prosjekt 2013**

Setets funksjonsflater kan deles inn i horisontale og vertikale flater siden kreftene de utsettes for varierer etter vinkelen deres. Horisontale flater opplever alltid en viss belastning på grunn av utøverens vekt og i tillegg en varierende belastning ved svingebevegelser. Vertikale flater har en støttende grunnfunksjon ved at de hindrer bevegelser sideveis av utøveren i tillegg til å utsettes for varierende, kortvarig belastning ved svingebevegelser. Under defineres funksjonen for hver av dem, hva de er viktige for og hvor viktige de er, før de vises med mål i Figur 6-3 og Figur 6-4.

### 6.1.1 Horisontale

#### Sitteflate

Utøveren må ha noe å sitte på og må støttes opp slik at han har en fast og forutsigbar avstand til isen. Sitteflaten må overføre vertikale krefter ned mot understellet, tilsvarende

tyngden av utøveren i tillegg til krefter som oppstår ved svinging. Denne flaten bør være stiv for å gi god respons og bør være omtrent like stor som rumpa til utøveren.

### **Underside fremre lår**

Den fremre delen av lårene til utøveren bør støttes opp for å gi stabilitet. Funn fra Prosjekt 2013 viser at støtte rundt kroppens rotasjonspunkter/ledd gir god effekt på stabilitet og respons, og det kan oppnås bedre kontakt med resten av kjelken om det støttes opp under fremre del av lårene, rett ved knehasene. Denne flaten vil kun oppleve begrenset kraftoverføring da hovedtyngden av utøveren vil være på sitteflaten og noe ved føttene, og har derfor hovedsakelig en støttefunksjon.

## **6.1.2 Vertikale**

### **Korsrygg**

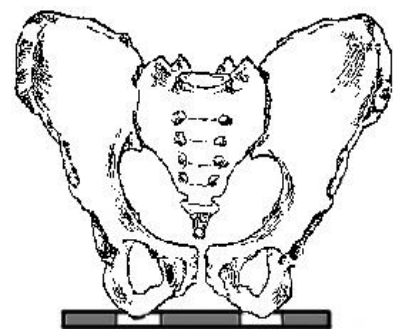
Den delen av setet som støtter korsryggen bør være relativt stiv siden utøveren vipper fronten av kjelken opp ved å lene seg svakt bakover når han skal svinge. En stiv støtte her vil gi bedre respons enn en myk støtte. Denne flaten belastes altså mest når utøveren lener seg bakover (løfter tuppen av kjelken fra isen for å svinge) og når utøveren staker. Den har en støttende funksjon og plasseringsfunksjon, ved at den bestemmer hvor langt bak i setet utøveren kan sitte.

### **Hoftesider**

Flaten ved siden av hoftene må være i stand til å støtte mot sideveis bevegelse gjennom å ta opp horisontale krefter i tillegg til å holde utøveren sentrert i setet. Den har dermed en støttende funksjon og plasseringsfunksjon. Hoftesidene kan også ha muligheten til å ta opp noen vertikale krefter gjennom å utnytte beinbygningen til utøveren, som det ble gjort med de overliggende lårstøttene som hindret vipping inne i setet i Prosjekt 2013. Lokaliseres hofteknutene på en god måte kan eksempelvis seteskallet være utvidet akkurat i dette området, noe som vil gi redusert vevtrykk og følgelig økt komfort. Alternativt kan fastholdingsfunksjon bygges inn ved å lage overliggende støtter i seteskallet i seg selv, en løsning som i Prosjekt 2013 viste svært lovende effekter på respons, fastholding og komfort.

### **Sitteknuter**

Flatene ved sitteknutene er lokalisert inne i sitteflaten og kan bidra til å gi en nøyaktig og repeterbar posisjonering av utøveren i kjelken i tillegg til å støtte mot sideveis bevegelse ved å mekanisk låse utøverens beinbygning i posisjon. Så lenge utøveren holdes fast mot vertikal bevegelse vil også horisontal bevegelse motvirkes. Dette gir flatene en plasseringsfunksjon og støttefunksjon mot horisontale bevegelser.



**Figur 6-2 Mekanisk låsing av sitteknuter**

## Side fremre lår

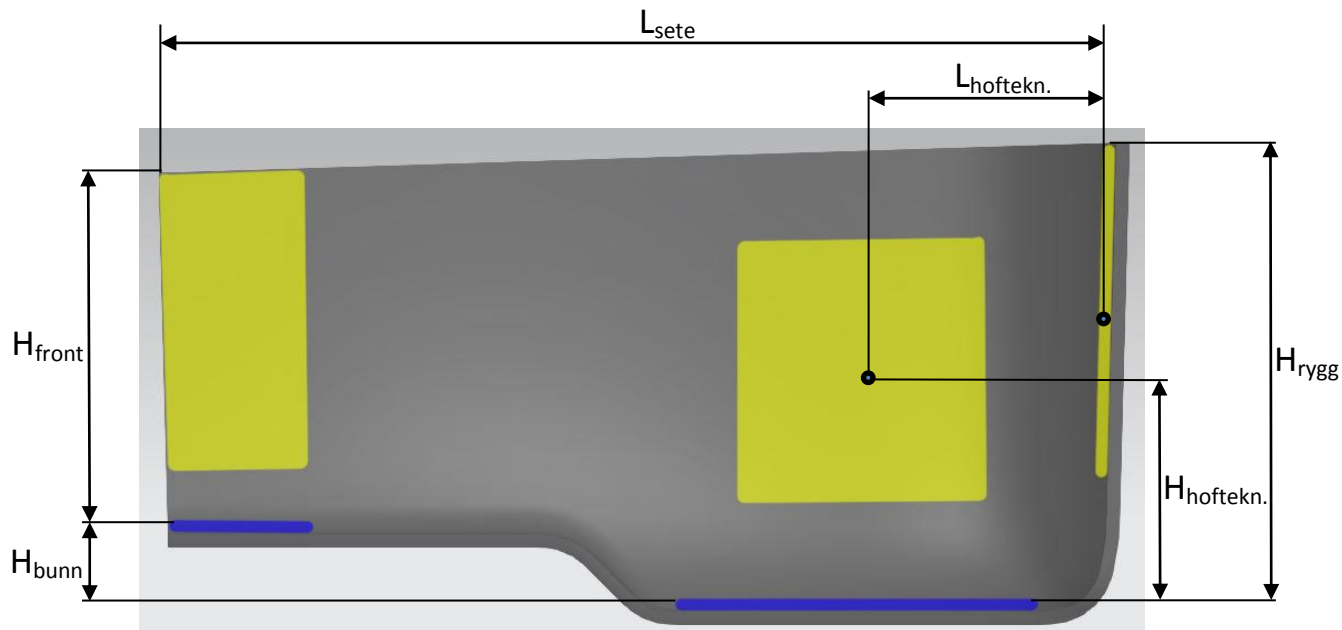
Flatene ved fremre lårsider må ta opp horisontale krefter når utøveren beveger seg fra side til side og dermed støtte mot sideveis bevegelse. De brukes for å holde utøverens bein i posisjon og bør være tilstrekkelig tetsittende mot kroppen til å hindre køller/puck fra å trenge inn.

### 6.1.3 Oppsummering

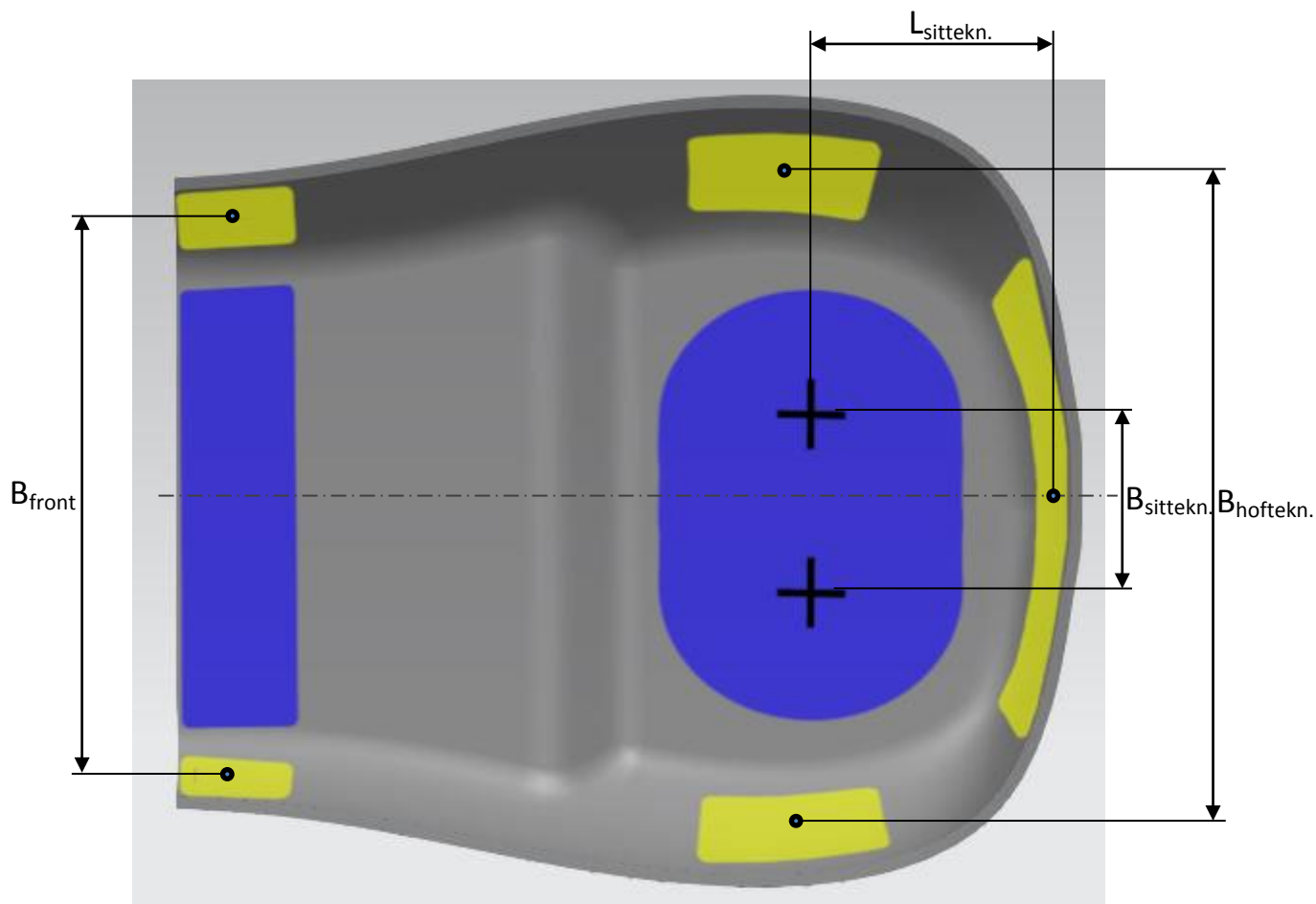
Setets funksjonsflater oppsummeres i Figur 6-3 og Figur 6-4, hvor de horisontale og vertikale flatene er merket med henholdsvis blå og gul farge. Figurene viser hvilke mål som anses som viktige for å bestemme plasseringen av flatene, men størrelsen av dem er kun ment som en indikasjon.

#### Forklaring på mål

- $L_{sete}$  Setelengde, avstand fra korsrygg til knehaser
- $H_{rygg}$  Rygghøyde, største høyde
- $B_{hoftekn.}$  Hoftebredde, største setebredde
- $B_{front}$  Setebredde foran
- $H_{front}$  Setehøyde foran
- $H_{bunn}$  Høydeforskjell foran/bak på setet
- $L_{hoftekn.}$  Avstand fra korsrygg til hofteknuter
- $H_{hoftekn.}$  Høyde til hofteknuter
- $L_{sittekn.}$  Avstand fra korsrygg til sitteknuter
- $B_{sittekn.}$  Bredder mellom sitteknuter



Figur 6-3 Setets funksjonsflater



Figur 6-4 Setets funksjonsflater

## 7 Parametrisering

---

Når setets funksjonsflater er kartlagt og bestemt må det utvikles et system for parametrisering av utøvernes anatomi og deres behov for individualisering opp mot disse funksjonsflatene.

Det er ønskelig med færrest mulig måleparametere for å få et tilfredsstillende bestemt, individuelt tilpasset sete. Dette vil gjøre det enklere for utøvere å ta mål av seg selv og kan redusere behovet for måleverktøy i tillegg til å forenkle produksjonsprosessen. For å undersøke muligheten for sammenhenger mellom de ulike målene blir det i første omgang gjort omfattende målinger blant et utvalg av utøverne på landslaget, for så å kartlegge variasjoner og sammenhenger i resultatene og redusere antall målinger så mye som mulig.

I utgangspunktet er det behov for ti ulike mål, som vist i Figur 6-3 og Figur 6-4, for å individuelt tilpasse setets funksjonsflater, men sammenhenger mellom målene kan forhåpentligvis redusere dette antallet noe. Gruppen som vil danne grunnlaget for analysen er et utvalg på åtte utøvere fra landslaget. Det begrensede antallet utøvere vil ikke gi entydige svar på sammenhenger som gjelder mellom mål hos alle utøverne, men det vil gi en pekepinn og en basis for en utvidet måling ved senere tidspunkt i tillegg til god kunnskap om de utøverne det gjelder.

### 7.1 Utvikling av måleverktøy

Måleverktøyet er i første omgang nødvendig for å kartlegge variasjoner blant dagens utøvere, men i fremtiden er det ønskelig å kunne levere måleverktøyene som et sett for andre utøvere/materialansvarlige slik at de kan ta korrekte mål av seg selv/utøverne og deretter bestille et spesialtilpasset sete direkte fra leverandøren. På denne måten kan utøverne ha muligheten til å bestille et optimalisert og tilpasset sete uten selv å måtte møte leverandøren eller andre eksterne parter for oppmåling. Med bakgrunn i dette ønskes det måleverktøy som er enkle å bruke og som har en enkel, robust og kostnadseffektiv konstruksjon.

Før en oppmåling av et representativt utvalg har blitt gjennomført er det usikkert hvor store variasjoner som kan forventes i de forskjellige målene. Måleverktøyene må derfor ta høyde for dette med stor målevidde.

#### 7.1.1 Diffuse målepunkter

Flere av setets funksjonsflater er i kontakt med områder på utøverens kropp med svært få faste målepunkter eller referanser. Dette gjør selve måleprosessen utfordrende og setter høyere krav til måleverktøyene.



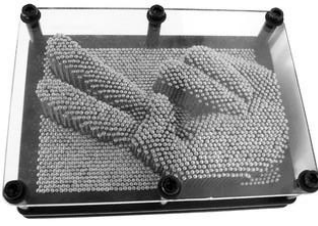
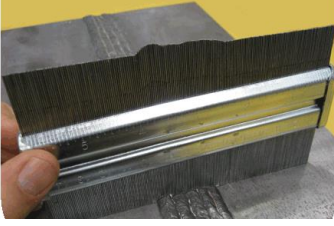
**Figur 7-1 Eksempel på diffuse målepunkter:  
Avstand fra korsrygg til hofteknuter og høyde fra sitteflate til hofteknuter**

Låromkrets, lårbredde, beinlengde og hoftebredde er relativt problemfrie å måle, men sitteknute- og hofteknute plassering er mer problematisk, da dette er mål på utøvernes beinbygning og ikke utvendige mål. For å måle sistnevnte har det ikke lyktes å oppdrive ferdige måleverktøy, så disse må utvikles spesielt for formålet slik at nødvendige data for videre utvikling av setet kan samles inn, struktureres og analyseres.

I Tabell 3 under er en oppstilling av tilgjengelig teknologi det kan være mulig å anvende i måleverktøyene, med en kort oppsummering av virkemåte og forventede fordeler og ulemper. Fokuset er på kostnad, anvendelighet, og nøyaktighet opp mot det som anses som nødvendig for formålet.

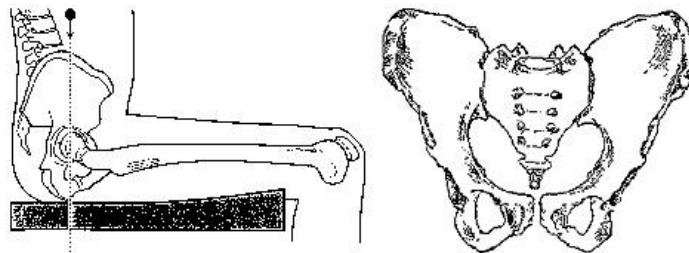
**Tabell 3 Måleprinsipper for diffuse målepunkt**

Måleprinsipp	Illustrasjon	Fordeler / Ulemper
Elektronisk trykkmåler med avlesning på datamaskin. Viser trykk og trykkfordeling i øyeblikket med mulighet for høy måleoppløsning.		+ Svært høy måleoppløsning + Nøyaktig trykkfordeling  - Kostbart - Komplisert
Trykk-sensitiv film som endrer fargenyanser etter hvor stort trykk den har blitt utsatt for. Viser maksimalverdiene for trykk og trykkfordeling.		+ Relativt billig  - Lite tilgjengelig - Vanskelig å finne informasjon
Memory-foam. Viskoelastisk polyuretan-skum som ekspanderer sakte etter komprimering.		+ Billig + Lav teknologirisiko  - Kan ikke lese av trykk - Kun visuell og temporær representasjon av trykkfordeling

<p>“Nålepute”. Overfører en overflate slik at den kan bli lettere å lese av.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Lett tilgjengelig</li> <li>+ Billig</li> <li>+ Måler i 3D</li> <li>- Må være “stør” for å vise fordeling mykt/hardt vev</li> <li>- Kun visuell representasjon</li> </ul>
<p>Profilkam. Overfører en profil slik at den kan bli lettere å lese av.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Lett tilgjengelig</li> <li>+ Billig</li> <li>- Måler kun i 2D</li> <li>- Må være “stør” for å vise fordeling mykt/hardt vev</li> <li>- Kun visuell representasjon</li> </ul>

## 7.1.2 Måleverktøyene

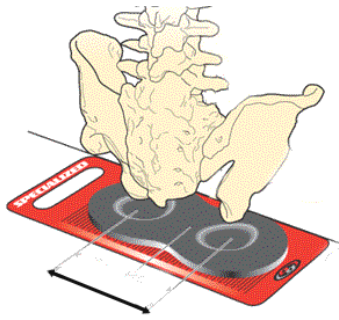
### Sitteknuteplassering:



**Figur 7-2 Sitteknuter og deres kontaktpunkt med underlaget (noelkingsley.com)**

Som nevnt tidligere er sitteknutene de nederste punktene på bekkenet, og dermed de nederste punktene av utøverens beinbygning når han sitter. Det er ønskelig å måle bredden mellom de to sitteknutene og avstanden fra korsryggen og frem til dem for å bestemme deres plassering inne i setet. Bredden behøver ikke noen ekstern referanse da det antas at de er symmetrisk om kroppens midtpunkt. Dette kan dermed løses på tilsvarende måte som sykkelprodusenten Specialized gjør med sitt BodyGeometry Saddle Fit System (Body Geometry Saddles, 2013). Dette er en utprøvd løsning som finnes tilgjengelig i flere spesialiserte sykkelbutikker, og består av en liten pute av et viskoelastisk skummateriale som har langsom ekspansjon etter å ha blitt komprimert. For å måle bredde mellom sitteknutene setter man seg ned på skumpartiet slik at det treffer midt under rumpa og løfter føttene noe opp for å øke trykket på sitteknutene før man reiser seg opp og leser av bredden mellom sitteknutene på en ferdig skala som vist i Figur 7-3. Oppmåling av utøverne forventes å gi resultater mellom 10 og 15 cm, men måleverktøyet dimensjoneres til å ta høyde for mer ekstreme mål enn dette.



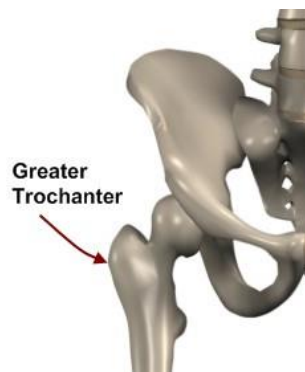


**Figur 7-3 BodyGeometry Saddle Fit System  
(bikecyclingreviews.com)**

Det er også viktig å avklare sitteknutenes plassering inne i setet. Sitteknutene forventes som nevnt å være symmetriske, så neste punkt er å finne ut hvor langt foran setets rygg de må plasseres. Dette kan løses ved å sette en fast referanse, i form av en ryggstøtte, på måleverktøyet og få utøveren til å plassere korsryggen helt inntil denne ved målingen.

Sitteknutemåleren ble en konstruksjon av to plater, en sitteplate og en ryggstøtte, hvor det på sitteplaten ble plassert en pute av viskoelastisk skummateriale med 340 mm bredde og 130 mm lengde. Puten ble festet med borrelås slik at den kunne flyttes for å endre avstanden til korsryggen. Dette oppsettet håndterer bredde mellom sitteknuter fra 0 til 240 mm, og en avstand fra korsrygg til sitteknuter fra 0 til 330 mm, for å være sikker på at det er i stand til å måle alle utøverne.

#### **Hofteknuteplassering:**



**Figur 7-4 Greater Trochanter – Hofteknuten  
(sports-injury-info.com)**

Hofteknutene er det ytterste punktet på lårbeinet og vil være den største bredden på nedre del av beinbygningen til utøveren. Siden hofteknutene er beinbygningens bredeste punkt i hofteregionen, er det nødvendig å plassere dem korrekt for å optimalisere setet. Ønskede mål i denne sammenheng er avstanden opp til hofteknutene fra underste punkt på rumpa når utøveren sitter, og avstanden fra korsryggen og frem til hofteknutene. Dette vil gi muligheten til å forme setet på en måte som utnytter de mulighetene som antas å finnes her.

Innledende forsøk med viskoelastisk skummateriale avdekket at det var svært problematisk å plassere hofteknutene på samme måte som sitteknutene. Skum ble lagt på en fast plate og presset mot hoften men avtrykket var utydelig og skummet ekspanderte for fort til å gi en god avlesning. Forsøkene ble utført på funksjonsfriske personer noe som gir et potensielt avvik i hvor mye mykt vev som ligger utenpå hofteknuten i forhold til funksjonsnedsatte. Det ble likevel konkludert at viskoelastisk skummateriale var lite egnet til denne typen måling. Videre forsøk avdekket at det var enklere å lokalisere hofteknuten for hånd - det vil si at man kjenner seg frem til det hardeste punktet øverst på låret. For å få faste mål på punktet etterpå ble det utviklet to vinkler i tre, hvor to av flatene hadde utfreste felt med skala for avlesning av høyde og avstand fra korsrygg og etablerte på denne måten et lokalt koordinatsystem. Vinklene ble festet sammen med en skinne for å kunne brukes på utøvere av varierende størrelse, med hoftebredder fra 275 til 485 mm. Hofteknutene ble identifisert før utøveren satte seg på en flate mellom vinklene, de ble ført inntil hoftene og korsryggen, hofteknutene ble funnet igjen og verdiene ble lest av. Skalaen for avstand mellom korsrygg og hofteknuter gikk fra 50 til 180 mm og tilsvarende for høyden til hofteknutene var 50 til 160 mm.

### 7.1.3 Oppsummering

Det ble utviklet to spesialiserte måleverktøy for formålet; en hoftemåler og en sitteknutemåler. Førstnevnte brukes til å måle hoftebredde, høyde til hofteknutene og avstand fra korsrygg til hofteknuter, mens sistnevnte måler bredde mellom sitteknutene, avstand fra korsrygg til sitteknutene og sammen med et målebånd måles lårlengde (fra korsrygg til knehase). Utover dette benyttes målebånd og skyvelære for å måle beinlengde (fra korsrygg til under fotblad), omkrets av begge lår over kne og bredde av begge lår over kne.

#### 1. Hoftemåler

18 mm kryssfinér, utfreste målehull, skinnemekanisme.

Etablerer et lokalt to-aksekoordinatsystem med x-nullpunkt i korsryggen og y-nullpunkt ved underlaget.



Figur 7-5 Hoftemåler med skinnemekanisme

Mål	Minste	Største	Justering
Hoftebredde	275 mm	485 mm	Trinnløs, skinnemekanisme
Avstand fra korsrygg til hofteknuter	50 mm	180 mm	Ingen
Høyde til hofteknuter	50 mm	160 mm	Ingen

## 2. Sitteknutemåler

10 og 18 mm kryssfinér, borrelås, pute av viskoelastisk skummateriale.



Figur 7-6 Sitteknutemåler

Mål	Minste	Største	Justering
Bredde mellom sitteknuter	0 mm	250 mm	Ingen
Avstand fra korsrygg til sitteknuter	0 mm	280 mm	Borrelåsfeste på pute

## 3. Målebånd og skyvelær

Målebåndet brukes til å måle omkrets og bredde av begge lårene rett over kne, beinlengde fra korsrygg til under fotblad og avstand fra korsrygg til knehase (sammen med sitteknutemåleren). Skyvelæret brukes for å måle bredde mellom sitteknutene og deres avstand fra korsryggen (sammen med sitteknutemåler) og hoftebredde (sammen med hoftemåleren).

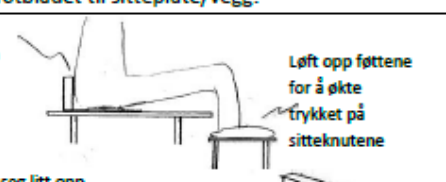
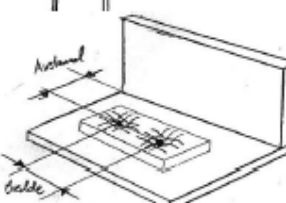
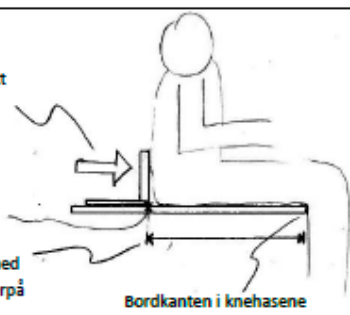

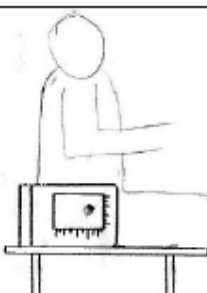
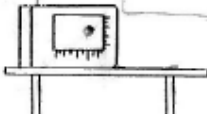
## 4. Hele målesettet



Figur 7-7 Komplette måleverktøy

## 7.2 Utvikling av måleprosedyrer

Det ble laget en beskrivelse av målingene som skulle gjennomføres. Denne forklarte steg for steg hvordan målingene skulle gjennomføres, og ble brukt til å forklare utøverne hva som skulle skje i tillegg til å brukes som støtte når eksterne parter ville prøve måleverktøyene.

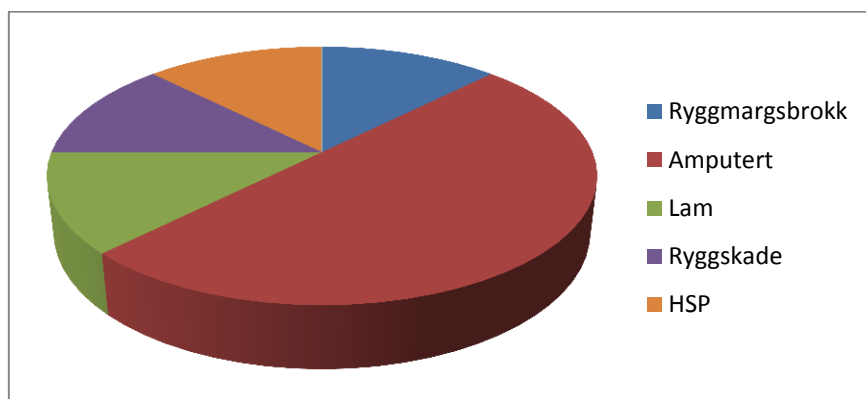
Måling	Verktøy	Beskrivelse
Vekt		Utøverens eget anslag.
Låromkrets over kne (begge bein)	Målebånd	Sitt med bøyde knær. Mål omkrets rett over knærne.
Lårbredde over kne (begge bein)	Målebånd	Sitt med beina samlet og med bøyde knær. Mål bredden på oversiden, rett over knærne.
Beinlengde (korsrygg til under fot)	Målebånd	Sett utøver inntil sitteplate/vegg med strake bein. Mål fra undersiden av fotbladet til sitteplate/vegg.
Bredde mellom sitteknuter	Sitteplate + målebånd	<p>Sett korsryggen helt inntil platen</p>  <p>1. Utøver løfter seg litt opp 2. Trekk ut platen fort, finn dypeste grop og press ned/hold med fingrene for å beholde plasseringen 3. Legg noe annet mykt under utøveren 4. Mål avstand fra korsrygg og bredde med skyvelære/målebånd</p>
Avstand fra korsrygg til sitteknuter	Sitteplate	 <p>1. Utøver løfter seg litt opp 2. Trekk ut platen fort, finn dypeste grop og press ned/hold med fingrene for å beholde plasseringen 3. Legg noe annet mykt under utøveren 4. Mål avstand fra korsrygg og bredde med skyvelære/målebånd</p>
Avstand fra korsrygg til knehase	Sitteplate	<p>Hold sitteplate motsatt vei mot korsrygg</p> <p>Legg en teipstripe på bordet langs sitteplaten. Marker på teipbitten hvor starten på ryggstøtten er</p>  <p>Mål avstand med målebånd etterpå</p> <p>Bordkanten i knehasene</p>
Hoftebredde	Hoftemåler	<p>Mål ytre bredde på hoftemåleren med målebånd.</p>  <p>Klem sammen mot hoftene</p> <p>Pass på at de ligger flatt mot bordet</p> <p>Hoftebredde = Målt bredde + (2 x 18mm)</p>
Avstand fra korsrygg til hofteknuter	Hoftemåler	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Finn hofteknutene FØR utøveren setter seg i hoftemåleren (lettere). Tipp: Vipp litt over på ene sitteknuten for å finne hofteknuten lettere.</li> <li>2. Sett hoftemåleren helt inntil korsryggen og flatt mot bordet</li> <li>3. Klem sammen til sidene ligger inntil hoftene</li> <li>4. Finn hofteknutene igjen</li> <li>5. Les av avstand og høyde på målestrekene</li> </ol>
Høyde til hofteknuter	Hoftemåler	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Finn hofteknutene FØR utøveren setter seg i hoftemåleren (lettere). Tipp: Vipp litt over på ene sitteknuten for å finne hofteknuten lettere.</li> <li>2. Sett hoftemåleren helt inntil korsryggen og flatt mot bordet</li> <li>3. Klem sammen til sidene ligger inntil hoftene</li> <li>4. Finn hofteknutene igjen</li> <li>5. Les av avstand og høyde på målestrekene</li> </ol>

### 7.3 Funn blant utøverne på landslaget

Blant de 16 utøverne som ble tatt ut til landslaget for Sochi 2014 ble åtte målt opp med måleverktøyene. Dette ble gjort over en periode på én uke og fant sted i andre halvdel av februar 2014 i Jordal Ishall i Oslo i sammenheng med istrening, i lokalene til HandiNor på Fetsund i sammenheng med tilpasning av utstyr og i lokalene til Olympiatoppens Toppidrettssenter ved Sognsvann i Oslo. Hoftemåler, sitteknutemåler, målebånd og skyvelære ble benyttet i måleprosessen. Vekt ble anslått av utøverne selv, da det ikke var kritisk med høy grad av nøyaktighet her.

Det ble valgt utøvere med forskjellig anatomi og funksjonsnedsettelse for å fange inn hele spennet i laget. På bakgrunn av den begrensede målegruppen må det regnes mer som en kvalitativ enn kvantitativ tilnærming. I Kapittel 8 beskrives produksjon av to ulike setemodeller, V1 og V2, som ble produsert for testing og verifisering av mål opp mot utøverne. Gruppen på åtte utøvere består av tre som har erfaring med sete V1, tre med sete V2, en med Proff-sete og en med SitSki-sete av kompositt (identisk med det som ble brukt på endelig prototype i Prosjekt 2013). På hele laget er det sju utøvere som bruker sete V1, seks som bruker V2, én som bruker Proff-sete, én som bruker SitSki-sete og én som bruker Ballistic-sete. På denne måten blir målingene representative for de fleste på laget, med flere målepunkter innenfor utøvere som bruker de mest brukte setene.

Fordelingen av funksjonsnedsettelse blant utøverne i målegruppen vises i Figur 7-8, og er representativ i forhold til fordelingen for hele laget, som vist i Figur 5-3 (side 39).



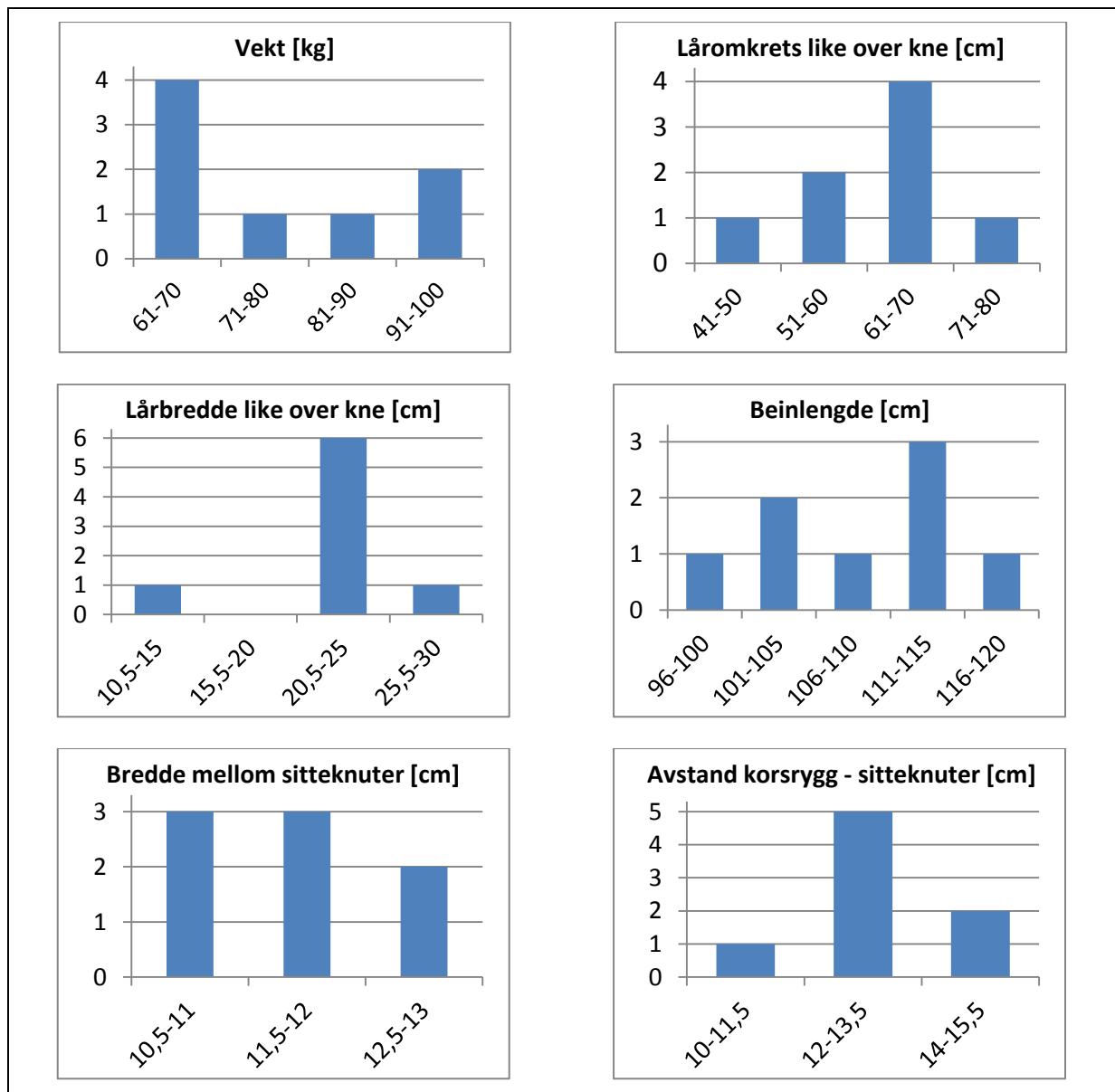
**Figur 7-8 Fordeling av funksjonsnedsettelse i målegruppen**

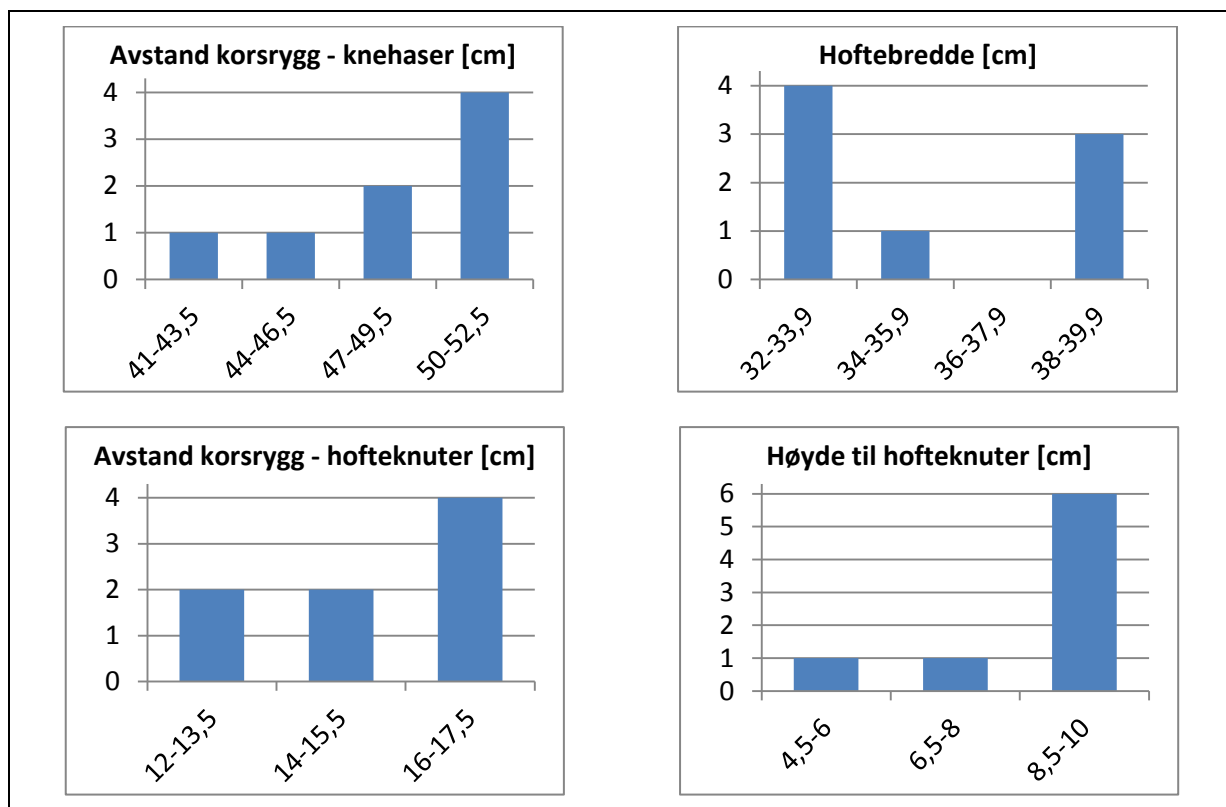
I Tabell 4 oppsummeres resultatene fra alle målingene, med minste-, største- og gjennomsnittsverdier. Tallene er ment å gi et overblikk over hvilke variasjoner som kan være forventet og omtrentlige intervall. Noen av resultatene, låromkrets og lårbredde, ble sterkt påvirket av amputasjoner, mens andre var relativt konsistente; variasjon i bredde mellom sitteknutene var på kun 2,5 cm selv om utøverne hadde 7 cm variasjon i hoftebredde. Fordelingen blant utøverne på de ulike målene vises i diagrammene i Tabell 5.

**Tabell 4 Resultater fra måling av utøvere på landslaget**

Måling (n=8)	MIN	MAX	Gj.snitt
Vekt [kg]	63	95	76,6
Låromkrets over kne (begge bein) [cm]	44	74	61,9
Lårbredde over kne (begge bein) [cm]	11	26,5	21,9
Beinlengde [cm]	98	116	108,5
Bredde mellom sitteknuter [cm]	10,5	13	11,7
Avstand fra korsrygg til sitteknuter [cm]	10	15,5	12,9
Avstand fra korsrygg til knehase [cm]	41	52	48,7
Hoftebredde [cm]	32,4	39,4	35,3
Avstand fra korsrygg til hofteknuter [cm]	12	17,5	15
Høyde til hofteknuter [cm]	4,5	10	8,5

**Tabell 5 Fordeling av målte verdier blant utøverne. Vertikal akse representerer antall utøvere**





### Variasjon innen de ulike målene

I Tabell 6 vises intervallene for de ulike anatomiske målene. Ved å se på hvordan intervallene påvirkes av å fjerne ett eller to ytterpunkter fra hver måling (hhv. "7 av 8" og "6 av 8") kan man se på følsomheten på målingene. Dersom fjerning av ett ytterpunkt reduserer intervallet kraftig må det vurderes om setet skal ta høyde for alle utøvere eller om det er tilstrekkelig at det passer til for eksempel 90 % av dem. Vurderingen må da gjøres ved å se på kostnadene assosiert med å få med alle utøverne i forhold til gevinsten dette gir. I tabellen vises prosentvis reduksjon av intervallet ved å fjerne ytterpunktene i parentes for hver måleparameter. Fargekode lys blå tilsvarer en intervallreduksjon på 30-50 %, mellomblå tilsvarer 50-70 % og mørk blå tilsvarer 70-90 %.

**Tabell 6 - Intervaller som funksjon av treffprosent**

Måling ( <i>n</i> =8)	8 av 8	7 av 8	6 av 8
Vekt [kg]	63-95	67-95 (12,5)	63-84 (34,4)
Låromkrets over kne [cm]	44-74	58,5-74 (48,3)	58,5-65 (78,3)
Lårbredde over kne [cm]	11-26,5	21-26,5 (64,5)	21-25 (74,2)
Beinlengde [cm]	98-116	104-116 (33,3)	104-115 (38,9)
Bredde mellom sitteknuter [cm]	10,5-13	11-13 (20)	11-13 (20)
Avstand korsrygg - sitteknuter [cm]	10-15,5	12,5-15,5 (45,5)	12,5-14 (72,7)
Avstand korsrygg - knehase [cm]	41-52	45,5-52 (40,9)	49,5-52 (77,3)
Hoftebredde [cm]	32,4-39,4	32,4-38,9 (7,1)	32,4-38,4 (14,3)
Avstand korsrygg - hofteknuter [cm]	12-17,5	12-16 (27,3)	13,5-16 (54,5)
Høyde til hofteknuter [cm]	4,5-10	8-10 (63,6)	8,5-10 (72,7)



Tabellen viser at ved å fjerne ett ytterpunkt på målene av lårbredde reduseres intervallet med 64,5 %. Tilsvarende for høyde til hofteknuter er en reduksjon på 63,6 %. Hoftebredde og bredde mellom sitteknuter har en klart jevnere fordeling, noe som kan tyde på at hele intervallet må brukes videre. Fjerning av to ytterpunkter er tatt med for å vise påvirkningen på intervallene, men betyr da at kun 75 % av utøverne faller inn blant resultatene. Dette kan ikke regnes som tilstrekkelig på dette tidspunktet. Et større datasett hadde gjort det lettere å gjøre bedre vurderinger rundt denne kategorien, men for det videre arbeidet kreves det at sju av åtte utøvere skal være innenfor intervallet.

Ved vurdering av intervallene må hvert mål vurderes individuelt for å sammenholde gevinst med hvor viktig det antas å være. Det første ytterpunktet som ble fjernet for lårbredde var en utøver som var amputert midt på låret og representerer derfor en gruppe blant brukerne som det er ønskelig å tilfredsstille. Amputasjoner midt på låret gjelder flere utøvere nå og forventes å være gjeldende også i fremtiden. Intervallet for høyde til hofteknuter kan på sin side reduseres da dette var et ekstremtilfelle. Utøveren som ble målt hadde vært lam i over 15 år og hadde derfor opplevd stort muskelsvinn i rumpe/lår. Ved bruk av setet kan denne utøveren ha behov for ekstra polstring, som dermed vil løfte ham (og hofteknutene) høyere opp i setet.

Med bakgrunn i dette velges det å gå videre med de fulle intervallene for alle mål utenom høyde til hofteknuter. Disse målene tas med videre til Kapittel 8.3 for å sammenligne dem med hvordan disse utøverne opplever passform i seter av ulik størrelse, kvantifisere hvordan setet må kunne individualiseres og bearbeide dette til produktkrav.

**Tabell 7 Intervall for mål som tas med videre i prosessen**

Mål	Minste-største mål
Vekt [kg]	63 - 95
Låromkrets over kne [cm]	44 - 74
Lårbredde over kne [cm]	11 - 26,5
Beinlengde [cm]	98 - 116
Bredde mellom sitteknuter [cm]	10,5 - 13
Avstand korsrygg - sitteknuter [cm]	10 - 15,5
Avstand korsrygg - knehase [cm]	41 - 52
Hoftebredde [cm]	32,4 - 39,4
Avstand korsrygg - hofteknuter [cm]	12 - 17,5
Høyde til hofteknuter [cm]	8 - 10

## 8 Produksjon av seter for bruk og testing

Det overordnede målet til Olympiatoppens utstyrsprosjekt er å øke det norske landslagets medaljesjanser i kjelkehockey i Sochi 2014, og det var derfor viktig å kunne levere dem seter med bedre prestasjoner enn dagens løsning før de paralympiske lekene. Ved å lage flere setevariasjoner basert på den opparbeidede kunnskapen så langt i prosjektet, kunne utøverne på landslaget få hvert sitt oppgraderte sete på samme tid som deres bruk av disse setene kunne by på verdifulle tilbakemeldinger rundt seteutformingen.

En annen viktig grunn for å produsere seter for testing er at grensesnittet mot menneskekroppen er vanskelig å definere fullstendig og det er mange faktorer som må tas i betraktning. Anatomiske mål gir de grove trekkene i utformingen men det kreves funksjonsmodeller og testing for å se hvor godt det fungerer i praksis og for å gi videre innspill til utformingen. I mangel på tid og siden det hovedsakelig var passformen som skulle testes mot utøvernes mål ble det ikke tatt med spesifikke løsninger for hull til sitteknutene.

Det ble bestemt å lage to versjoner av setene, V1 og V2. Førstnevnte skulle være basert på de innvendige målene fra komposittsetet på prototypen fra Prosjekt 2013, med noen mindre justeringer. Produksjonen av pluggen fant sted i perioden rett før denne masteroppgaven ble iverksatt, og følgelig også før oppmålingen av utøverne hadde funnet sted.

For å øke stivheten i setet ble det gjort et materialbytte fra PEHD300 (som Proff-setet fremstilles av) til ABS. Relevante materialdata for hver av dem er hentet fra *Egenskapsdata Termoplast* (2008) og presentert i Tabell 8. ABS har dobbelt så høy bøyestivhet og strekkfasthet som PEHD300, med økning av egenvekt på kun 11,5 %. PEHD kan benyttes ved lavere temperaturer, men temperaturintervallet for ABS-plast er mer enn tilstrekkelig for bruk i setene.

Tabell 8 Materialdata for PEHD300 og ABS

	PEHD300	ABS
Egenvekt [ $g/cm^3$ ]	0,95	1,06
Bøyestivhet [ $N/mm^2$ ]	32	70
Strekkfasthet [ $N/mm^2$ ]	22	44
E-modul [ $N/mm^2$ ]	800	2500
Brukstemp. maks. [ $^{\circ}C$ ]	80	85
Brukstemp. min. [ $^{\circ}C$ ]	-100	-40

## Prosessten

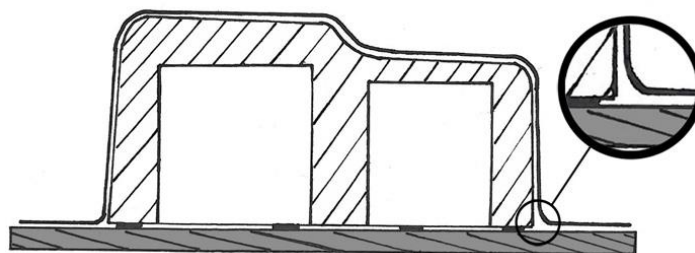


**H13** Prosessen startet med å modellere et sete i NX8, før modellen ble delt opp i 18 mm tykke segmenter som ble frest ut hver for seg i 18 mm kryssfiner. Segmentene ble deretter limt og skrudd sammen for å gi en rigid plugg som kunne brukes til vakuumforming av ABS-plast. Overflaten ble pusset for å gi en jevn overflate på setet etter forming.

Selve formingen av setet ble utført av Unica AS i deres lokaler på Oppaker. En 8 mm ABS-plate ble spent inn i en ramme og varmet opp til den ble tøyelig, før den ble ført over kryssfinerpluggen og vakuum ble satt på. Plastplaten formet seg etter pluggen og etter avkjøling i luft ble plugg og plastplate separert. Deretter ble setet grovkuttet ut fra plastplaten før finkuttingen (tilpasning av setehøyde og lengde) ble gjort manuelt. Alle setene fikk en heldekkende innvendig grunnpolstring av Plastazot-skum med 10 mm tykkelse.

### Krav til produksjon av plugg og seter

**H13** Unica setter visse krav for å kunne bruke en plugg til å vakuumforme seter. Pluggen må ha en slippvinkel på minimum 1,5° og jevn ytterflate for å kunne skille plugg fra platen etter forming. Innvendig uthuling av pluggen er ønskelig for å redusere vekt og forenkle håndteringen av den, men forutsetter et sentrert innvendig kryss i solid utførelse for å kunne feste den til en underlagsplate for formingsmaskinen. Veggtykkelsen bør ikke være mindre enn 15-20 mm på noe punkt, for å sikre stabilitet og styrke under selve formingen. Avrundede hjørner vil gi et mer uniformt fordelt materiale i setet og er derfor ønskelig. Videre må pluggen lages minst 10 mm høyere enn ønsket høyde på setet, da plastmaterialet ikke vil følge hele overflaten på pluggen som vist i Figur 8-1.



**Figur 8-1** Snitt av plugg med formet plastplate

For å produsere selve pluggen er det ønskelig å ha en utforming som gjør det mulig med ensidig fresing, gitt begrensningene i den tilgjengelige CNC-fresen. Uthulinger av pluggen avrundes til nærmeste hele platetykkelse og alle innvendige radier bør være på 5 mm eller større for å slippe verktøybytte underveis i prosessen.

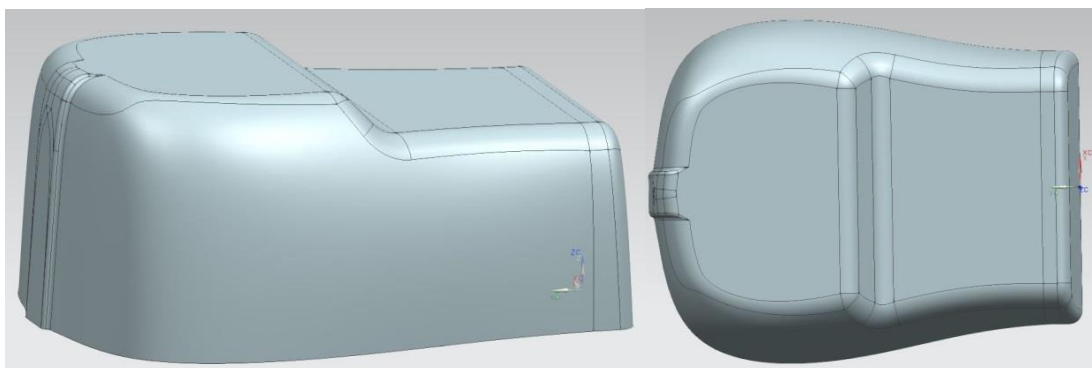
## 8.1 Sete V1

**H13** Første versjon av setet ble basert på de innvendige målene av komposittsetet fra prototypen i Prosjekt 2013 med en hoftebredde på 385 mm, rygghøyde på 220 mm og fremre høyde på 170 mm. Lengden på setet ble økt til 455 mm for å gi utøveren bedre beskyttelse ned mot knærne. Den generelle formen ble gjort mindre avrundet enn komposittsetet for å gi et slankere sete.

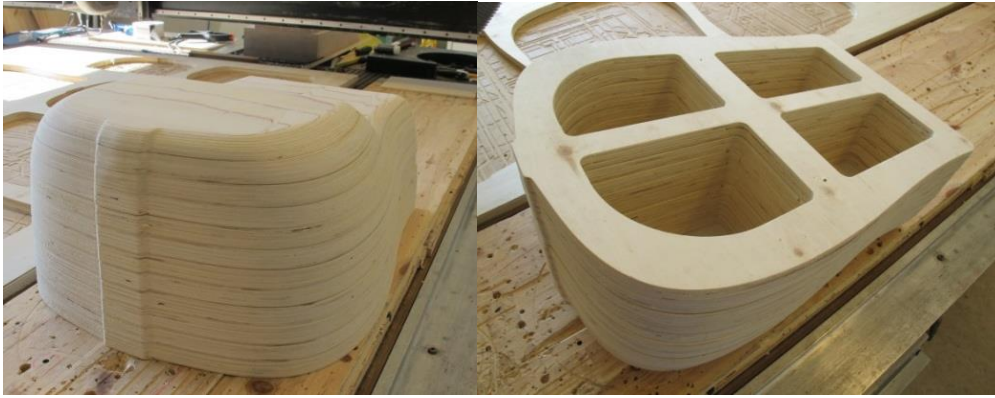
Flere av utøverne hadde tidligere prøvd andre seter som hadde et markant steg mellom bakre og fremre setebunn og kom med tilbakemeldinger om at de opplevde god effekt av dette. På bakgrunn av utøvernes erfaring og egne tester utført tidligere i prosjektet ble det inkorporert et steg i bunnen, med en høydeforskjell på 37 mm. For å øke stivheten i ryggstøtten ble det lagt inn en vertikal profil langs hele ryggen. Denne vil også kunne bedre komfort da noe av trykket som normalt ville virket på ryggvirvlene vil fordele seg over et større område av ryggen til utøveren.



**Figur 8-2 Komposittsetet fra prototypen i Prosjekt 2013**



**Figur 8-3 CAD-modell av plugg til V1**



**Figur 8-4 Ferdig plugg etter fresing**



**Figur 8-5 Formede seter grovskåret før siste tilpasning**

### **8.1.1 Generelle erfaringer**

Den generelle passformen virker å være god mot de større utøverne på laget. Profilen langs ryggen fungerte godt både med tanke på komfort og bøyestivhet. Skiftet av materiale fra PE300 til ABS virker å gi meget gode resultater; setet oppleves som mye stivere og mer stødig.

Ryggstøtten viste seg å være i laveste laget for noen av utøverne. Høyden her bør økes, slik at setet kan kappes ned til ønsket høyde for hver utøver. Steget i bunnen fungerte bra for noen utøvere mens det for andre ble for høyt, og kombinert med en relativt brå overgang fra øvre til nedre setebunn gjorde i én utøvers tilfelle at beina dovnnet etter kort tid.

### **8.1.2 Passform mot utøvere**

Sete V1 kunne brukes av sju utøvere på landslaget ved hjelp av tilpasset polstring innvendig. Tre av disse utøverne deltok i oppmålingen og det er dermed mulig å sammenholde setemålene og nødvendig polstring med målene på utøverne.

Målene for innvendig bredde i setet for hver utøver ble hentet fra CAD-modellen, ved å legge inn punkter med samme plassering som utøvernes hofteknuter og måle bredden mellom dem.

### Mål på seteskallet:

- Bredde foran: 270 mm (nedre), 307 mm (øvre)
- Høyde foran: 170 mm (ukappet)
- Lengde: 455 mm
- Rygghøyde: 218 mm
- Største setebredde: 385 mm
- Høyde på steg: 37 mm

### Utøver 1:

- Låromkrets over kne: 65 cm
- Lårbredde over kne: 24,5 cm
- Avstand fra korsrygg til knehaser: 50 cm
- Hoftebredde: 39,4 cm
- Avstand fra korsrygg til hofteknuter: 13,5 cm
- Høyde til hofteknuter: 9 cm

**Kommentarer til passform:** *“Bra passform foran, bør ikke være smalere her. Ville hatt mer avrundning i nedre kant foran. Bak blir det for høyt press på hofteknutene og jeg blir “hengende” på veggen uten å komme helt ned i setet.”*

Ved hofteknutene har setet en bredde på 364 mm, som sammen med grunnpolstring er 50 mm mindre enn utøverens hoftebredde. Siden passformen ellers var bra ble setet varmet opp i området rundt hofteknutene og utvidet, som vist i Figur 8-6. Etter denne utvidelsen på mellom 2-3 cm på hver side var passformen svært god.



**Figur 8-6 Sete utvidet ved hofteknutene for å gi plass til større hoftebredde**

Setebredden foran ble betegnet som bra. Utøveren uttrykte at han likte å ha 15 – 20 mm klaring mellom knærne når han spiller, noe som gir en utvendig klaring på 5 – 10 mm i forhold til nedre bredde foran på setet. Dette området av setet virker å være mindre følsomt for klaring så lenge utøverens bein får plass. Grunnen til dette er fremre del av fastspenningen som benyttes for å stramme sammen setet.

Lengden på setet, 455 mm, fungerte bra for utøveren. Det ga nok plass til knebeskyttere samtidig som det var betydelig mer dekkende enn andre seter han hadde prøvd tidligere.

### Utøver 2:

- Låromkrets over kne: 64,5 cm
- Lårbredde over kne: 22 cm
- Avstand fra korsrygg til knehaser: 49,5 cm
- Hoftebredde: 34,1 cm
- Avstand fra korsrygg til hofteknuter: 16 cm
- Høyde til hofteknuter: 10 cm

**Kommentarer til passform:** *“Setet passer generelt veldig bra. Ticht og godt i bakkant og ingen muligheter for sideveis bevegelse i forkant. Steget i bunnen kjennes godt ut.*

Ved utøverens plassering av hofteknutene var setets bredde 366 mm, som sammen med grunnpolstringen ga en klaring mellom utøver og polstring (før kompresjon av skummet) på 5 mm. Dette opplevdes som tettsittende og godt av utøveren.

Til tross for en klaring på 15 mm på hver side av fremre del av lår uttrykte utøveren at det ikke var muligheter for sideveis bevegelse her. Dette styrker antakelsen om at fremre setebredde er et mindre følsomt mål så lenge den er stor nok til at lårene får plass.

### Utøver 3:

- Låromkrets over kne: 64cm
- Lårbredde over kne: 23,5 cm
- Avstand fra korsrygg til knehaser: 50 cm
- Hoftebredde: 32,4 cm
- Avstand fra korsrygg til hofteknuter: 16 cm
- Høyde til hofteknuter: 8,5 cm

**Kommentarer til passform:** *“Bra passform foran. Ett lag ekstra med polstring (kile) ved hofte, i tillegg til grunnpolstring.”*

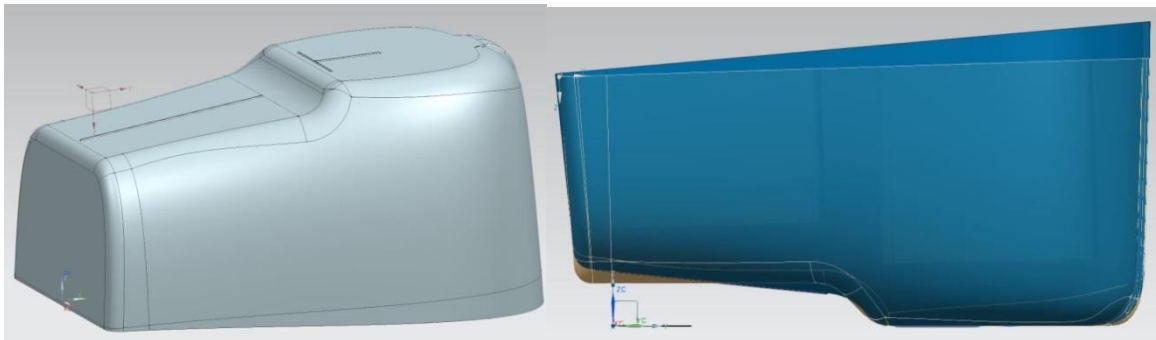
Ved utøverens plassering av hofteknutene var setets bredde 366 mm, altså 42 mm større enn utøverens hoftebredde. I tillegg til grunnpolstringen ble det lagt ett lag ekstra ved hoftene som totalt ga 20 mm polstring på hver side. Klaringen mellom utøver og polstring (før kompresjon av skummet) blir da på 2 mm, men med dobbelt lag skum er kompresjonspotensialet økt i forhold til ved grunnpolstringen alene.



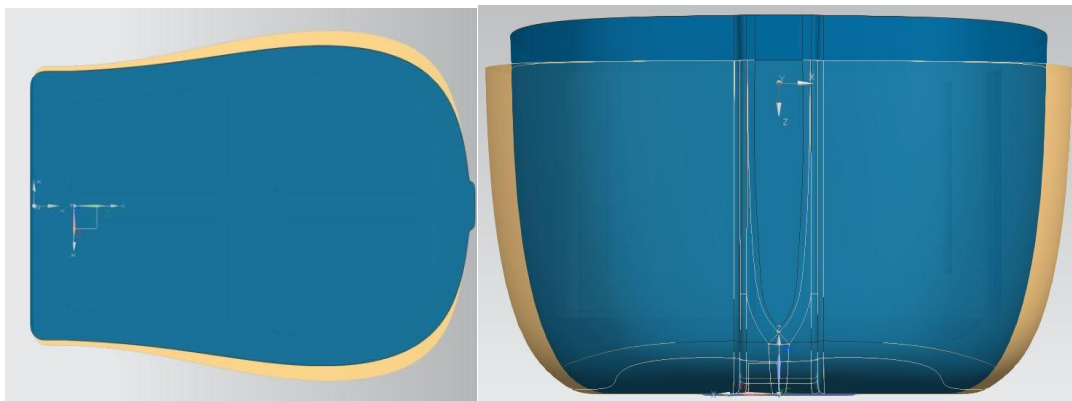
## 8.2 Sete V2

**H13** Andre versjon av setet tok utgangspunkt i den generelle utformingen til V1, men med noen modifikasjoner. Rygghøyden ble økt med 30 mm, til 250 mm. Bakre del ble gjort smalere for å passe mindre utøvere og fikk en maksimal innvendig bredde på 350 mm, 35 mm smalere enn V1. Siden steget i bunnen ga ubehag for noen av utøverne ble høyden her halvert, til 19 mm, og fikk mer avrundete kanter. Det fremre partiet fikk en vinkel på 6° for å kompensere for lavere steghøyde slik at setet fortsatt skal støtte opp under lårene. Endringene i størrelse og utforming vises i Figur 8-8.

Ved montering av V1 på resten av kjelken var det problematisk å måle seg frem til hvor det skulle bores hull til boltene. Dette ble tatt hånd om i V2 ved å legge inn en profil langs pluggens senterlinje, som gir et avtrykk i det formede setet og dermed også en fast referanse til oppmåling. For å ytterligere øke stivheten i seteryggen ble hele pluggen vinklet slik at ryggsflaten fikk høyere slippvinkel. Gjennom vakuumformingen vil denne endringen gjøre at ABS-plasten ikke blir strukket like mye her, med høyere materialtykkelse – og dermed også stivhet – som resultat.



Figur 8-7 CAD-modell av plugg til V2



Figur 8-8 Plugg til V2 vist i blått, plugg til V1 vist i gult for størrelsesreferanse



**Figur 8-9 Ferdig plugg etter fresing**



**Figur 8-10 Ferdig sete med grunnpolstring installert**

### **8.2.1 Generelle erfaringer**

Endringene som ble gjort rundt utformingen av steget i bunnen ga gode resultater; lårene ble støttet opp og problemet med at beina dovnnet var sterkt redusert. Økning av rygg høyde og setelengde på pluggen gjorde det mulig å kappe disse ned til ønskede mål og ga på denne måten økte muligheter for tilpasning til hver enkelt utøver. Nedre del av setet foran kunne vært mer avrundet for å ligge tettere mot lårene til utøverne, spesielt med tanke på beskyttelse.

### **8.2.2 Passform mot utøvere**

Setet kunne brukes av seks utøvere på landslaget ved hjelp av tilpasset polstring innvendig. Tre av disse utøverne deltok i oppmålingen og det er dermed mulig å sammenholde setemålene og nødvendig polstring med målene på utøverne.

### Mål på seteskallet:

- Bredde foran: 225 mm (nedre), 296 mm (øvre)
- Høyde foran: 162 mm (ukappet)
- Lengde: 465 mm
- Rygghøyde: 250 mm
- Største setebredde: 350 mm
- Høyde på steg: 19 mm
- Vinkel på steg: 6°

### Utøver 4:

- Låromkrets over kne: 58,8 cm
- Lårbredde over kne: 21 cm
- Avstand fra korsrygg til knehaser: 49,5 cm
- Hoftebredde: 33,9 cm
- Avstand fra korsrygg til hofteknuter: 16 cm
- Høyde til hofteknuter: 8 cm

**Kommentarer til passform:** *“Kunne vært mer tettsittende bak. Har bygget opp med en kilepute (0 - 18mm tykk) i bakkant for å vinkle kroppen mer fremover. Veldig tettsittende og bra foran. Fjernet polstringen ved siden av lårene rett over knær, la til polstring i nedre sider fremme. Ellers kjennes setet ut til å være stivt nok og støtter godt fremover.”*

Ved utøverens plassering av hofteknuter er setet 330 mm bredt. Utøveren bruker kilepute i bunnen som er 18 mm tykk i bakkant i tillegg til grunnpolstringen. På grunn av setets slippvinkel vil bredden her være omtrent 10 mm større. Med grunnpolstringen på sidene er innvendig bredde da 320 mm, 19 mm mindre enn utøverens målte hoftebredde. Utøveren kommenterte også at setet kunne være mer tettsittende i bakkant, men siktet da til at det ikke var avrundet nok ned mot bunnen (ble litt for “boksaktig”). Det virker å være en noe inkonsekvent opplevelse av passform i bakre del av setet og sammenhengene mellom setemål og hoftebredde på utøverne i sete V2.

### Utøver 5:

- Låromkrets over kne: 44 cm (ett bein)
- Lårbredde over kne: 11 cm (ett bein)
- Avstand fra korsrygg til knehaser: 45,5 cm
- Hoftebredde: 32,4 cm
- Avstand fra korsrygg til hofteknuter: 18 cm
- Høyde til hofteknuter: 10 cm

**Kommentarer til passform:** *“Perfekt passform bak men litt romslig foran. Bruker kilepute (0-30mm) under det friske beinet og strammer til setet i forkant. Ønsker helt tettsittende sete, så det burde være smalere i forkant.”*

Ved utøverens plassering av hofteknuter er seteskallet 336 mm bredt. Med grunnpolstring og utøverens målte hoftebredde er det da en negativ klaring på 8 mm. Utøveren uttrykte selv at passformen bak var perfekt.

#### **Utøver 6:**

- Låromkrets over kne: 59 cm
- Lårbredde over kne: 22 cm
- Avstand fra korsrygg til knehaser: 41 cm
- Hoftebredde: 32,9 cm
- Avstand fra korsrygg til hofteknuter: 15 cm
- Høyde til hofteknuter: 4,5 cm

**Kommentarer til passform:** *“Stort sett veldig bra. Brukte ett lag polstring i hele setet, 2 lag i korsryggen for å kompensere for litt ekstra svai i ryggen.”*

Ved utøverens plassering av hofteknuter er setet 312 mm bredt, målt med utgangspunkt i kun seteskallet. Målingen for høyde til hofteknutene var her klart annerledes fra trenden blant andre utøvere, med et resultat på 4,5 cm (mot gjennomsnitt ellers på rett over 9 cm). Med polstringen gir dette en negativ klaring på 37 mm. Brukes setebredde på 330 mm blir den negative klaringen på 19 mm.

### **8.3 Oppsummering og konvertering til produktkrav**

#### **Setebredde bak**

Målet med å tilpasse bakre setebredde er for å kunne lage et sete som er tettsittende til utøverens hoftebredde, slik at han kan holdes igjen for sideveis bevegelse og for å kunne motvirke vippe- og rotasjonsbevegelse inne i setet. Resultatene fra de tre utøverne som passet i V1 var at setebredden ved hofteknutene ga en klaring mellom utøver og polstring på 0 til 5 mm. Utøverne ga uttrykk for at setet da passet svært godt i bakkant. Ønsket klaring for å ha et tettsittende sete må veies opp mot hvor enkelt det skal være å sette seg ned i setet. En fordel med å ha seter som har sider som er vinklet med minst 1,5° er at det blir lettere å komme seg oppi setet ved mindre klaringer ved hofteknutene. Setet fungerer da som en trakt.

Resultatene fra V2 var mer utydelige. Utøver 4 hadde en negativ klaring på 9,5 mm på hver side (nesten like mye som tykkelsen på polstringen) men uttrykte likevel at setet kunne vært mer tettsittende her. Dette kan tyde på at oppmålingen av denne utøveren ikke har blitt utført nøyaktig nok.

Som en foreløpig konklusjon brukes det at setebredden ved hofteknutene må være lik utøverens hoftebredde [+25 mm/+10 mm]. Ved øverste grense av intervallet blir det da 12,5 mm klaring mellom utøveren og setet på hver side og ved nederste grense 5 mm på hver side, noe som kan håndteres bra ved bruk av innvendig polstring. Måleintervall var 32,4 – 39,4 cm, noe som vil gi et krav for setebredden bak på 330 – 420 mm, med intervaller på 15 mm.

**(PK.11) Produktkrav:** Bakre setebredde skal kunne varieres mellom 330 mm og 420 mm, med inkremitter ikke større enn 15 mm

### **Setebredde foran**

Gjennom å tilpasse fremre setebredde kan man sørge for at setet sitter tett nok inntil utøveren slik at lårene støttes opp mot sideveis bevegelse og hindrer skade ved at puck, køller eller lignende kommer innenfor. Et tettsittende sete her vil også gjøre det smalere og kan bidra til å øke armslaget for utøveren. Utøverne som brukte V1 hadde mellom 2,5 og 15 mm klaring til polstringen i nedre del av setet foran. Tilbakemeldingene tilsier at dette fungerer bra da setet kan strammes sammen og tette denne klaringen. Det var et klart ønske om mer avrundet kant.

Utøverne som brukte V2 og ikke var amputerte hadde mellom 5 og 15 mm klaring til nedre del av setet foran. Her er målepunktet litt mer usikkert, da V2 var mer avrundet enn V1. Den enkelamputerte utøveren hadde svært god plass og ville gjerne hatt setet mer tettsittende. Utøveren med lårbredde på 21 cm (klaring på 15 mm totalt) fjernet polstringen ved øvre del av sidene og la den nede i hjørnene – da ble setet veldig tettsittende og bra.

Setebredden foran må minst være 20 mm større enn utøverens lårbredde for å gi rom for polstring. Måleintervallet ble funnet å være 11 – 26,5 cm, noe som gir at setebredden foran må være 130 – 285 mm. Erfaringer fra utøverne tilsier at målet er mindre følsomt og det antas derfor at intervaller på 20 mm er tilstrekkelig.

**(PK.12) Produktkrav:** Fremre setebredde skal kunne varieres mellom 130 mm og 285 mm, med inkremitter ikke større enn 15 mm

### **Setelengde**

Lengden på setet ønskes variert slik at det passer til utøverens lårlengde. Det skal være langt nok til å gi god beskyttelse, men på samme tid må det være kort nok til at knebeskyttere ikke kommer i konflikt med setet. Setelengden på V1 og V2 var ikke for lang for noen av utøverne og det var ikke behov for ytterligere tilpasning. Det er noe usikkerhet rundt nøyaktig setelengde (da de ble kappet for hånd) men det er innenfor intervallet 450 - 460 mm. Tilbakemeldingene fra utøverne tyder på at det ikke er kritisk at setet dekker helt ned til knærne, men så nært det lar seg gjøre uten at det blir vanskeligere å bruke knebeskyttere. Måleintervallet var her på 41 – 52 cm, så ved å trekke fra 30 mm for å gi rom for beskytterne må setets lengde kunne varieres mellom 380 og 490 mm. Siden målet ikke oppleves som følsomt settes intervallet mellom lengdene på 20 mm.

**(PK.13) Produktkrav:** Setets lengde skal kunne varieres mellom 380 mm og 490 mm, med inkremitter ikke større enn 20 mm

### **Rygghøyde**

Høyden på setets ryggstøtte må kunne tilpasses utøverens behov og preferanser, slik at det oppnås riktig støtte og beskyttelse i forhold til behovene. Det var lite variasjon i hvor høy ryggstøtte utøverne ønsket, og alle utøverne utenom én fikk en rygg høyde mellom 210 og 225 mm. Den siste fikk ryggstøtte med en høyde på 250 mm for å bedre støtte og beskytte korsryggen med bakgrunn i funksjonsnedsettelsen hans (ryggmargsbrokk). Det ønskes å fange inn alle utøverne på dette punktet så produktkravet baseres derfor på dette. Grunnet usikkerhet rundt hvor store intervallene mellom målene på setet kan være settes kravet til 210 – 250 mm med intervaller på maksimalt 10 mm.

**(PK.14) Produktkrav:** Setets rygg høyde skal kunne varieres mellom 210 mm og 250 mm, med inkremitter ikke større enn 10 mm

### **Fremre setehøyde**

Høyden på fremre del av setets sidevegger må tilpasses utøveren for å passe til lårhøyden. En korrekt tilpasning vil gjøre at fastspenningsmekanismen som monteres i dette området vil rekke ned til oversiden av lårene og gi fastholding til setet. Nødvendig høyde på sideveggene i setets forkant bestemmes av hvor tykke lårene til utøveren er. De med veldig tynne lår må ha lavere sidevegger for at fastspenningen skal gi tilstrekkelig klemmekraft over lårene. Blant utøverne som har testet og brukt setene V1 og V2 ble det brukt tre ulike høyder på sideveggene, med 20 mm intervaller og den laveste høyden var 110 mm.

**(PK.15) Produktkrav:** Høyden på setets fremre sidevegger skal kunne varieres mellom 110, 130 og 150 mm, målt fra fremre setebunn

### **Vinkel på fremre setebunn**

Helningsvinkelen på fremre setebunn vil påvirke hvordan utøveren støttes opp under lårene når han sitter i setet. Optimal vinkel vil her være avhengig av hvilken knevinkel utøveren har, som igjen vil være en funksjon av beinlengde, hvor høyt setet er plassert og utøverens individuelle preferanser. Gjennom oppmålingen av utøverne var beinlengde en av parameterne som ble registrert, og på sete V2 ble det lagt inn en vinkel på fremre setebunn på 6°, men det har ikke blitt gjennomført tilstrekkelig testing til å bestemme hva en optimal vinkel vil være. På bakgrunn av tilbakemeldinger fra utøverne som testet V1 (med flat bunn) og V2 (med vinklet bunn) settes kravet slik at det dekker denne variasjonen, med et alternativt midt mellom disse verdiene. Ytterligere analyser og testing bør utføres for å verifisere dette kravet.

**(PK.16) Produktkrav:** Vinkel på fremre del av setebunnen skal kunne varieres mellom 0° og 6°, med inkremitter ikke større enn 3°

### **Plassering av sitteknuter**

Dersom det benyttes innvendig setegeometri for å utnytte utøverens sitteknuter for å bidra til posisjonering i setet, reduksjon av maksimalt vevtrykk eller forbedring av fastholding må utformingen på denne tilpasses utøverens mål. Ved oppmåling viste bredde mellom sitteknutene seg å variere mellom 10,5 og 13 cm, og avstanden fra korsryggen til sitteknutene varierte mellom 10 og 15,5 cm. Det ble ikke gjennomført testing av seter med innvendig setegeometri som utnyttet sitteknutene i arbeidet med denne masteroppgaven, men erfaringene fra Prosjekt 2013 viser et potensiale som bør utforskes videre. Det har blitt gjort forsøk med ovale hull til sitteknutene for anvendelse på utøvere med ulik sitteknutebredde, men testingen er foreløpig ikke entydig.

**(PK.17) Produktkrav:** Innvendig setegeometri som utnytter utøverens sitteknuter skal kunne varieres mellom 105 og 130 mm i bredde, og mellom 100 og 155 mm i avstand fra setets ryggstøtte

### **Plassering av hofteknuter**

Innvendig setegeometri som svarer til utøverens plassering av hofteknuter kan bidra til å øke både fastholding og komfort. Ved låsing av hofteknutene fra oversiden reduseres behovet for klemkraft mot utøveren for å gi god fastholding. I arbeidet med denne masteroppgaven har det ikke blitt gjennomført tilstrekkelig testing med benyttelse av slik geometri til at det kan konkluderes med hvordan den bør utformes. Erfaringer fra Prosjekt 2013 og senere testing tilsier at dette området bør utforskes videre. Basert på målingene av utøverne ble det besluttet at dersom en slik innvendig setegeometri benyttes skal den kunne tilpasses alle utøverne, med en høyde fra sitteflate til hofteknuter som varierte mellom 8 og 10 cm, og en avstand fra korsrygg til hofteknuter som varierte fra 12 til 17,5 cm.

**(PK.18) Produktkrav:** Innvendig setegeometri som utnytter utøverens hofteknuter skal kunne varieres mellom 80 mm og 100 mm i høyde fra sitteflaten, og mellom 120 mm og 175 mm i avstand fra setets ryggstøtte



## 9 Produktkravspesifikasjon

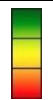
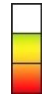
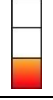
---

Produktkravene til setet og tilhørende produksjonsverktøy har blitt presentert etter hvert som det har vært grunnlag for å bestemme dem underveis i rapporten. Flere ble spesifisert allerede i Kapittel 4 på bakgrunn av tidligere opparbeidet kunnskap i blant annet Prosjekt 2013. Blant kravene som behøvde ytterligere datainnsamling og bearbeiding for å kvantifiseres var de som omhandlet behovet for individualisering. Disse behovene ble lagt frem i Kapittel 5, det ble utviklet måleverktøy og gjennomført oppmåling av utøvere i Kapittel 7 og disse målene ble sammenholdt med mål på egenproduserte seter og utøvernes tilbakemeldinger ved bruk av disse i Kapittel 8.

Hvert enkelt produktkrav stammer enten fra brukerkrav, regelverk eller interne krav i prosjektet, og vil ofte være behandlet flere steder gjennom rapporten. Det henvises derfor under hvert produktkrav om hva som er bakgrunnen for det (*BK.4 betyr at det kommer fra brukerkrav 4, RK.2 betyr at det kommer fra regelverkskrav 2*) og hvor det har blitt behandlet (*4.7.3 betyr at kravet har blitt behandlet i Kapittel 4.7.3*).

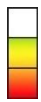
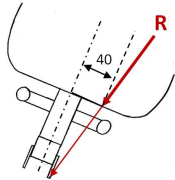

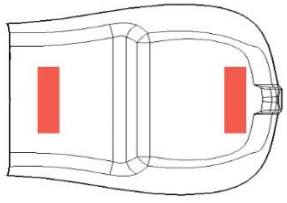

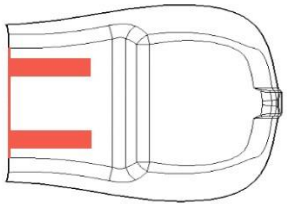

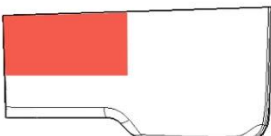
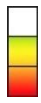
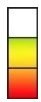
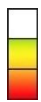
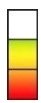

Gjennom produktkravspesifikasjonen indikeres det hvor sikre beregninger som ligger bak hvert krav ved bruk av tre ulike symboler. Symbolenes betydning er oppsummert i Tabell 9.





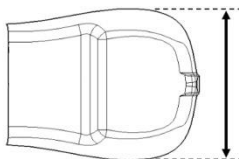

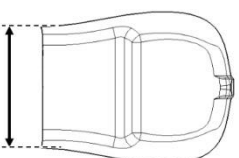

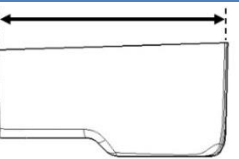

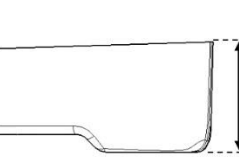

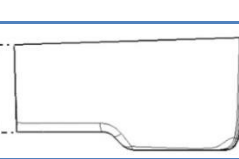

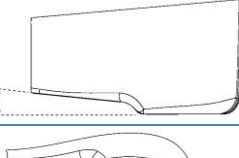

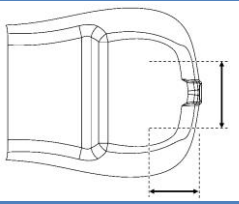

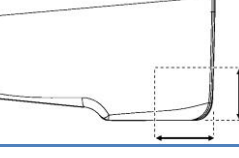
**Tabell 9 Symboler for sikkerhet bak produktkrav**

	Kravet er nøyaktig beregnet med solide begrunnelser.
	Kravet er med rimelig sikkerhet riktig men må verifiseres ytterligere for et absolutt krav.
	Kravet er satt opp som et anslag basert på utøvernes eller andre brukeres uttalelser og antakelser.

Den komplette produktkravspesifikasjonen er presentert i Tabell 10 Produktkravspesifikasjon over de to neste sidene.

Tabell 10 Produktkravspesifikasjon

Produktkravspesifikasjon for sete				
Produktkrav		Kilde	Illustrasjon	
<b>Respons</b>				
<b>PK.1</b>	1,4 kN belastning 40 mm eksentrisk i setet skal ikke gi mer enn 3 mm nedbøyning	 BK.4 3.1.1 4.1		
<b>Grensesnitt</b>				
<b>PK.2</b>	Det skal være plass til skruehull med 110 mm avstand, foran og bak, sentrert langs midten av setet. Avstanden mellom fremre og bakre skruehull er 330 mm. Det skal være jevne områder på 30 x 150 mm rundt innfestingene	 IK.1 4.5		
<b>PK.3</b>	Jevn underside foran på setet for å ikke komme i veien for knestøtten; to områder med lengde 150 mm og bredde 35 mm, sentrert langs midten av setet og med 150 mm bredde mellom dem	 IK.2 4.5		
<b>PK.4</b>	Jevn overflate fra 100 mm over fremre del av setebunn og opp til setekant, fra setets fremre kant og 200 mm bakover	 IK.3 4.5		
<b>Produksjon</b>				
<b>PK.5</b>	Produksjonsverktøyet skal ikke koste mer enn 36.000 kr i innkjøp	 BK.12 4.6		
<b>PK.6</b>	Verktøyet skal være produsert av aluminium eller stål	 BK.13 4.6		
<b>PK.7</b>	Overflateruhet på verktøyet skal ikke overstige 6,3 µm på flaten som benyttes til forming	 BK.14 4.6		
<b>PK.8</b>	Det skal ikke være behov for å skru løs pluggen for å endre størrelse på setene som produseres	 BK.15 4.6		
<b>Regelverk</b>				
<b>RK.1</b>	Setet kan lages av ethvert passende materiale men skal ikke ha skarpe kanter	 RK.1 4.4		

<b>RK.2</b>	Innvendig polstring skal ikke ha tykkelse over 5 cm		BK.2 4.4	
<b>Design</b>				
<b>PK.9</b>	Setet skal ha, eller ha muligheten for, tilpasset dekor. Minstekrav er klistremerke med spillernummer		BK.18 4.7.3	
<b>Vekt</b>				
<b>PK.10</b>	Setet skal ikke ha egenvekt høyere enn 1970 gram. Setet bør ha egenvekt under 1500 gram		BK.19 4.7.4	
<b>Tilpasning</b>				
<b>PK.11</b>	Bakre setebredde skal kunne varieres mellom 330 mm og 420 mm, med inkremitter ikke større enn 15 mm		BK.11 BK.20 7.3 8.3	
<b>PK.12</b>	Fremre setebredde skal kunne varieres mellom 130 mm og 285 mm, med inkremitter ikke større enn 15 mm		BK.11 BK.20 BK.21 7.3 8.3	
<b>PK.13</b>	Setets lengde skal kunne varieres mellom 380 og 490 mm, med inkremitter ikke større enn 20 mm		BK.5 BK.11 7.3 8.3	
<b>PK.14</b>	Setets rygghøyde skal kunne varieres mellom 210 mm og 250 mm, med inkremitter ikke større enn 10 mm		BK.11 BK.20 BK.22 5.2 7.3 8.3	
<b>PK.15</b>	Høyden på setets fremre sidevegger skal kunne varieres mellom 110, 130 og 150 mm, målt fra fremre setebunn		BK.11 BK.20 7.3 8.3	
<b>PK.16</b>	Vinkel på fremre del av setebunnen skal kunne varieres mellom 0° og 6°, med inkremitter ikke større enn 3°		BK.11 BK.20 8.3	
<b>PK.17</b>	Innvendig setegeometri som utnytter utøverens sitteknuter skal kunne varieres mellom 105 mm og 130 mm i bredde, og mellom 100 mm og 155 mm i avstand fra setets ryggstøtte		BK.1 BK.3 7.3 8.3	
<b>PK.18</b>	Innvendig setegeometri som utnytter utøverens hofteknuter skal kunne varieres mellom 80 mm og 100 mm i høyde fra sitteflaten, og mellom 120 mm og 175 mm i avstand fra setets ryggstøtte		BK.1 BK.2 7.3 8.3	

## 10 Konseptutvikling

Basert på oppmålingen av utøverne og ønsket om et individuelt tilpasset sete er det ni produktkrav som omhandler denne tilpasningen og søkes oppfylt gjennom konseptutviklingen. Disse målene er oppsummert i Tabell 11 under.

**Tabell 11 Ønsket variasjon i setemål**

Setemål	Minste verdi	Største verdi	Inkrement
Bakre setebredde [mm]	330	420	15
Fremre setebredde [mm]	130	285	15
Setelengde [mm]	380	490	20
Rygghøyde [mm]	210	250	10
Fremre setehøyde [mm]	110	150	20
Vinkel på fremre setebunn [°]	0	6	3
Sitteknuteplassering [mm]	105 (bredde) 100 (fra rygg)	130 (bredde) 155 (fra rygg)	Ukjent
Hofteknuteplassering [mm]	80 (høyde) 120 (fra rygg)	100 (høyde) 175 (fra rygg)	Ukjent

For å oppnå den graden av tilpasning som er nødvendig for å oppfylle produktkravene kan man dele inn i to prinsipielt forskjellige grunnprinsipp; individualisering i produkt eller individualisering i produksjon. Ved å systematisk gjennomgå muligheter og begrensninger ved hver av dem kan det gi idéer for den videre utviklingen hvor det baseres på individualisering i produkt, i produksjonen eller en kombinasjon av disse. Noen av individualiseringene løses på en mer smidig måte gjennom produksjon, mens det ved å legge noen av individualiseringene til produktet for eksempel kan oppnås en tids- og kostnadsbesparelse i produksjonen eller økt fleksibilitet for utøveren. Grunnprinsippene blir sett på hver for seg og ulike spesifikke individualiseringsmetoder nevnes sammen med potensielle bruksområder.

Det tas her utgangspunkt i at setene skal produseres av enten vakuumformet plast eller komposittmateriale. Plastmaterialet er tatt med på bakgrunn av den utstrakte bruken på dagens kjelker, noe som gir et godt erfaringsgrunnlag, forutsigbare og velprøvde materialeegenskaper, god holdbarhet og relativt lav kostnad. Komposittmaterialer er tatt med på bakgrunn av gode erfaringer fra stivheten som kan oppnås (gjennom prototype fra Prosjekt 2013), store muligheter for optimalisering av materialet i seg selv og høy styrke. Plast må regnes som mer forutsigbart enn kompositt med tanke på holdbarhet og egenskaper siden det har blitt brukt over lengre tid.

## 10.1 Individualisering i produkt - Idéutvikling

Individualisering i produkt betyr at tilpasningene gjøres etter at setet eller dets komponenter er ferdig produsert. Det kan eksempelvis oppnås ved bruk av tilpasset polstringsmateriale, ved å kappe til et tilnærmet generisk sete, gjennom monteringen av modulære setekomponenter eller ved hjelp av formbare komponenter som tilpasses etter produksjon. I de følgende avsnittene presenteres de ulike prinsippene, for senere å implementeres i helhetlige konsepter.

### Polstringsmateriale

Erfaringer fra produksjon av funksjonsmodeller og prototyper i Prosjekt 2013 viste at mye av individualiseringen kan oppnås ved å tilpasse polstringsmaterialet. Skum i forskjellige hardheter kan blant annet brukes til å lage nedsenkede områder til sitteknutene, finjustere innvendig setebredde eller lage overliggende støtter til hofteknuter. Dette er dagens klart mest brukte løsning av tilpasningsproblematikken blant produsentene, og enda tydeligere blant utøverne selv. Det kan være en mulighet å spesialforme polstringsmaterialer til utøveren. Dagens standardpolstring er laget av Plastazot-skum som formes på samme pluggen som setet, med et jevnt og estetisk fint resultat, men ytterligere polstring for tilpasning mot utøveren gjøres ved manuell skjæring av skum som deretter limes utenpå standardpolstringen. Ved å se på hva slags polstringer utøvere tilpasser selv kan det utvikles og tilbys ferdige polstringsdeler, for eksempel en vinklet pute i setebunnen, innvendig oppbygning i forkant av setet, kile i ryggen for å øke støtte eller endre ryggvinkel eller kile til å legge under lår (for enkelamputerte). Dette kan være en svært kostnadseffektiv måte å utføre deler av individualiseringen mot utøveren.



Figur 10-1 Eksempler på utøvernes egentilpassede polstring

+	-
<ul style="list-style-type: none"><li>• Enkelt å bearbeide</li><li>• Lave materialkostnader</li><li>• Forbedret komfort</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tidkrevende å bearbeide</li><li>• Høye arbeidskostnader</li><li>• Redusert stivhet</li><li>• Unøyaktig ved manuell skjæring</li></ul>

## Kapping

Kapping av setet utføres i dag hovedsakelig av produsentene selv. De kan tilpasse rygg- og generell høyde på setet i tillegg til lengde gjennom å kappe bort materiale. Dette ble også gjort ved produksjon av setene V1 og V2 tidligere i prosjektet ved at de ble formet til å være flere centimeter høyere enn en gjennomsnittlig bruker har behov for og deretter kappet ned for å gi ønsket høyde og utforming. Setet kan altså normalt produseres litt for høyt og kappes til for å få riktig høyde både foran og bak. En lignende fremgangsmåte kan også tenkes brukt til andre områder av setet, eksempelvis ved å kappe ut hull til sitteknutene eller å kappe ned spor/kakestykker i setets sider, vinkle det og feste det sammen igjen for å oppnå ønsket vinkling på fremre del. En av utfordringene ved å kappe på et sete med organiske former er mangelen på faste referansepunkter for å gi nøyaktige nok mål. Ved produksjon av sete V2 ble dette løst gjennom å legge inn faste målepunkter (forhøyde profiler med kjent plassering) på produksjonsverktøyet. Dette resulterte i flere faste referanser å måle fra som sikret forutsigbar og repeterbar plassering.



Figur 10-2 Tilpasning av setelengde, fremre høyde og rygghøyde ved hjelp av kapping

+	-
<ul style="list-style-type: none"><li>• Standardisering av formeprosess</li><li>• Høy grad av tilpasning</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Begrenset bruksområde</li><li>• Mer manuelt arbeid</li><li>• Økt krav til målreferanser</li></ul>

## Montering

Ved individualisering gjennom montering kan man dra nytte av en modulær setekonstruksjon. Et modulært sete bygges opp av flere standardkomponenter hvor sammensetningen av dem kan gi store tilpasningsmuligheter mot utøveren. Individualiseringen oppnås på denne måten gjennom hvilke komponenter som velges, i motsetning til å lage tilpassede komponenter. Ved svikt vil enkelte komponenter kunne erstattes og det kan også være mulig å oppgradere enkelte komponenter uten å måtte bytte hele setet. Dette vil åpne muligheten for at produsenten kan forbedre de enkelte komponentene hver for seg og selge til eksisterende kunder. Ved en modulær konstruksjon

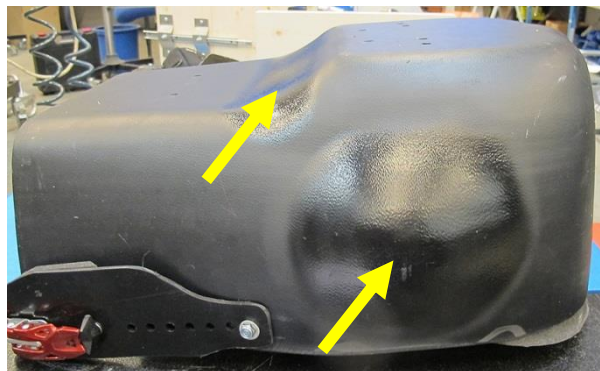


vil grensesnittene mellom modulene være kritiske og kan vise seg å være en utfordring på noen områder. Det å bygge inn flere grensesnitt som skal passe sammen og fungere over tid introduserer flere potensielle feilkilder og mulig tap av respons.

+	-
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Byttbare komponenter</li> <li>• Muliggjør standarddeler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mulig tap av respons</li> <li>• Flere potensielle feilkilder</li> <li>• Grensesnittproblematikk</li> </ul>

### Formbare komponenter

Prinsippet med formbare komponenter ble anvendt gjennom tilpasning av sete V1 til én av utøverne på landslaget. Setet var for smalt i forhold til utøverens hoftebredde og steget i bunnen hadde for brå overgang, men siden resten av setet passet den aktuelle utøveren bra ble problemområdene tatt hånd om gjennom oppvarming og forming. Plasten i seteskallet ble varmet opp til den var tøyelig, utøveren satte seg oppi setet og utvidet på denne måten plasten der det var behov for utvidelse. Etterpå ble utvidelsene forsterket noe for hånd, for å redusere trykket mot utøveren.



Figur 10-3 Lokal oppvarming og forming av plastsete

En løsning basert på oppvarming og forming av plast bør ikke være basis for en generell løsning, men ved svært spesifikke behov kan det ha nytteverdi å tilpasse noe på denne måten - kanskje spesielt setebredde ved hofteknutene. Ved å åpne for muligheten for slik tilpasning ved "ekstremtilfeller" kan det være mulig å redusere påkrevde justeringsintervall i produksjonen.

+	-
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spesialtilpasset</li> <li>• Standardseter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidkrevende</li> <li>• Krever nærhet til utøver</li> </ul>



## 10.2 Individualisering i produksjon - Idéutvikling

Individualisering i produksjon betyr at tilpasningene gjøres før setet eller dets komponenter er ferdig produsert. Det kan eksempelvis oppnås ved bruk av spesiallagd produksjonsverktøy for hvert sete, et modulært produksjonsverktøy eller et justerbart produksjonsverktøy. I de følgende avsnittene presenteres de ulike prinsippene, for senere å implementeres i helhetlige konsepter.

### Spesiallaget produksjonsverktøy

Gjennom å bruke et spesiallaget produksjonsverktøy for hver utøver kan man sikre svært god tilpasning (gitt korrekte måleparametere) og det vil være det nærmeste man kan komme "skreddersøm". Det er normalt kostbart og tidkrevende å lage produksjonsverktøy, så en slik løsning setter store krav til å finne en rasjonell og kostnadseffektiv måte å lage verktøyet på.

Det Bergensbaserte firmaet Ergoseat AS produserer formstøpte rullestolseter for brukere som ikke får dekket behovene med et standardsete. Dette gjøres gjennom å ta en avstøpning av brukeren i en avstøpningssekk, 3D-scanne avstøpningen og bruke denne informasjonen direkte til å frese ut en plugg til å forme et ABS-skall som passer perfekt til brukeren (Ergoseat: Formstøpte seter, 2014).

+	-
<ul style="list-style-type: none"><li>• Perfekt tilpasning</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tidkrevende</li><li>• Utstyrskrevende</li><li>• Materialkrevende</li><li>• Krever nærhet til utøver</li></ul>

### Modulært produksjonsverktøy

Et modulært produksjonsverktøy vil være satt sammen av mange ulike moduler som kan byttes ut uavhengig av hverandre og på denne måten oppnå tilpasset utforming. Det er dette prinsippet som i dag benyttes av Unica for å produsere Proff-setet for HandiNor, ved at de har en plugg som det legges til mellomstykker i for å endre setebredden. Det kan godt være mulig å utvide bruken av prinsippet gjennom å ha løse moduler som utgjør geometrien til hofteknutene, sitteknutene eller andre områder av setet. Ved å ha et basisverktøy som det legges til moduler på har man muligheten til å investere mer i dette verktøyet og kan følgelig oppnå enklere bruk, høyere sluttfinish på produktet og forbedret holdbarhet på verktøyet.

+	-
<ul style="list-style-type: none"><li>• Lett å lage nye variasjoner</li><li>• Mange variasjoner ift. verktøy</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kan være tungvint i produksjon</li></ul>

## Justerbart produksjonsverktøy

Et justerbart produksjonsverktøy vil oppnå størrelses- og utformingsendringer gjennom justeringer i motsetning til et modulært verktøy hvor nye moduler legges til eller byttes ut. På denne måten kan andelen manuelt arbeid trolig reduseres og behovet for mange ulike produksjonsverktøy elimineres uten å gi slipp på muligheter for individualisering. Antallet frihetsgrader i justeringen vil bestemme verktøyets kompleksitet og det kan være utfordringer knyttet til å oppnå en rigid struktur på verktøyet dersom det skal inneholde alle behovene for tilpasning. Det kan være naturlig å skille mellom passive og aktive verktøy, hvor førstnevnte justeres manuelt (skruknott, styrehjul eller lignende) og sistnevnte justeres automatisk (elektrisk, hydraulisk eller pneumatisk). Et aktivt verktøy vil begrense kravet til manuelt arbeid til et absolutt minimum, men tillegger ytterligere kompleksitet til konstruksjonen. Det vil også utvide mulighetene for seteutforming da verktøyet kan utformes på en slik måte at det kan trekkes sammen underveis i prosessen, og derfor åpne for bruk av negative slippvinkler og mer kompleks geometri ved forming av både plast og kompositter.

+	-
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kun ett produksjonsverktøy</li><li>• Enkel omstilling</li><li>• Uendelig antall muligheter</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kostbart produksjonsverktøy</li></ul>

## 10.3 Valg av prinsipper for videre konseptutvikling

Gjennom de to foregående delkapitlene ble det presentert flere idéer for individualisering mot utøveren. Disse utgår en idébase for den videre konseptutviklingen, og Tabell 12 viser en forenklet oppsummering over forventet potensiale for hver av dem i forhold til hver enkelt setemål; 1 – lite potensiale men mulig, 2 – lovende potensiale, 3 – svært lovende.

Tabell 12 Vurdering av idéer for individualisering

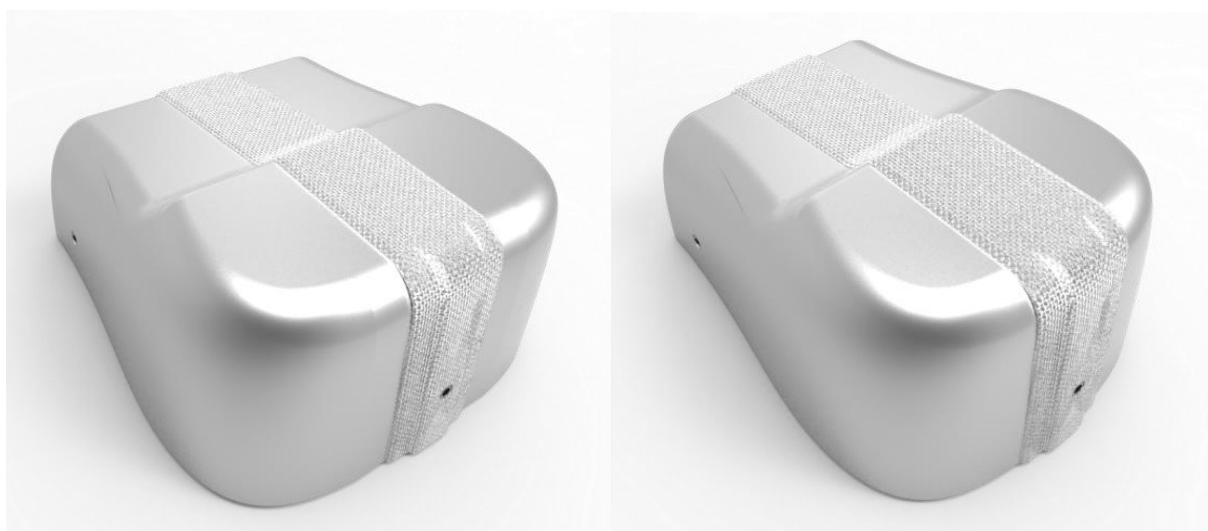
	I produkt				I produksjon		
	Polstring	Kapping	Montering	Forming	Spesiallagd verktøy	Modulært verktøy	Justerbart verktøy
<b>Bakre setebredde</b>	1	-	3	2	3	3	3
<b>Fremre setebredde</b>	1	-	3	-	3	3	3
<b>Setelengde</b>	-	3	1	-	-	-	-
<b>Rygghøyde</b>	-	3	1	-	-	-	-
<b>Fremre setehøyde</b>	-	3	1	-	-	-	-
<b>Vinkel på steg i setebunn</b>	2	1	2	1	3	1	1
<b>Geometri for sitteknuter</b>	2	2	2	2	3	3	3
<b>Geometri for hofteknuter</b>	2	2	2	2	3	2	3

## 10.4 Presentasjon av konsepter

Basert på idéutviklingen, rangeringen av idéer i Tabell 12 og diskusjoner med ansatte hos Unica har det blitt utviklet to helhetlige sete- og produksjonskonsepter. Konseptene presenteres i de følgende avsnittene, med en diskusjon og vurdering av dem i Kapittel 10.5.

### 10.4.1 Konsept 1 - Justerbar plugg til vakuumforming

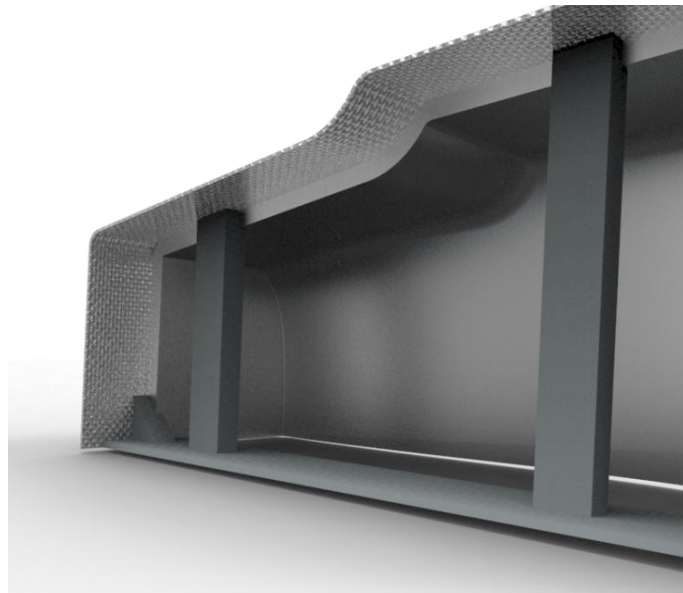
Konsept 1 bygger på et sete produsert av vakuumformet plast. Produksjonsverktøyet er en justerbar plugg tilvirket i aluminium og justerbarheten i pluggen oppnås ved å ha den tredelt; en del for hver side og en midtre, overlappende del. Sidedelene kan justeres inn og ut under midtre del for å endre bredden på pluggen, samtidig som ytterflaten holdes tilnærmet tett. En slik løsning vil produsere seter av samme type og kvalitet som setene V1 og V2, presentert i Kapittel 8, men med mulighet for individuell tilpasning mot utøveren. Det som tilpasses ved justering av pluggen er bakre setebredde og fremre setebredde, i tillegg til å åpne for muligheten for å lage asymmetriske seter, og justeringen kan gjøres trinnløst.



Figur 10-4 Konsept 1 - justerbar plugg som endrer bredde foran og bak

	Anvendt konsept fra idéutviklingen
Bakre setebredde	Justerbart verktøy
Fremre setebredde	Justerbart verktøy
Setelengde	Kapping
Rygghøyde	Kapping
Fremre setehøyde	Kapping
Vinkel på steg i bunnen	<i>Ikke behandlet</i>
Sitteknutegeometri	<i>Ikke behandlet</i>
Hofteknutegeometri	Modulært verktøy

Løsningen fjerner behovet for å demontere pluggen fra underlaget for å endre størrelse og utforming. Det gjennomføres ved å betjene tre utvendige bolter, hvor én justerer setebredden bak (symmetrisk) og én på hver side foran på setet justerer bredden her uavhengig. Gjennom å bruke ABS eller tilsvarende plasttype med tykkelse 6-8 mm kan det tillates åpninger i pluggen opp til 1-3 mm uten at materiale blir dratt gjennom ved vakuumforming. Dette gjør det mulig å vinkle sidedelene på pluggen; selv om de vinkles og det blir små åpninger mot midtre del vil man kunne forme plastsete utenpå.



**Figur 10-5 Skisse av innvendig struktur på justerbar plugg**

### **Fordeler**

Dette konseptet vil produsere seter tilsvarende dagens løsninger, men med svært mye høyere grad av tilpasning til utøveren. Et sete formet av én plastplate og som én komponent reduserer potensielle feilkilder. Videre vil konseptet gi en drastisk reduksjon av manuelt arbeid involvert i omstilling mellom ulike setestørrelser i produksjonen sammenlignet med dagens prosess hos Unica. Utover dette vil seteutformingen og valg av materiale gi god forutsigbarhet med tanke på holdbarhet og stivhet.

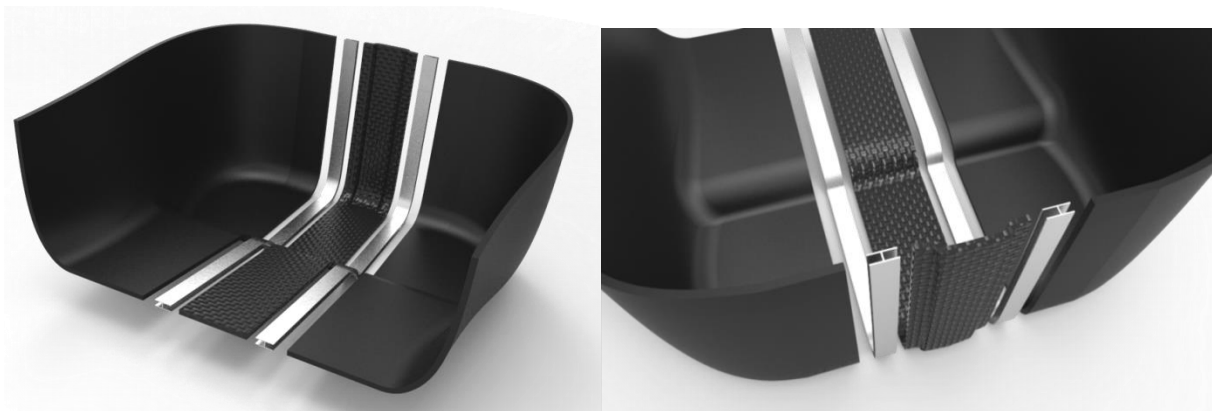
### **Usikkerhetsmomenter**

1. Innvendige justeringsmekanismer i verktøyet må utvikles. Bakre del kan bruke et saksejekkprinsipp, fremre del kan bruke en gjengestangløsning. Det er viktig at det er tilstrekkelig mothold i justeringsmekanismene, slik at pluggen ikke kollapser når det blir satt på innvendig undertrykk i formeprosessen.
2. Støtte av sidedelene av verktøyet under forming. Avklare om det er tilstrekkelig at de går på skinner og kun holdes på plass av justeringsmekanismene.
3. Produksjon av midtre del har behov for ytterligere arbeid.

### 10.4.2 Konsept 2 – Modulært sete

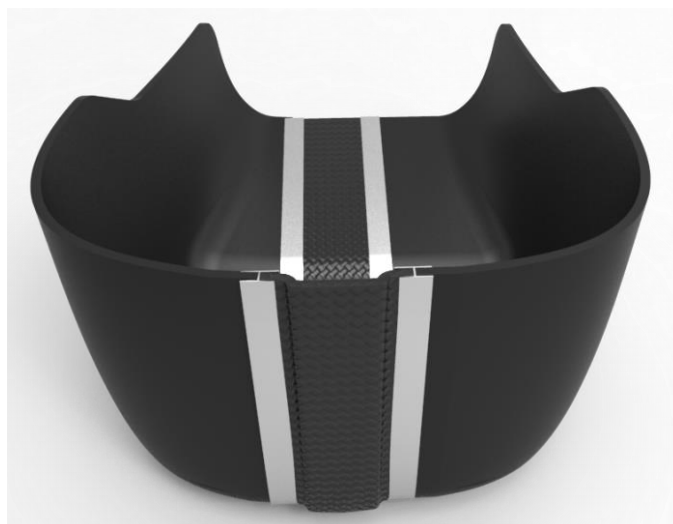
Konsept 2 bygger på et modulært sete bestående av tre moduler; to sidemoduler av vakuumformet plast og en sentermodul av karbonfiberkompositt med kjernemateriale. Individualisering av setet mot hver enkelt utøver oppnås ved kapping av sidene før de monteres sammen med sentermodulen. Kapping av plastmateriale er en løsning ofte brukt i dagens seter, men benyttes her på en ny måte gjennom å brukes for tilpasning av fremre og bakre setebredde i tillegg til fremre setehøyde og ryggghøyde. Figur 10-6 viser setets moduler før kapping, med mål som oppfyller produktkravene for setebredde, i tillegg til monteringslister (vist i blank aluminium for illustrasjon). Ved montering kan det benyttes lime-, nagle- eller bolteforbindelse mellom sidemodulene og monteringslistene, mens det mot sentermodulen forventes å gi best resultater med en limeforbindelse.

Gjennom den modulære konstruksjonen kan de mekaniske egenskapene til hver modul optimaliseres etter behov. Ved å bruke en sentermodul av karbonfiberkompositt med kjernemateriale kan det oppnås svært høy stivhet i bunnen (det området som festes mot understellet) og i ryggstøtten (som kan bedre setets respons til svingebevegelser). Det er ønskelig å beholde noe fleksibilitet i sidene av setet slik at de kan strammes inntil lårene til utøveren og gi en “tight” passform. Sidene av setet er også de områdene som blir utsatt for flest sammenstøt og slag ved kollisjoner, og bruken av et plastmateriale som ABS her gjør det mindre følsomt for skader enn karbonfiber.



Figur 10-6 Konsept 2 - modulært sete

	Anvendt konsept fra idéutviklingen
Bakre setebredde	Montering
Fremre setebredde	Montering
Setelengde	Kapping
Ryggghøyde	Kapping
Fremre setehøyde	Kapping
Vinkel på steg i bunnen	<i>Ikke behandlet</i>
Sitteknutegeometri	<i>Ikke behandlet</i>
Hofteknutegeometri	Modulært verktøy

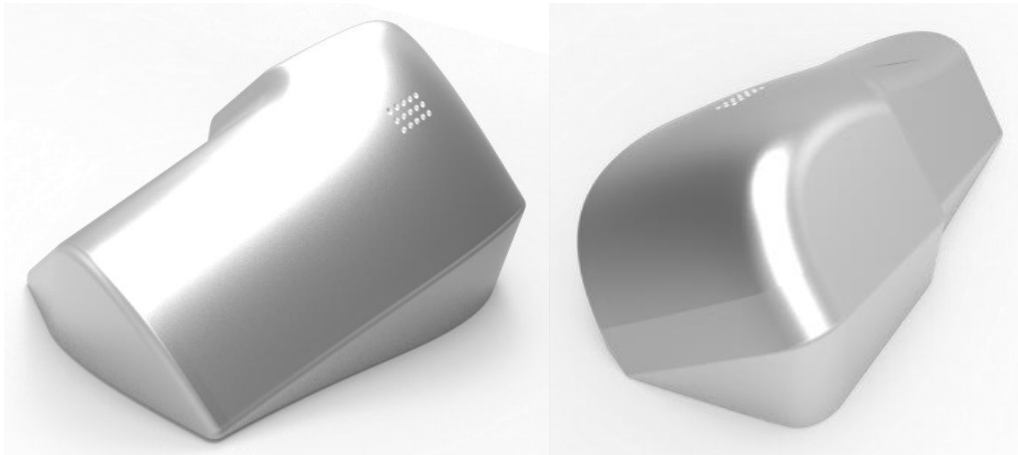


**Figur 10-7** Eksempel på sete tilpasset enkelamputert utøver



**Figur 10-8** Ferdig tilpassede seter illustrert i to størrelser og utforminger

Produksjonsverktøyene for sidemodulene er faste plugger av aluminium med ekstra moduler for implementering av hofteknutegeometri, som vist i Figur 10-9. Vakuumbforming kan gjennomføres i større serier uten å måtte gjøre endringer på verktøyet med unntak av modulen for hofteknutene. For sentermodulen benyttes en formet skumkjerne sammen med karbonfiberstrømpe i prosessen.



**Figur 10-9** Plugger av aluminium for vakuumforming av sidemoduler

Hullene på siden av verktøyet er plassert ved utøvernes målte hofteknuteplassering. Målet er at det skal kunne legges til en lav “kuppel” som plasseres i riktig hull for plassering, og som vil gi et utvidet område i seteskallet akkurat her. Siden hver seteside formes separat vil denne kuppelen kunne ha mye krappere sider før kravet til slippvinkel brytes.

#### **Fordeler**

Dette konseptet bygger inn stivhet der det er behov for det og fleksibilitet i de områdene hvor det er fordelaktig i setet. Formingen av sidemodulene krever ikke et kostbart og komplisert formingsverktøy og produksjonen av disse kan skje i store serier, noe som vil gi en kostnadsreduksjon. Produksjon av sidemodulene kan med enkelhet utføres av dagens underleverandør, Unica, og produksjon av sentermodulen antas å kunne produseres av HandiNor selv da den har mange likhetstrekk med hockeykøllene de produserer av karbonfiberkompositt i dag. Den modulære konstruksjonen fører videre til at hver modul kan videreutvikles hver for seg, for eksempel gjennom å implementere fordypninger for utøverens sitteknuter i sentermodulen.

#### **Usikkerhetsmomenter**

1. Utforming av midtre del: Her er det fremdeles mye potensiale. Det kan for eksempel bygges inn fordypninger hvor utøverens sitteknuter forventes å havne.
2. Fremgangsmåte for tilpasning av rygghøyde og setelengde. Dersom det baseres på kapping må endeflaten av sentermodulen trolig etterbehandles. En løsning kan være å benytte et endedeksel som også kan dekke endene av sammenføyingslistene.
3. Sammenføyingsprinsipp: Konseptet viser en H-list langs hele setets lengde. På figurene er denne vist i aluminium, men det kan også lages av plast – avhengig av valgt sammenføyingsprinsipp.



## 10.5 Evaluering av konseptene

Her presenteres en kortfattet evaluering av de to konseptene opp mot hverandre og mot produktkravspesifikasjonen. Vurderingene som gjennomføres vil ikke gå i detalj, da konseptene ikke er tilstrekkelig detaljerte til dette. Punktene er derfor ment å gi et overblikk over hvordan de ulike konseptene kan forventes å prestere i forhold til hverandre for å kunne gjøre en vurdering på et senere tidspunkt om hvilket av konseptene som bør bearbeides videre.

### Respons PK.1

Dette kravet har ikke blitt verifisert for noen av konseptene. For begge konseptene må dette håndteres gjennom ytterligere detaljering. Konsept 2 virker å ha høyere potensiale for stivhet med bakgrunn i karbonfiberkomposittstrukturen i sentermodulen.

### Grensesnitt PK.2 – PK.4

Begge konseptene er utformet på en slik måte at grensesnittene mot understell, knestøtte og fastspenningsmekanisme er tilstrekkelige. Konsept 1 er mindre følsomt for grensesnittenes plassering enn konsept 2 siden det er basert på et uniformt plastsete. For konsept 2 vil det være viktig at sentermodulen er tilstrekkelig bred til å tilfredsstillere grensesnittkravene mot understellet.

### Produksjon PK.5 – PK.8

Kravet som omhandler produksjonsverktøyets kostnad har ikke blitt verifisert, men på bakgrunn av verktøyenes nødvendige kompleksitet forventes konsept 1 å prestere dårligere her (høyere kostnad). De resterende kravene til produksjonen (materiale, overflateruhet og omstilling uten å måtte skru løs plugg) oppfylles av begge konseptene.

### Regelverk RK.1 – RK.2

Individualiserte seter vil ha redusert behov for innvendig polstring, hvilket medfører at kravet om maksimal tykkelse på innvendig polstring på 5 cm forventes å håndteres uten problemer. Kravet som omhandler materiale i setet kan også oppfylles av begge konseptene, men konsept 2 vil ha større utfordringer enn konsept 1 på grunn av mulige skarpe kanter mellom de ulike modulene.

### Design PK.9

Begge konseptene tillater bruk av klistremerke med spillernummer, som her er minstekravet. Ytterligere tilpasset dekor virker det å være størst mulighet for å inkorporere i konsept 2, på grunn av produksjonsverktøyets vinkel mot underlaget. Her kan det for eksempel lages spillernummer som nye moduler som monteres på verktøyet som former setesidene, for å gi et avtrykk i plastmaterialet på dette området.

### Vekt PK.10

Det har ikke blitt verifisert om setene fra konseptene vil ha egenvekt under 1970 gram, men det forventes at de vil havne mellom 1500 – 1970 gram.

### **Tilpasning PK.11 – PK.18**

Både konsept 1 og konsept 2 gir muligheter for trinnløs tilpasning av bakre og fremre setebredde innen de intervallene gitt av produktkravene, og oppfyller med dette to viktige individualiseringsbehov. Videre baserer begge konseptene seg på kapping av setet for å tilpasse setelengde, rygg høyde og fremre setehøyde og oppfyller også her produktkravene. Vinkel på fremre del av setebunn er ikke oppfylt av noen av dem, så det bør utforskes videre hvordan dette kan løses. Som nevnt i Kapittel 10.1 kan det eksempelvis håndteres ved å lage ferdige sett med polstringsmateriale – en løsning som vil kunne fungere både for konsept 1 og konsept 2. Innvendig setegeometri som utnytter utøverens sitteknuter har (i mangel på tid) ikke blitt inkorporert i noen av konseptene. For konsept 1 kan det by på utfordringer siden produksjonsverktøyet er justerbart i bredden, mens det for konsept 2 kan bygges inn en slik geometri i sentermodulen uten av det går ut over produksjonen. Innvendig setegeometri som utnytter utøverens hofteknuter ble kun nevnt kort under konsept 2, hvor moduler som plasseres på verktøyet kan gi utbuling av seteskallet i dette området. Disse modulene kan lages i flere utforminger (ulike diametere og tykkelser) for å tilpasses hver enkelt utøver men krever ytterligere arbeid før det kan anses som en ferdig løsning.

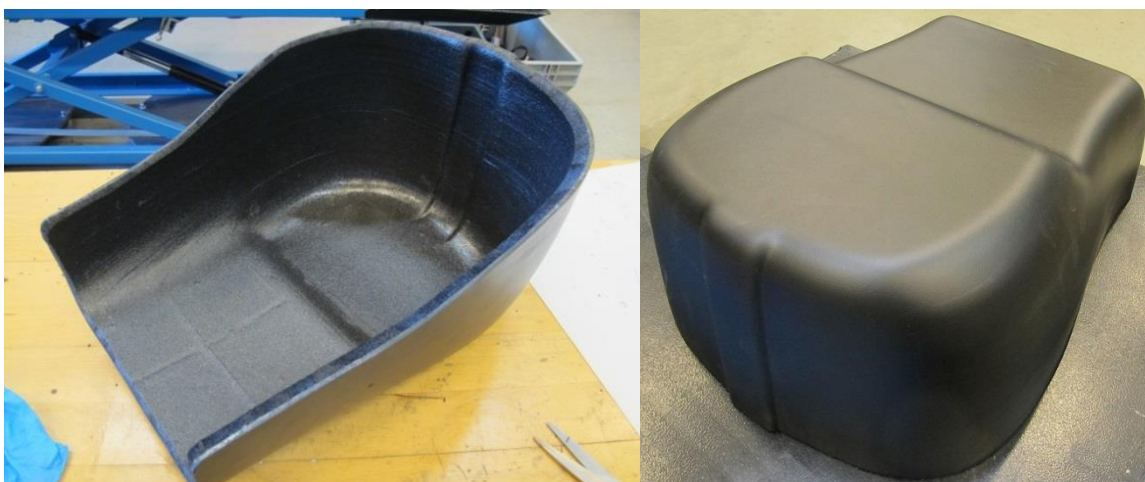
### **Oppsummering**

Det krever ytterligere detaljering av konseptene før de kan vurderes opp mot produktkravspesifikasjonen på en god måte. Begge konseptene viser klare løsninger for flere av behovene for individualisering på samme tid som produksjonen kan forenkles. Hovedforskjellene kan oppsummeres som at konsept 1 krever et dyrere og mer komplekst formingsverktøy men gir en drastisk reduksjon av det manuelle arbeidet involvert i individualiseringen, mens konsept 2 benytter enkle formingsverktøy og forenkler formingsprosessen men tilfører mer manuell arbeid ved monteringen og tilfører et usikkerhetsmoment rundt sammenføyingen av setet.

## 11 Presentasjon og evaluering av resultater

### Seter til Sochi 2014

Setene V1 og V2 som ble produsert underveis i arbeidet var basert på den opparbeidede kunnskapen frem til det punktet og viste gode prestasjoner til tross for lav individualisering av seteskallet mot utøverne. Den generelle utformingen av setene kombinert med bruken av ABS-plast med høyere stivhet enn den tidligere brukte HDPE-plasten bidro til å gi de norske utøverne seter med god svingerespons. Som et resultat av at setene kun ble laget i to versjoner måtte det brukes mye tid på tilpassing av polstringsmateriale til flere av utøverne.



Figur 11-1 Seter til Sochi - V1 og V2

I Paralympics i Sochi 2014 ble våre kjelker benyttet av til sammen 15 av landslagets 16 spillere, hvor hoveddelen av disse hadde enten sete V1 eller V2. Basert på tilbakemeldinger fra utøvere og materialforvalter har det ikke oppstått betydelige problemer, verken med setene eller resten av kjelkene. Det var ett tilfelle hvor fremre del av et sete fikk begrenset sprekkdannelse etter et hardt sammenstøt, men skaden virker ikke å ha utviklet seg videre.



Figur 11-2 Det norske landslaget med nyutviklede kjelker i Sochi 2014

## Måleverktøyene

Måleverktøyene ble utviklet spesielt for formålet, da det var ønskelig med spesifikke mål av utøverne som det ikke fantes muligheter for å innhente på andre måter. Måleverktøyene vil kunne åpne nye muligheter for leverandøren og kan benyttes på flere måter. I Norge kan de leveres ut til Hjelpemiddelsentralens ulike lokasjoner, og på denne måten gjøre det mulig å måle opp funksjonsnedsatte som ønsker å begynne med kjelkehockey slik at de får et tilpasset sete uten å måtte møte leverandøren. Salgsagentene til leverandøren kan ha med seg måleutstyret når de er ute på messer og arrangementer, noe som gjør dem i stand til å ta direkte mål av potensielle kunder og muligens sikre flere salg. Ett steg videre kan være å sende komplette sett måleverktøy til andre nasjoners landslag – noe som kan bygge troverdighet rundt leverandøren og kunne bidra til ytterligere økning i salget.

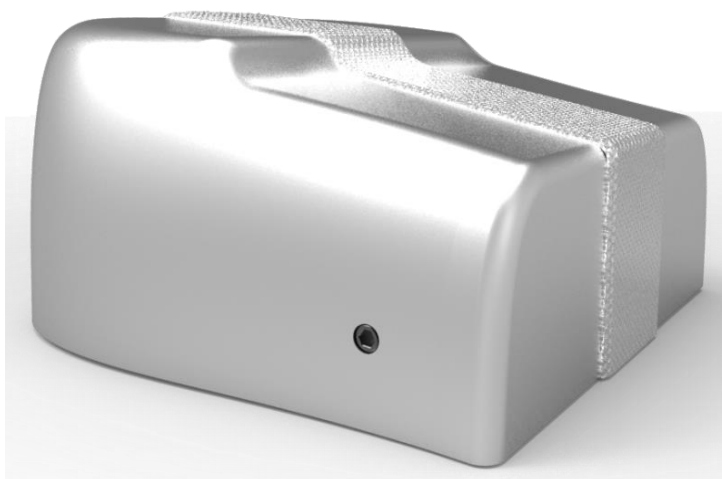


**Figur 11-3 Spesialiserte måleverktøy gir nye muligheter**

Utover de fremtidige mulighetene innen kjelkehockey kan måleverktøyene også benyttes for andre paralympiske idretter. I mars 2014 ble verktøyene utlånt for oppmåling av en norsk paralympisk atlet som hadde behov for et tilpasset sete for roing frem mot Paralympics i Rio i 2016, og resultatene fra oppmålingen vil være med å danne grunnlaget for å utvikle dette.

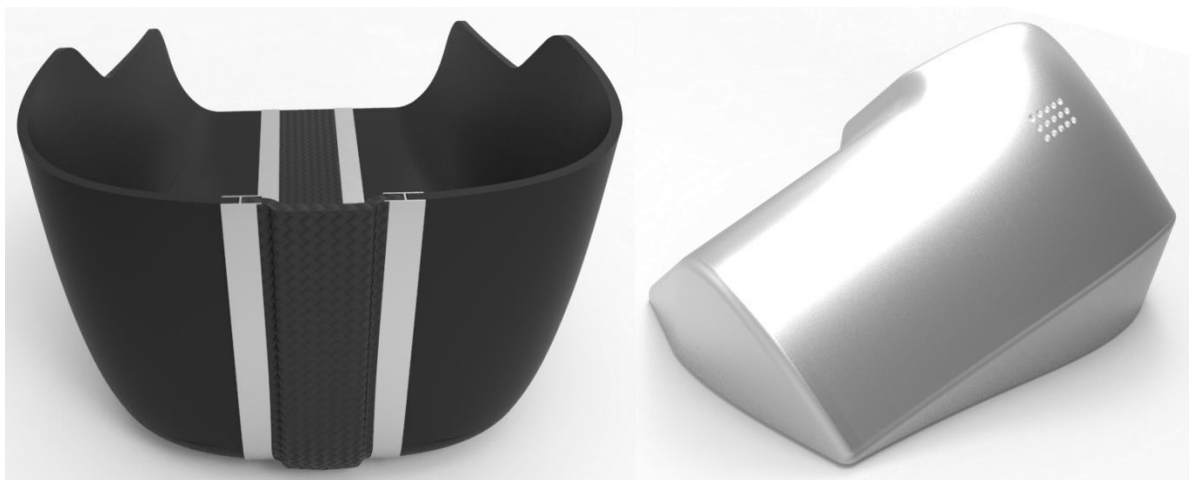
## Konsepter for fremtidige seter og produksjonsverktøy

Det har blitt lagt frem to ulike konsepter som gir muligheten for småskalaproduksjon av individuelt tilpassede seter. Konsept 1 oppnår individualiseringen gjennom bruk av et justerbart produksjonsverktøy for vakuumforming. Dette reduserer behovet for manuelle operasjoner ved omstilling mellom ulike setestørrelser, samtidig som det gir betydelig økt grad av tilpasning til hver utøver. Den innvendige justeringsmekanismen har ikke blitt utviklet så dette må gjennomføres før det kan implementeres i produksjonen. Det vil videre gi seter med tilnærmet like egenskaper som setene V1 og V2, men med de klare forbedringene som følger med tilpasning til hver enkelt utøver.



**Figur 11-4 Produksjonsverktøy for Konsept 1**

Konsept 2 er en modulær setekonstruksjon bygget opp av standardmoduler som gir individualisering mot utøveren gjennom kapping. Konseptet har enda lavere behov for manuelle operasjoner i formingsprosessen enn Konsept 1 og krever et mindre avansert produksjonsverktøy, men kapping og montering vil kreve en økt grad av manuelt arbeid i andre deler av produksjonen. Ved å sette sammen setet av slike moduler vil de mekaniske egenskapene til hver enkelt del av setet kunne optimaliseres, med høy stivhet og styrke i noen områder og fleksibilitet i andre områder etter hva som anses som ønskelig.



**Figur 11-5 Sete og produksjonsverktøy fra Konsept 2**

Ingen av konseptene tilfredsstillte alle produktkravene for individualisering, da det ikke ble tid til å behandle vinkel på fremre setebunn og implementering av sitteknutegeometri i tilstrekkelig grad. Begge konseptene representerer likevel et helt nytt nivå av individualisering av setet mot utøveren og forventes å kunne bidra til en økning av landslagets prestasjoner i fremtiden, i tillegg til å styrke kjelkeprodusentens posisjon i både det nasjonale og internasjonale markedet.

## 12 Evaluering av metodikk

---

Arbeidet med masteroppgaven har hovedsakelig vært basert på IPM-modellen, hvor prosessen deles opp i fem faser. Denne modellen har blitt brukt på flere prosjekter tidligere i studietiden og har vist seg å være fleksibel på samme tid som den hjelper med hvordan arbeidet bør struktureres og hvilke steg som bør gjennomføres underveis.

Gjennom hele prosessen har det vært et tett samarbeid med Anders Seim og Peder Kjærnli, som hovedsakelig har vært basert i Oslo. Det har derfor blitt flere Oslo-turer, både for å bidra med hjelp til produksjon av kjelker til landslagsutøvere i forkant av Sochi 2014, for å diskutere muligheter rundt det videre arbeidet med masteroppgaven og for å møte utøvere og opprettholde den viktige kontakten med landslaget. I sammenheng med Oslo-turene ble det også flere besøk ved landslagets treninger i Jordal Ishall.

I ettertid har det blitt klart at det var litt uklare rammer rundt prosjektet, noe som trolig er farget av usikkerheten rundt hvordan kjelkene skal produseres videre og dermed også hvem som ønsker å involvere seg i prosjektet. I startfasen av arbeidet burde det blitt lagt mer arbeid i å klargjøre rammebetingelsene for gjøre det mulig å oppnå en mer effektiv og fokusert jobbing. Det hadde vært veldig spennende og lærerikt å få slutført de to konseptene og fått ett av dem produsert og testet, men det ble det ikke tid til.

PU-journalen har blitt brukt for å notere og strukturere tanker og ideer underveis og har vist seg å være et nyttig hjelpemiddel for prosessen. Deler av PU-journalen ble tatt med ved besøk hos Unica for å vise hvilke tanker som var gjort rundt produksjonen og lettere kunne diskutere spesifikke løsninger på en enkel og effektiv måte. Mot slutten av prosjektets arbeid ble stadig mer arbeid utført direkte på datamaskinen uten å skisseres i PU-journalen først. I denne fasen kunne journalen med hell blitt brukt mer aktivt. Som en støtte til PU-journalen har det gjennom hele prosjektet blitt ført en kortfattet, notatbasert logg i et tekstdokument. Her har det blitt det skrevet korte referater umiddelbart etter telefonsamtaler og møter med prosjektets interessenter eller andre parter. Det har vist seg å være nyttig å få dette skrevet ned underveis, for senere å kunne gå tilbake og verifisere og tidfeste informasjonen, samt knytte det opp til hvilken situasjon den kommer fra. Denne loggen har blitt brukt til å notere tanker og erfaringer som ble tilegnet gjennom prosjektet og har vært en svært god hjelp til å få oversikt over hele prosessen i etterkant.

Modellering i NX underveis i prosjektet har vært svært nyttig. CAD-modellene av pluggene til å produsere setene V1 og V2 ble aktivt brukt for oppmåling, sammenligning med utøvernes mål og diskusjon rundt opplevd passform. Modelleringen har også hatt god nytteeffekt for å visualisere arbeidet som ble gjort, blant annet ved besøk hos HandiNor, Unica og ved istrening med landslaget i Oslo. Gjennom hele arbeidet har NX-modeller og håndskisser blitt brukt om hverandre, alt etter hva som løste utfordringen på best måte.

Underveis i arbeidet med masteroppgaven har fremdriften blitt presentert både i Olympiatoppen Midt-Norges Teknologiforum og i et møte med Senter for Idrettsanlegg og Teknologi ved NTNU. Disse møtene har resultert i gode tilbakemeldinger underveis og vært verdifulle diskusjonsforum for hva som skulle fokuseres på videre i arbeidet, hvilke muligheter som burde undersøkes videre og hvordan det kunne gjennomføres. Det å presentere status på arbeidet gjennom prosessen har også bidratt til å gi en bedre oversikt over fremgang for egen del. Forankringen av masteroppgaven anses som tilstrekkelig, til tross for noe uklare rammer, men kunne med fordel vært enda bedre.



## 13 Videre arbeid

---

Det anbefales å gjennomføre en oppmåling av et større antall utøvere for å avdekke og bekrefte sammenhenger mellom mål. Et større datasett vil øke muligheten for å redusere antall nødvendige måleparametere og forenkle målingene i tillegg til å gi et bedre grunnlag for å tilpasse intervallene som forventes å måtte oppfylles.

Videre testing av sitteknute- og hofteknutegeometri bygget inn i setet. I mangel av tid ble dette ikke håndtert tilstrekkelig gjennom denne masteroppgaven, og det forventes å være spennende muligheter for ytterligere forbedringer av setet på disse punktene.

Undersøke effekten av vinkel på fremre setebunn og hvor følsom denne er i forhold til utøvernes beinlengde, sitte høyde og ønskede knevinkel. Videre testing her kunne vært å lage flere seter i samme størrelse men med ulik vinkel i fremre setebunn og gjennomføre tester med utøvere. Setene V1 og V2 hadde ulik vinkel, men grunnet andre forskjeller i størrelse og utforming kunne de ikke sammenlignes av utøverne.

Konsept 1 må ferdigstilles med innvendige justeringsmekanismer. Etter diskusjoner med ansatte hos Unica virket det å være mulig med et saksejekkprinsipp for justering av bakre setebredde og en gjengestagløsning for justering av bakre setebredde. Det må også avklares om sidedelene av pluggen trenger føringer eller skinnemekanismer for å gi kontrollerte bevegelser ved justering.

Det gjenstår å finne en endelig sammenføyingsmetode for bruk på konsept 2 og verifisere holdbarheten ved en slik sammenføyning. Det er foreslått enten lim eller nagler, men dette er ikke utprøvd.

## 14 Konklusjon

---

I denne masteroppgaven har individualisering av setet mot utøveren vært i fokus og det har blitt lagt mye arbeid i å kartlegge behovene som finnes. Gjennom å utvikle spesialiserte måleverktøy og gjennomføre målinger av landslagsutøvere har det vært mulig å samle inn et datasett av utøvernes anatomi og på den måten gjøre valg med solid begrunnelse. Målingene har gitt betydelig mer detaljert kunnskap om utøverne enn det som har vært tilfelle noen gang tidligere. Måleverktøyene som ble utviklet underveis i arbeidet kan også åpne nye muligheter, både for hockeykjelkeleverandøren og andre som skal utvikle utstyr for funksjonshemmede.

Med bakgrunn i innsamlede data har det blitt utviklet to helhetlige sete- og produksjonskonsepter tilpasset en fleksibel småskalaproduksjon som begge gjør nytte av et nytt nivå av detaljkunnskap om utøverne. Detaljeringen av konseptene har ikke blitt tatt til det nivået som var målet ved starten av prosjektet, da andre deler av arbeidet var mer tidkrevende enn først anslått.

Et av målene med prosjektet var å styrke det norske landslagets medaljesjanser i Sochi. Underveis i arbeidet har derfor 15 av 16 utøvere på det norske landslaget fått seter som presterer svært godt, til tross for at de ikke er individuelt optimalisert enda. I Paralympics i Sochi 2014 endte det norske laget på en fjerdeplass etter en tøff kamp mot Canada, men de spilte flere gode kamper gjennom arrangementet og tilbakemeldingene rundt utstyret har vært utelukkende positive. Det har vært en stor satsning på kjelkehockey hos andre nasjoner og det er en stadig hardere kamp om medaljene, men med nye kjelker kan forhåpentligvis Norge hevde seg her også i fremtiden.

Ved å legge noe mer arbeid i konseptene og klargjøre dem for produksjon kan kjelkeleverandøren styrke sin posisjon i markedet betydelig da det ikke finnes tilsvarende individuelt tilpassede seter på markedet i dag. Dermed kan utøverne få tilgang til seter som er optimalisert til hver enkelt i mye større grad enn før.

På bakgrunn av de overnevnte grunner anses prosjektet som vellykket.

## 15 Referanser

---

### Referanseliste

- Arbeids- og sosialdepartementet (2013) *Flere funksjonshemmede får mulighet til å være aktive*. Pressemelding 08.11.2013 (4) Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/asd/pressepenter/pressemeldinger/2013/flere-funksjonshemmede-far-mulighet-til-.html?id=745149>
- Body Geometry Saddles* (2013) Tilgjengelig fra: <http://www.specialized.com/specs/spec.jsp?speccode=bodygeometrysaddles> (Hentet 18. januar 2014)
- Branes, Jo Espen (2014) *Produksjonsprosess og muligheter for alternative setekonstruksjoner* (Samtale, AS Unica, Oppaker, 21. februar 2013)
- Dysmeli* (2011) Tilgjengelig fra: <http://www.sunnaas.no/omoss/avdelinger/trs/diagnoser/dysmeli/Sider/dysmeli.aspx> (Hentet 15. mars 2014)
- Dysmeli – Medisinsk beskrivelse* (2011) Tilgjengelig fra: <http://www.sunnaas.no/omoss/avdelinger/trs/diagnoser/dysmeli/Sider/medisinsk-beskrivelse.aspx> (Hentet 15. mars 2014)
- Egenskapsdata Termoplast* (2008) Tilgjengelig fra: [http://astrup.no/content/download/3517/9514/version/2/file/22\\_Egenskapsdata+Termoplast.pdf](http://astrup.no/content/download/3517/9514/version/2/file/22_Egenskapsdata+Termoplast.pdf) (Hentet 13. april 2014)
- Ergoseat: Formstøpte seter* (2014) Tilgjengelig fra: [http://www.ergoseat.no/?page\\_id=133](http://www.ergoseat.no/?page_id=133) (Hentet 21. januar 2014)
- Giangregorio, L. og McCartney, N. (2006) 'Bone Loss and Muscle Atrophy in Spinal Cord Injury: Epidemiology, Fracture Prediction, and Rehabilitation Strategies', *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 29(5), s. 489-500.
- 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.
- Hoel, Y.S. (2014) *Slik blir Paralympics på NRK: - Skal gi publikum tidenes dekning*. Tilgjengelig fra: <http://www.nrk.no/sport/1.11570343> (Hentet 09. april 2014)
- Ice sledge hockey* (2013) Tilgjengelig fra: <http://www.paralympic.org/sport/ice-sledge-hockey> (Hentet 01. desember 2013)
- Ice Sledge Hockey: Athletes in Sochi* (2014) Tilgjengelig fra <http://www.sochi2014.com/en/paralympic/ice-sledge-hockey-athletes> (Hentet 07. april 2014)
- IPC (2011) *Ice Sledge Hockey Rules 2011-2014*. s30-31. Tilgjengelig fra: [http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/121218104700616\\_2012\\_12\\_17\\_2012-2013%2BIPC%2BSledge%2BHockey%2BRule%2BBook%2B-%2BFinal%2BCopy%2Bwithout%2Bcovers\\_updated\\_1.pdf](http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/121218104700616_2012_12_17_2012-2013%2BIPC%2BSledge%2BHockey%2BRule%2BBook%2B-%2BFinal%2BCopy%2Bwithout%2Bcovers_updated_1.pdf) (Hentet 21. desember 2013)

- IPC (2013) *Ice Sledge Hockey Strategic Plan: A plan of IPC Ice Sledge Hockey for the period 2013-2018*. Tilgjengelig fra: [http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/131122140136847\\_WEB\\_IPC\\_13\\_SP\\_ISH.pdf](http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/131122140136847_WEB_IPC_13_SP_ISH.pdf) (Hentet 01. desember 2013)
- IPC (2014) *About the sport*. Tilgjengelig fra: <http://www.paralympic.org/ice-sledge-hockey/about> (Hentet: 10.april 2014)
- Kraby, A., Eriksen, G. M., Halvorsen, A., Bjerke, L., Sæter, T. F., Simic, J., Haugland, H., et al. (2013) *ABC om trykksår for deg med ryggmargsskade*, Rev. 00, Oslo: Landsforeningen for Ryggmargsskadde.
- 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*, 42, s. 141-149.
- NASA man-systems integration standards. Volume I, Section 3, ANTHROPOMETRY AND BIOMECHANICS. Tilgjengelig fra: <http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm> (Hentet: 12.04.2012)
- NHI: *Spina Bifida hos barn* (2014) Tilgjengelig fra: <http://nhi.no/foreldre-og-barn/barn/sykdommer/spina-bifida-hos-barn-2857.html?page=all> (Hentet 15. mars 2014)
- Norges Ishockeyforbund: *Om kjelkehockey* (2014) Tilgjengelig fra: <http://www.hockey.no/bredde/kjelkehockey/Sider/Om-Kjelkehockey.aspx> (Hentet 08. april 2014)
- SledgehockeyNorway (2010a) *#16 Knut A Nordstoga*. Tilgjengelig fra: [https://www.youtube.com/watch?v=OCryZr\\_36Y](https://www.youtube.com/watch?v=OCryZr_36Y) (Hentet 18. februar 2014)
- SledgehockeyNorway (2010b) *#9 Morten Værnes*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=6zXalabqKMI> (Hentet 18. februar 2014)
- Svee, Stig Tore (2012). *Introduksjon til kjelkehockey*. (Samtale, NTNU, Trondheim, 24. januar 2012)
- Svee, Stig Tore (2012b). *Informasjon om kjelkehockey*. (Samtale, NTNU, Trondheim, 19. desember 2012)
- Unica: *Om oss* (2014) Tilgjengelig fra: [http://unica.no/om\\_oss/](http://unica.no/om_oss/) (Hentet 21.januar 2014)
- Worden-Rogers, Cliff (2012). *Effect of sledge hockey configuration on sledge hockey performance*. Masteroppgave. The University of Western Ontario, Ontario, Canada.
- Øderud, T.A. (2013) *26-årsgrensen fjernes!* Tilgjengelig fra: [http://www.idrett.no/nyheter/Sider/26-arsgrensen\\_fjernes.aspx](http://www.idrett.no/nyheter/Sider/26-arsgrensen_fjernes.aspx) (Hentet 04. mars 2014)

## Figurliste

Bikecyclingreviews.com. BodyGeometry Saddle Fit System. Tilgjengelig fra:

[http://www.bikecyclingreviews.com/images/1/saddletech06\\_4.gif](http://www.bikecyclingreviews.com/images/1/saddletech06_4.gif)

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

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

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Sled\\_hockey\\_sticks.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Sled_hockey_sticks.jpg)

Commons.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](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/Loyd_Remi_Johansen,_VM_Ostrava_2009.JPG/640px-Loyd_Remi_Johansen,_VM_Ostrava_2009.JPG)

Commons.wikimedia.org. Spina Bifida. Tilgjengelig fra:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Spina-bifida.jpg>

Facebook.com/icesledgehockey. Hockeykjelke fra 60-tallet. Tilgjengelig fra:

[https://fbcdn-sphotos-d-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash4/p480x480/419324\\_351538291553428\\_596210634\\_n.jpg](https://fbcdn-sphotos-d-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash4/p480x480/419324_351538291553428_596210634_n.jpg)

Facebook.com/icesledgehockey. Kjelkene som ble brukt i Lillehammer '94. Tilgjengelig fra:

[https://fbcdn-sphotos-f-a.akamaihd.net/hphotos-ak-frc3/t1/417732\\_351470621560195\\_1699608289\\_n.jpg](https://fbcdn-sphotos-f-a.akamaihd.net/hphotos-ak-frc3/t1/417732_351470621560195_1699608289_n.jpg)

Handinor.no/proff. Utgangspunktet for det overordnede utstyrsprosjektet. Tilgjengelig fra:

[http://handinor.no/images/produkter/hovedbilder/pc\\_hockeykjelke\\_proff.jpg](http://handinor.no/images/produkter/hovedbilder/pc_hockeykjelke_proff.jpg)

Markgouldlaw.com. Spinalskade. Tilgjengelig fra:

[http://www.markgouldlaw.com/images/spinal\\_cord\\_injury.jpg](http://www.markgouldlaw.com/images/spinal_cord_injury.jpg)

Mobilitysports.com/extras. Ekstrautstyr fra Mobility Sports. Tilgjengelig fra:

<http://www.mobilitysports.com/#!/~/category/id=1487763&offset=0&sort=addedTimeDesc>

Noelkingsley.com. Sitteknuter. Tilgjengelig fra:

[http://www.noelkingsley.com/blog/ischial%20tuberosities.bmp,http://www.noelkingsley.com/blog/archives/2007/06/sitting\\_a\\_pain.html](http://www.noelkingsley.com/blog/ischial%20tuberosities.bmp,http://www.noelkingsley.com/blog/archives/2007/06/sitting_a_pain.html)

Ntnu.no/toppidrettsforskning. Front-side kollisjon. Tilgjengelig fra:

<http://www.ntnu.no/documents/48366/0/Stig%2BTore%2BSvee%2B2010%2BParalympic%2BGames%2BDay%2B5%2BZsXcmeYqckel/9df04888-d1d9-433b-b399-e76068c0493c?t=1331597493903>

Sports-injury-info.com. Greater Trochanter. Tilgjengelig fra: <http://www.sports-injury-info.com/image-files/greater-trochanter.jpg>

Tyleringram.com. Håndtering av puck. Tilgjengelig fra:

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

Ungerboeck.com. One size does not fit all. Tilgjengelig fra:

<http://ungerboeck.com/images/default-source/Blogs/event-crm-why-one-size-does-not-fit-all.jpg>

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

[http://www.uniqueinventionsinc.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17&Itemid=23](http://www.uniqueinventionsinc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=23)

Uniqueinventions.com/extras. Ekstrautstyr fra Unique. Tilgjengelig fra:

[http://www.uniqueinventionsinc.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9&Itemid=20](http://www.uniqueinventionsinc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=20)

Uniqueinventions.com/measurment. Måling av hoftebredde. Tilgjengelig fra:

<http://www.uniqueinventionsinc.com/images/measurement%20925p.jpg>

## 16 Vedlegg

---

NORGES TEKNISK-  
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR PRODUKTUTVIKLING  
OG MATERIALER

### MASTEROPPGAVE HØST 2013 FOR STUD.TECHN. TOLLAK ÅLGÅRD

#### SETE TIL ISHOCKEYKJELKE Ice Hockey Sledge Seat

Oppgaven er en del av et større prosjekt i regi av Olympiatoppen med formål å øke prestasjonen til det norske kjelkehockeylandslaget frem mot OL i Sochi 2014. Utstyret har stort forbedringspotensial og optimalisering av kjelken vil kunne bidra til bedre prestasjoner. Setet er et viktig element i forbindelse mellom spilleren og isen, slik at det oppleves raskere respons ved sving, stopp og akselerasjon. Her er det stor variasjon i behovene mellom de enkelte utøvere på bakgrunn av deres funksjonsnedsettelse.

Hovedfokuset i denne oppgaven er videreutvikling av et sete og en tilhørende produksjonsprosess som gir mulighet til en kostnadseffektiv småskalaproduksjon av individuelt tilpassede seter.

Så langt det lar seg gjøre uten at det går ut over hovedfokus så skal forbedringer og nye løsninger for innfesting av spilleren, selve setet og forbindelsen til understell implementeres.

Oppgaven gjennomføres i tett samarbeid med det norske landslaget og viderefører arbeidet utført i EiT og i prosjekt og masteroppgaver gjennom 2012/13 ved NTNU.

Oppgaven omfatter følgende punkter:

1. Kort analyse og beskrivelse av produkt, teknologi og marked
2. Analyse og presentasjon av behovene for individualisering
3. Utredning og eventuelt utvikling av et system for parametrisering
4. Utvikling og presentasjon av nødvendige spesifikasjoner
5. Utvikling av alternative helhetlige sete, verktøy og produksjonskonsepter
6. Presentasjon og evaluering av konseptene
7. Videre detaljering av det valgte konseptet
8. Bygging og test av nødvendig antall seter
9. Evaluering og presentasjon av resultatene
10. Evaluering av valgt metodikk

Oppgaven skal aktiv ta i bruk PU - journal.



Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst, og redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelse legges det stor vekt på at resultater er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

Senest 3 uker etter oppgavestart skal et A3 ark som illustrerer arbeidet leveres inn. En mal for dette arket finnes på instituttets hjemmeside under menyen masteroppgave (<http://www.ntnu.no/ipm/masteroppgave>). Arket skal også oppdateres en uke før innlevering av masteroppgaven.

Besvarelsen skal leveres i elektronisk format via DAIM, NTNUs system for Digital arkivering og innlevering av masteroppgaver.

Kontaktpersoner:

Øyvind Sandbakk; Olympiatoppen  
Peder Kjærnli, Anders Seim; NTNU / SIAT



Roy Johnsen  
Instituttleder



Detlef Blankenburg  
Faglærer



NTNU  
Norges teknisk-  
naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produktutvikling  
og materialer