



# Integrasjon og styring av varmekilde i bordplate og realisering av induksjonskonseptet INDT

av  
Nan Iren Revheim Erdal



Mastergradsarbeid ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet  
Institutt for matematiske realfag og teknologi  
Våren 2015

## FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet ved *Norges miljø- og biovitenskapelige universitet* som et avsluttende arbeid på mitt studie innen *maskin og produktutvikling*. Prosjektet er utført ved *Institutt for matematiske realfag og teknologi*. Jeg har gjennom studieløpet fått en økt forståelse for hvordan kreativitet og idéskapning kan kombineres med metodikk og faglig kompetanse for å oppnå resultater. Motivasjonen for oppgaven har vært muligheten til å gjøre dette selv gjennom et eget utviklingsprosjekt. Inspirasjonen bak prosjektet er en produktidé som oppstod allerede første studieår, som jeg har arbeidet med både gjennom skole og privat. Ønsket om å videreutvikle produktet og ta det gjennom en realiseringsfase har vært drivkraften for oppgaven.

Det å levere oppgaven symboliserer for meg slutten på en spennende studietid og starten på et nytt kapittel. Jeg har vært igjennom en omfattende og lærerik prosess, arbeidet har vært alt fra spennende og utfordrende, til frustrerende og anstrengende. Opp- og nedturen gjennom prosessen har bidratt til en selvutvikling og innsikt som jeg ønsker å ta med videre inn i arbeidslivet.

Gjennom realiseringsprosessen har jeg møtt på utfordringer som har krevd involvering av eksterne parter. I denne sammenheng vil jeg takke disse for god innsatsvilje, godt samarbeid og motiverende samtaler. Jeg vil rette en spesiell takk til senioringeniør Tom Ringstad som har bidratt til å få på plass nødvendig elektronikk og teknologi. Jeg vil også rette en stor takk til de ansatte på IMT-verkstedet, med en spesiell takk til senioringeniør Bjørn Brenna og avdelingsingeniør Gunnar Torp som i stor grad har bidratt til bearbeiding av produktet. For økonomisk støtte til verkstedarbeid og innkjøp vil jeg takke seksjon for *Maskin, Prosess og Produktutvikling* ved førsteamanuensis Johan Andersen, IMT. For god veiledning gjennom masterarbeidet vil jeg rette en spesiell takk til min veileder, førsteamanuensis Jan Kåre Bøe, som har stilt opp med gode råd og kompetanse gjennom hele utviklingsprosessen. Til slutt vil jeg takke min far som har bidratt med elektrokompetanse og gode råd underveis, samt medelev Øystein Olesen som har bidratt til sammensetting av prototype.

---

1432 Ås, 15 Mai 2015

## SAMMENDRAG

Møbelindustri har lenge vært en godt etablert næring i Norge, med både norske og utenlandske markeder. De siste årene har eksterne faktorer bidratt til at industrien har opplevd motgang, en av disse er utenlandske aktører som utgjør en trussel på det norske markedet. Produsenter må se på muligheter for innovasjon på hjemmebane for å konkurrere sterkere i et marked med mange muligheter.

Prosjektet som arbeides med i denne masteroppgaven startet i 2010 i forbindelse med fag på universitetet. Det har siden da vært gjennom flere design- og utviklingsprosesser. Per i dag drives prosjektet fremover i form av dette utviklingsarbeidet, samt av bedriften *TechFurn* viss mål er å få produktet lanseringsklart på det norske markedet.

Videre utvikling av produktet INDT, som kombinerer det tradisjonelle spisebordet med en innovativ varmekilde for å tilby forbruker mulighet til å holde mat varm over tid gjennom måltidet, står sentralt i rapporten. Målet med arbeidet er å utrede, kartlegge og analysere teknologien som kreves for en optimal løsning av bordplaten i spisebordkonseptet INDT, samt å utvikle tilrådinger og forslag til realisering av produktet og eventuelt prøvekonsept.

Gjennom tidligere arbeid med konseptet har potensielle brukermasser og kundegrupper blitt utredet, samt er det utviklet forretningsplan for å nå disse. Det har også vært stort fokus på å utvikle funksjonelle og originale design, som estetisk fremhever produktet som stilrent og elegant. Funksjonsomfang er lagt til grunne for, men teknologi er ikke utredet.

Drivkraften bak dette arbeidet er realiseringsmulighetene som fremgår når utviklingsprosessen implementeres i mastergradsoppgave og nødvendig teknologi redegjøres for. Det utvikles gjennom arbeidet en prototype av INDT som demonstrerer konsept og verdier. Arbeidsprosessen består av seks hovedfaser: utredning, utvikling, design, realisering, evaluering og revisjon. Konseptet blir gradvis ført gjennom disse, fra idé til ferdig prototype, med analyser av resultat og forbedringsmuligheter.

Fokus er rettet på en enkel, økonomisk og tidseffektiv ferdigstilling av en prototype. Grunnet tidsbegrensing og økonomi er det valgt å direkte integrere teknologien fra den kommersielle platetoppen Wilfa Indux ICP-2000 i en bordplate av oljet eik. Estetiske og funksjonelle design blir utviklet i DAK-programmet *SolidWorks*, hvor det også fremstilles konstruksjonstegninger for bearbeiding og sammensetning av komponenter.

Prototypen produseres på *IMTs* verksted ved *NMBU*, og får fra dette instituttet også finansieringsstøtte. Ved hjelp av engasjerte personer og egen innsats utvikles INDT fra idé til ferdig produkt. Resultatet er et spisebord med hovedmål 122cmx102cmx79cm som innehar tre varmesoner, samt et felles styrepanel for disse. Det er tatt hensyn til ergonomi i utviklingen.

Det utføres forsøk og kjøres analyser på produktet for å kartlegge varmespredning i platetopp og effektiv avgitt energi. Det gjennomføres også en rekke forsøk i forbindelse med materialer- og

komponenters virkemåter for bruk i produktet. Valgte metoder og materialer fungerer godt sammen i produktet og testene svarer til forventninger gjort på forhånd.

Det blir gjennomført økonomiske vurderinger av prosjekt og utviklingskostnader. Av økonomiske finansieringsmidler til ferdigstilling av prototype kreves 22 611NOK av et totalt utviklingsbeløp på 63 761NOK. I fremtidige arbeid vil det være aktuelt å søke om offentlig støtte til realiserings- og kommersialiseringsfase i prosjektet.

I løpet av arbeidet fremstilles en prototype av INDT, med evne til å *holde mat varm over tid*. Produktet er stilrent, med et enkelt og unikt design. Det må gjennomføres utbedringer på teknologiske systemer ved videre arbeid på prototype. I rapporten utredes mikromoduleteknologi med potensiale for integrasjon i kommersiell-løsning. Det vil i fremtiden være fokus på å utvikle tilpassede systemer basert på denne teknologien. Det vil gjennomføres kommersialiseringsarbeid og produksjonsplanlegging, med mål om å lansere INDT på det norske møbelmarkedet.

## ABSTRACT

The furniture industry have over a long time period been a well-established industry in Norway, with both Norwegian and foreign markets. Over the last few years external factors have contributed to an adversity in the industry, one of these is the entrance of foreign businesses, which exerts a threat on the Norwegian marketplace. Norwegian manufacturers needs to explore the possibilities for innovation in their products to compete in a market with lots of opportunities.

The project covered in this master thesis started in 2010 in association with a class at the university. It has since then been through several design and development processes. At this point the development work covered in this thesis is moving the project forward, in addition to *TechFurn*, whose goal is to have a product ready for the Norwegian market.

The development of the product INDT, which combines the traditional dining table with an innovative heat source that provides the users with the possibility of keeping food warm over time while dining, is central in this report. The goal is to elucidate, map and analyze the technology necessary to gain an optimum solution for the table top in the dining table-concept INDT and also develop recommendations and suggestions for realization of the product and a possible test-concept.

Through previous work with the concept potential user masses and customer segments have been elucidated and a business plan has been developed in order to reach these. Great focus has been put on developing both functional and original designs, which esthetically emphasizes the product as classic and elegant. User area and functions has been discussed but technology have not been elucidated.

The motivating force behind this work is the possibilities of realization that transpires when the process of development merges in the master thesis and necessary technology is accounted for. Through the work a prototype of INDT, which illustrates the concept and values, is developed. The work-process consists of six major phases: elucidation, development, design, realization, evaluation and revision. The concept gradually moves through these phases, from idea to completion of prototype, with analyzes of results and possibilities of improvement.

The focus lies on developing a simple, economical and time efficient completion of a prototype. Due to limited time and economy it's chosen to directly integrate the technology from the commercial cooking hob Wilfa Indux ICP-2000 in an oiled oak table top. A functional and esthetic design is developed in the CAD program *SolidWorks*, construction drawings for the production and assembly of the table are also made.

The prototype is made at the *IMT* workshop at *NMBU*, *IMT* also provides the financial support. With help from enthusiastic individuals and personal effort INDT is developed from idea to finished product. The results is a dining table which measures 122cm x 102cm x 79cm that has

three heating zones, as well as a centralized control panel. The design is done with respect to ideal human ergonomics.

The product is tested in order to determine heat diffusion and effective heat transfer from the heating elements. In addition a number of tests are done to determine various materials behavior for use in the final product. The chosen methods and materials work well together, and the test results are equal to the expectations.

An economic evaluation of the projects project and development costs. 22 611 NOK is needed in financial support in order to finish the prototype. The total development cost is 63 761 NOK. The possibility of applying for government funding will be considered for future work involved with realizing a final product, and entering it into the commercial market.

During the course of the thesis a prototype is made, which has the ability of *keeping food warm over time*. The product has a clean and simple design. Future work with the prototype must include improvement of the technological systems. In the thesis micro module technology with the potential for integration in a commercial product is described. In the future focus will be placed on developing systems adapted for the hob based on this technology. Work covering commercializing and production planning will be done, with the final goal of launching the product on the Norwegian market.

## INNHOOLD

	Side:
FORORD.....	I
SAMMENDRAG.....	II
ABSTRACT.....	IV
1. INNLEDNING.....	1
1.1 Betydning av norsk møbelindustri.....	1
1.2 utfordringer i norsk møbelindustri.....	2
1.3 Idébeskrivelse.....	2
1.4 Tidlig utviklings- og designprosess.....	3
1.5 Tidlige markeds- og realiseringsmuligheter.....	5
1.6 Problemstillinger og teknologiske flaskehalsar.....	5
2. PROSJEKTPLAN.....	7
2.1 Prosjekt målsetninger.....	7
2.1.1 Hovedmål.....	7
2.1.2 Delmål.....	7
2.2 Arbeids- og milepælsplan.....	7
2.3 Begrensinger for arbeidet.....	9
3. TERMINOLOGI.....	10
3.1 Forkortelser og definisjoner.....	10
3.2 Symboler og enheter.....	10
3.3 Formelbruk.....	11
4. METODEBESKRIVELSER.....	12
4.1 Integriert produktutvikling (IPD).....	12
4.2 Funksjonsanalyse.....	12
4.3 Pughs metode.....	12
4.4 Gap Map.....	13
4.5 Programvarer.....	14
4.6 Prosesstrinn.....	14



4.6.1	<i>Utredning</i> .....	14
4.6.2	<i>Utvikling</i> .....	15
4.6.3	<i>Design og tegning</i> .....	16
4.6.4	<i>Realisering</i> .....	16
4.6.5	<i>Evaluering og revisjon</i> .....	17
5.	TEORI OG TEKNOLOGIUTREDNING .....	19
5.1	Grunnleggende fysisk teori.....	19
5.1.1	<i>Energiligninger</i> .....	19
5.1.2	<i>Varmeoverføringsmekanismer</i> .....	20
5.2	Varmekilder og systemer .....	22
5.2.1	<i>Vannbad</i> .....	22
5.2.2	<i>Varmeplater</i> .....	22
5.2.3	<i>Varmelamper</i> .....	22
5.2.4	<i>Metalliske varmeelement</i> .....	23
5.2.5	<i>Strålingselementer</i> .....	23
5.2.6	<i>Gass</i> .....	23
5.3	Elektromagnetisk induksjon.....	24
5.3.1	<i>Induksjon - definisjon og bruksområder</i> .....	24
5.3.2	<i>Induksjonsteknologi i koketopper</i> .....	25
6.	TEKNOLOGIVALG OG SYSTEMSPESIFISERING .....	27
6.1	Systemkrav og seleksjon .....	27
6.2	Kommersielle induksjonstopper .....	31
6.2.1	<i>Siemens FlexInduction</i> .....	32
6.2.2	<i>Siemens FreeInduction</i> .....	32
6.2.3	<i>Wilfa Indux ICP-2000</i> .....	36
6.3	Kommersielle styringssystemer og oppsett .....	41
6.3.1	<i>Siemens FreeInduction - Brukergrensesnitt</i> .....	41
6.3.2	<i>Kommersielt brukergrensesnitt i INDT</i> .....	42
6.3.3	<i>Styringspaneler i bærbare induksjonstopper</i> .....	42
6.3.4	<i>Wilfa Indux ICP-2000 - Brukergrensesnitt</i> .....	44

7.	KONSEPTGENERERING.....	45
7.1	Utviklingsgrunnlag.....	45
7.1.1	<i>Metriske grensespesifikasjoner.....</i>	45
7.1.2	<i>Øvrige grensespesifikasjoner.....</i>	45
7.2	Metriske spesifikasjoner for prototype .....	46
8.	PROTOTYPEUTVIKLING .....	47
8.1	Utviklingsmål .....	47
8.1.1	<i>Hovedmål.....</i>	47
8.1.2	<i>Delmål.....</i>	47
8.1.3	<i>Milepæler .....</i>	47
8.1.4	<i>Fremdriftsplan .....</i>	48
8.2	Integrering av plateløsning .....	48
8.3	Tilpassing av bordplate .....	49
8.3.1	<i>Skinneløsning.....</i>	49
8.3.2	<i>Integrasjon av separate modulformer .....</i>	50
8.4	Komponenter og tilbehør .....	50
8.4.1	<i>Induksjonsmodul er og styringspanel .....</i>	51
8.4.2	<i>Bordplate.....</i>	51
8.4.3	<i>Modulform for induksjonselementer.....</i>	52
8.4.4	<i>Glassplate.....</i>	52
8.4.5	<i>Bordbein.....</i>	53
8.4.6	<i>Avstivere.....</i>	53
8.4.7	<i>Prototypedesign og sammensetting .....</i>	54
8.5	Trinnvis utviklingsprosess av prototyp .....	55
8.5.1	<i>Fresing og utskjæring av spor.....</i>	55
8.5.2	<i>Avstivning av bordplate. ....</i>	56
8.5.3	<i>Tilpassing og integrering av induksjonssystem i modulformer. ....</i>	56
8.5.4	<i>Montering av induksjonsmoduler og styrepanel.....</i>	57
8.5.5	<i>Montering av glassplate .....</i>	57
8.5.6	<i>Bearbeiding og montering av bordbein.....</i>	58

8.5.7	<i>Ferdigstilling av prototype</i> .....	58
8.6	Praktisk tidligtesting.....	59
8.6.1	<i>Induksjonselementets virkemåte gjennom herdet glass</i> .....	59
8.6.2	<i>Touch-knappers virkeevne gjennom glass</i> .....	60
8.6.3	<i>Temperaturfølernes virkeevne</i> .....	61
8.6.4	<i>Varmespredning i glassplate</i> .....	62
8.6.5	<i>Effektiv energi i systemet</i> .....	66
9.	HELHETSLØSNINGER.....	68
9.1	Rendrente løsninger .....	68
9.2	Fremstillinger av faktisk prototype .....	70
10.	BRUKSVURDERINGER .....	71
10.1	Funksjonsanalyse .....	71
10.2	Helse, miljø og sikkerhet (HMS) .....	72
10.2.1	<i>Helse</i> .....	72
10.2.2	<i>Miljø</i> .....	72
10.2.3	<i>Sikkerhet</i> .....	73
10.2.4	<i>Vedlikehold</i> .....	74
10.3	Energibruk.....	74
10.3.1	<i>Energieffektivitet</i> .....	74
10.3.2	<i>Brukskostnader</i> .....	75
11.	ØKONOMI.....	77
11.1	Finansiering.....	77
11.2	Utviklingsbudsjett.....	77
12.	KOMMERSIALISERING OG SIKRING .....	79
12.1	Forretningsmodell og strategier .....	79
12.2	Bedriftsoppstart.....	80
12.3	Næringslivssamarbeid og nettverksbygging .....	80
12.4	Finansielle støtteordninger og kapital .....	82
12.4.1	<i>Innovasjon Norge</i> .....	82
12.4.2	<i>SkatteFUNN</i> .....	83

12.4.3	<i>Kommunale Næringsfond</i> .....	83
12.4.4	<i>Investorstøtte</i> .....	83
12.5	Ulike former for idébeskyttelse .....	84
12.5.1	<i>Patent</i> .....	84
12.5.2	<i>Varemerke</i> .....	84
12.5.3	<i>Design</i> .....	85
12.6	Realiseringsplaner .....	85
13.	PROSESSDISKUSJON.....	87
14.	KONKLUSJON .....	91
14.1	Resultater og anbefalinger .....	91
14.2	Videre arbeid .....	91
15.	REFERANSER.....	93
15.1	Skriftlige kilder .....	93
15.2	Personreferanser .....	93
15.3	Nettkilder.....	93
16.	VEDLEGG.....	95

## 1. INNLEDNING

Møbler har i årevis vært en del av norsk vareproduksjon, produksjonen har i stor grad vokst fra å være et håndverkeryrke til å bli en mer moderne industri. Bedrifter har opplevd suksess basert på kvalitetsvarer og utvikling av produkter med spennende funksjoner og design.[1] Bransjen utgjør en stor del av norsk designindustri og står for flere kjente merkevarer fra bedrifter som blant annet *Ekornes*, *Fora Form* og *Brunstad*. [2]

### 1.1 Betydning av norsk møbelindustri

Tradisjonelt sett har møbelindustrien her til lands hatt en god posisjon og har lenge levert møbler til både inn- og utland. Et bredt spekter av store og små aktører har opplevd vellykket markedsetablering, mye grunnet fokus på ulike produktområder, samt geografisk spredning. Lokal møbelproduksjon skaper vekst og arbeidsplasser i aktuelle regioner. Noen områder utnytter seg av lokale felleskap og samler bedriftene i bransjen for utvikle seg og dra nytte av hverandre. Eksempel på dette er møbelklyngen *Arena Møbel/Interiør* som i hovedsak består av 12 bedrifter med satsingsområder innenfor møbel og interiør. [3] Disse arbeider sammen for å fremme bransjen på det internasjonale markedet. Blant aktørene finner man blant annet de nevnt over. *Arena Møbel/Interiør* har knutepunkt i Møre og Romsdal, som forøvrig står for hele 40% av den norske møbelbransjen. [4]

Et annet eksempel på satsing finner man i Sykkylven, hvor det nylig er opprettet et inspirasjons- og kompetansesenter for norsk møbelindustri. Senteret skal fungere som en plattform for fagkunnskap og kompetanse, med tilbud og prosjekter som åpner muligheter for enkeltaktører og unge. Noe som blant annet forenkler rekrutteringen til bransjen. Sykkylven har lenge vært kjent for sitt store mangfold av møbelbedrifter som står for store deler av industrinæringa i kommunen. [5]



Figur 1.1.1: *Ekornes*produkt *Stressless View (M)* [7]

*Ekornes* er en av de mest kjente merkebedriftene som har vokst frem i Sykkylven og har med konseptene *Stressless* og *Svane* etablert et godt fotfeste både i inn- og utland. Bedriften startet i 1934 med produksjon av fjærer til møbler og har siden da utviklet seg til å bli en av landets ledende møbelaktører. [6] Som flere av de andre aktørene i området er *Ekornes* bidragsytere for både lokalsamfunn og industri. Som landskjent aktør representerer de bygda på en god måte.

Norge har et kjøpesterkt møbelmarked, men flere norske aktører opptrer også på det internasjonale markedet. De største eksportmarkedene finnes i de nærliggende landene Sverige, Danmark og Tyskland, men noen bedrifter eksporterer også til USA og Japan. Offisiell statistikk for 2014 sier at den norske industrien har hatt en eksportrate på ca. 2,7 milliarder norske kroner. Tilsvarende tall for 2010 viser en rate på rundt 3 milliarder. Det er tegn på at statistikken er noe økende igjen. [4]

## 1.2 utfordringer i norsk møbelindustri

Til tross for sterke røtter har det de siste årene vært en markant nedgang i norsk produserte møbler, med et klart fall, fra 61% - 34%, i årene 1993 - 2012. Statistikk fra 2014 viser at 35% av møbler solgt i Norge er produsert av norske bedrifter, markedet har dermed holdt seg noe stabilt de siste to årene.[4] Noe av årsakene til fall i markedet er at flere bedrifter satser på utlandsproduksjon, blant annet har endringer i kronekurs og lønnskrav har gjort det økonomisk tyngre å produsere varer innenlands. Møbelindustrien ble også rammet av finanskrisen i 2008, noe som har påvirket norske produsenter.[8]

Norske produsenter blir stadig utfordret på hjemmebane av internasjonale aktører som finner fotfeste i markedet. Den internasjonale konkurransen er stor og det krever dermed mer for å overleve i bransjen. Nytenking og skapning er essensielt i industrien og nødvendig for å tilfredsstille markeder i forandring. Med en forbrukermasse som stadig krever mer oppstår det muligheter for å gjøre nettopp dette.

Verden er i et teknologisk fremrykk og det er viktig at industrien holder følge. Å kombinere teknologi i møbler er ingen ny trend, men den åpner for enorme muligheter både på verdensbasis og i Norge.

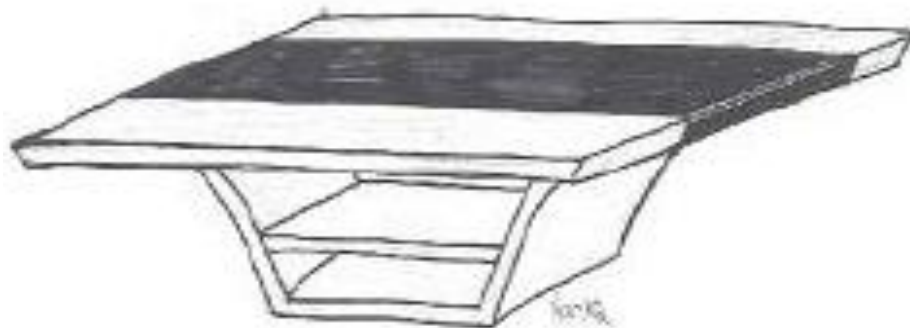
## 1.3 Idébeskrivelse

IndT er et spisebord som kombinerer teknologi med tradisjon på en enkel og stilren måte. Integrasjon av en høy teknologisk varmekilde i senter av bordet vil kunne forandre forbrukeres spisemønstre og revolusjonere dette området av dagens møbelmarked. Konseptet skal fungere som en løsning på dagligdagse situasjoner hvor forbruker er bundet til kjøkkenet under matlaging og spising. Varmekilden holder maten varm gjennom hele serveringen, slik at måltidet kan nytes uten avbrytelser. Varme retter skal inntas varme, dette er viktig både for smaksopplevelse og av helsemessige årsaker. Dermed er det viktig at temperatur blir tatt hensyn til. Med INDT er forbruker løsrevet fra annenhånds produkter og kjøkkenutstyr og temperaturkrav vil tilfredsstilles direkte fra bordplaten.

Ved å slå sammen to essensielle aspekter i kreativ produktutvikling vil møbelet kunne ta plass som et friskt pust i et marked som per i dag trenger nye tanker for å komme seg ovenpå. INDT er et bord som i høy grad spiller på et lukrativt design og åpner for ny bruk av det tradisjonelle spisebordet. Produktidéen er sentrert rundt tankene om å integrere teknologi i eksisterende møbelløsninger for å skape merverdi og originalitet, samt for å utvikle konkurransedyktige og særegne produkter. Med innovative funksjoner som sone-fri oppvarming, intellektuell varmekilde, mobillading og kjøleområder vil INDT kunne leve opp til disse målene.

#### 1.4 Tidlig utviklings- og designprosess

Idékonseptet INDT ble for første gang introdusert i 2010 i sammenheng med faget *TIP100- Teknisk Innovasjon* ved *Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet*. Målet var å fremme et produktforslag som innovativt løste en dagligdags problemstilling. Tanken om et bord med evne til å holde mat varm over tid, gjennom hele måltider, formet seg. Idéen mottok god respons fra klassen, med dette var grunnlaget for INDT lagt.



Figur 1.4.1: INDT konseptskisse fra TIP100. Egen illustrasjon.

Produktkonseptet ble i 2012 videreutviklet gjennom emnet *TIP200- Produktutvikling og produktdesign med 3D*. Arbeidet tok for seg en tidlig idéfase hvor borddesign ble utviklet og konstruert i DAK-programmet *SolidWorks*. Refleksjoner og diskusjoner vedrørende nødvendige funksjoner og løsninger i bordet ble gjennomført med bakgrunn i dets kriterier for å overleve i et kommersielt marked.



Figur 1.4.2: Originaldesign av induksjonsbord presentert i TIP200. [9]

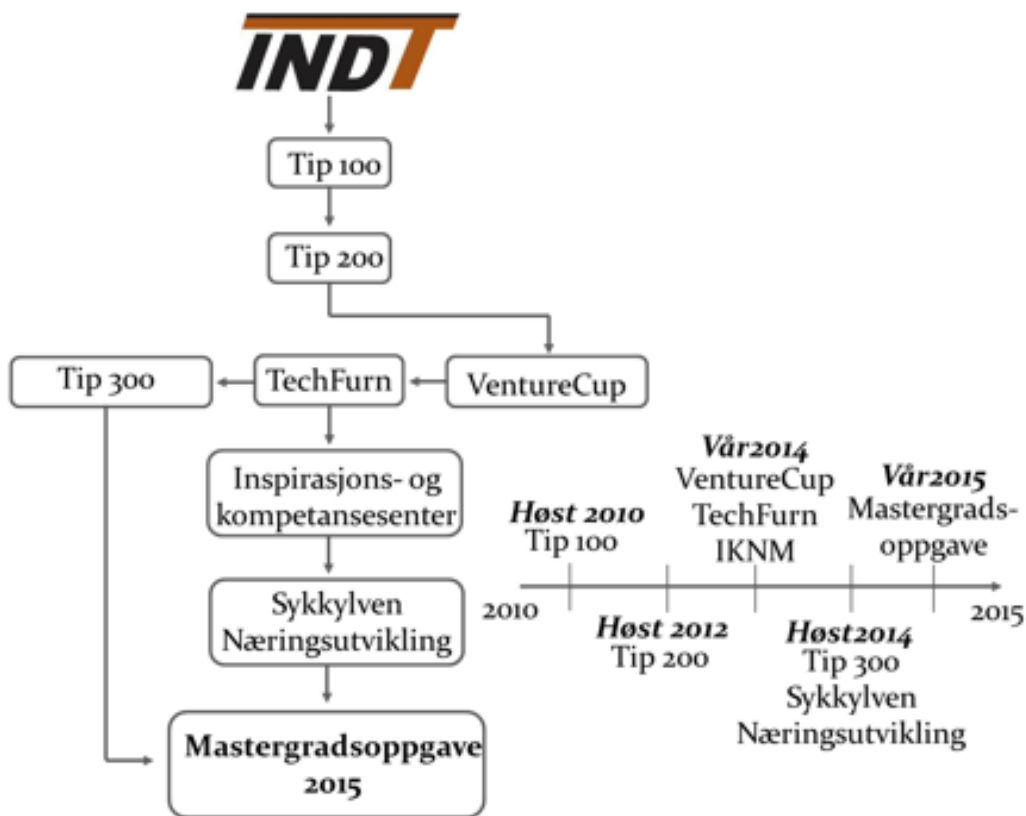
Motivasjonen for prosjektet økte med et konkret design og med tanken på å kunne lansere INDT som et nisjeprodukt i et marked med etterspørsel om nyskaping. Det ble dermed opprettet et utkast på forretningsplan for produktet.

Konseptet ble i 2014 presentert i forretningsplankonkurransen *Venture Cup*, hvor det gikk til topps i lokal finale. For å ta prosjektet videre ble det opprettet et enmannsforetak, *TechFurn*, hvis mål er å utvikle teknologiske møbler, med INDT som flaggskip. Med visjonen om et suksessfullt foretak ble det utviklet en mer omfattende forretningsplan. Denne lå til grunne for deltagelse i *Venture Cup* regionalfinale. Det ble her knyttet kontakt med en representant fra *Innovasjon Norge*.

Via denne kontakten ble *Arena Møbel/Interiør* involvert i prosjektet og med anbefaling derfra ble konseptet introdusert til det ny-oppstartede *Inspirasjons- og kompetansesenter for norsk møbelindustri* i Sykkylven, samt *Sykkylven Næringsfond* hvor det ble opprettet et samarbeid.

Parallelt med samarbeidet ble konseptet videreutviklet gjennom emnet *TIP300-Konsept og produktrealisering*. Hvor det ble gjennomført enkle markedsundersøkelser og videre utredninger vedrørende produkt og funksjoner. Det ble lagt til grunne for enkle analyser i forhold til sammenføyningsmetoder av komponenter, samt utviklet et mer funksjonelt design. Rapporten lansert i dette emnet er i stor grad medvirkende til arbeidet som gjennomføres i denne masteroppgaven.

Figuren under illustrerer stegene INDT har vært igjennom til nå, samt en tidslinje som gir et bedre begrep om tidsomfanget.



Figur 1.4.3: Tidslinje og trinn for utviklingen av INDT. Egen illustrasjon.



## 1.5 Tidlige markeds- og realiseringsmuligheter

Som det fremgår av *Tip300-rapport – Den optimale løsningen for INDT* [10] eksisterer det et markedsbehov for produktet. Konseptet åpner for et bredt spekter av markedssegmenter i alt fra private husholdninger, til offentlige institusjoner og ulike områder av servicenæringen. INDT vil i hovedsak siktes innpå et nisjemarked bestående av private forbrukere opptatt av kvalitet, eksklusivitet og funksjonalitet. Eksempler på potensielle kunder er personer med interesse for matlaging og middagsselskaper, samt innovative personligheter med øye og nysgjerrighet for nye produkter.

INDT-prosjektet har gjennomgått flere stadier av design, både estetisk og funksjonelt. Det har vært igjennom funksjons- og markedsanalyser, samt er målsetninger for fremtiden satt og første stadium av forretningsplanlegging er gjennomført. Neste fase består av å utvikle INDT i form av en prototype som illustrerer bordets egenskaper. Ved å ta konseptet videre inn i et masterarbeid åpnes muligheten for dette. Det vil gjøres forsøk på å utvikle en prototype, i samarbeid med *IMTs* verksted og kompetanse.

Målet med dette arbeidet er å fremstille en modell som kan vises frem og vurderes for videre utvikling. Det vil være til stor nytte for fremtidig arbeid å kunne vise til en tidlig fungerende prototype som kan vekke interesse hos marked og potensielle forretningspartnere, samt investorer. En modell vil bidra til at prosjektet tas mer seriøst da den øker forståelsen rundt produktet og enkelt illustrerer konseptet.

Det er viktig for prosjektet at idéen blir tatt videre fra papir til virkelighet i form av en fullskala 3d-modell. Metoder, funksjoner og design som fungerer i teori skal testes praksis, feil og mangler ved det teoretiske vil oppdages fysisk og det vil iverksettes tiltak for å rette opp i disse. Gjennom arbeidet med prototype vil det innhentes teori, teknologi og kompetanse som kan være avgjørende for løsninger i videre arbeid.

## 1.6 Problemstillinger og teknologiske flaskehals

I tidligere arbeid med konseptet er det møtt på tradisjonelle utviklingsproblemer som mangel på tilgang til nødvendig kompetanse, penger og tid. Disse problemstillingene har til en viss grad løst seg ved å dra prosjektet inn i denne masteroppgave. Til tross for dette vil ferdigstilling av et spisebord med teknologi som tilfredsstill alle gitte krav og mål, kreve omfattende arbeid og midler. Det vil i dette utviklingsarbeidet derfor fokuseres på enkle, økonomiske og tidsrealistiske løsninger.

Problemstillinger og flaskehals for utviklingsprosjektet presenteres her:

- Teknologi:
  - Sikker integrasjon av elektriske systemer og komponenter.
  - Utvikling av regulerings- og styresystemer tilpasset INDT bruksområder i forhold til direkte integrering av kommersielle løsninger.

- Utvikling av teknologi som tilfredsstillter funksjonskrav utover hovedfunksjon å *holde mat varm over tid*.
- Utrekning og kartlegging av mindre elektriske komponenter og koblingskjemaer.
- Design og utforming:
  - Utvikling av forenklete og økonomiske løsninger som tilfredsstillter preferanser vedrørende kvalitet, utseende og funksjonalitet.

## 2. PROSJEKTPLAN

I dette kapittelet vil prosjektplanen introduseres, denne fokuserer på oppgavens målsettinger, planleggingstrinn og avgrensinger. Planen utarbeides i hovedsak for å danne holdefaste punkter for veien videre og for å få et inntrykk av hvordan tiden til rådighet må disponeres for å oppnå et godt resultat.

### 2.1 Prosjekt målsettinger

Det første steget i prosjektplanen er å avklare prosjektets målsettinger. Arbeidet i oppgaven rettes mot å nå disse målene og det er de som ligger til grunne for denne delen av INDTs utvikling.

#### 2.1.1 Hovedmål

Hovedmålsetting for mastergradsarbeidet som skal gjennomføres er som følger:

*Å utrede, kartlegge og analysere teknologien som kreves for en optimal løsning av bordplaten i spisebordkonseptet INDT, samt utvikle tilrådninger og forslag til realisering av produktet og eventuelle prøvekonsept.*

#### 2.1.2 Delmål

Delmålene er mindre prosjekter/arbeid som gjennomføres for å nå hovedmålet. I løpet av prosessen vil resultatene av disse være avgjørende for videre trinn og vurderinger av hovedprosjekt.

Delmålene er som følger å:

1. Gjennomgå norsk møbelproduksjon, og utrede relevante løsninger for tilpasning av varmekilde i INDT-møbelprosjekt.
2. Utrede grunnlaget for moderne induksjonsteknologi, tekniske komponentløsninger, styringselementer og konkurrerende løsninger.
3. Utvikle teknisk underlag, med spesifiseringer, tekniske tegninger og verkstedsanvisninger for bygging av prototype.
4. Følge opp verkstedarbeid, arbeid med elektriske systemer og styringssystemer, samt forhold knyttet til bruk og sikkerhet med innledende testing og kommersialiseringsforberedelser.
5. Følge opp utvikling, testing og forsøk med utforming av prosjektrapport for alle ledd i prosjektarbeidet.

### 2.2 Arbeids- og milepælsplan

Prosjektet avhenger av god planlegging og progresjon for å lykkes, på neste side introduseres arbeidsaktiviteter og milepæler som skal gjennomføres og oppnås i løpet av arbeidet. Milepælene symboliserer oppnåelse av delmål og fungerer som drivere i arbeidsprosessen.

Tabell 2.2.1: Oversikt, arbeidsplan og milepæler. \* = 19. juni, Orange= fri.

Delmål	Ulker																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	*
<b>Aktiviteter og milepæler(Δ)</b>																					
Innhenting av informasjon vedrørende norsk møbelindustri, samt utredning av bransje.	■	■																			
Utredning av grunnleggende varmeoverføringsmekanismer.	■																				
Kartlegging av alternative varmekilder for integrasjon i INDT.		■																			
Δ Valg av varmekilde for integrasjon.			Δ																		
Utredning av grunnleggende induksjonsteknologi.			■																		
Kartlegging av kommersielle plate- og systemløsninger.			■	■																	
Kartlegging av aktuelle komponentløsninger og styresystemer.			■	■	■																
Δ Valg av integrasjonsmetode og system.						Δ															
Redegjøring av nødvendige grensespesifikasjoner for prototype.							■														
Utarbeidelse av design og integrasjonsmetode i bordplate.							■	■													
Ferdigstilling av tekniske tegninger og verkstedsanvisninger.								■	■												
Innhenting av kapital, materialer og komponenter.																					
Δ Igangsettelse av fysisk prototyp utvikling.										Δ											
Oppfølging av verkstedarbeid og utviklingsprosess.											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Generere fremgang i integrasjon av elektriske systemer og styringsoppsett.											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Gjennomføring av tidlige tester og utredelser i forhold til produkt og sikkerhet.																					
Kartlegging av kommersialiseringprosess og iverksettelse av forberedelser til denne.																					
Δ Ferdigstilling av prototype.																	Δ				
Analyse og bearbeidelse av tester og arbeidsprosess.																					
Kartlegging av endringer og arbeid som må gjøres ift. videreutvikling av konsept.																					
Utforming av prosjektrapport for alle ledd i prosjektarbeidet.																					
Δ Ferdigstilling av prosjektrapport.																					Δ
Δ Innlevering av mastergradsarbeid.																					Δ
Δ Forsvaring av masterarbeid.																					Δ

### 2.3 Begrensinger for arbeidet

Av tidsmessige hensyn settes det begrensinger for prosjektarbeidet, disse beskrives under.

- Det er i denne oppgaven fokus på INDTs utviklingsprosess og anvendt teknologi, dermed vil omfattende utredninger av teknologi, elektronikk og fysikk ikke vektlegges.
- Kommersielt tilfredsstillende løsninger vil ikke vektlegges i prototype da fokus skal ligge på enkle, praktiske og tidsoptimale alternativer.
- Utredninger av regelverk vedrørende HMS og elektronikk i kommersielle produkter vil ikke prioriteres for prototyp utvikling.
- Omfattende utredninger av teknologi og økonomiske aspekter vedrørende alternative varmekilder til bruk i bordet vil ikke vektlegges da fokus ligger på valgt alternativ.
- Det vil være fokus på utvikling av hovedfunksjon, å *holde mat var over tid*, dermed vil bifunksjoner ikke arbeides med.
- Utredning og kartlegging av mindre elektriske komponenter og koblingsskjemaer vil ikke gjennomføres i den grad helhetlige systemer direkte kan integreres i bordplate.
- Det vil ikke gjennomføres omfattende beregninger av varmekildes virkningsgrad og effekttap, samt termiskspredning i bordplate, da det utføres praktiske tester på prototype.
- Det vil ikke gjennomføres energimerking av prototyp, da faktorer som spiller inn her er for tidkrevende å kartlegge. Blant disse er gjennomførelse av tester i optimale omgivelser, samt tester på konkurrerende løsninger.

### 3. TERMINOLOGI

I dette kapittelet fremgår beskrivelser av forkortelser og definisjoner, symboler og enheter, samt formler og tilhørende indeks som er benyttet i rapporten.

#### 3.1 Forkortelser og definisjoner

Tabell 3.1.1: Forkortelser og begreper som er benyttet i rapporten.

Forkortelse/begrep	Betydning:
NMBU	Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
IMT	Institutt for matematiske realfag og teknologi
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IPD	Integrated Product Development (Integrert produktutvikling)
DAK	Dataassistert konstruksjon
LED	Lysemitterende diode
IKNM	Inspirasjons- og kompetansesenter for norsk møbelindustri
SI	Målesystem, internasjonalt
ADB	Adaptation Board – Sekundærkort/Bearbeidingskort (Kretskort)
MB	Main Board – Hovedkort (Kretskort)
CB	Control Board - Styrekort
TF	Temperaturføler
NTC	Negative Temperature Coefficient
Min.	Minimum
Opt.	Optimal
NOK	Norske kroner
Emisjonsfaktor	Evne til å ta opp eller sende ut stråling
Magnetisk materiale	Materiale som påvirkes av magnetisme

#### 3.2 Symboler og enheter

Tabell 3.2.1: Symboler og enheter(SI) som er benyttet i rapporten

Symbol	Betydning:	Enhet(SI):
T	Temperatur	Celsius (°C)

Tabell 3.2.2 fortsetter: Symboler og enheter(SI) som er benyttet i rapporten

T	Temperatur (273,15 + °C)	Kelvin (K)
$\Delta T$	Temperaturrendring	°C eller K
A	areal	Cm <sup>2</sup>
m	masse	kg
l	Lengde	mm, cm
b	Bredde	mm, cm
h	Høyde	mm, cm
t	Tykkelse	mm, cm
I	Strøm	Ampere (A)
U	Spenning	Volt (V)
P	Effekt	Watt (W)
E	Energi	Joule (J)
C	Varmekapasitet	(J/K)
c	Spesifikk varmekapasitet	(J/K·kg)

### 3.3 Formelbruk

Tabell 3.3.1: Formler som er benyttet i rapporten. Med indeks X.Y.Z menes formel Z i kapittel X.Y. Med \* menes at formel er utledet fra [X.Y.Z]

Betydning	Formel	Indeks
Energiforbruk	$Energiforbruk (kWh) = P \times timer$	[5.1.1]
Tilpasset formel, energiforbruk	$E.F(kWh) = (P_{element1} \times timer) + (P_{element2} \times timer) + (P_{element3} \times timer)$	[5.1.1*]
Energiforbruk	$Energiforbruk (kJ) = Energiforbruk(kWh) \times 3600s$	[5.1.2]
Varmekapasitet	$C = \frac{Q}{\Delta T}$	[5.1.3]
Spesifikk varmekapasitet	$c = \frac{C}{m}$	[5.1.4]
Varme/Energi	$Q = \Delta E_{int} = C \times \Delta T = m \times c \times \Delta T$	[5.1.5]
Effekt	$P = U \times I$	[6.2.1]
Strøm	$I = P/U$	[6.2.1*]
Brukskostnad	$Brukskostnad(NOK) = Energiforbruk(kWh) \times str\ddot{o}mpris$	[10.3.1]

## 4. METODEBESKRIVELSER

I dette kapitlet vil ulike metoder, teknikker og verktøy som brukes i prosjektarbeidet beskrives. Videre vil de ulike stadiene i prototypens utviklingsprosess presenteres og redegjøres for.

### 4.1 Integreert produktutvikling (IPD)

Integreert produktutvikling er en metodikk som bidrar til økt effektivitet og lavere gjennomføringstid ved utvikling av produkter. IPD legger opp rekkefølgen i utviklingsløpet og viser hvilke hovedelementer som bør fokuseres på gjennom prosessen. Disse er som følger:

- Kartlegging av kundebehov og markedskrav.
- Planlegging og styring av produktutviklingsprosess.
- Bruk av produktutviklingsgrupper og teamarbeid.
- Integrasjon av prosessdesign.
- Styring av prosjektkostnader, fra starten av.
- Involvering av leverandører og underleverandører tidlig i prosessen.
- Utvikling av robuste design.
- Integrasjon av relevante dataverktøy i utviklingsprosessen.
- Datasimulering av produktets egenskaper og fremstillingsprosess.
- Generering av effektiv tilnærming til utviklingsarbeidet.
- Kontinuerlig forbedring av utviklingsprosess.

Punktene nevnt over er forenklet og hentet fra kompendiet «*Konsept og produktrealisering*» som inneholder omfattende forklaringer av de enkelte elementene brukt i IPD. [11]

### 4.2 Funksjonsanalyse

Funksjonsanalyse gir en strukturert kartlegging av nødvendige produktegenskaper og fungerer som en god oversikt over hvilke funksjoner produktet er tiltenkt eller innehar. Med hovedfunksjon i sentrum utvides funksjonsspekteret basert på ulike produktkriterier og muligheter. Ulike komponenter og deler av produktet blir vurdert. Ved bruk av denne analysemetoden vil unødvendige funksjoner raskt kunne lukes ut og fokus kan rettes mot de egenskaper og oppgaver som bidrar til produktforbedring og tilfredsstillelse av forbrukerkrav.

### 4.3 Pughs metode

Pughs metode er en beslutningstagningsprosess som bygger på et matrisesystem hvor valgte kriterier og løsninger blir vurdert i forhold til hverandre. Hvert av kriteriene går inn i matrisen med en gitt prosentvis vektlegging. Aktuelle løsninger vurderes mot hverandre og gis poeng vektet i den grad de tilfredsstiller valgte kriterier. Poengsummene for hvert alternativ summeres, med hensyn på kriterienes vektingsprosent. Løsningen som scorer høyest vil være det beste alternativet ved videre arbeid. [11]



Tabellen under viser et oppsettsalternativ for matrisen, hvor prosentvis vektning fremgår på forhånd.

Tabell 4.3.1: Illustrasjon av oppsett til Pugh-matrise.

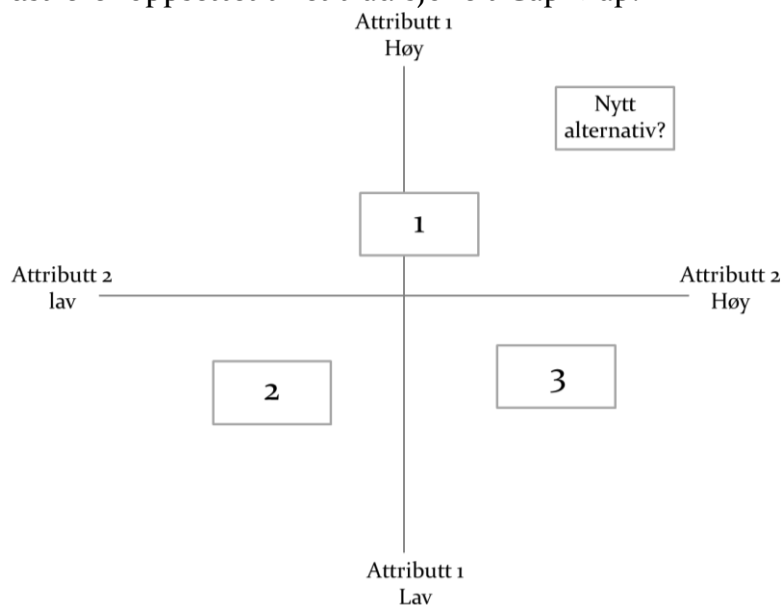
Alternativ/ Kriteria	1		2		3	
	Poeng	Poeng×%	Poeng	Poeng×%	Poeng	Poeng×%
1						
2						
3						
Total:						

Denne metoden er effektiv og sikker så lenge poenggivningen er ærlig og gjennomtenkt. Systemet forutsetter at de kriterier og alternativer som vurderes er relevante for beslutningen som skal tas.

#### 4.4 Gap Map

Gap Map er et analyseverktøy som brukes for å identifisere gap i en todimensjonal matrise, som representerer to avgjørende produkt attributter. Alternative produkter og løsninger vurderes mot hverandre. Ved å plassere disse på deres respektive plasser i matrisen vil det fremgå hvilke løsninger som er ideelle å velge med tanke på avgjørende attributter. Oppstår det gap i matrisen symbolisere disse hvor det ikke finnes alternative løsninger per i dag. Dersom det øverste høyre hjørnet danner et gap er dette godt grunnlag for utvikling av en ny løsning da denne plasseringen scorer høyest på begge attributtskalaer.

Figuren under illustrerer oppsettet til et tradisjonelt Gap Map.



Tabell o.1: Gap Map oppsett med ledig plass i høyre hjørne. Egen illustrasjon.

## 4.5 Programvarer

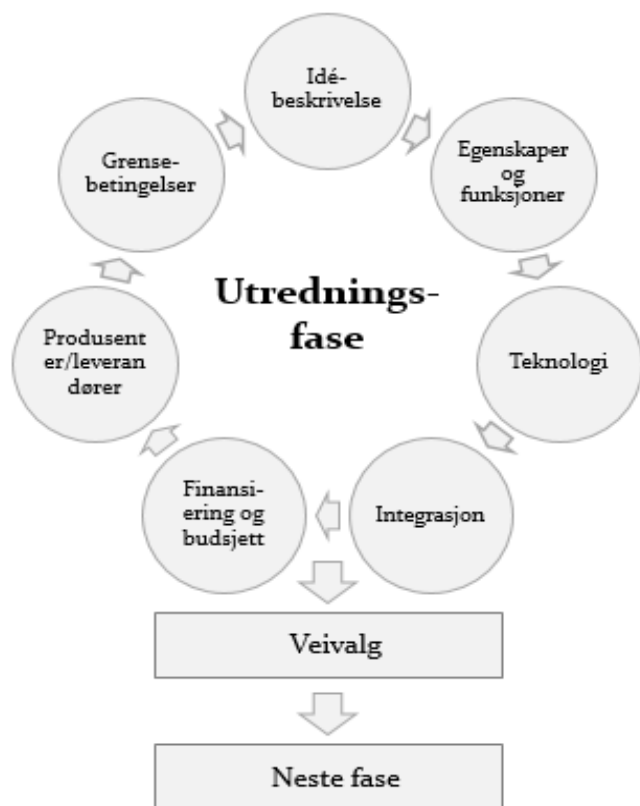
Ved fremstilling av tredimensjonale og tekniske tegninger brukes *SolidWorks Premium 2014*. Som er et DAK-program med funksjoner som gjør det mulig å konstruere, designe og simulere 3D-modeller. Programmet er egnet til konstruksjon av INDT da det er brukervennlig og effektivt i forhold til de komponenter som skal utvikles, designes og settes sammen i dette prosjektet.

## 4.6 Prosesstrinn

I arbeidet med denne oppgaven vil spisebordkonseptet INDT bli ført igjennom en utviklingsprosess inspirert av IPD. Prosessen består seks hovedfaser, illustrert i figur 4.6.5, som tar for seg de ulike stegene prosjekt og konsept avhenger av for å lykkes. Disse vil forklares nærmere i kommende delkapitler.

### 4.6.1 Utredning

Utredningsfasen danner byggesteinene for videre utvikling av prosjektet. Problemstillinger og muligheter kartlegges og gjøres rede for slik at løsninger kan bestemmes og tiltak iverksettes. Nøkkelen for god gjennomføring av denne fasen er grundige gjennomganger av aktuelle temaer, samt idémyldringsprosesser vedrørende fremtidige valg og løsninger.



Figur 4.6.1: Utredningsprosess.  
Egen illustrasjon.

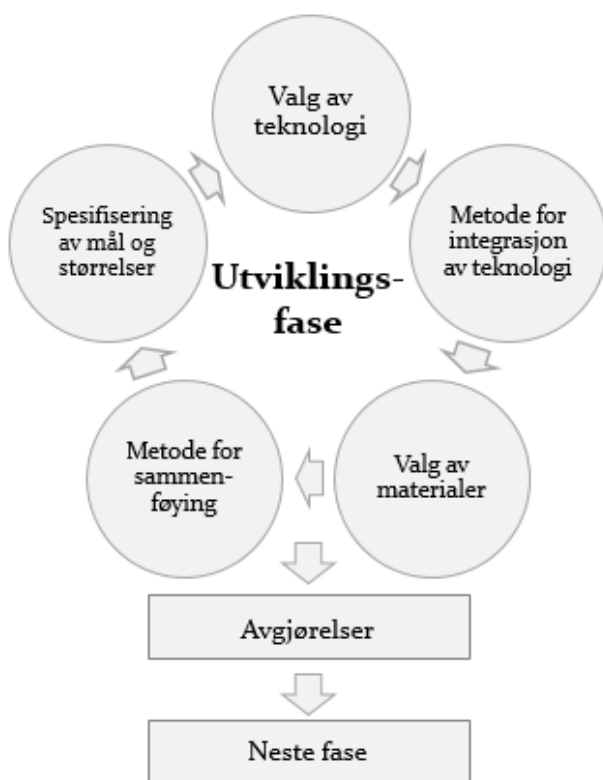
En godt gjennomført utredningsprosess bidrar til effektivisering av videre stadier og gjør det mulig å forutse visse problemstillinger før de oppstår. Gjennom utredningen vil forventninger og problemstillinger for prosjektet endre seg parallelt med informasjonsflyt.

For dette tilfellet er beskrivelse av idé- og produkt essensielt i utredningen. Viktige valg vedrørende kompleksitet og teknologi er avgjørende for fortsettelsen av prosjektet. Kartlegging av teknologi, eksisterende kommersielle løsninger, samt potensielle metoder for integrasjon av disse i bordplate vil sette kursen videre. Finansiering setter økonomiske begrensninger for prosjektet, dermed må finansieringspotensialet redegjøres for. Dette bidrar til å avgjøre hva som skal vektlegges i arbeidet, både av teknologiske løsninger og kompleksitet.

Utredningsfasen for dette prosjektet bidrar til å åpne muligheter for realisering. Figuren ved siden av illustrere utredningsfasens prosess. Fra idé-beskrivelse til veivalg og videre faser.

#### 4.6.2 Utvikling

Utviklingsfasen danner spesifikke produktgrunnlag og setter både krav og mål til arbeidet videre. Som følge av tidligere utredninger utvikles det alternativer som tilfredsstillende konklusjonene dannet på foregående stadium. Alternative løsninger og metoder for de ulike aspektene ved produktet vurderes basert på relevans og nødvendighet for det aktuelle prosjekt. Utviklingsfasen driver konseptet videre i form av kreativitet, samt fysisk og teknologisk forståelse.



Essensielt for dette prosjektet er forståelse av de ulike komponenter i produktet. Et fungerende samspill mellom ulike deler og enheter er viktig for helhetsinntrykk og oppfatning av prototype, samt for teknologisk funksjonalitet. Nøkkelfaktoren for en vellykket utvikling er i denne omgang å kombinere sammensetningen av produktet med bestemmelser gjort i utredningsfasen på en lønnsom og effektiv måte.

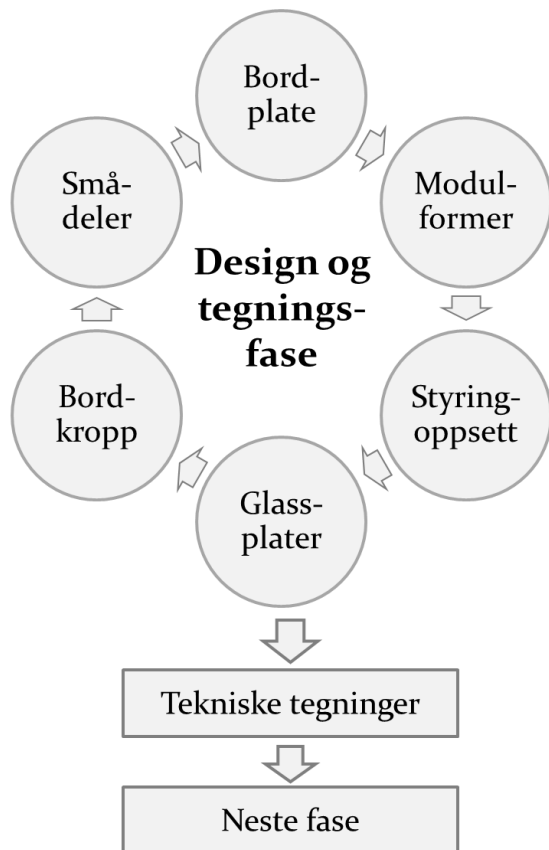
I denne fasen utvikles det løsninger for sammenføringer av komponenter og integrasjon av teknologi. Det tas valg vedrørende materialer, størrelser og teknologisk kompleksitet. Teknologien blir analysert og tilpasset videre integrasjon. Bestemmelser vedørende grensesnitt og styrings-panel inngår i integrasjonstrinnet.

Figur 4.6.2: Utviklingsfase. Egen illustrasjon.

I figuren ved siden av illustreres prosjektets utviklingsprosess. På de forskjellige trinnene utvikles det løsninger som stadig endrer seg etter hvert som utviklingen fortsetter på andre områder. Ved valg av spesifikke løsninger og metoder er det avgjørende at disse tilfredsstillende fysiske- og økonomiske begrensninger. Avgjørelser blir tatt og spesifikasjoner avgjort basert på dette og prosjektet går videre til neste fase.

### 4.6.3 Design og tegning

Designfasen er det tredje stadiet i utviklingen og her dreier seg om å ferdigstille design i form av 3D-modeller i DAK-programmet *SolidWorks*. Disse skal enkelt vise sammensetning av ulike komponenter, form og valgte materialer, samt produktet i sin helhet. Videre utarbeides det tekniske tegninger, med spesifikke mål i forhold til fornuftig målestokk og anvisninger.



Nøkkelfaktoren for en vellykket designfase er at ferdigstilt 3D-modell stemmer overens med spesifikasjoner satt i foregående fase, samt at tekniske tegninger er forståelige og lettleselige. Dette er for å minske risikoen for feil ved produksjon og sammenstilling av de ulike komponentene.

I dette prosjektet videreføres design fra tidligere arbeid å beholde produktets originalitet. Det fokuseres på nye funksjonsdesign og sammensetningsmetoder av ulike komponenter, samt nye mål og begrensinger. Disse endres basert på de kvaliteter som skal fremheves.

Figuren ved siden av illustrerer de ulike komponentene som tegnes og settes sammen til modeller av bordet. Når design og tegninger er ferdigstilt tas konseptet videre til fase nr. 4 hvor modellene blir virkeliggjort.

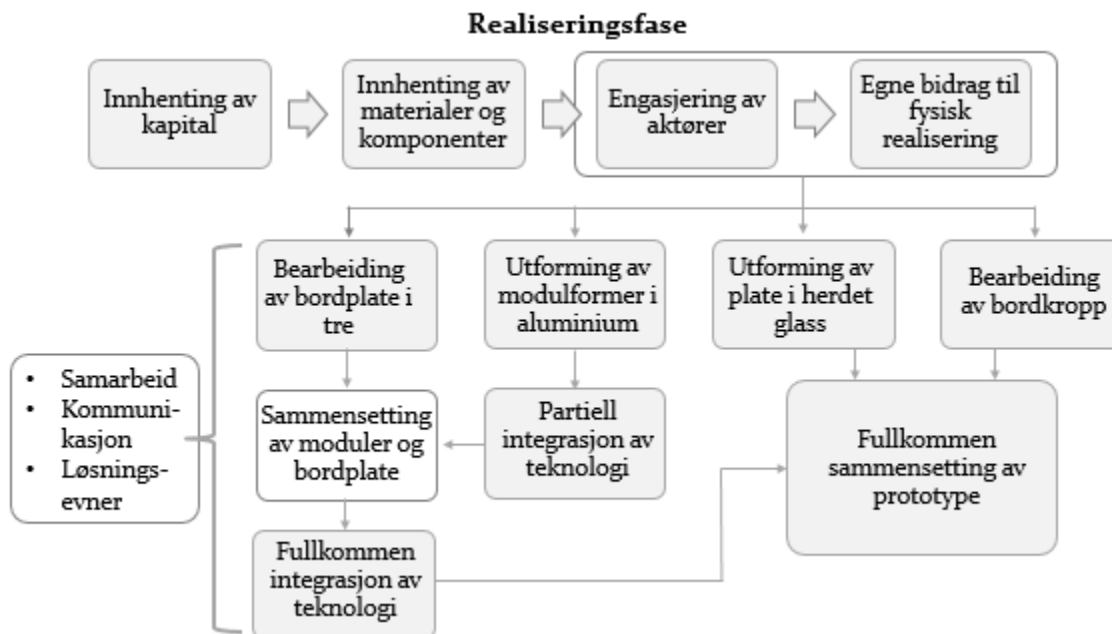
Figur 4.6.3: Design- og tegningsprosess. Egen illustrasjon.

### 4.6.4 Realisering

Realisering av konseptet skjer i den fjerde fasen i utviklingsprosessen. På dette stadiet har konseptet vært igjennom utredninger, utvikling og design. Det som gjenstår for videre utvikling er innhenting av kapital og engasjering av eksterne aktører. I utredningsfasen skal det ha blitt avklart hvilke aktører som er aktuelle for levering av materialer, produksjon av ulike deler, samt hvor kapital skal innhentes fra og budsjettstørrelse. Basert på foregående arbeid ligger altså det meste til rette for at konseptet skal tas fra idé til ferdigstilt prototype.

Nøkkelfaktorene for vellykket konseptrealisering i dette prosjektet er, i tillegg til grundig foregående arbeid, løsningsorientering og gode kommunikasjonsevner. Tett samarbeid med engasjerte aktører, god kommunikasjonsflyt og oppfølging av arbeid er avgjørende for forebygging av feil og komplikasjoner.

I figuren under illustreres trinnene i realiseringsprosessen.



Figur 4.6.4: Realiseringsfase. Egen illustrasjon.

#### 4.6.5 Evaluering og revisjon

Når realisering er gjennomført og produktet ferdigstilt skal prosess og faser evalueres. Det skal gjennomføres tester vedrørende ulike deler av konseptet, samt legges frem diskusjoner og resultater av disse. Evalueringsfasen er nødvendig for å bidra til videre utvikling av konsept og produkt, en godt gjennomført evaluering vil kunne bidra positivt til senere utredningsfaser og ved eventuelle revisjoner.

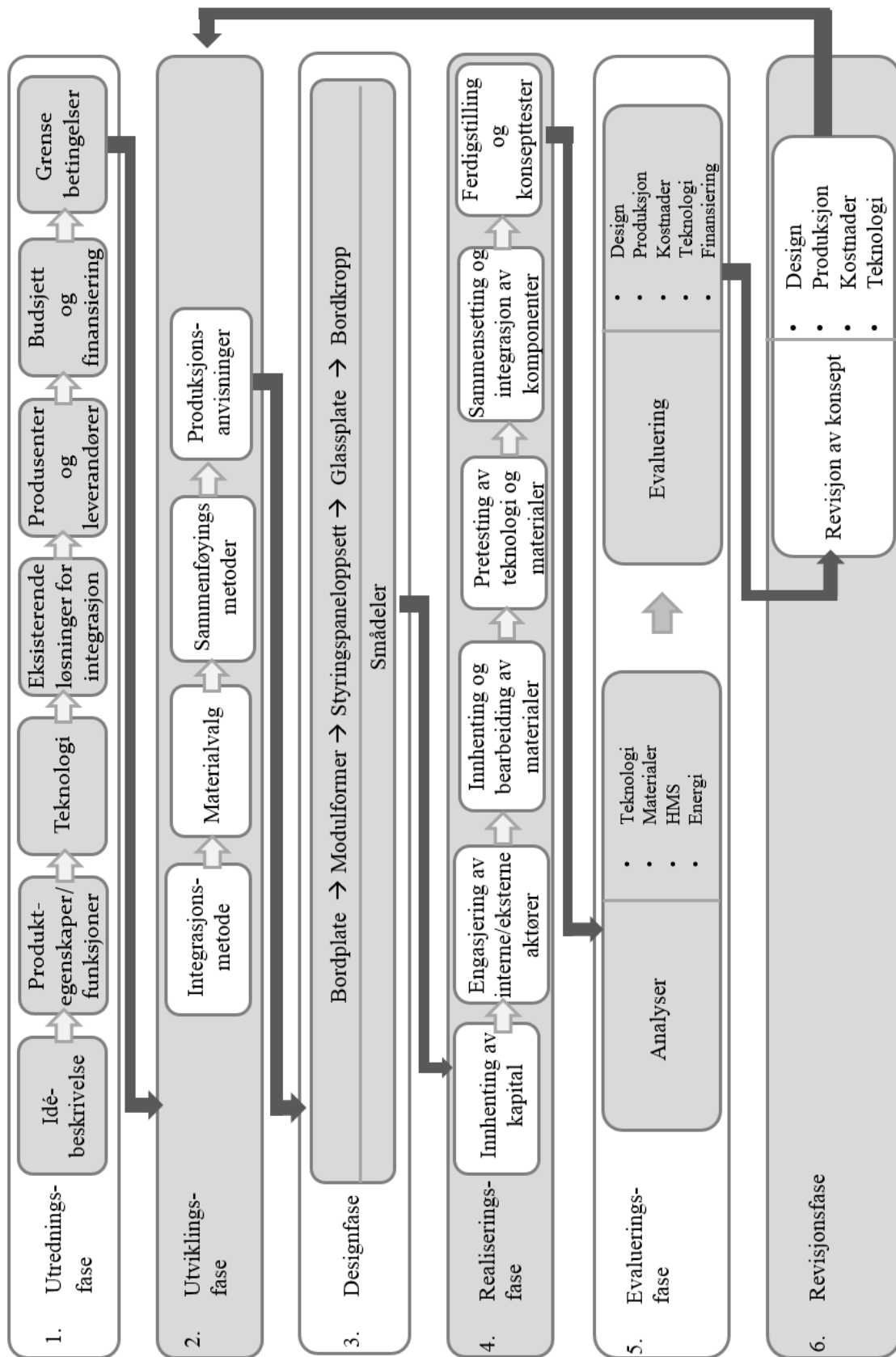
Nøkkelfaktoren til en vellykket evalueringsfase er gjennomførelsen av relevante og nødvendige tester for videre arbeid, samt konstruktiv kritikk av prototypen partielt og i sin helhet. Å kunne evaluere alle sider av prosjektet er nødvendig for å kunne gjennomføre forbedringer ved senere anledninger.

Når produktet er evaluert går det videre til revisjonsfasen, her legges det til grunne for hva som er aktuelt å forandre ved utvikling av kommersiell versjon, samt ved forbedring av den eksisterende. Ved revidering vil det være aktuelt å endre trinn og gjennomføringer på alle stadier i utviklingsprosessen. Det vil fokuseres på problem- og utbedringsområder.

Av figuren på neste side fremgår en sammensatt illustrasjon av prototypens utviklingsprosess.

Figur 4.6.5: Prosessillustrasjon av prototyp utvikling. Egen illustrasjon.

### Prototype-utviklingsprosess



## 5. TEORI OG TEKNOLOGIUTREDNING

Utviklingen avhenger i stor grad av forståelse rundt ulike deler av termofysikk, samt induksjonsprinsipper og teknologi. Dette kapittelet vil ta for seg relevante fysikkaspekter og utrede nødvendig teknologi for videre arbeid uten å ta det til beregningsnivå. Det vil være fokus på anvendt teknologi sett fra et praktisk synspunkt.

### 5.1 Grunnleggende fysisk teori

Fysikk er en vitenskap som bygger på de fenomener i naturen og universet som kan bli forstått og forklart på en grunnleggende måte utfra elementære prinsipper og lover. Fysikken forklarer blant annet hvordan legemer, objekter og substanser kan henge sammen og påvirke hverandre. Den gir også et grunnlag for forståelse vedrørende fysiske prosesser og fenomener. Vitenskapen har lenge bidratt til teknologisk innovasjon og forbedring, den spiller også en stor rolle i dette prosjektet.

#### 5.1.1 Energiligninger

I et produkt som INDT er det aktuelt å vurdere ulike aspekter vedrørende energi og termisk oppførsel i bordplaten. I dette kapittelet gjengis viktige fysiske formler som brukes til å underbygge relevante begreper og utregninger som gjøres senere.

##### a. Energibruk

Definisjonen på energi er *evnen til å utføre et arbeid*. [12] Definisjonen på effekt blir i denne sammenheng *arbeid utført per tid*. Energi måles i SI-enheten Joule (J) og effekt (P) måles i Joule per sekund (J/s) som ofte oppgis som SI-enheten Watt (W). Dermed er  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ . Når energibruk måles i forhold til effekt over tid uttrykkes dette ofte som antall kilowattimer (kWh).

Med hensyn på definisjonene over kan energimengden brukt i et elektrisk produkt beregnes ved formlene, [13]:

$$\text{Energiforbruk (kWh)} = P \times \text{timer} \quad [5.1.1]$$

$$\text{Energiforbruk (kJ)} = \text{Energiforbruk (kWh)} \times 3600\text{s} \quad [5.1.2]$$

Med forbehold om at effekten (P) angis i kW.

##### b. Termisk oppførsel

I følge termodynamikken kan energi verken oppstå eller forsvinne, bare overføres fra en form til en annen. (Termodynamikkens 1.lov) [14] I INDT skal elektrisk energi omformes til varmeenergi, som videre skal brukes til å varme opp en substans og holde dens temperaturen stabil over tid. (Formlene brukt i dette kapittelet er hentet fra [15])

Mengden varme(Q) som kreves for å øke temperaturen i en substans med 1. grad uttrykkes som:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad [5.1.3]$$

Hvor C er termisk varmekapasitet, forholdet mellom tilført varme i et system og dets temperaturøkning. Varmekapasiteten angis i Joule per Kelvin (J/K). [16]

Ved en gitt mengde substans kan varmekapasiteten uttrykkes per masseenheter. Dette kalles spesifikk varmekapasitet (c), denne angis i Joule per Kelvin Kilo (J/(K·kg)). Eksempelvis er varmekapasiteten til vann  $c = 4183$  (J/K·kg). [16]

$$c = \frac{C}{m} \quad [5.1.4]$$

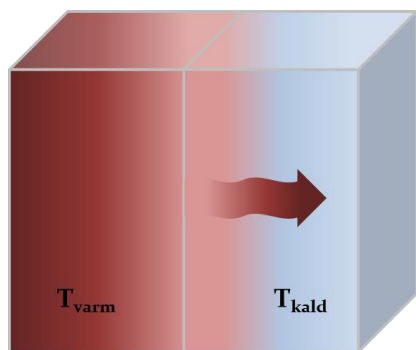
Varme som resultat av endring i et systems interne energi ( $\Delta E_{int}$ ) kan uttrykkes som:

$$Q = \Delta E_{int} = C \times \Delta T = m \times c \times \Delta T \quad [5.1.5]$$

### 5.1.2 Varmeoverføringsmekanismer

Varme er definert som overføring av energi grunnet temperaturforskjeller (Def. direkte oversatt fra engelsk [15]). Energien går fra områder med høy temperatur til områder med lav temperatur, overføringen vil ideelt foregå så lenge det eksisterer temperaturforskjeller. Energien er i disse tilfeller termisk, altså varmebasert. Det er i hovedsak tre prosesser som beskriver hvordan varmeoverføringen tar plass, såkalte varmetransport-mekanismer. Disse er konduksjon, konveksjon og stråling. For å bedre se forskjellene mellom alternative varmekilder er det viktig å forstå hvordan disse mekanismene opererer.

#### a. Termisk ledning/konduksjon



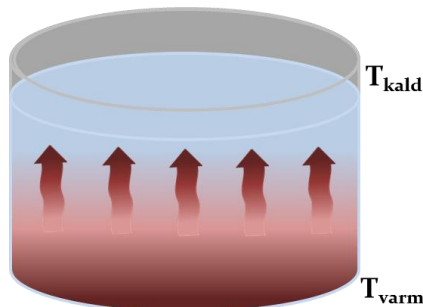
Figur 5.1.1: Termisk konduksjon i legeme med temperaturdifferanse. Egen illustrasjon.

Termisk konduksjon er varmeoverføring i fysiske legemer. Overføringen skjer på et molekylært nivå, altså mellom molekyler og atomer i materialer, uten at de forflyttes. Termisk energi i et system fører til vibrasjoner i dets atomer og molekykjeder, ved økt energitilførsel øker vibrasjonene. Disse vibrasjonene resulterer i kollisjoner mellom atomer og molekyler, på denne måten overføres energien til hele legemer, systemer og deres omgivelser. [15] Overføring av varme mellom to sider av et legeme med temperaturdifferanse er illustrert i figuren ved siden av.



## b. Termisk konveksjon

Termisk konveksjon er definert som varmeoverføring gjennom transport av selve materialmediet. (Def. direkte oversatt fra engelsk [15]) Konveksjon forekommer i fluider, som for eksempel ulike væsker og gasser, hvor varmen følger enten tvungne eller frie strømmer. Ved tvungne strømmer menes dersom utenforstående faktorer påvirker fluidets strømningsmønster, som ved bruk av en vifte. Frie strømmer forekommer naturlig, eksempel på dette er strømmer i havet. For øvrig skjer det naturlige endringer i strømningsmønster ved temperaturforskjeller, da varme fører til at fluidet ekspanderer og stiger. Altså påvirker temperaturdifferanser strømninger, men strømninger påvirker også temperatur-differanser, da dette er varmens vei gjennom fluidet. I figuren ved siden av illustreres termisk konveksjon i vann plassert i en kjele med aktiv varmekilde i bunn.

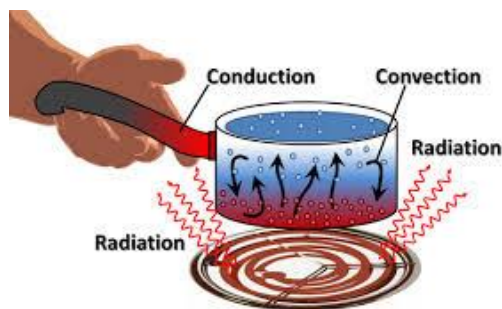


Figur 5.1.2: Termisk konveksjon i fluid i kjele med varmekilde i bunn. Egen illustrasjon.

I figuren ved siden av illustreres termisk konveksjon i vann plassert i en kjele med aktiv varmekilde i bunn.

## c. Termisk stråling

Termisk stråling er et fenomen som baseres på at det faktisk at alle legemer både sender ut og tar til seg elektromagnetisk stråling.[15] Denne strålingen består av energi og ved somme bølgelengder vil denne kunne oppfattes som varme av menneskekroppen. Disse bølgelengdene befinner seg i det infrarøde spekteret, derav navnet infrarødstråling. [17] Mengden varmeenergi et legeme tar opp via stråling avhenger av flere faktorer, blant annet areal, emisjonsfaktor og strålingskildens temperatur. Med temperaturer på over  $600^{\circ}\text{C}$  vil det være mulig å se strålingen med det blotte øyet i form av en glødende farge på strålingskilden. [15]



Figur 5.1.3: Varmeoverføringsmekanismer i praksis. [18]

Figuren ved siden av viser sammenhengene mellom forskjellige varmeoverføringsmekanismer i en kokeprosess basert på infrarødstråling. Et strålingselement varmes opp og sender ut varmestråling til nærliggende legemer. I dette tilfellet er det hovedsakelig kokekaret som absorberer den utstrålte energien, men noe treffer også hånden, samt går noe til omgivelsene. Varmen tas opp i kokekaret via konduksjon føres energien gjennom materialet og videre til vesken. I væskene foregår det termisk konveksjon hvor naturlige strømmer sørger for at all væsken når samme temperatur. Dersom personen i figuren hadde brukt en visp til å røre, ville konveksjonen også være påvirket av tvungne strømmer. Kokekarets håndtak får tilført energi både fra strålingselementet og konduksjon i

kasserollen. Dette blir så varmt at de påvirker hånden, det oppstår med andre ord en varmeutveksling mellom håndtak og hånd i form av konduksjon.

## 5.2 Varmekilder og systemer

Det eksisterer flere ulike former for varmekilder som kan brukes i et bord med intensjon om å holde mat varm over tid. Disse baseres på de ulike varmeoverføringsmekanismene: konduksjon, konveksjon og stråling. Felles for de alle er at de krever en form for energitilførsel for å fungere, det mest utbredte i dag er elektrisitet, men energikilder som gass og brensel stiller også sterkt. Noen av de mest aktuelle oppvarmingssystemene, for bruk i INDT, presenteres på kommende sider.

### 5.2.1 Vannbad



*Figur 5.2.1: Vannbad 1/1 GN. [19]*

Vannbad er en enkel form for varmholding av mat som ofte er brukt i større kjøkken som restauranter ol. Vann fylles i tanken som varmes opp av varmeelementer drevet av elektrisitet eller gass. Varmen ledes med konduksjon gjennom beholderen, for deretter å spre seg i vannet via konveksjon. Vannet holder en ønsket temperatur styrt via brytere. Beholdere med mat plasseres i vannet, varmen går via konduksjon gjennom beholderne og videre til maten som så holdes varm. Vannbadet muliggjør for jevn oppvarming av matbeholdere, fra fem forskjellige sider. Ved bruk av vannbad

forutsettes det at dette må varmes opp på forhånd. Tiden det tar avhenger av vannbadets størrelse og mengde vann og varmekildens effekt.

### 5.2.2 Varmeplater



*Figur 5.2.2: Varmeplate 1/1 GN. [20]*

De fleste varmeplater er elektriske og baseres på metalliske varmeelementer som varmer opp selve platen ved hjelp av konduksjon. De er godt egnet til varmhold av mat, samt enkle å bruke og vedlikeholde. Varmeoverføring fra plate til mat skjer kun via en flate, dermed åpnes muligheten for oppvarming direkte på ønsket serveringsservise. Somme plater er oppladbare og kan fungere trådløst. Denne funksjonen er praktisk men gjør de tidsbegrenset. Varmeplatene må varmes opp til angitt temperatur før bruk, da det bare er en flate som varmes opp er dette vesentlig raskere enn ved vannbad. Tid avhenger av størrelse og materiale, samt varmeelementenes effekt.

### 5.2.3 Varmelamper



Varmelamper kommer i flere ulike størrelser og fasonger. De baseres på strålingsprinsippet og sender ut infrarødstråling som varmer opp maten. Strålingen føres fra lampen og direkte ned i maten, som vist i figuren ved siden av. Dermed varmes maten opp oven ifra. Ved bruk av serviser som ligger i strålingsspekteret vil også dette varmes opp. Overført varmemengde avhenger

av lampestørrelse, avstand mellom lampe og mat, samt avgitt effekt. Det er ved bruk av slike lamper viktig å være bevisst på de forskjellige faktorene som spiller inn da en slik løsning raskt vil kunne svi matens overflate.

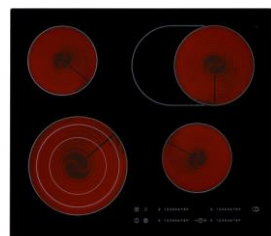
#### 5.2.4 Metalliske varmeelement



Figur 5.2.4:  
Bertos koke-  
topp  
E7P2B.[22]

De fleste varmeelementer i koketopper er metalliske. Prinsippet bak disse elementene baseres på at strøm ledes gjennom metallspoler, grunnet resistans i det gitte metallet vil den elektriske energien konvertere til varmeenergi. Som det fremgår av figuren ved siden av er spolene ofte dekket med en overflate av jern, noe som gjør toppen praktisk og enkel å bruke. Varmen generert i varmeelementet overføres til jernet som viderefører denne til kokekaret via konduksjon. Prinsippet er det samme som i varmeplater, men er mest utbredt i komfyrer med hensikt å tilberede mat. Ved en lav effekt vil elementene ha en oppvarmende funksjon, som gjør det mulig å holde mat varm over tid.

#### 5.2.5 Strålingselementer



Figur 5.2.5: Daglig  
Glasskeramisk topp.  
[23]

Strålingstopper har en stilren overflate i glasskeramikk som er enkel å vedlikeholde. Overflaten varmes opp av strålingselementer, vanligvis varmecoil eller halogenlamper. Disse sender ut infrarødstråling som lokalt varmer opp valgte kokesoner. Varmen føres videre til kokekaret ved hjelp av konduksjon. Teknologien i disse kan sammenlignes med varmelampen, men deres hovedformål er å tilberede mat. Også i denne toppen vil effekten avgjøre evne til å holde mat varm over tid.

#### 5.2.6 Gass



Figur 5.2.6:  
Miele platetopp  
CS 1021G. [24]

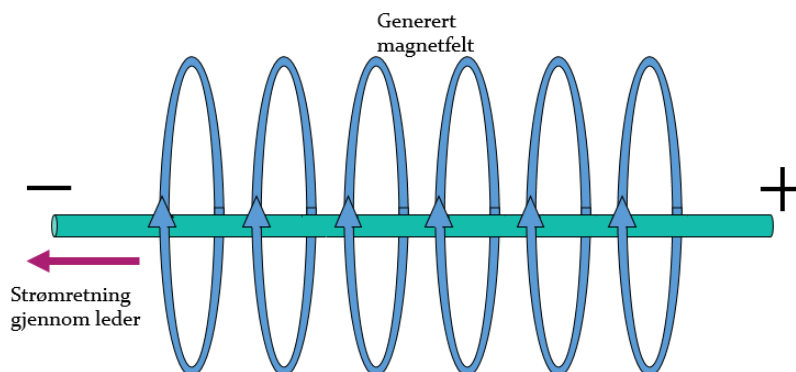
Gasstopper finnes i flere varianter, men felles er at de bruker brennbar gass som energikilde. Når gasstilførselen åpnes strømmer fluidet gjennom tilpassede kanaler og ut fra toppen. Gassen antennes enten via egen fyringsanordning eller via en starter på komfyrtoppen. Når flammen er antent avgir denne varme til kokekaret. Varmemengden justeres ved å endre tilført gassmengde. Flammene avgir energi i form av stråling, samt konveksjon. Gasstoppen er best egnet til matlaging, men kan også kjøres å lavere effekter.

Innad i produktkategoriene avhenger pris av produsent, leverandør, modell og størrelse. Mellom kategoriene baseres prisnivåene på teknologibruk, funksjonsrang, brukervennlighet etc. Kostnadsomfanget ved potensiell integrasjon av de ulike varmekildene i INDT avhenger av hvor

komplekse de ulike systemene er, samt utsalgspris på nødvendige teknologi og komponenter. Prisvurderinger gjort i kapittel 6 baseres på antagelser rundt disse faktorene.

### 5.3 Elektromagnetisk induksjon

Det eksisterer i dag en varmeløsning til på markedet som er egnet til bruk i INDT. Dette alternativet baseres ikke på de nevnte varmeoverføringsmekanismene, men anses likevel å være en stor konkurrent til produktene nevnt tidligere. Løsningen er brukervennlig og sikker, samt effektiv og integrerbar. Den åpner for nye muligheter som kan gi forbruker nytte- og merverdi. Prinsippet baseres på elektromagnetisk induksjon.



Figur 5.3.1: Magnetfelt generert av strøm sendt gjennom en leder. Egen illustrasjon.

#### 5.3.1 Induksjon - definisjon og bruksområder

Elektromagnetisk induksjon er et fysisk fenomen som knytter sammen elektrisitet og magnetisme. Dette skjer ved at et magnetfelt i endring fremkaller elektrisk spenning i omliggende leder, som igjen fører til elektrisk strøm i denne. Det samme skjer dersom lederen beveger seg i et stasjonert magnetfelt. Videre kan fenomenet sees på i omvendt rekkefølge, ved at elektrisk spenning i bevegelse, generer magnetfelt. Et eksempel på dette er at det rundt en leder som fører strøm vil dannes et magnetfelt. Som vist i figur 5.3.1. [25] De magnetiske feltlinjene går relativt uhindret gjennom luft og flere typer materialer, blant annet glass. [26]

Prinsippene bak induksjon kan i praksis benyttes i flere teknologiske løsninger og teknologien er i stadig utvikling. Dette har resultert i flere produkter og systemer som nytter seg av den for å tilby gode tekniske løsninger. I alt fra små elektriske komponenter som induktorer, til større komplekse systemer som generatorer og transformatorer benyttes det induksjon. Elektriske målingsystemer som amperemeter har også utviklet seg og gjennom såkalte *Clamp Meters* kan strøm i elektriske kretser og ledere måles uten direkte tilkobling. Disse fungerer via målinger av induert strøm fra magnetfeltet generert av strømmen gjennom lederen/kretsen. [27] Energooverføring via induksjon har åpnet muligheten for nye sveisemetoder, hvor arbeidsstykket varmes opp ved hjelp av energioverføringer i magnetfeltet. I ulike deler av forbrenningsmotorer og el-motorer har induksjon lenge vært i bruk. I senere tid har disse prinsippene blitt tatt til nye høyder, noe Tesla Motors demonstrerte da de lanserte sin Roadster med trefaset

induksjonsmotor.[28] Det brukes også induksjon i moderne mobilladere, noe som åpner muligheten for trådløslading. Teknologien gjør fremskritt i dagens utvikling.

Som det fremgår er bruksområdene for induksjon mange og mulighetene enorme. For denne oppgaven er bruk av induksjon i koketopper og varmeoverføringssystemer relevant. Av eksisterende løsninger for koketopper på kjøkkenet er induksjonstoppen er en av de som revolusjonerer dagens marked.



Figur 5.3.2: Fra venstre: Thermador freedom induction cooktop, Samsung induksjonsladestasjon, Clamp meter, Tesla Roadster. [29-32]

### 5.3.2 Induksjonsteknologi i koketopper

Induksjonstoppene er utseendemessig veldig like strålingstopper, men under overflaten lurer en mer kompleks teknologi. Ved induksjon går energien som brukes til å varme kokekaret rett fra kilden og over i karet ved hjelp av et elektrisk generert magnetfelt. Dette feltet dannes ved at det sendes vekselstrøm gjennom en induktor. Det finnes flere typer induktorer, men det vanlige i induksjonstopper er flate spoler med flere vindinger av kobbertråd eller lignende. Viklingene holdes adskilt slik at den elektriske strømmen holder seg på rett kurs. Årsaken til at det brukes spoler med flere viklinger er fordi hver vikling bidrar til å øke feltets magnetiske fluks. Altså økes induktiviteten og evnen til å overføre energi. Fluksen kan regnes som antall feltlinjer gjennom spolen. [33] Magnetfeltet som oppstår av spolen endrer stadig retning grunnet vekselstrømmen som føres gjennom systemet. Det skiftende magnetfeltet er årsaken til at kokekar raskt og enkelt kan varmes opp når de plasseres på toppen. Kriteriet er at de er laget av magnetisk materiale. Når slikt materiale plasseres inn i feltsonen vil det påvirke de magnetiske atomene. Disse magnetiseres i varierte retninger og vil av natur motsette seg endringene i systemet og den skiftende magnetiseringen. Motstanden de utøver fører til varme i kokekaret via vibrasjoner som oppstår i prosessen. Dette prinsippet kalles magnetisk hysteresis og er hovedårsaken til at induksjonstopper varmer som de gjør. På lik linje med at det induseres strøm i en leder dersom den befinner seg i et skiftende magnetfelt, induseres det også strømmer i kokekarets bunn. Disse kan sees på som virvelstrømmer som legger seg vinkelrett på feltlinjene. Elektronene i disse strømmene møter motstand i kokekarets materiale og basert på motstandsprinsippet brukt i metalliske varmeelementer skapes det også her varme.[34] Magnetfeltet generert av spolen strekker seg ut gjennom den glasskeramiske overflaten, da denne ikke er magnetisk vil den ikke bli påvirket av det elektromagnetiske systemet.

Prisklassene på induksjonstopper varierer mellom merker og modell. Det kan fås alt fra enkle versjoner som er konkurransedyktige i lavere prissjikt til modeller som skiller seg ut fra mengden og innehar funksjoner som gjør at prisnivået ligger godt over gjennomsnitt. Det antas at disse induksjonstoppene har en høyere oppfattet verdi enn flere av konkurrentene, noe som gjør at potensielle kjøpere i øvre prissjikt utøver høyere betalingsvillighet.

Fordelene ved bruk av induksjon i koketopper er mange, under presenteres noen av disse.

- Platetoppen blir ikke oppvarmet av induksjonselementene, termiske endringer i denne skjer via varmeoverføring fra kokekar. Fordelene med dette er at toppen ikke blir like varm som alternativer basert på andre varmekilder og at kokekarene opplever en raskere oppvarming.
- Induksjonssystemet har en rask reaksjonstid og reagerer effektivt på kommandoer vedrørende effekt- og temperaturendringer. Dette er positivt for forbruker da ønskede endringer trer i kraft umiddelbart.
- Induksjonselementene reagerer på magnetismen i kokekarene, dette medfører at energi avgitt fra disse kun går med på å varme opp kokekar og ikke omgivelsene rundt. Av varmen generert i kokekar går 90% direkte til deres innhold. [35]
- Energooverføringen stanser idet kokekaret fjernes fra toppen selv om platen fremdeles er på.

De nevnte fordelene har alle en energibesparende effekt. Grunnet dette vil teknologien kunne være mer kostnadseffektiv enn konkurrentene.

## 6. TEKNOLOGIVALG OG SYSTEMSPESIFISERING

For utviklingsarbeidet er det viktig å vurdere tilgjengelige alternative løsninger, slik at sluttresultatet blir optimalt basert på de kriterier som er stilt. I dette kapitlet vil valg av teknologiske systemer og løsninger bestemmes. Det vil også legges til grunne systemspesifiseringer for integrasjon og videre arbeid.

### 6.1 Systemkrav og seleksjon

Varmeoverføringssystemet i INDT skal være enkelt og effektivt, samt være funksjonelt og inneha et stilrent design. Det skal være brukervennlig og HMS-sikkert med tanke på bruksområder. Systemene nevnt i forrige kapittel stiller seg ulikt til disse kriteriene og ikke alle er egnet i dette produktet.

Varmesystemene diskutert tidligere vil vurderes basert på kriteriene som fremkommer av tabellen under:

Tabell 6.1.1: Tabell over kriterier og deres vektning for videre seleksjon av systemer til INDT.





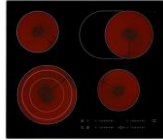

Kriterier:	Prosent vektning:	Beskrivelse:
Prisklasse	9%	Pris på produkter. I dette tilfellet vil prisen mellom produkttypene vurderes i forhold til hverandre ved helhetlig integrasjon i INDT og ikke basert på kostnad per enkelt enhet.
Brukervennlighet	13%	Produktets evne til å være enkelt og effektivt for forbruker å lære, huske og bruke. Det skal gi god brukeropplevelse og ikke krever mye vedlikehold.
HMS	14%	Produktets evne til å tilfredsstille krav om HMS. Eksempelvis brannfare, fare for brannskader, stråling etc.
Varmholding	13%	Evne til å holde mat varm over tid.
Effektivitet	12%	Produktets evne til rask oppvarming og temperaturlpassing ved temperaturreguleringer.
Kompleksitet	12%	Baseres på oppbygging av produkt og tekniske systemer, samt hvor avanserte disse er.
Integrasjonsmuligheter	14%	Evne systemet har til å tilpasses og integreres i INDTs bordplate.
Overflatedesign	13%	Produktets design skal i sin helhet være elegant og stilrent.



Prisklassene vurderes basert på antagelser diskutert i forrige kapittel, utover dette vil produktene også vurderes etter evne til å holde mat varm over tid, samt helse og sikkerhet. Kompleksitet i forhold til hvor avanserte systemene er å arbeide med vurderes som et eget kriterium, selv om hovedvekten ligger på mulighetene for integrasjon i INDTs bordplate. Overflatedesign er en del av vurderingen da det er viktig at utseende kan oppfylle krav om å være elegant og stilrent.

I tabellen nedenfor vil de ulike kvalitetene bli vurdert på en poengskala(P) fra 1-6, hvor 6 representerer gode evner.

Tabell 6.1.2: Pughs seleksjonsmatrise for ulike varmesystemer for bruk i INDT.

System/ Kriterier												
	P	%xP	P	%xP	P	%xP	P	%xP	P	%xP	P	%xP
Prisklasse	5	0,45	5	0,45	4	0,36	4	0,36	3	0,27	2	0,18
Bruker- vennlighet	2	0,26	5	0,65	4	0,52	5	0,65	5	0,65	2	0,26
HMS	3	0,42	4	0,56	3	0,42	4	0,56	4	0,56	1	0,14
Varmholding	5	0,65	4	0,52	2	0,26	4	0,52	5	0,65	4	0,52
Effektivitet	2	0,24	2	0,24	3	0,36	2	0,36	5	0,60	6	0,60
Kompleksitet	2	0,24	5	0,60	5	0,60	4	0,48	4	0,48	2	0,24
Integrasjon	2	0,28	5	0,70	1	0,14	2	0,28	5	0,70	2	0,28
Overflate- design	1	0,13	6	0,78	1	0,13	2	0,26	6	0,78	1	0,13
<b>Totalt:</b>		<b>2,67</b>		<b>4,5</b>		<b>2,79</b>		<b>3,47</b>		<b>4,69</b>		<b>2,35</b>




Resultater av seleksjonsmatrise:

- Vannbad og gasstopp skiller seg fra de andre løsningene på områdene brukervennlighet, overflatedesign og integrasjonsmuligheter. Integrasjon av slike systemer avhenger av plass til vann og gass. Det vil være nødvendig med skreddersydde systemer som kan føre fluidene jevnt utover på bordplaten. Videre krever slike systemer for- og etterarbeid i form av fylling og tømning av vann eller skiftning av gasstank. En gassløsning vil i tillegg innebære bruk av åpen flamme, noe som ikke tilfredsstillers HMS-krav. Basert på disse vurderingene er løsningene ikke aktuelle for INDT.
- Varmelampen ekskluderes da denne ikke er særlig egnet til varmhoding nedenfra og opp.
- Metalliske varmeelement og strålingselementer stiller ganske likt, men effekt og overflatedesign er avgjørende i dette tilfellet og dermed kommer strålingselementer best ut.
- Varmeplaten stiller godt, men slike plater forutsetter at hele systemet blir likt oppvarmet, med mindre det deles opp i moduler.
- Strålingselementene anses som mest effektive, de tilbyr egne varmesoner og har enkle overflatedesign.

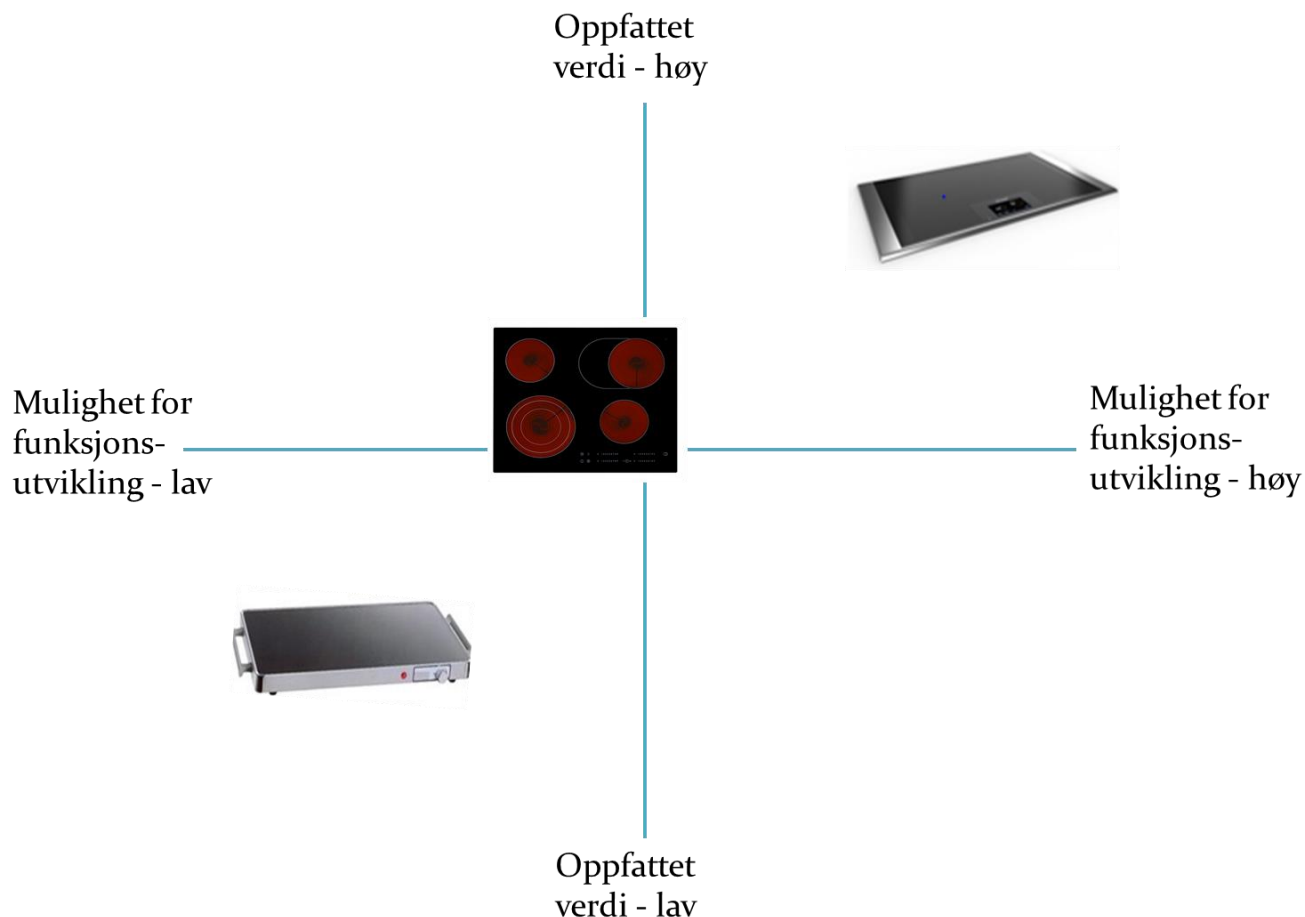
Som nevnt tidligere eksisterer det enda en form for varmekilde som kan brukes i INDT, nemlig induksjonsplaten. I tabellen under vises vekten av denne teknologien i seleksjonen.

Tabell 6.1.3: Vekting av induksjonsteknologi

								
Kriterier	Pris-klasse	Bruker-vennlighet	HMS	Varm-holding	Effektivitet	Kompleksitet	Integrasjon	Overflate-design
<b>Poeng</b>	2	6	5	5	6	4	6	6
<b>%xP</b>	0,18	0,78	0,70	0,65	0,72	0,48	0,84	0,78
<b>Totalt:</b>	<b>5,13</b>							

Induksjonssystemet kommer best ut basert på seleksjonen over og er dermed mest aktuell å bruke i spisebordkonseptet INDT. Det er mange faktorer som spiller inn ved valg av system. I tillegg til kriteriene over er det også to til som skal vurderes. Disse er potensialet for funksjonsutvikling, samt oppfattet verdi. Disse faktorene anses som viktig da de både gjenspeiler muligheter for å ta selve INDT til nye høyder etter hvert som teknologiske fremskritt blir gjort og hvordan forbrukere oppfatter produktets verdi. For et produkt som INDT med mål om å nå ut til et eksklusivt og luksuriøst marked, er det viktig å velge løsninger som også tilfredsstillers dette kravet.

Figuren under illustrerer et *Gap-Map* som viser forholdet mellom de tre høyest rankede systemene fra seleksjonen over, i forhold til de to gitte kriteriene som nå vurderes.



*Figur 6.1.1: Gap-Map som illustrerer forholdet mellom varmesystemer og vurderingskriterier.*

Som det fremgår av figuren scorer induksjonssystemet best også her. Teknologien er moderne og er på det kommersielle markedet i ferd med å ta over for strålings- og varmeelementer. Induksjonsteknologien åpner for flere særegne funksjonsmuligheter ved bruk i INDT og har potensiale til å tilfredsstille ulike ønsker for platetoppen.

## 6.2 Kommersielle induksjonstopper

Induksjonsteknologi som brukes til oppvarming av mat er i hovedsak sentrert rundt platetopper og komfyrer. Med alt fra omfattende systemer til enkle enheter finnes det flere muligheter for tilpassing av eksisterende teknologi i INDT. En kommersiell versjon av bordet vil avhenge av moderne teknologiske løsninger og systemer som tilfredsstiller funksjonene og kravene som etterspørres i markedssegmentene som ønskes å nå. Ved tilpassing av kommersiell teknologi i bordet er det dermed områder som vektlegges sterkt ved valg av system, disse er design- og utformingsmuligheter, integrasjons- og tilpasningsmuligheter, samt intelligens og styringsoppsett, med muligheter for endring av dette.

Det eksisterer bærbar plater med en eller to kokesoner, de kommer i forskjellige former og design, og fra forskjellige produsenter. I kjøkkeninnredningen er det mer vanlig å finne integrerte koketopper eller frittstående komfyrer. I moderne tid ser man mest av topper med fire kokesoner, dette er praktisk og gir forbruker mulighet til å tilberede flere enheter samtidig. Blant platene tilgjengelig på dagens marked er det store variasjoner i design og utforming, det blir også mer og mer moderne med opptil flere kokesoner i ulike varianter. Med et design- og funksjonsfokusert marked er mulighetene mange for produsenter innenfor dette området. Stadig nye variasjoner blir lansert med nye og velutviklede design og oppsett, tilpasset et hvert kjøkken og enhver stil. Til tross for et bredt spekter av visuelle og funksjonelle design er teknologien mye den samme med induksjonselementene plassert på undersiden av platetoppen tilpasset de forskjellige kokesonene. Figuren under viser tre ulike varianter av platetopper på dagens marked.



Figur 6.2.1: 1. GE Monogram Electronic Induction Cooktop, 2. AEG MaxiSense, 3. Thermador PowerBoost. [36]

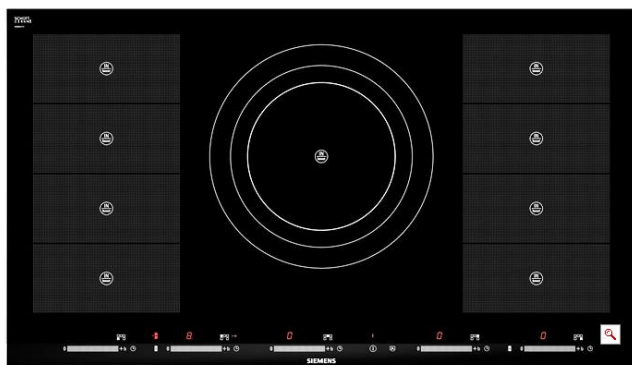
Mulighetene for integrasjon av eksisterende induksjonssystemer i INDT er store med riktig tilpassing av de elektroniske komponentene som utgjør systemet. Da INDT ikke skal være en matlagingsplattform, men en serveringsstasjon er det imidlertid viktig at oppsettet skiller seg fra vanlige platetopper. Både av funksjonelle årsaker og forbrukers oppfattelse av produktet.

På teknologifronten er det noen produsenter som har tatt steget videre og utviklet topper uten distinkte og avgrensede kokesoner. Blant disse er *Siemens* som har lansert modellene *FlexInduction* og *FreeInduction*. Disse platekonseptene åpner døren inn til en helt ny matlagingsopplevelse, hvor kokesonene blir visket ut og det blir gitt rom for frihet til å bevege

seg rundt på platen i selve matlagingsprosessen. En slik frihet vil i stor grad kunne skille INDTs bordplate fra de tradisjonelle koketoppene. I tillegg vil en slik teknologi åpne for muligheten til å ha et flertall bruksenheter på platen samtidig, samt muligheten til å plassere disse etter eget ønske.

### 6.2.1 Siemens FlexInduction

*FlexInduction*-toppene tilbyr mer fleksible kokemuligheter enn de vanlig koketoppene. I figuren under fremgår en illustrasjon av modellen *EH975S217E*, denne tilbyr et spekter bestående av en standard og to *vario*-induksjon kokesoner. Disse fremgår av illustrasjonen som rektangulære områder. Teknologien bak *vario*-prinsippet gjør det mulig å plassere kokekarene hvor som helst



Figur 6.2.2: Siemens Flex Induction, EH975S217E. [37]

innenfor sonen. Platen kan håndtere totalt fem kokeenheter omgangen, en i midten og to på hver av sidene. Disse styres via så kalte «touch-slide» brytere. *Vario*-prinsippet er blitt brukt i flere av *Siemens* modeller, både med og uten kombinasjon av standardsoner. Denne toppen innehar egenskaper som er egnede i INDT, men selv om *vario*-sonene åpner for bevegelsesfrihet på platen er de allikevel til en viss grad avgrenset. Det settes også begrensinger på hvor mange enheter det er mulig å bruke på platen samtidig.

### 6.2.2 Siemens FreeInduction

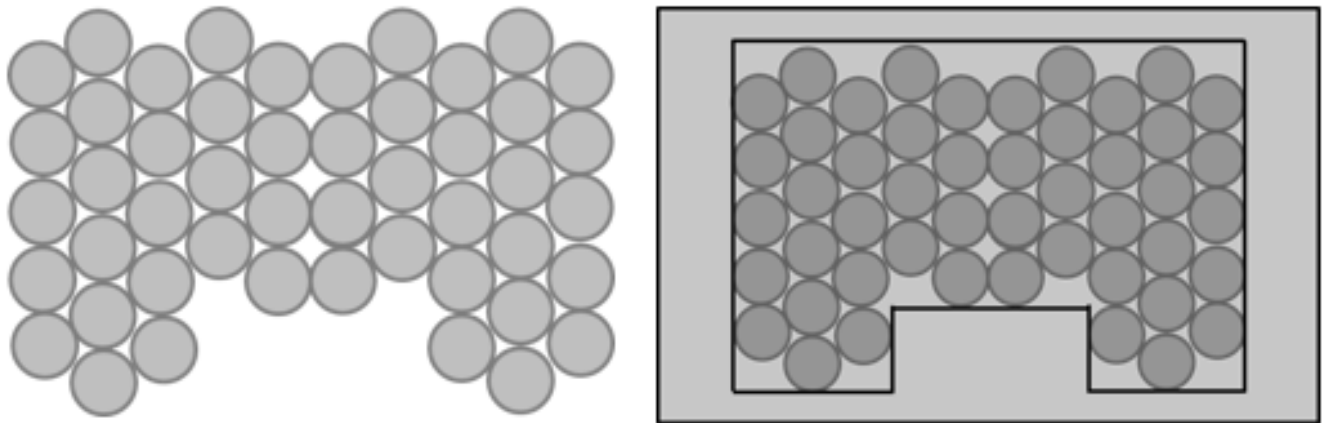


Figur 6.2.3: Siemens FreeInduction koketopp. [37]

*Siemens* har også lansert en platetopp som bygger på bevegelsesfriheten til *Vario*, men som tar denne til nye høyder. *FreeInduction*-toppen er, blant eksisterende plater, den som scorer høyest i grad av frihet og fleksibilitet. Platen gir forbruker fritt spillerom og de distinkte kokesonene er fjernet. På bakgrunn av dette er overflaten enkel og elegant, noe som egner seg til bruk i INDT. Det vil være mulig å bruke det samme teknologiske prinsippet og dermed fremstille et stilrent, eget og brukervennlig produkt med gode muligheter for funksjonsutvikling.

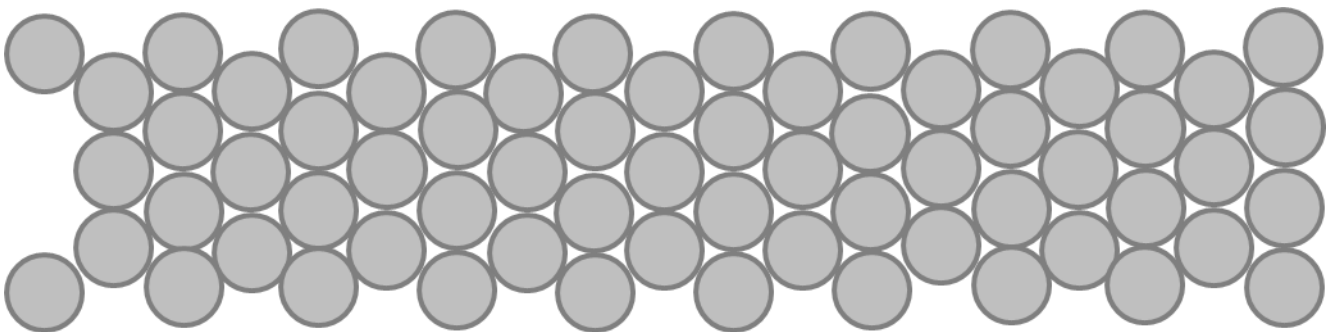
## Teknologisk oppbygging og integrasjonsmuligheter

Vanligvis innehar hver kokesone en tilhørende induktor på størrelse med sonen, dette oppsettet tilfredsstillers ikke *FreeInduction*-prinsippet. Dette grunnet at kokekar i forskjellige fasonger og størrelser skal kunne fungere hvor som helst på platens effektive areal. *Siemens* oppbygging består av en innovativ mikromodulteknikk som implementerer flere induksjonsmoduler i systemet. Totalt består systemet av 48 mikroinduktorer, festet på skinner, som er spredd under platens 520X812 mm overflate. Med forbehold om at induktorene og tilhørende elektronikk er plassert i en noe mindre form under visuell flate, effektivt areal tilsvarer størrelsen på denne. [37, 38] I figuren under illustreres oppsett av mikroinduktorer og arealet disse befinner seg under.



Figur 6.2.4: Mikromoduloppsett i Siemens *FreeInduction*, samt effektivt areal. Egen illustrasjon

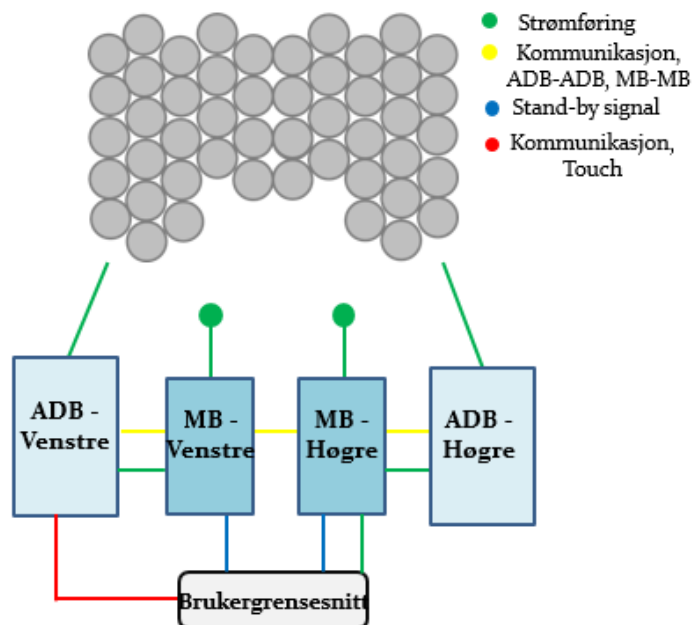
Ved bruk av et mikromodulsystem som dette vil mulighetene være tilstede for å endre oppsettet, slik at det kan tilpasses og integreres i INDTs bordplate. Oppsettet vil avhenge av størrelse på moduler og arealet de skal integreres i. Illustrasjon av eksempeloppsett fremgår av figuren under.



Figur 6.2.5: Mulig oppsett for mikroinduktorer i INDT. Egen illustrasjon.

Elektronikken som ligger til grunne for moduloppsettet består av fire kretskort, to hovedkort og to sekundærkort. Hvert par har ansvar for hver sin side av platen, bestående av 24 moduler.

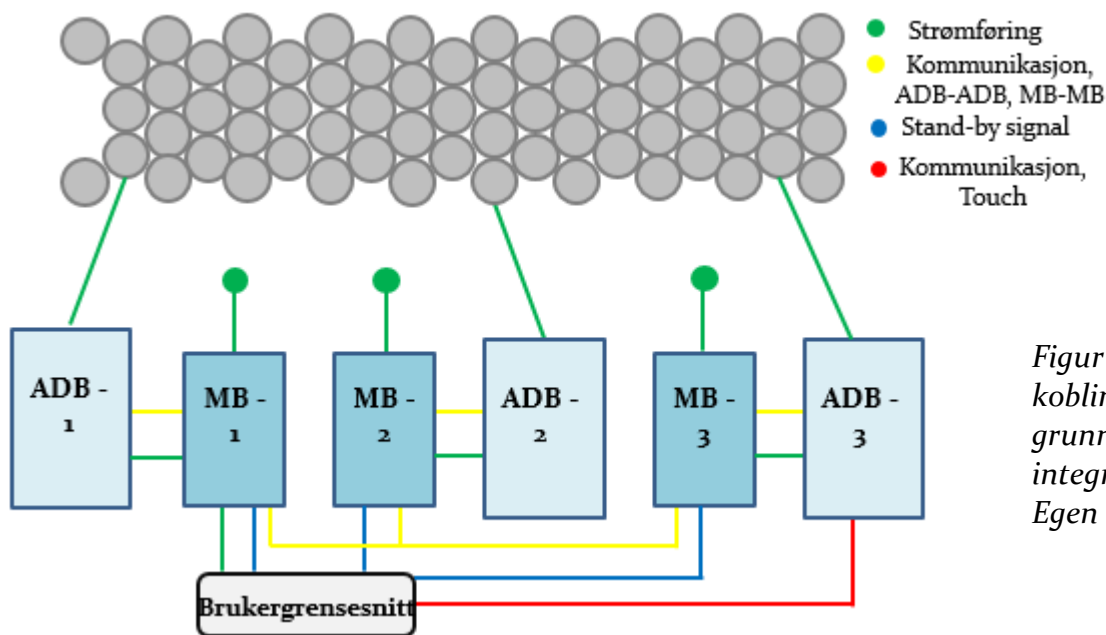
Hovedstrømmen føres direkte inn til hvert hovedkort som så distribuerer denne videre til sekundærkortene, som er koblet til mikroinduktorene. Høgre hovedkort distribuerer også strøm til brukergrensesnittet/displayet.



Figur 6.2.6: Koblingsskjema over grunnelektronikk i Siemens FreeInduction. Egen illustrasjon.

Styringsgrensesnittet kommuniserer med begge hovedkort, samt venstre sekundærkort. Hovedkortene deler nyttig informasjon med hverandre, mens sekundærkortene kun kommuniserer med tilhørende hovedkort. Figuren ved siden av illustrerer grunnkoblingene i det elektriske systemet.

Det grunnleggende oppsettet i denne platen er enkelt dersom man har en viss kunnskap om elektronikk. Med bare fire elementære kretskort å ta hensyn til, samt styringskort er potensialet for utviding av systemet stort. Figuren under illustrerer et alternativt oppsett for bruk i INDT. I denne er det lagt til ekstra hoved- og sekundærkort som tilfredsstillers at hvert enkelt par ikke har ansvar for mer enn maks 24 induktormoduler.

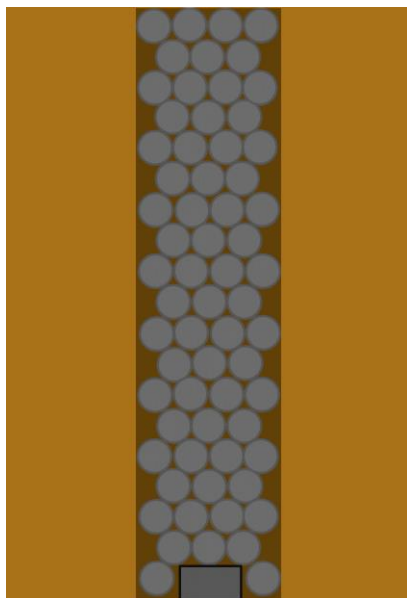


Figur 6.2.7: Mulig koblingsskjema over grunnelektronikk ved integrasjon i INDT. Egen illustrasjon.

Antall mikroinduktorer og kretskort som kreves for å få dette systemet til å fungere i praksis avhenger av størrelse på bordplate. Videre er det elektroniske systemet til *Siemens FreeInduction*, forklart på forrige side mer avansert enn det som fremgår av denne rapporten. Hvert kretskort består av en rekke mindre elektroniske komponenter som hver og en gjør sin jobb for at platen skal fungere med de funksjoner den skal inneha.

En annen viktig opplysning er at hvert enkelt hovedkort ikke klarer å drive mer en to enheter samtidig, altså vil det i platen til *Siemens* ikke være mulig å drifte mer enn fire kokekar samtidig. Disse må være plassert på hver sin side av platen slik at de ikke kommer i konflikt med moduler tilknyttet motsatt hovedkort. Årsaken til at hvert par med hoved- og sekundærkort ikke kan drive mer enn to enheter er at hovedkortene ikke har mer enn to kreftvekselrettere/invertere. For øvrig er det mulig å plassere enheter i senter av platen, men da har den ikke mulighet til å drive mer enn et totalt antall på tre enheter. Dette må tas hensyn til ved eventuell integrasjon av et slikt system i INDT, som skal kunne drive flere enheter. Det må altså integreres flere invertere i hovedkortene som sammen med sekundærkortene kan drive flere enheter om gangen.

Dersom oppsettet vist på forrige side, eller et lignende, fungerer i praksis vil det være mulig å plassere serveringsenheter overalt på induksjonsplaten. Forbruker vil ha frihet til å kunne flytte på enhetene til enhver tid, samt benytte seg av valgfrie former og størrelser på disse.



Figur 6.2.8: Mulig oppsett av mikro-moduler i bordplate. Egen illustrasjon.

Platen er utstyrt med et eget system som registrerer når magnetisk metall er plassert over de mikroinduktorene. Systemet regner seg frem til hvor mange prosent av induktoren som er dekket. Når flere induktorer i samme område er dekket vil systemet kartlegge bruksområdet og aktivere gjeldende induktore som en induksjonskilde. Dermed unngår man at moduler med lav prosentandel benyttes når andre er tilgjengelige og man får optimal bruk av induktorer.

Systemet henger sammen med sekundærkortene, så bevegelse og plassering av panner oppfattes av disse. Sekundærkortene korttidslagrer informasjon vedrørende enhetsplassering og tilhørende effektkrav. På denne måten vil platen gjenkjenne enhetene og deres tilhørende effekt/temperatur-innstillinger dersom de blir flyttet på slik at temperaturen følger med. Dette gjør det også mulig å løfte på enhetene uten å måtte stille inn effekt på nytt. Informasjonen vises på brukergrensesnittet, som vil diskuteres nærmere i kapittel 6.3.

*Siemens FreeInduction* kan på mange måter legge grunnlaget for et videre arbeid med å utvikle en teknologi tilrettelagt for bruk i INDT. Basert på dette anses en slik systemoppbygging per i dag å være det mest relevante alternativet å studere videre i en eventuell utvikling av et kommersielt INDT.



Som gitt er det i denne oppgaven ikke fokus på å ferdigstille et markedsklart produkt, men en prototype som kan brukes ved videre utvikling av prosjekt og konsept. I denne sammenheng er det satt tids- og økonomiske begrensninger som tilsynelatende ikke gjør det mulig å test-integrere teknologien i *FreeInduction*, da en slik plate koster rundt 42.000NOK og vil kreve omfattende tidsbruk å integrere. [37] Dermed er det nødvendig å se på andre løsninger for direkte integrasjon i INDT.

Det vil være mulig å integrere induksjonsmoduler fra platetopper med mindre teknologisk- og elektronisk omfang. Som nevnt, eksisterer det kommersielle toppe bestående av bare et induksjonselement, med tilhørende elektronisk system. Disse ligger på et aktuelt prisnivå for prosjektet og anses dermed å være et fornuftig valg for integrasjon i denne omgang.

På det norske markedet er det en modell som i hovedsak går igjen i de fleste butikker og som er lett tilgjengelig. Dette er Wilfa Indux ICP-2000.

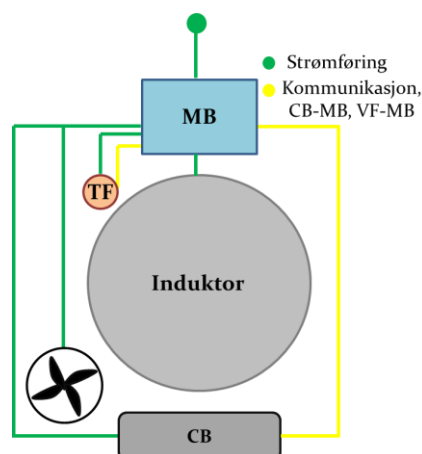
### 6.2.3 Wilfa Indux ICP-2000



Figur 6.2.9: Wilfa Indux ICP-2000. [28]

Indux ICP-2000 er en enkel induksjonsplate med pris på rundt 599NOK hos de fleste norske forhandlere. Platen er lett tilgjengelig for prosjektet og anses som svært aktuell for integrasjon i en konsept-test av INDT. Den kan kobles til vanlige strømuttak og yter en effekt på opptil 2000W. Funksjonsrangen er smal, men platen er brukervennlig å tilbyr forbruker å både justere tilført effekt og ønsket temperatur. Den innehar også en tidtaker som skrur av platen etter ønsket tidsintervall. [39]

### Teknologisk oppbygging og integrasjonsmuligheter



Figur 6.2.10: Kobleingsskjema for grunnelektronikk i ICP-2000. Egen illustrasjon.

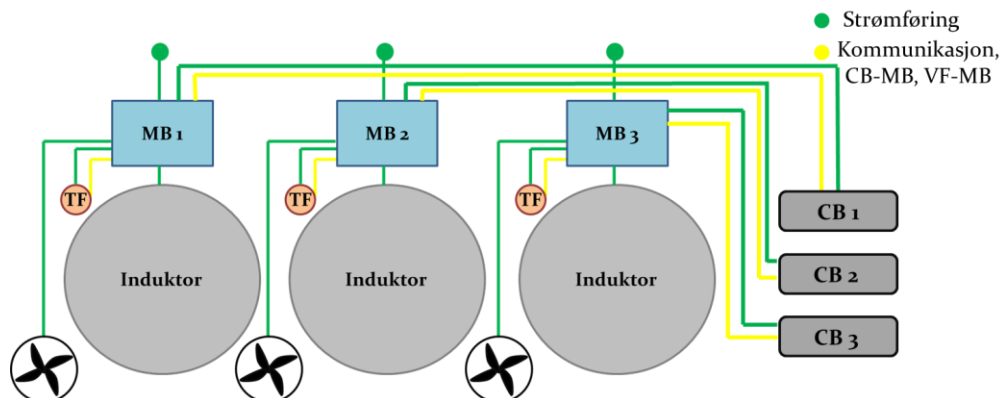
Platen har et enkelt elektronisk oppsett bestående av to kretskort, et hovedkort og et styringskort med tilhørende brukergrensesnitt. Hovedkomponentene i systemet består av disse, samt en induktor, en vifte og en temperaturføler. Hovedkortet tar imot tilført strøm fra strømkilde og distribuerer denne til de fire andre hovedkomponentene. Videre kommuniserer det med styrekort og brukergrensesnitt, det tar også imot og bearbeider informasjon sendt fra temperaturføleren. Figur 6.2.10 illustrerer koblingsskjema for grunnelektronikk i plate.

Oppsettet er i hovedsak lett integrerbart i INDT. Ved å sette sammen flere slike systemer vil man kunne utvikle en avlang

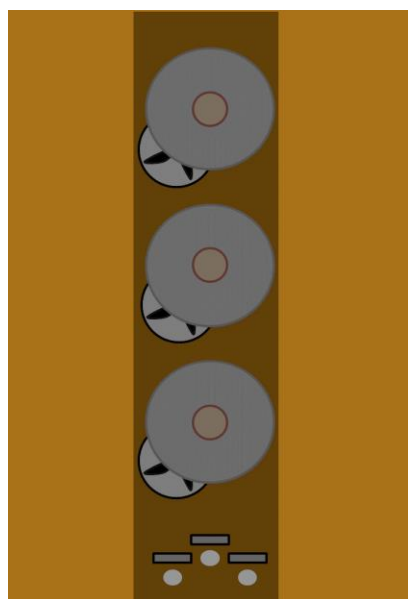


platetopp som innehar varmfunksjon. Platen i helhet kan ses på som en modulmodell som inneholder flere separate induksjonsmoduler. Disse induksjonsmodulene vil ikke ha mulighet til å samkjøre seg, som i *Siemens FreeInduction*, altså arbeider hvert enkelt modulsystem separat. Hver induktor har kapasitet til å drive og registrere en enhet omgangen. Dermed avhenger maksimalt antall bruksenheter av antall systemer integrert i platen. Enhetene registreres induktor, temperatur eller effekt justeres på styringspanelet.

Hvert system har egne styringspanel, opprettelse av fellesstyringspanel for alle moduler krever omfattende endringer og utvikling av et nytt og mer avansert felles styrekort. Alternativt oppsett og koblingsskjema for grunnelektronikk i et system med tre moduler illustreres i figuren under.



Figur 6.2.11: Mulig koblingsskjema over grunnelektronikk ved integrasjon av ICP-2000 i INDT. Egen illustrasjon.

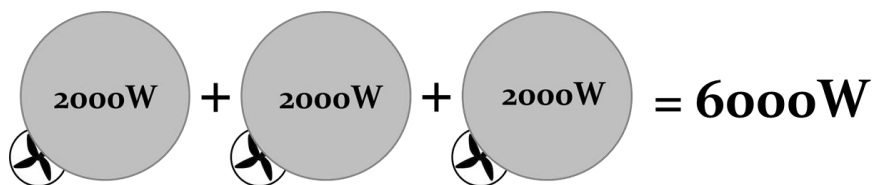


Figur 6.2.12: Modulloppsett integrert i bordplate. Egen illustrasjon.

Figuren ved siden av viser et alternativt oppsett ved direkte integrasjon av systemet i platen. Hvor alle styrekort er flyttet til en ende av platen og fungerer som en felles plattform for styringspanelene. På denne måten skapes en oppfatning av et sentralt og sammenhengende brukergrensesnitt.

Selv om bruk av et slikt system og oppsett ikke tilbyr alle de funksjoner som er ønskelig at INDT skal inneha, er det allikevel et meget godt alternativ til bruk i en konsept-test. Dermed vil dette arbeides videre med og utvikles i løpet av arbeidet med dette prosjektet.

## Elektriske brukergrenser



Figur 6.2.13: Samlet effekt av tre ICP-2000 elementer. Egen illustrasjon.

Det norske spenningsnettet leverer i gjennomsnitt 230V til husholdninger. Denne spenningen går med til å drive strøm gjennom de ulike elektriske kretsene og kursene i huset. De fleste stikkontakter i norske hus innehar vanligvis en sikring på 16A. På kjøkkenet er det ikke uvanlig å finne kontakter med sikring på opptil 25A som er ment for komfyrer o.l. [40]

Hver enkelt plate kan drives på opptil 2000W, noe som utgjør en nødvendig tilført effekt på 6000W dersom alle elementene kjøres på fullt samtidig. Ved et slikt tilfelle må kursen inn til bordet være langt over vanlig husholdningskurs på 16A.

I beregningene under fremgår det hvilken sikringskurs som er nødvendig for å kunne drive alle tre elementene samtidig på 2000W hver. (Formlene er hentet fra[13])

$$P = U \times I \quad [6.2.1]$$

$$I = P/U \quad [6.2.1^*]$$

$$I = 6000W/230V = 26A$$

Som man ser vil systemet være avhengig av en kurs på 26A for å kunne drive elementene i gitt tilfelle. INDTs bruksområde er ikke ment for slike effekter, da disse blir brukt til steking og koking på betraktelig høyere temperaturer enn bordet skal kunne holde.

Av beregningene under fremgår maksimalt effekt mulig på tre plater samtidig i husholdningskurs på 16A.

$$P_{per\ element} = (U \times I)/3$$

$$\begin{aligned} P_{per\ element} &= (230V \times 16A)/3 = 1226,6W \\ &= 1,2kW \end{aligned}$$

Dette vil være mer enn nok effekt for å tilfredsstillere platens bruksområde.

Da det vil kreve omfattende arbeid å legge inn styreregulatorer i eksisterende teknologi må det tas hensyn til at platene ikke kjøres på mer enn totalt 3,6kW samtidig. Dersom denne grensen overskrides vil sikringen slå ut.

a. Kartlegging av komponenter i Wilfa Indux ICP-2000

For å gjøres bedre kjent med platen og dens teknologi gjennomføres det en utredning bestående av demontering av enhet, samt kartlegging av dens komponenter. Dette er essensielt for videre integrering av systemet i INDT.

I tabellen under presenteres større komponenter i platen, mindre elektriske komponenter blir ikke gjort rede for i denne da direkte integrering vil bygge på ferdigmonterte elektriske systemer.

Tabell 6.2.1: Oversikt over forskjellige komponenter i ICP-2000. Tabellen fortsetter på neste side.

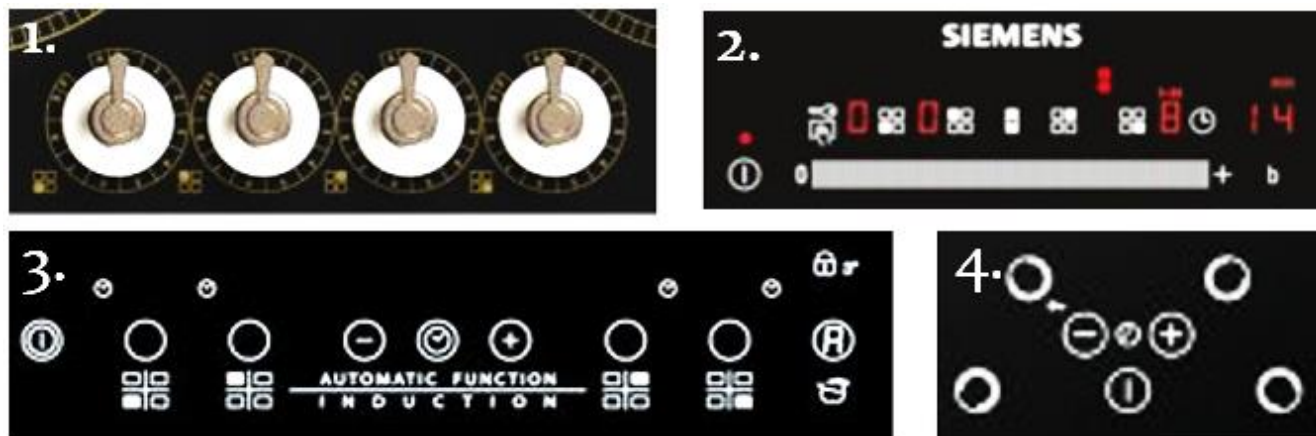
<b>Toppdeksel</b>	
	Denne delen består av en glasskeramisk-overflate. Det er her kokekarene plasseres ved bruk. Platen er ca. 4mm tykk og skrudd fast i bunndekselet som illustreres i slutten av tabellen. Overflaten dekker induktoren og vifte, samt hovedkort og tilhørende elektroniske komponenter.
<b>Styringsdeksel</b>	
	På oversiden av platen sitter et styringsdeksel i plast. Dette innehar to knapper som kommuniserer med elektronikken under, samt et dreiehjul for å justere temperatur, effekt og tid. Det er en åpning i gjennomsiktig plast som viser verdiene i et digitalt display.
<b>Styringskort</b>	
	Styringskortet er et elektronisk koplingskort som har ansvaret for å kommunisere både med forbruker og hovedkort. Det innehar blant annet digitalt display, sensorer til knapper og registrering av rotasjon på dreiehjul.
<b>Hovedkort</b>	
	Hovedkortet er det andre elektroniske koplingskortet som befinner seg i Wilfa-platen. Dette består av flere mindre elektroniske komponenter som sammen arbeider for å drive platen etter forbrukers ønske.

<b>Kjølingsrille</b>	
	Kjølingsrillen dekker deler av hovedkortet og befinner seg nær kjøleviften. Den består av flere overflater, i form av riller. Basert på prinsipper fra fysikken vil disse overflatene ha evner til hurtig nedkjøling da overflatearealet øker. Denne enheten bidrar altså til å kjøle ned elektronikken.
<b>Vifte</b>	
	Det er integrert en kjølevifte i Wilfa som hele tiden arbeider med å kjøle ned elektronikk og induksjons-element. Å holde temperaturen nede på innsiden av platen er viktig for å ikke risikere at komponenter blir overopphetet og ødelagt.
<b>Induktor</b>	
	Induksjonselementet består i hovedsak av en spole med koppertråd. Elektrisitet ledet gjennom denne genererer et magnetfeltet som platen er avhengig av for å fungere. I midten av induktoren er det plassert en temperaturføler som registrerer platens temperatur.
<b>Temperaturføler</b>	
	Temperaturføler består av en NTC-motstand. Motstandsverdien i en slik resistans synker når temperaturen øker. Hovedkortet analyserer disse verdiene og kan basert på dette finne platens overflatetemperatur.
<b>Bunnform</b>	
	Bunnformen er formen hvor grunnlaget for Wilfa blir lagt. Alle de separate komponentene er skrudd fast i denne og sammen danner de helheten av platen.

### 6.3 Kommersielle styringssystemer og oppsett

Blant markedets platetopper finner man flere ulike brukergrensesnitt og styringsenheter. Funksjonene som tilbys er i stor grad de samme, men utforming og design varierer mellom produktene.

I figuren under illustreres et utvalg styringspaneler fra fire ulike platetopper integrert i kjøkkeninnredninger.



Figur 6.3.1: 1. Gorenje IC634CLI, 2. Siemens EH651FV17E, 3. Whirlpool ACM 804/BAN -, 4. Gorenje IT612AC [41-43]

Felles for panelene over er at de lar forbruker styre hver enkelt kokesone for seg selv, samt at de er enkle og intuitive. Videre forklaringer følger under:

- Nummer 1 og 2 skiller seg ut med distinkte utforminger og styringsmekanismer. Hvor nr. 1. bruker fysiske brytere som må vris på for hver enkelt sone, mens nr. 2. lar forbruker først velge sone for deretter å justere effekt med en slide-bryter.
- Nummer 4. og 5. bruker samme prinsippet som sist nevnte, men forbruker velger styrke med pluss/minus-tastene.
- *Whirlpool* og *Siemens* stiller med tidtakerfunksjon.
- Felles for de 2-4 er berøringspanel og låsefunksjon på effekt justeringene.

Da disse panelene ikke har evne til å samhandle effektivt med en intelligent varmekilde er de ikke aktuelle for bruk i en kommersiell versjon av INDT. På prototype-stadiet vil slike typer oppsett derimot kunne benyttes for å styre separate induktorer.

#### 6.3.1 Siemens FreeInduction - Brukergrensesnitt

Teknologien i *Siemens FreeInduction* er som nevnt bygget opp av mikromoduler som åpner for en sonefri koketopp, noe som krever et mer omfattende brukergrensesnitt. Brukergrensesnittet i denne platen, altså området hvor forbruker kommuniserer med platen, er bygd opp på en intuitiv og brukervennlig måte. Det er romslig og viser hver enkelt enhet basert på form, størrelse

og plassering, med tilhørende effektvalg og tidtaker. For å styre en enhet trykker man på illustrasjonen av denne på skjermen, det vil da bli mulig å justere innstillinger. Touch-skjermen vises i figuren under.



Figur 6.3.2: Siemens FreeInduction berøringspanel. [37]

Med en skjerm som denne vil platen kunne kommunisere med forbruker og man får en form for toveis-kommunikasjon. Den gir informasjon vedrørende produkt og bruk, samt gir den beskjed dersom noe er galt eller ved feilplassering av enheter. Videre innehar også denne låsefunksjon, samt et lite ur og muligheter for å stille dette.

Et slikt oppsett vil være aktuelt å bruke i INDT, da dette er enkelt og ikke påvirker elegansen i designet i merkbart grad.

### 6.3.2 Kommersielt brukergrensesnitt i INDT

I et produkt som INDT er styringsenheten selve kommunikasjonsplattformen mellom forbruker og produkt. Det er dermed viktig at denne innehar de egenskaper som er nødvendig for å tilfredsstillende forbruker og skape gode bruksopplevelser. Ulike kriterier og krav til grensesnittet presenteres under.

- Intuitivt oppsett og forståelige navigeringsveier.
- Bredt spekter av navigeringsmuligheter tilpasset platens funksjoner.
- Originalt, moderne og eget design/utforming.
- Integret i plateoverflate og synlig bare ved bruk.
- Opereres via touch, eller eventuell annen høyteknologisk teknologi.
- Intelligent kommunikasjonsplattform som kommuniserer med forbruker.

Flere av egenskapene til *Siemens FreeInductions* brukergrensesnitt kvalifiserer til bruk i INDT og det vil være mulig å hente inspirasjon fra dette produktet ved utvikling av et eget grensesnitt. Da dette ikke gjøres i dette arbeidet vil det være hensiktsmessig så på enklere alternativer som tilfredsstillende prototypens omfang.

### 6.3.3 Styringspaneler i bærbare induksjonstopper

I dette prosjektet skal det ikke integreres mikromodul-system i platetoppen, dermed behøves det ikke et like komplekst grensesnitt som *FreeInduction* innehar. Det er dermed aktuelt å se på enklere løsninger. Tidligere ble det illustrert ulike versjoner av styringsenheter fra plater integrert i kjøkkeninnredninger. I denne omgang fokuseres det på løsninger hentet fra bærbare platetopper. Et utvalg styringspaneler illustreres på neste side.





Figur 6.3.3: 1. GoWISE USA GW22604, 2. NuWave PIC, 3. GoWISE USA IGC Round, 4. DUXTOP 9100MC, 5. Waring Pro ICT400 Double IC. [44]

Felles for disse panelene er at de benytter seg av taster og digitale display for navigering. Design og oppsett varierer noe mellom produktene, men de tilbyr i hovedsak de samme funksjonene som er effekt- og temperaturjustering, samt tidtaker. Skala-størrelse varierer mellom platene og plate nr. 3. skiller seg fra de andre da den også benytter seg av en verbal-skala og ikke bare en med tall. Videre skiller nr. 5. seg fra resten da dette er en dobbel platetopp. Altså innehar denne to elementer, av figuren fremgår det at disse har separate styringspaneler.

Designmessig er de fleste panelene bygget opp med enkle geometriske former som sirkler og rektangler. Tastene og displayene består av slike figurer og på flere av platene er også selve panelet utformet som et rektangel. Nr. 3. skiller seg igjen ut her med buer og bladlignende effekter. Selve styringsplattformen er også buet noe som visuelt forsterker designet og gjør det mer originalt.

Panelene har fokus på ergonomi i den grad at forbruker enkelt kan benytte seg av taster og oppsett. Produktene innehar ulik mengde taster, men størrelse og plassering av disse bidrar til å gjøre oppsettet informativt og intuitivt. Ingen av platene illustrert over har styringspaneler direkte integrert i platetoppens overflate, noe som distinkt skiller de fra resten av enheten. Alt i alt tilbyr disse enhetene enkle oppsett som tilfredsstillende produktets funksjonsrang.

## 6.3.4 Wilfa Indux ICP-2000 - Brukergrensesnitt



Figur 6.3.4: Wilfa Indux ICP-2000, brukergrensesnitt. Innehar svinghjul samt på/av-knapp og meny-tast. Led-lys illustrerer valgt funksjon. Revidert fra[28]

Indux ICP-2000 er av typen bærbar enhet, men styringspanelets design skiller seg betraktelig fra de på foregående side. Nøkkelen bak dets design er simplisitet og panelet inneholder derfor bare to taster, samt et dreiehjul for justering av effekt, temperatur og tidtaker.

fra kroppen oppfattes av panelets elektroniske komponenter og sender informasjonen videre til hovedkort. Tastene brukes til å velge hva som skal stilles inn, når dette er gjort justerer man på dreiehjulet for å angi grad på skalaen.

Tastene baseres på touch-prinsippet, det vil si at forbruker bare legger fingeren over tasteområdet, elektriske impulser

I likhet med panelene presentert tidligere er heller ikke dette panelet integrert i selve koketoppens overflate, men materialvalg og overgang gir enheten allikevel et stilrent og enkelt design. Ved integrasjon av et slikt panel i INDT vil man kunne direkte integrere styrekort og dreiehjul, ved bruk av et materiale over kortet som transporterer elektriske impulser vil panelet kunne integreres i platens overflate.



## 7. KONSEPTGENERERING

I tidligere utviklingsarbeid er det lagt til grunne for visse spesifikasjoner, krav og ergonomiske mål. [10] Disse fremkommer i dette kapittelet, sammen med nyere utviklingsgrunnlag.

### 7.1 Utviklingsgrunnlag

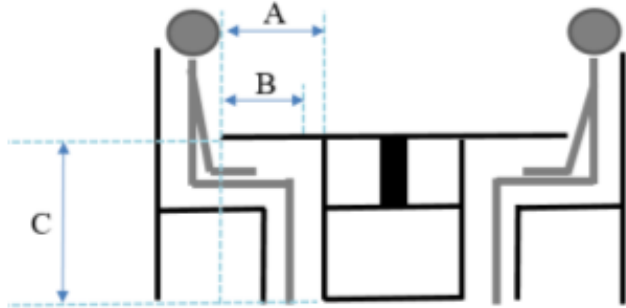
Prototypen utvikles på grunnlag av gitte grensespesifikasjoner og produktmål, med hovedmål om å *holde mat varm over tid*. Det er tidligere nevnt at økonomiske rammer begrenser utviklingsmulighetene i dette prosjektet og det er dermed valgt å fokusere på enkle og funksjonelle løsninger. Selv med disse er det flere faktorer som spiller inn og påvirker oppbygging og fremtidig resultat av prototype.

#### 7.1.1 Metriske grensespesifikasjoner

De metriske grensespesifikasjonene for produktet er tidligere presentert i arbeidsrapporten *Den optimale løsningen for: INDT* [10] og la der grunnlaget for dimensjonene valgt for et spisebord til seks personer. I dette arbeidet utvikles en løsning til bruk for fire personer. Dette krever et nytt design med nye metriske målsettinger, igjen med hensyn på ergonomiske standarder.

Aktuelle ergonomiske krav er oppgitt i tabellen under.

Tabell 7.1.1: Oppdatert tabell over ergonomiske krav til bord, hentet fra TIP300, alle mål i cm. [10]



	Mål	Forklaring:
A	Min 25.4	Lengde fra kant av bordplate til bordbein.
B	Min. 35.6 Opt. 40.6	Dybde for optimalt pådekkingsområde.
C	73.7 - 76.2	Høyde fra gulv til underkant av bordplate.
D	61.0 - 76.2	Bordlengde per person

#### 7.1.2 Øvrige grensespesifikasjoner

Som det også fremgår av rapporten [10] stilles det krav til induksjonsplaten. Disse må tas høyde for ved utvikling av kommersiell-løsning, men vil også tas hensyn til i denne prototyp utviklingen. Kraven er som følger at:

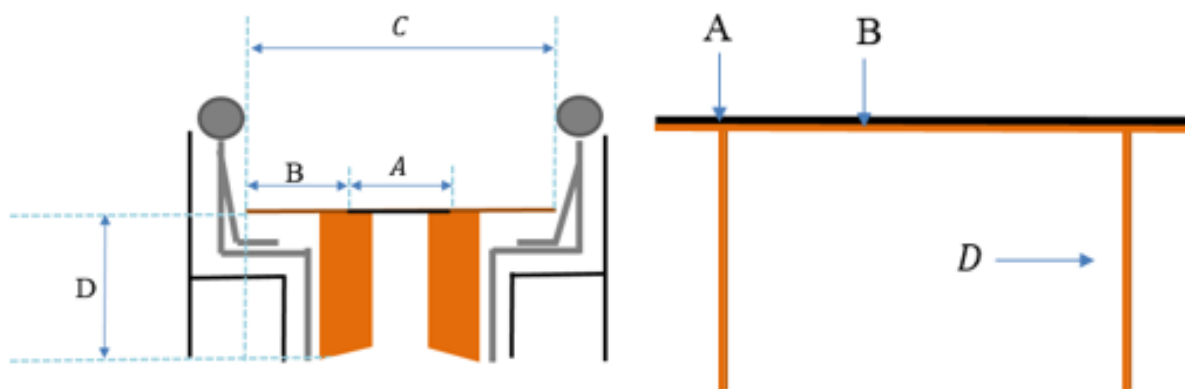
- Platen må kunne drives basert på en vanlig husholdningskurs på 16A. Dette fordi produktet skal være brukervennlig å ikke kreve eksterne løsninger for å kunne fungere i et standard norsk hjem.

- Platen må kunne utøve en effekt som holder enhetene ved en temperatur på min. 60°. Dette fordi undersøkelser gjort av *Norsk Helsedirektorat* tilsier at dette er temperaturen mat bør holde over tid dersom den skal være helsemessig trygg. [45]
- Materialet i platene rundt selve induksjonsplaten bør tåle at oppvarmede enheter plasseres direkte på dets overflate uten at det tar skade. Dette er fordi slike situasjoner lett kan oppstå under bruk og det er viktig at materialet holder seg vedlike.
- Materialer som velges til bruk i bordet ikke skal komme i konflikt med dets teknologi og funksjoner. Med dette menes eksempelvis at magnetiske materialer skal unngås da slike vil bli påvirket av induksjonsfeltet generert av induktorene.
- Designløsninger skal tilfredsstillende budsjett og simplicitet, men skal være av solid kvalitet.
- Elektronikk skal monteres på en slik måte at det ikke er fare for kortslutninger og støt.

## 7.2 Metriske spesifikasjoner for prototype

Det er valgt å lage en prototypeløsning av bordet som er dimensjonert for bruk av fire personer. Dimensjonene brukt i denne løsningen tar hensyn til ergonomi og overholder minimums krav. De tilfredsstiller altså ikke optimale ergonomiske verdier. Dette er fordi det legges vekt på økonomiske løsninger, dermed vil ikke bordet dimensjoneres utover nødvendighet. Det vil også utvikles nytt design, både funksjonelt og visuelt som enkelt kan bearbejdes og monteres. Eksakte mål vil fremgå av tekniske tegninger i vedlegg, visuelle hovedmål for INDT fremgår av tabellen under:

Tabell 7.2.1: Visuelle hovedmål for prototype, alle mål i cm.



	Lengde	Bredde	Høyde	Tykkelse	Forklaring
A	122	30		4	Induksjonsplate.
B	122	36		4	Bordplate på hver side av induksjonsplate.
C	122	102		4	Bordplate total.
D		20	75	5,6	Bordbein á fire stykk.

## 8. PROTOTYPEUTVIKLING

Dette kapittelet omhandler prototyp utviklingen av INDT og tar for seg prosessen fra start til slutt.

### 8.1 Utviklingsmål

Det første som gjøres i prototyp utviklingen er å legge klare målsetninger, samt strategier for å nå disse. Dette gjøres som i kapittel 2, men det legges nå vekt på selve produktutviklingsfasen og det blir satt spesifikke mål og milepæler vedrørende denne.

#### 8.1.1 Hovedmål

Målet er å utvikle en fungerende varmekilde i bordplate med direkte integrasjon av teknologien i den kommersielle induksjonsplaten Wilfa Indux ICP-2000.

#### 8.1.2 Delmål

Det settes delmål som skal nås underveis i utviklingen, disse presenteres her:

- Design og valg av sammensettingsmetode.
- Tilpassing av bordplate og klargjøring for sammensetting.
- Ferdigstilling av komponenter.
- Integrering av den kommersielle platen Wilfa Indux ICP-2000.
- Helhetlig sammensetting av INDT prototyp.

#### 8.1.3 Milepæler

Milepælene legger grunnlaget for prototyp utviklingens fremdriftsplan.

1. Bestemme løsning for sammensetning bordplate.
2. Design, materialvalg og utvikling av nødvendige komponenter.
  - Spesialtilpasset modulbasert form for induksjonselementer.
  - Spesialtilpasset form for styringspanel.
  - Platetopp overflate.
  - Bordplate.
  - Bordbein.
3. Tilpassing og integrering av teknologi.
4. Sammensetning av bordplate.
5. Test av bordplate.

### 8.1.4 Fremdriftsplan

Arbeidet med det fysiske prosjektet pågår parallelt med tidligere presentert fremdriftsplan for helhetlig prosjekt. Fremdriftsplanen for prototyp utviklingen presenteres under.

Tabell 8.1.1: Fremdriftsplan prototyp utvikling, fra 09.03.2015 – 04.05.15.

Uke/Aktivitet	1	2	3	4	5	6	7	8
Valg av løsning	■							
Komponentdesign		■	■					
Komponentutvikling			■	■	■	■		
Integrering						■	■	
Sammensetning							■	■
Testing							■	■
Resultatdrøfting								■

### 8.2 Integrering av plateløsning

Integrering av Wilfa Indux ICP-2000 krever at det foretas enkle og lite komplekse tiltak for implementering av teknologien i bordplaten.

- Totalt tre Wilfa-elementer integreres i bordplaten.
- Induksjonssystemer med tilhørende elektronikk festes direkte i modulform.
- Styrekort skal sentraliseres i et felles styringsrom i enden av bordplate.
- Hovedstrøm tilføres fra underside av bordplate gjennom åpning i modulform.
- Elektriske systemer skal sikres så langt det lar seg gjøre.
- Det gjøres rom i bordplaten for fremtidig integrasjon av eventuelle andre teknologiske systemer, eks. mobillader.



Figur 8.2.1: Innkjøpt Wilfa Indux ICP-2000. Eget foto.

### 8.3 Tilpassing av bordplate

I tidligere arbeid er det utviklet en sammensetningsmetode for bordplate som består av to plater av tre-materiale festet i selve induksjonsplaten.[10] Bordplatens visuelle design er distinkt med en svart stripe som skjærer gjennom treverket på midten av platen. Dette designet skal bestå i prototypen, men sammenføyingsmetode og underdel vil variere. Det vil brukes forenklete sammenføyingsmetode som er enkel og forsøkseffektive. Det er ikke gitt løsningene som velges brukes ved videre utvikling og realisering av INDT.

To forslag er vurdert i forhold til sammensetting og tilpassing av bordplate, disse presenteres i videre avsnitt.

#### 8.3.1 Skinneløsning

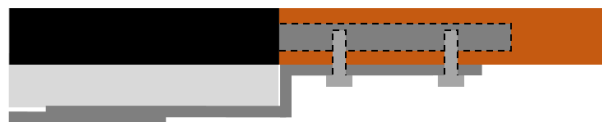
En skinneløsning vil fungere som en enkel måte å vise frem de forskjellige komponentene i bordplaten. Systemet vil også kunne utarbeides på en slik måte at man får enkel tilgang til teknologien som skjuler seg under den platetoppen.



Figur 8.3.1: Skinnbasert sammensetting av bordplate. Av Egen illustrasjon.

tre separate enheter. Et armert feste er tiltenkt å gå fra formen og inn i bordplatene. Sammensettingsmetoden vil inneha en skinneløsning som enkelt kan skyve de forskjellige komponentene fra hverandre.

En slik løsning vil gjøre det enkelt å demontere bordet for enkel tilgang på teknologi. Systemet er komplekst og legger grunnlag for problemstillinger som ikke vil tas hensyn til i utviklingen av denne prototypen. Eksempelvis vil det måtte utarbeides løsninger for å stabilisere bordplaten som enhet samtidig som skinne-funksjonen fungerer optimalt. Det vil også kreve omfattende arbeid for å finne løsninger for å feste bordbein i selve bordplaten uten at disse kommer i konflikt med skinnene. Dermed forkastes denne løsningen i denne omgang, men et slikt alternativ vil bli vurdert nærmere ved videre utvikling av konseptet.



Figur 8.3.2: Armert feste fra induksjonsplate på innside av bordplatedel. Egen illustrasjon.

### 8.3.2 Integrasjon av separate modulformer

I denne omgang er det valgt å fokusere på en løsning som er enkel og stabil. Bearbeiding av plate-deler skjer på IMTs verksted og det vil dermed bli tatt hensyn til at løsningen skal være tidsoptimal, samt følge deres tilgjengelige bearbeidingsmetoder.

Basert på disse faktorene er det dermed valgt å integrere induksjonsmoduler direkte i bordplaten. Induksjonsmodulene skrues fast i bordplaten, som er uthulet med tilpassede områder for disse. Det vil også freses ned områder til styringspanel og kabler. Området dekkes med en glassplate for å få et stilrent design. Det funksjonelle designet fremkommer i figuren under.



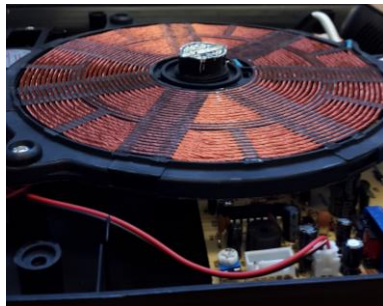
Figur 8.3.3: Funksjonelt design for INDT prototype. Egen illustrasjon.

### 8.4 Komponenter og tilbehør

INDTs prototype består i denne omgang av en enkel konseptløsning med få tilhørende hovedkomponenter. I dette kapittelet vil hver enkelt av disse beskrives, det vil også redegjøres for materialvalg og bearbeidingsmetoder. Alle komponenter er tegnet i *SolidWorks*, tekniske tegninger fremgår av vedlegg. Oversikt over komponenter og leverandører følger under.

- Bordplate, Benkespesialisten AS.
- Wilfa Indux ICP-2000, Elkjøp.
- Aluminiummoduler, Verksted, IMT.
- Glassplate, Ås Glassmester AS.
- Avstivere, Verksted, IMT.
- Skruer, Verksted IMT.
- Bordbein, IKEA.
- Lakk, fuge og gummi-isolasjon, Clas Ohlson.

### 8.4.1 Induksjonsmodul er og styringspanel



Figur 8.4.1:  
Induksjonsmodul fra Wilfa  
Indux ICP-2000. Eget foto.

Induksjonssystemene vil fra nå av refereres til som induksjonsmoduler. Disse består av induktor, vifte, hovedstrøminntak, temperaturføler og hovedkort.

Induksjonsmodulene er festet i en bunnform av plast, disse skjæres til med båndsag og punktlimes fast i modulformene.

Styringspanelet til prototypen vil fra dette tidspunkt anses som en hovedenhet. Denne består av tre styrekort tilkoblet hver sin induksjonsmodul. De originale kortene fra ICP-2000 brukes videre i prototypen og felles ned i bordplaten. Glassplaten tilpasses slik at originalt dreiehjul kan brukes til innstillinger.

Da de originale styresystemene skal samles på enden er de avhengige av å ha ledninger lange nok til å kunne kommunisere med tilhørende hovedkort. Ledningsnett mellom styre- og hovedkort består av fem små ledninger som er festet med klips i hver ende. Disse forlenges ved å lodde nye ledere på styrekortene forså å skjøtes på de eksisterende. Original lengde er på 25cm, to forlenges, disse er på 75cm og 90cm. Ledningene går fra kortene og gjennom nedfreste spor i platen og kobles til hovedkort. Selve styringskortene skrues fast i bordplaten, med et mellomlag av gummi.

### 8.4.2 Bordplate



Figur 8.4.2: Illustrasjon av bordplate laget i SW. Egen illustrasjon.

Bordplatens dimensjon er 4cm×102cm×122cm. Lengde og bredde tilfredsstiller ergonomiske krav. Platen spesialbestilles med valgte dimensjoner slik at den krever mindre bearbeiding på verkstedet.

Platematerialet som velges er hel-tre eik, oljet. Materialet velges da det er enkelt å bearbeide, samt har lav vekt og er ikke-magnetisk. Treverket gir også en god visuell fremtoning og fremstår som varmt og levende, noe som er egnet i et produkt som INDT.

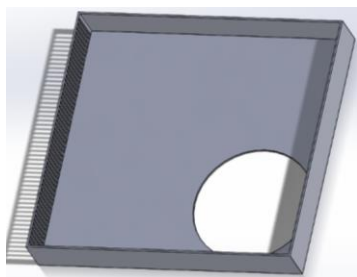
Som det fremgår av valgt sammenføyningsalternativ over brukes en hel bordplate som fundament, med integrasjon av induksjonsmoduler direkte i denne.

Platens bearbeiding beskrives i punktene under:

- Det freses spor til nedfelling av platetopp, styringspanel og ledninger ved hjelp av håndholdt fresemaskin.
- Det sages ut rektangulære hull til modulformer ved hjelp av stikksag.



### 8.4.3 Modulform for induksjonselementer



Figur 8.4.3: Modulform for induksjonselementer. Egen illustrasjon.

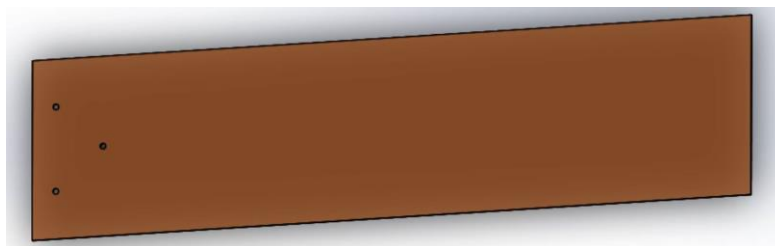
Modulformenes hoveddimensjoner er 28,5cmx27,0cm, med godstykkelse på 2cm. Disse er tilpasset induksjonsmodulenes størrelser. Det lages totalt tre stykker.

Materialet som brukes er aluminium, dette er solid, av lav vekt og er ikke-magnetisk. Det vil dermed ikke bli påvirket av magnetfeltene. Materialet er lett tilgjengelig på verkstedet og prisene er innenfor budsjetterte rammer.

Modulformenes bearbeiding beskrives i punktene under:

- Platene kappes til rektangulære biter i kappemaskin.
- Kanter knekkes opp i en knekkemaskin.
- Ventilasjonsåpning sages ut som et rektangulært hull langs den ene kanten med båndsg.
- Hull til vifte bores ut med boremaskin.
- Det bores ut skruehull i to av kantene, 2 stk per side. Disse er til å skru modulene fast i treverket.
- Det limes fast gummistrier i formens bunn, disse fungerer som isolasjon mellom aluminiumet og de elektriske komponentene.

### 8.4.4 Glassplate



Figur 8.4.4: Glassplate, egen illustrasjon.

Platens dimensjoner er 0,4cmx30cmx122cm, denne spesialbestilles fra leverandør, med ferdig utborede hull til styringsbryter.

Materialet som velges er termisk herdet glass da dette er opptil fem ganger sterkere enn vanlig glass og tåler temperaturer på opptil 300°C. Denne temperaturen er innenfor bordets bruksområde som ligger i underkant av 100°C.

Bearbeiding av glassplate beskrives i punktene under:

- Områder til display og taster maskeres med teip.
- Platens underside rengjøres og lakkeres sort med varmetolerant lakk.

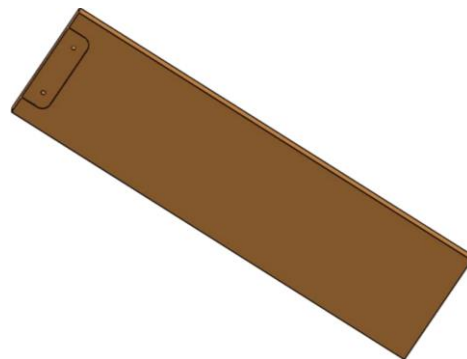


### 8.4.5 Bordbein

Det velges å utvikle et nytt og enkelt bordkroppsdesign som tilfredsstillende tidsprioriteringer og funksjonalitet. Det nye designet består av fire enkle bordbein med målene 20cmx75cmx5,6cm, i samme materialet som bordplaten.

Bearbeidingsmetode for bordbein fremgår av punktene under:

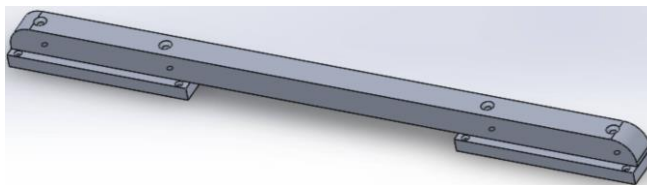
- Åtte like elementer med målene 20cmx75cm sages ut fra plater i hel-tre, med tykkelse på 2,8cm, ved hjelp av sirkelsag.
- Det freses ut spor på innsiden av hvert element, øverste ende, ved hjelp av håndholdt fresemaskin.
- To og to elementer limes sammen på langs med sporene vendt innover, mot hverandre.



Figur 8.4.5: Plate til bordbein, egen illustrasjon.

Fire T-profiler i aluminium kappes til med båndsg, disse skrues fast i bordplaten, hvert bordbein boltes fast i disse.

### 8.4.6 Avstivere



Figur 8.4.6: Avstiver. Egen illustrasjon.

To avstivere i aluminium utvikles for bidra til å stabilisere bordplate og hindre brudd på langs i tre-fibre. Hver avstiver består av tre elementer, to plater med målene 1,5cmx5,0cmx20cm og et stag med målene 3,0x3,0x70cm. Platene brukes for å heve staget slik at det blir rom til modulformenes ventilasjonsåpninger på bordets underside.

Bearbeidingsmetoder beskrives i punktene under:

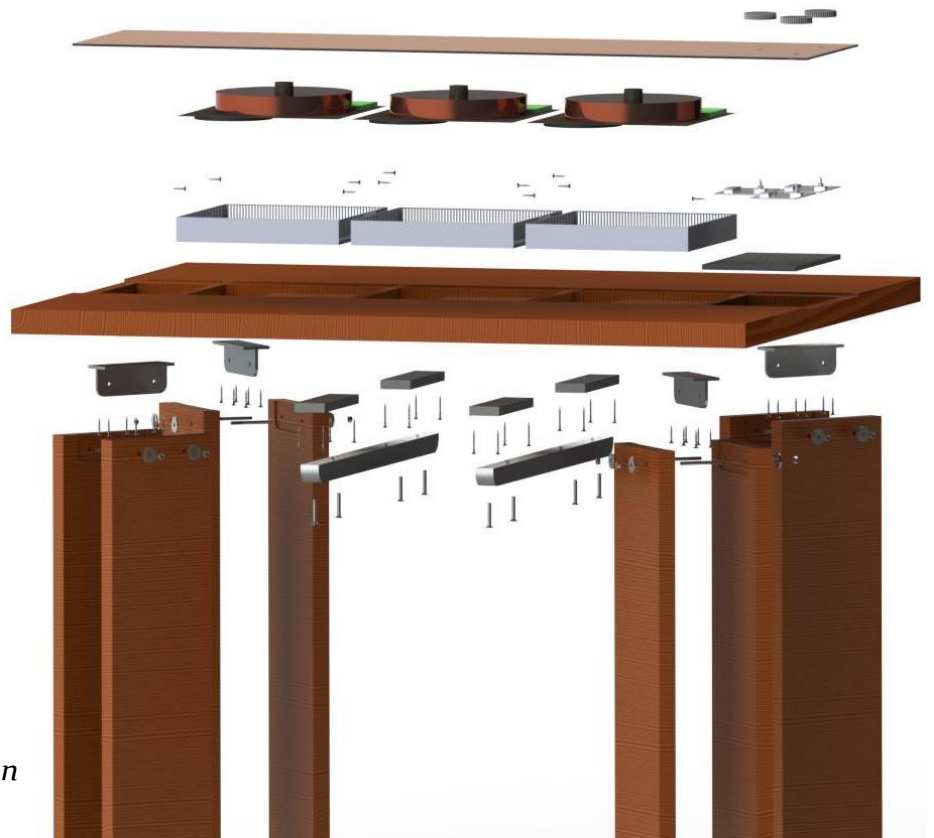
- Hvert element skjæres til i båndsg.
- Kanter slipes ned på båndsliper, da skarpe kanter vil unngås.
- Det bores hull med boremaskin til feste av stag til plater, samt fra feste av plater til bordplate.
- Platene limes til treverket før de skrues fast for bedre styrke og hold.

### 8.4.7 Prototypedesign og sammensetting

Illustrasjon av prototypedesign og sammensetting fremgår av illustrasjonene under. Fullstendig sammensettingstegning med stykkliste presenteres i vedlegg 3.



*Figur 8.4.8:  
Prototypedesign utformet i  
SW. Egen illustrasjon.*



*Figur 8.4.7: Oversikt over  
sammensetting av prototype. Egen  
illustrasjon.*

## 8.5 Trinnvis utviklingsprosess av prototyp

I dette avsnittet vil det presenteres bilder fra de ulike stadiene av den fysiske utviklingsprosessen til INDTs prototype.

### 8.5.1 Fresing og utskjæring av spor

1. Det første som gjøres er å frese ned et spor på langs av hele bordplaten. Sporet i sin helhet er 30cm bredt og 0,5cm dypt. Glassplaten skal hvile på nedfresingene. Det freses med håndholdt-fresemaskin, det settes opp støtteskiner for at denne skal gå jevnt. Fresebredden er ikke stor nok, så det freses det i flere omganger.



Figur 8.5.1: 1. Første spor nedfrest i bordplate. 2. Gunnar på verkstedet i full gang med fresing. 3. Flere spor frest, halveis ferdig. Fresing gjort på IMTs verksted ved NMBU. Egne foto.

2. Fresingen av hovedspor er ferdig, hull til moduler og styrepanel markeres. Det skal integreres tre moduler i bordplaten. Lengde og bredde på disse er henholdsvis 28,5 og 27,0 cm. Hullene sages ut ved hjelp av stikksag. Hjørnene på hvert enkelt hull borres ut slik at sagbladet skal få plass og det blir lettere å komme i gang uten at det påføres for store unøyaktigheter.



Styringsrommet borres til på samme måte og det freses ned et 15cm dypt spor. Sporet er 26,5cm x 15,5cm.



Figur 8.5.2: 1. Nedfresinger og utsaginger i bordplate. 2. Nedfresing av styrerom. Egne foto.



### 8.5.2 Avstivning av bordplate.

3. Bordplaten har mistet mye av sin styrke gjennom foregående bearbeiding. For å forhindre brudd på midten av platen monteres det avstivere. Disse består av aluminiumprofiler som



plasseres på de kritiske områdene av platen. Profilene kappes til i båndsag, hull til skruene lages med boremaskin. De monteres med skruer på en slik måte at de ikke forhindrer modulformenes montering, da disse skal ha tilgang på luft.

Figur 8.5.3: Montering av avstivere på bordplate. Eget foto.

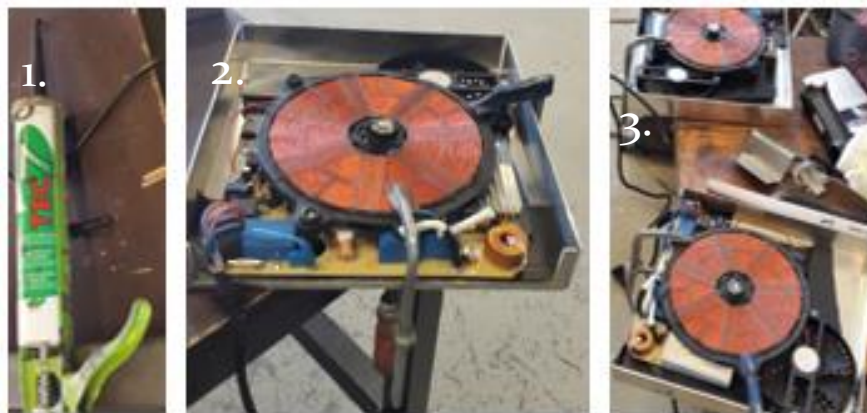
### 8.5.3 Tilpassing og integrering av induksjonssystem i modulformer.

4. Wilfa-platene demonteres og de elektroniske systemene tas ut. Bunndekslene sages ut og tilpasses med båndsag. Det monteres isolasjon i aluminiumformene på de områder som er utsatt for kontakt med elektronikk induksjonsmodulene. Denne isolasjonen består av gummistrier som limes på med *Loctite 3090*.



Figur 8.5.4: 1. Saging av plastdeksel med båndsag. 2. Påliming av gummistrier med Loctite 3090(3.). Eget foto.

5. All elektronikk, bortsett fra styrekort, monteres på de tilpassede plastdekslene. Disse limes så fast i modulformene med *Tec7* og festes midlertidig med klemmer.



Figur 8.5.5: 1. Tec7. 2. og 3. Påliming av induktorsystem i modulform. Tvinger holder elementene på plass til limen tørker. Eget foto.

## 8.5.4 Montering av induksjonsmoduler og styrepanel

6. Det borres hull i kantene på modulformene slik at de enkelt skal kunne skrues fast i bordplaten. Da bordplatens treverk hardt og vanskelig å skru i for hånd borres det også hull i denne hvor modulene skal skrues fast. Alle hull bores med håndholdt drill.



Figur 8.5.6: 1. Utskjæring av hull til hovedstrøm. 2. Måling av modulformenes plassering i utskjært hull. 3. Ferdigmonterte modulformer med induksjonselementer. Egne foto.

Modulene plasseres i de tilpassede utskjæringene, hovedstrømledningene føres gjennom ventilasjonsåpningene og ned på undersiden av bordplaten. Det skjæres ut små spor mellom modulform og bordplate slike at disse ikke ligger i klem. Modulformene skrues så fast i treverket.

7. Hovedstrømkablene festes på underside av bordplate med kabelklemmer. Styrekortledninger forlenges ved hjelp av lodding og skjøting. Det klippes til en gummimatte som plasseres i styrerommet for at kortene skal få et jevnt underlag som ikke skader de elektriske koblingene på undersiden. Styrekortene skrues fast med plassering tilpasset hullene boret ut i glassplaten.



Figur 8.5.7: 1. Festing av hovedstrømkabler. 2. og 3. Montering av styrekort. Egne foto.

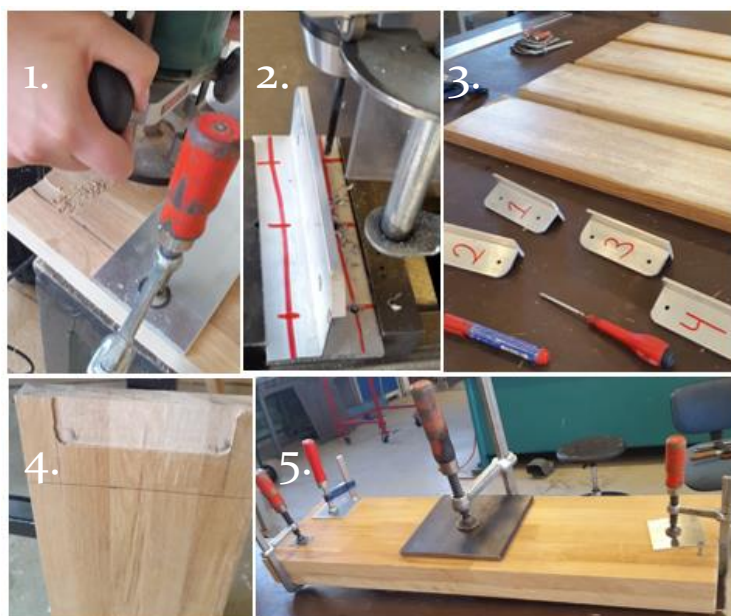
## 8.5.5 Montering av glassplate

8. Glassplaten kommer ferdig bearbeidet fra produsent, da denne er termisk herdet har boring av hull måtte skje på forhånd. Platen lakkres sort med varmeresistent lakk for å tilfredsstille valgt designløsning.
9. Platen festes ikke i bordplaten da det i prototypen skal være enkelt å ta denne av og på for demonstrasjoner av elektronikk. Det skal derimot legges fugemasse i bordplatens utfresinger slik at glasset ligger på et mykt underlag, med friksjon som holder den på plass. Fugen mellom

bordplate og glass hindrer også at eventuelle søl som skulle oppstå på bordet ikke renner ned til elektronikk.

### 8.5.6 Bearbeiding og montering av bordbein

10. Åtte plater med målene 20cmx75cm.2,8cm sages ut av benkmaterialet med sirkelsag. Kantene slipes til med sandpapir. Det freses ut spor i endene på disse til feste av T-profil i aluminium, denne kappes til på båndsag og bores hull i med boremaskin. Disse skrues fast på underside av bordplate. To og to plater limes sammen før de boltes fast i T-profiler.



Figur 8.5.8: 1. Utfresing av sport til T-profil i bordbein. 2. Boring av hull i T-profil. 3. Liming av beinplater. 4. Ferdig nedfreset spor. 5. Liming av bordbein, tvinger holder delene på plass mens limen tørker. Egne foto.

### 8.5.7 Ferdigstilling av prototype

Glassplate plasseres over elementer og dreiehjul festes i styringspanelene. Prototypen er klar for bruk. Resultatet vises under.



Figur 8.5.9: Ferdigstilt prototype. Egne foto.



## 8.6 Praktisk tidligtesting

I utvikling og ferdigstilling av prototype er det gjennomført tester. Noen av disse har blitt utført på for å etablere grunnlag for videre bruk av løsninger og for forebygging av fremtidige feil, samt for å kartlegge energibruk, varmespredning og effektivitet.

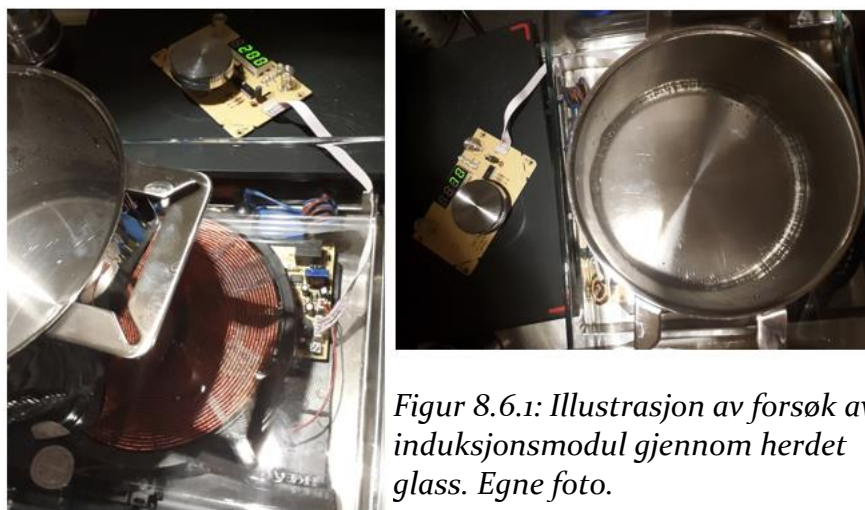
### 8.6.1 Induksjonselementets virkemåte gjennom herdet glass

For å bekrefte at induksjonselementet i ICP-2000 fungerer som det skal med andre overflatematerialer enn det originale utføres det en test. Det antas at elementet fungerer også i den nye settingen, da magnetfeltene går relativt uhindret gjennom glassmaterialer.

Testforhold:

- Originaloverflate på ICP-2000 byttes ut med plate av herdet glass, tykkelse 4mm.
- 1 l vann plasseres i et kokekar og varmes opp fra 30 °C til 60 °C.
- Platen stilles inn til å avgi en effekt som varmer opp og holder temperaturen på 60 °C.

Illustrasjon av forsøket fremgår i figuren under.



*Figur 8.6.1: Illustrasjon av forsøk av induksjonsmodul gjennom herdet glass. Egne foto.*

Forsøket bekrefter at induktoren fungerer gjennom herdet glass, men observasjoner gjort under forsøket konkluderer med at temperaturføleren i systemet ikke lenger fungerer som den skal. Med temperatur innstilt på 60 °C når vannet kokepunktet (100°C) på 3-4 minutter.

Årsakene til dette kan ha vært flere, fra skader på sensor til endring termisk overføringskapasitet i materialet brukt som plateoverflate, eller svekkelse av termisk kontakt mellom sensor og overflate.

Som nevnt tidligere består termistormåleren av en NTC-motstand, for å undersøke at det ikke er noe galt med selve motstanden testes resistansverdien i et Ohm-meter. Denne er i orden. I videre forsøk vil funksjonen testes nøyere.

### 8.6.2 Touch-knappers virkeevne gjennom glass

Det er tiltenkt at styringskortet skal integreres i bordplaten, under glassplaten. Platebearbeiding avhenger av hvordan de forskjellige styrefunksjonene påvirkes av å måtte samhandle med et nytt materiale. På styringskortet sitter det to fjører som berører plastoverflaten i dekselet over. Disse fungerer via «touch-registrering», som nevnt tidligere, vil si at knappene reagerer på elektrisitet overført fra kroppen vår til systemet.

Testforhold:

- En bit glass med tykkelse på 4mm brukes som testoverflate, det antas at ledningsevnen er tilsvarende herdet glass.
- Glasset plasseres over følere og knappene testes ved berøring.

Illustrasjoner fra gjennomføring av test fremgår i figuren under.



Figur 8.6.2: Test av touch-knapper, prototypeprosjekt. Egne foto.

Testen er vellykket, tastetrykkene blir registrert av følerne på andre siden platen. Dermed kan dette glasset brukes i bordet uten større justeringer i forhold til styringsmekanismen, utover hull til styrehjulet. Det påføres ledende pasta på følerne slik at registreringstiden blir raskere.



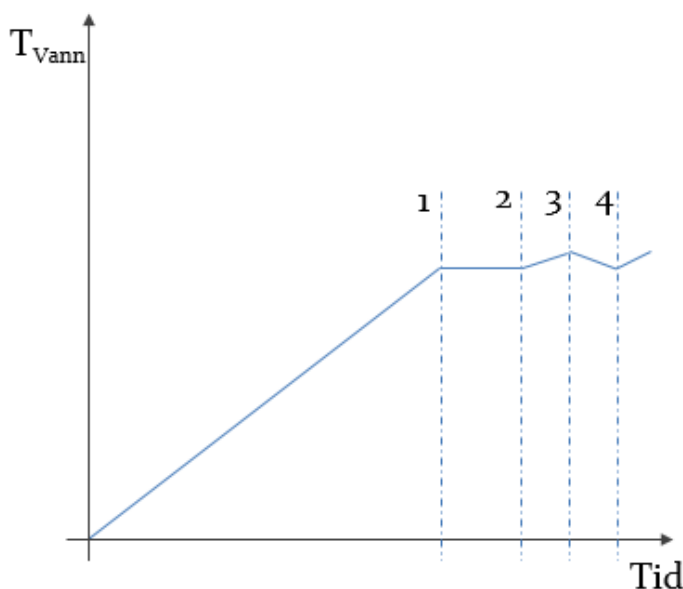
### 8.6.3 Temperaturfølernes virkeevne

Som det fremgår av test i 8.6.1 fungerer ikke temperaturfølerne som de skal etter at plateoverflaten endres. I denne testen skal det avgjøres om dette er grunnet dårlig termisk kontakt eller endringer i termiske egenskaper i platen. Da begge materialer er av glass antas det at variasjonene i termiske egenskaper er minimale og at det i dette tilfellet er dårlig termisk kontakt som er utslagsfaktor.

Testforhold:

- Et element testes, det antas at kriteriene er like for alle tre.
- To temperaturinnstillinger testes, 60 °C og 70 °C.
- Det påføres termisk pasta for å forsterke termisk kontakt mellom glassplate og temperaturføler.
- Platen stilles inn på ønsket temperatur, vannets temperatur måles med stavtermometer.
- Vannets starttemperatur settes til 20 °C.

Observasjoner:



Figur 8.6.3: Illustrasjon over temperaturendring i kokekar ved gitt temperaturinnstilling. Egen illustrasjon.

For å raskt oppnå gitt temperatur kjører platen med konstant effekt. Denne er ikke målt, men det antas at den er høy da oppvarmingen av vannet skjer raskt.

Ved temperatur noe under gitt temperatur stanser energiførselen fra induktoren. Dette illustreres i pkt. 1 i figuren ved siden av. På dette tidspunktet holdes temperaturen i vannet konstant, men vil av naturlig årsaker, avta etter hvert. I pkt.2 starter energitilførselen igjen, frem til den i pkt. 3 stanser på ny. Temperaturene øker og avtar i intervaller.

Avgitt effekt er ikke konstant gjennom hele prosessen, når platen når en viss temperatur stanser energioverføringen. Deretter kommer og går den i intervaller. Temperaturen varier innenfor et visst område i disse intervallene. Denne prosessen er lik ved begge testforholdene.

Resultatene presenteres i tabellen under:

Tabell 8.6.1: Resultater fra test av varmesensor.

	T start (°C)	Tidseriode konstant effekt (min)	Oppnådd T ved konstant effekt (°C)	Tidsperiode energiintervall (min)	T område ved energiintervall (°C)	Tid slutt (min)	T slutt (°C)
Test 60 °C:	20	4	54	4	54-62	8	62
Test 70 °C:	20	3,25	65	4	65-71	8,25	71

Som det fremgår av resultatene oppnår vannet en sluttemperatur som er ligger nær valgt temperatur. Temperaturområdet hvor platen slår over til å sende ut energi i intervaller starter 4-5°C under gitt temperatur. I denne tidsperioden veksler temperaturen mellom å ligge 4-5 °C under gitt temperatur og 1-2°C over. Dette gjelder for begge forsøkene.

Platen virker på en slik måte at den regulerer utsendt energi i forhold til målt platetemperatur, når ønsket temperatur er oppgitt. Ved å sende energi ut i intervaller er det naturlig at temperaturen i platen og væsken endres i takt med energistrømmene. Resultatene fra testen viser at temperaturmåleren nå har evne til å oppfatte platetemperatur. Dette tyder på at antagelsene om dårlig termisk kontakt er korrekte.

#### 8.6.4 Varmespredning i glassplate

Varmespredningen i glassplaten kartlegges for å få et klart innblikk i platens termiske oppførsel ved bruk. Dette er relevant med tanke på både forbrukersikkerhet og hvordan temperaturen på glasset påvirker treverket rundt. Varmespredningen testes på to ulike måter, ved bruk av lasertermometer og varmekamera.

##### a. Lasertermometer

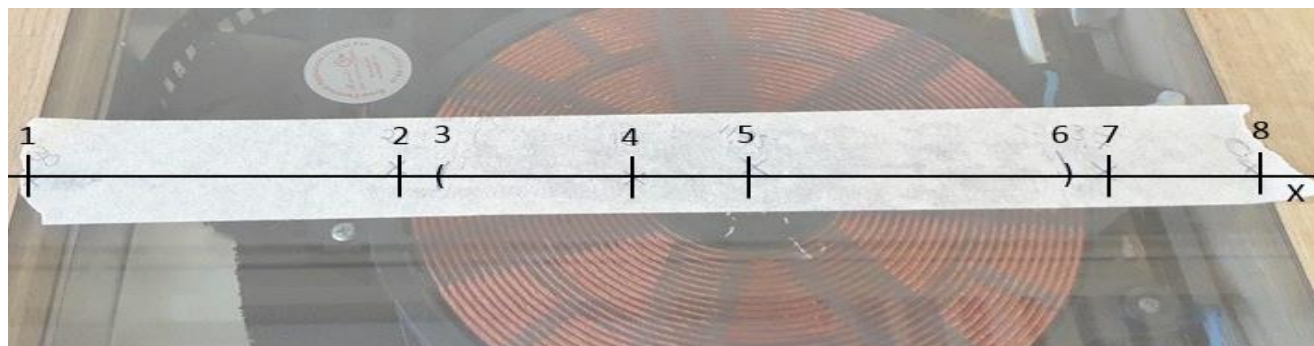
Ved bruk av lasertermometer måles det opp ulike lengder av glassplaten bredde. En kasserolle med vann varmes opp av induksjonselementet før den tas av platen og temperaturen på de ulike stedene måles med lasertermometer.

Testforhold:

- Området rundt ett element testes, det antas at resultatet er likt for alle tre da de er av samme type.
- Teip plasseres på glassets overflate for å hindre at refleksjon påvirker laserens og at den ikke måler induktorens overflate i stedet for platetoppen.
- Kasserollens har en kontaktflate på 240.5 cm<sup>2</sup>, denne fylles med vann og varmes til 80 °C.
- Temperaturen måles langs elementets x-akse. Akselen er plassert i midten av elementet.

- Testen kjøres to ganger, gjennomsnittstemperatur settes som gjeldende. Dette grunnet at eksterne faktorer som omgivelsestemperatur kan variere da forsøket kjøres på et verksted med trekk gjennom dører.

Oversikt over de ulike punktene som måles fremgår av figuren under. Mål nummer 3 og 6 illustrer hvor kasserollens kanter er plassert under oppvarming.



Figur 8.6.4: Illustrasjon over lasertermometerets måle-områder. Eget foto og illustrasjon.

Måleresultatene presenteres i tabellen under.

Tabell 8.6.2: Tabell over temperaturer målt med lasertermometer langs ulike lengder av glassplatenes bredde.

Lengder:	1 (30cm)	2 (21cm)	3 (20,75cm)	4 (15cm)	5 (12cm)	6 (3,25cm)	7 (4cm)	8 (0)
Temp 1 (°C)	19,5	23,0	33,0	63,0	66,0	69,0	60,5	36,8
Temp 2 (°C)	19,7	22,7	35,0	64,0	62,0	66,0	57,0	36,4
Gjennomsnitt:	<b>19,6</b>	<b>22,85</b>	<b>34,0</b>	<b>63,5</b>	<b>64,0</b>	<b>67,5</b>	<b>58,75</b>	<b>36,6</b>

Som det fremgår av resultatene oppnår glassplaten høyeste temperatur på 69 °C ved oppvarming av kasserolle til 80 °C. Det er reelt å tenke at denne temperaturen, ved en konstant temperatur på 80 °C i kasserollen, vil legge seg på samme nivå. Det gjør den ikke i dette forsøket grunnet at kasserollen blir fjernet fra glassplaten i det den når ønsket temperatur, dermed får ikke kasserollens bunn tid til å overføre mer varme til glassplaten.

Resultatene gir en god oversikt over termisk oppførsel i platen ved bruk og det er tydelig at temperaturendringene  $\Delta T$  er relativt store på korte avstander langs glassplaten.

Verdiene målt i de forskjellige punktene diskuteres under:

- Pkt. 1 og 8 er endepunkter på glassplata. Gjennomsnittstemperaturene i disse områdene er henholdsvis 19.6 °C og 36.6 °C, dette er de laveste verdiene som måles på platen da det er disse

som er lengst unna varmekilden. Pkt. 1 er 17,0 °C mindre enn pkt. 8, dette er grunnet at punktet har lengre avstand fra varmekilden.

- Pkt. 2 og 7 er plassert på induktorens endekanter. Gjennomsnittstemperaturen på disse punktene er henholdsvis 22.85 °C og 58.75 °C. Også her er det merkbar variasjon til tross for at punktene har tilnærmet lik avstand til varmekilde. Mulig årsak til dette er at pkt.2 er omgitt av en større mengde «kjølig» materiale enn pkt. 7. Lik varmemengde spres altså ut i et større område, med stor kontaktflate til lavere omgivelsestemperaturer. Dette gjør at punktet opplever en raskere nedkjøling, eller omvendt, en tregere oppvarming.
- Pkt. 3 og 6 er endekanten på kokekaret. Disse punktene ligger altså rett ved varmekilden og opplever naturlig nok større temperaturer enn punktene nevnt over. Også i disse punktene er det variasjoner i temperatur, de måler henholdsvis 34,0 °C og 67,6 °C. Mulig årsak til dette begrunnes på samme måte som over.
- Pkt. 4 og 5 ligger rett under varmekilden og er i disse målingene punktene som opplever høyest temperaturer på henholdsvis 63,5 °C og 64,0 °C. Disse temperaturene er tilnærmet identiske, dette grunnet den direkte kontakten med varmekilden.

Som det fremgår av disse resultatene er det lite varmespredning i platen. Ved gitt temperaturer er det ikke fare for å brenne seg med mindre man har kroppslig kontakt med området nært varmekilden på den siden som er nærmest glassplaten ende. Det antas at spredningen i platen oppfører seg på samme måte rundt hele kilden, med forbehold om årsakene for temperaturvariasjoner som nevnes. Det er ikke mulig basert på dette forsøket å anslå hvor høye temperaturer platen vil ha dersom alle elementene går med maksimal brukstemperatur. I et kommersielt produkt vil denne være i underkant av 100 °C. Selv om målinger ikke er gjennomført for dette tilfelle er den termiske oppførselen tydelig. Varmespredningen avhenger av varmekildens plassering på platen, temperatur og størrelse.

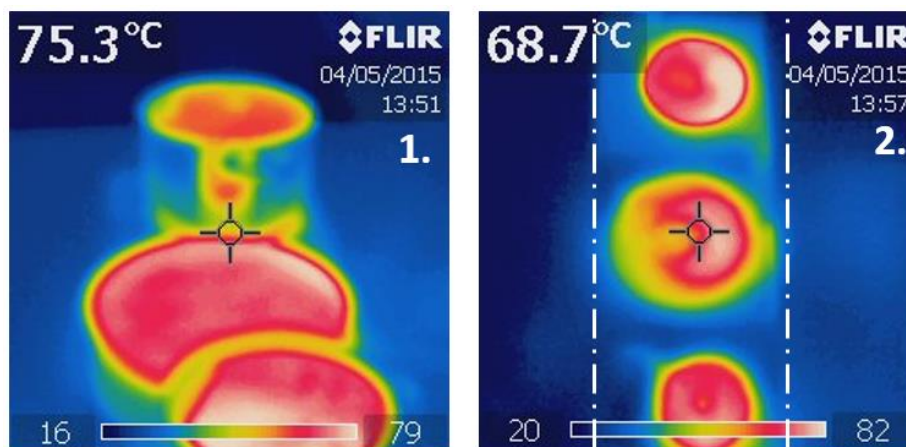
## b. Varmekamera

For å danne et bedre bilde av varmespredningen i platen ved bruk av flere elementer utføres det et forsøk med bruk av varmekamera. Dette måler stråling, ikke temperatur så det tas hensyn til ulike faktorer som kan påvirke målingene, som refleksjoner i glasset.

Testforhold:

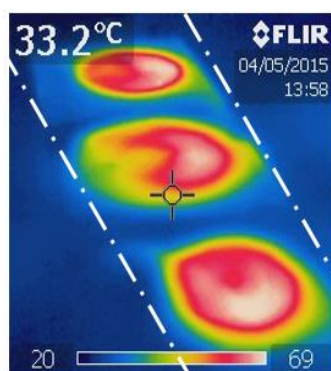
- Alle kokesoner er i bruk med enheter som varmes opp til 80 °C. Enhetene er av forskjellige størrelser med kontaktflate 240.5 cm<sup>2</sup>, 269cm<sup>2</sup> og 434cm<sup>2</sup>.
- Enhetene fjernes på det tidspunkt alle har nådd gitt temperatur.
- Temperatur på enheter måles med stavtermometer.
- Det tas bilder av den termiske spredningen både med og uten kokekar.

Resultatene fremgår på neste side.



Figur 8.6.5: Varmespredning på glassplate illustrert med bilder tatt med varmekamera. Maks og min temperaturer registrert i kamera fremgår av skal nede på bildet. Temperatur i venstre hjørne er målt i midten av foto. Egne foto.

- Bilde nr.1 er tatt med kokekarene plassert på glassplaten, stavtermometer viser 80,0 °C. Høyeste målte temperatur på varmekamera er 79,0 °C noe som stemmer bra overens med målte verdier i kokekar. Varmen oppdaget av kamera er i hovedsak sentrert i kokekarene, og illustreres med hvit, rosa og gul farge, hvor hvit er høyest. Laveste registrerte temperatur forekommer på veggen bak bordet, denne er 16°C. Treverket i bordplaten ligger på rundt 20°C.
- Bilde nr. 2 er tatt rett etter at enhetene er fjernet fra platen. Målt temperatur med stavtermometer er 84,0 °C på innside av kokekar like før det fjernes. De hvite stiplede linjene illustrer skillet mellom glassplate og treverk. Det er tydelig at de varmeste områdene, som illustreres med hvit, rosa og gult, befinner seg i området som har vært i direkte kontakt med kokekarene. Områdene rundt holder temperaturer på mellom 30,0 – 40,0 °C. Treverket ligger på 20,0 °C, som er målt romtemperatur med kamera. Det lyseblå området til høyre på bildet kommer av at varme enheter tidligere var plassert på bordplaten. Dette skyldes ikke varmespredning i platen.



Figur 8.6.6:  
Temperaturer etter 1 minutt nedkjøling. Eget foto.

Bildet ved siden av er tatt 1 minutt etter at kokekarene ble fjernet. Høyeste målte temperatur er nå 69,0 °C, denne er 13,0°C lavere enn tidligere. Dette tyder på rask nedkjøling av glassoverflate. Omfattende tester må gjennomføres for å kunne bestemme nedkjølingsrate.

Resultatene gir et godt innblikk i varme-spredningsmønsteret til glassplaten og antagelsene gjort i forrige forsøk blir her bekreftet. Det er et jevnt mønster av spredning rundt varmekildene. Kontaktflaten mellom kilde og plate blir varmest. Temperaturen avtar betydelig i områdene rundt.

Platen blir fort varm, noe som tyder på at den har en lav varmekapasitet, C. Det skal lite energi til for å varme den opp, på den annen side er dette positivt da det også bidrar til hurtig nedkjøling.

## 8.6.5 Effektiv energi i systemet.

Induktoreffekt per element kan manuelt stilles inn på en skala på 200-2000W. Ideelt bruksområde for platen avhenger av størrelse på enhetene som skal varmes, samt mengde substans i disse og dens spesifikke varmekapasitet.

I dette forsøket er målet å bestemme hvor mye effektiv energi elementene leverer ved en gitt effekt. Med effektiv energi menes mengden energi som går med til å varme opp enhetenes innhold.

Testforholdene:

- Et induksjonselement testes, det antas at resultatet er likt for alle tre da de er av samme type.
- Det skal måles en temperaturendring på 20°C, fra  $T = 50^{\circ}\text{C}$  til  $T = 70^{\circ}\text{C}$ . Denne endringen er lik både i Kelvin og Celsius.
- Kjelen har et kontaktareal på 240.5 cm<sup>2</sup>.
- Substansen som skal varmes er vann, med  $c = 4183 \text{ (J/K}\cdot\text{kg)}$
- Mengden vann er 1 kg, 1.5kg og 2kg.
- Forsøket kjøres 3 ganger per vannmengde, gjennomsnittresultater regnes som gyldig.
- Temperaturmålinger gjøres med stavtermometer.
- Tid måles med stoppeklokke.



Som vist i kapittel 5.1.1 beregnes energimengden nødvendig for å varme vannet ved formelen vist under:

$$\text{Energimengde} = m \times c \times \Delta T \quad [5.1.5]$$

Effekt er resultatet av energi per tid og beregnes dermed ved formelen:

$$\text{Effektiv effekt} = (m \times c \times \Delta T) / \text{tid} \quad [5.1.5^*]$$

Resultatene fra forsøket fremgår av tabellen på neste side.

Figur 8.6.7: Illustrasjon over energibruk forsøk. Eget foto.

Tabell 8.6.3: Tabell 13: Resultater fra test av energibruk i bordplaten.

Vannmengde (Kg)	Innstilt plateeffekt (W)	Tid (s)	T start (°C)	T slutt (°C)	$\Delta T$ (°C)	Energi-mengde (J)	Effektiv effekt (W)	Gjennomsnitt effektiv effekt (W)	Plate effektivitet
1	700	209,6	50	70	20	83660	399,14	404,85	57,84 %
1	700	204,6	50	70	20	83660	408,90		
1	700	205,8	50	70	20	83660	406,51		
1,5	700	264,6	50	70	20	125490	474,26	444,41	63,49 %
1,5	700	293,8	50	70	20	125490	427,13		
1,5	700	290,6	50	70	20	125490	431,83		
2	700	364	50	70	20	167320	459,67	447,12	63,87 %
2	700	378,6	50	70	20	167320	441,94		
2	700	380,5	50	70	20	167320	439,74		
								Gjennomsnitt:	61,73 %

Av effekten avgitt fra platen overføres det energi som går med til å varme opp kokekaret. I følge resultatene går 61,73% av varmen generert her til å varme opp vannet, den resterende varmen spres ut i luft og bordplate. Det er vanskelig å si noe om nøyaktig effektiv effekt da tester på dette må utføres i lukkede omgivelser uten påvirkelse fra uteforstående faktorer.

Effektiv effekt avhenger også av flere faktorer, resultatene over gjelder dermed kun for testtilfellet. Som gitt tidligere er et stoffs varmekapasitet nødvendig tilført energi for å varme opp stoffet med 1 grad. Et stoff med lav varmekapasitet krever altså lite energi for å varmes opp, dermed vil effektiv effekt kunne variere veldig alt etter hva som er plassert på platen.

Varmekapasitet fordelt utover gitt masse gir stoffets spesifikke varmekapasitet,  $c = C/m$  [5.1.4]. Denne er konstant i stoffer og verdien finner man ofte fra tabeller. Basert på stoffets verdi og mengden gitt kan den total varmekapasitet,  $C$ , beregnes. Ved å gjøre det i denne rekkefølgen ser man tydelig at effektiv effekt også avhenger av mengden stoff som skal varmes opp.

Det er ikke gjennomført tester på konkurrerende løsninger. Hvor vidt det kan konkluderes med at induksjonselementene er effektive i forhold til andre produkter på markedet avhenger av videre testing av disse. Fremgangsmåten i testen over vil kunne brukes i videre forsøk med konkurrerende produkter, for å få gyldige resultater må testoppsettet være identisk.

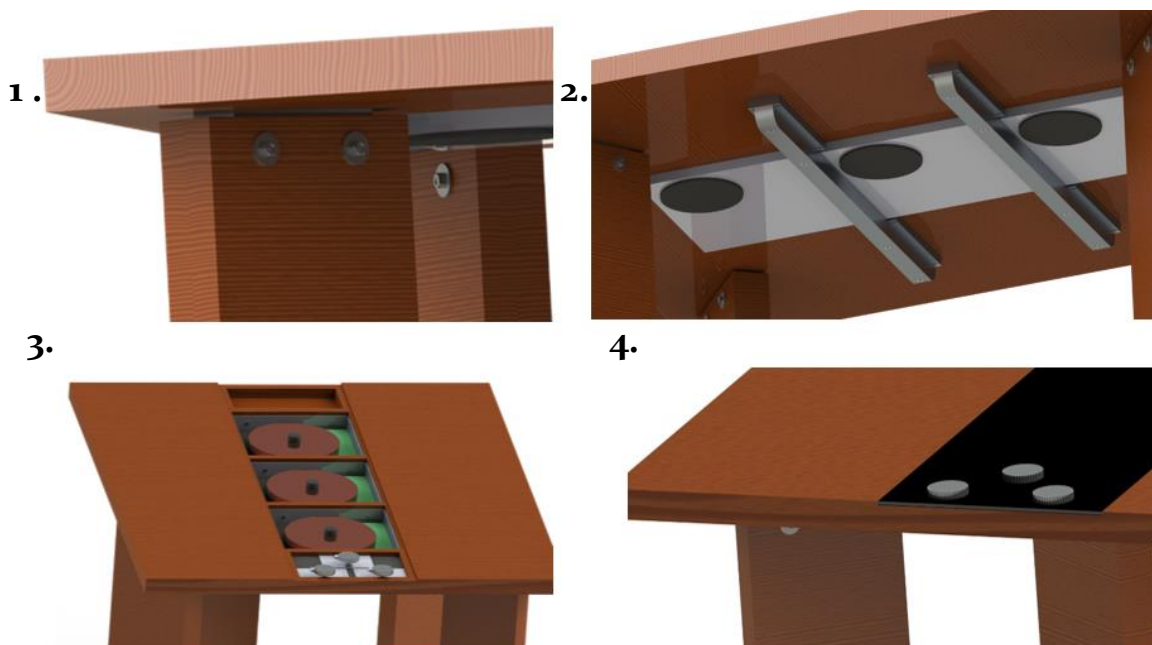


## 9. HELHETSLØSNINGER

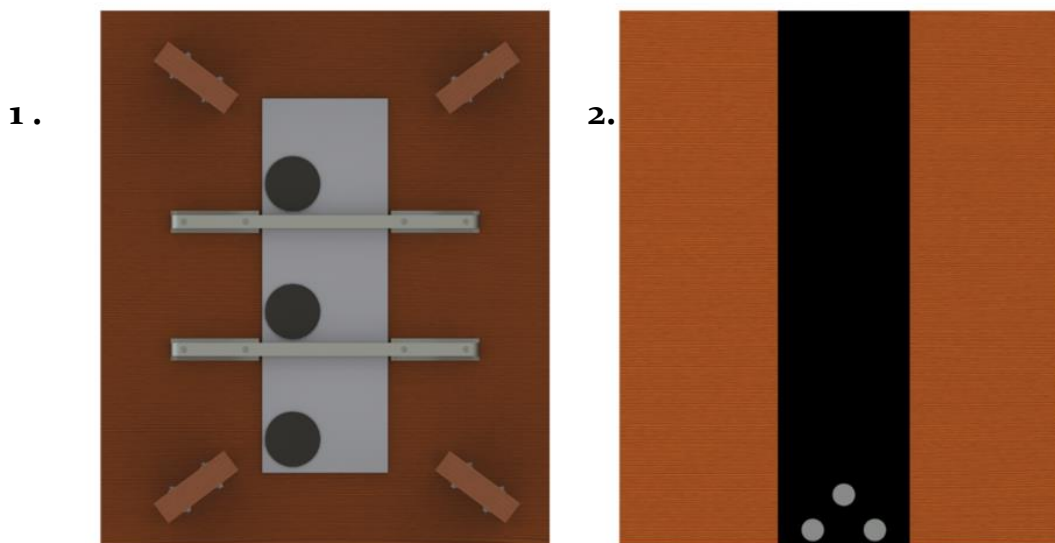
I dette kapittelet vil valgte helhetsløsninger for prototypen presenteres, av disse fremgår også både estetisk- og funksjonelt design.

### 9.1 Rendrerte løsninger

I forhold til utviklingen av prototype er 3D-modeller utviklet i DAK-programmet SolidWorks. Illustrasjoner av disse presenteres på kommende sider.



Figur 9.1.1: 1. Feste av bordbein. 2. Bordet sett fra undersiden med modulformer og avstivere. 3. Bordplate sett ovenfra med innsyn til teknologi. 4. Styringspanel overside glassplate.



Figur 9.1.2: 1. Bordplate under ifra, med bordbeinplassering. 2. Bordplate sette ovenfra.





*Figur 9.1.3: Pådekket bord til fire personer.*



*Figur 9.1.4: INDT sett i en moderne spisestue.*

## 9.2 Fremstillinger av faktisk prototype

Under presenteres bilder av den fysisk utviklede prototypen.



*Figur 9.2.2: Prototypen varmer kasseroller.*



*Figur 9.2.3: Styringspanel, prototype.*



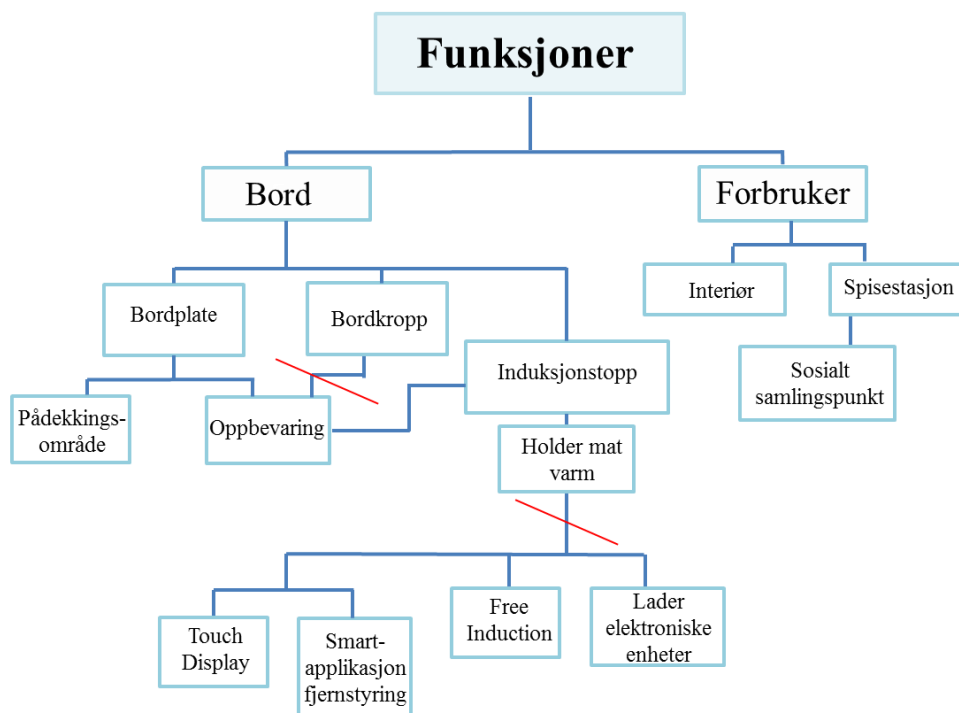
*Figur 9.2.1: Ferdig prototypen varmer kasseroller.*

## 10. BRUKSVURDERINGER

I dette kapitlet gjøres det bruksvurderinger av den ferdige prototypen. Disse omhandler i hovedsak funksjoner, HMS-aspekter, energibruk og vedlikehold. Av vurderingene fremgår det hvilke endringer og forbedringer som må gjennomføres i forhold til videre utvikling.

### 10.1 Funksjonsanalyse

I «Den optimale løsningen for: INDT» [10] ble det presentert en funksjonsanalyse av hvilke funksjoner det er ønsket at en kommersiell versjon av INDT skal inneha. I figuren under illustreres funksjonsanalysen fra foregående rapport, røde streker viser hvilke funksjoner som ikke er inkludert i prototype.



Figur 10.1.1: Funksjonsanalyse som illustrerer ønskede funksjoner og faktiske funksjoner i prototype. Revidert figur [10]

Som det fremgår av figuren innehar prototypen en noe smal funksjonsrang i forhold til det som er ønsket av en kommersiell versjon. Fokus er lagt på å fremme induksjonsplatens hovedfunksjon, å *holde mat varm over tid*. Utover dette er det ikke tatt hensyn til andre teknologiske funksjoner, som sonefri-oppvarming, ladding og tilpasset brukergrensesnitt. I tillegg til mangel på disse utgår også muligheten til å benytte bordkroppen som oppbevaring.

Ved revisjon av prototype og videre utvikling av konseptet vil disse funksjonene måtte integreres på en slik måte at de tilfredsstillende ønskede kriterier. Det også vurderes å legge til kjølefunksjon.

## 10.2 Helse, miljø og sikkerhet (HMS)

Kommersielle produkter må oppfylle HMS-regelverk, dette regelverket tar for seg helse-, miljø- og sikkerhetsaspekter som sørger for sikkerhet og trygghet for forbruker, samt miljøvern. Ved et produkt som INDT er det flere faktorer som må tas høyde for, for å tilfredsstille disse kravene. I begynnelsen av oppgaven ble utredning av disse satt som en begrensning, da det i denne omgang ikke utvikles en kommersiell versjon av produktet. I dette kapitlet vil ulike områder av HMS i prototypen diskuteres kort.

### 10.2.1 Helse

Ulike helsemessige aspekter må tas hensyn til ved bruk av prototype, disse fremgår under.

- Av helsemessige årsaker bør ikke servert mat stå varm på bordet i over to timer. Mat som står overtid vil være en plattform for bakterievekst, noe som ved inntak kan føre til ulike former for matforgiftning.[45] Dette er noe som skal tas hensyn til ved servering av mat både på prototype og på eventuell kommersiell versjon av produktet.
- I områdene direkte under serveringsenheter vil det kunne være temperaturer på opptil 80-90°C, alt etter innstilt effekt. Prototypen har per i dag mulighet til å avgi temperaturer på opptil 240°C, men det er ikke ment at disse skal nås. Til tross for lav varmespredning i glassplate anbefales det ikke å berøre denne under bruk da vevskader kan oppstå ved temperaturer over 45°C. [46]
- Prototype bør ikke brukes av personer med pacemaker da elektromagnetismen kan påvirke dens virkemåte.[38]
- Personer med høreapparat kan komme til å oppleve ubehag med disse under bruk av prototype, da elektromagnetismen kan påvirke disse.[38]
- Prototypens vekt er ikke kartlagt så det er vanskelig å si hvor vidt dens vekt varierer med konkurrerende produkter. Det må dog tas hensyn til at den er tung, så dersom den skal flyttes på skal det alltid være to personer som løfter for å unngå ryggskader.

### 10.2.2 Miljø

Under forklares ulike faktorer som påvirker miljøet i og rundt bordet.

- Miljømessige irritasjoner med bruk av prototype er støy fra vifter og elektrisitet. Viftene går jevnt ved bruk og avgir lyd. Induksjonselementene avgir høye tikkelyder da strøm periodisk blir sendt gjennom spolen.
- Magnetfeltene generert av elementene kan påvirke gjenstander med magnetiske egenskaper, disse må ikke plasseres i nærheten av induksjonsplaten under bruk. Eksempler på slike gjenstander er blant annet bankkort og elektroniske diskere.
- Det henger tre strømledninger ned fra underside av bordplate, dette må utbedres ved videre arbeid slik at bare en ledning må tas hensyn til ved bruk. Denne må festes på en slik måte at det ikke går an å vikles inn i denne.

### 10.2.3 Sikkerhet

Det er i utviklingen av prototype tatt høyde for ulike sikkerhetsfaktorer, men det må gjøres utbedringer på flere områder dersom produktet skal gjøres kommersielt.

#### a. Elektrisk sikkerhet

I forhold til integrasjon av elektriske komponenter har det vært flere faktorer å ta hensyn til vedrørende sikkerhet rundt selve systemet og bruker.

- Ved integrering blir elektronikk flyttet fra dobbeltisolerende omgivelser av plastikk over til en form av aluminium, som er et ledende materiale. Med dobbeltisolerende menes at den ytre delen av systemet ikke er isolerende. For å hindre kortslutninger mellom de elektriske kretsene og modulformene er deres innsider isolert med gummimatter. For optimal sikring bør modulformene jordes. Dersom modulformen kommer i kontakt med elektriske komponenter og blir ledende, vil jording sende strømmen rett i bakken og støtskader unngås. Dette er ikke gjort i denne prototypen da det originale ledningsnett til hovedstrømmen ikke innehar jordingskabel, det antas at gummimatten er tilstrekkelig for å hindre kontakt mellom elektrisksystem og modulform.
- Hovedstrømkabler til de forskjellige modulene er midlertidig lagt opp slik at de blir ført inn til de elektriske systemene via ventilasjonsåpning i modulen. Ved bruk av denne løsningen ligger kontaktpunktene mellom kabler og hovedkort utsatt og vil kunne ryke eller avgi støt ved bevegelser som spark og lignende under bordet. Dette må tas hensyn til ved bruk.
- Da ventilasjonsåpningene er åpne direkte fra friluft til elektrisk system er det viktig å ikke putte fingre eller andre ting inn disse. Det vil da kunne oppstå støt og ødeleggelser.
- Som nevnt tidligere har det kombinerte systemet av induktorer kapasitet til å yte en effekt på 6,0kW, noe som krever en kurs på 26A. Ved bruk i vanlig 16A kurs vil det sikringen slå ut ved bruk på over 3,6kW, det må dermed tas hensyn til at elementene totalt samlet justeres over dette nivået. Reguleringsmekanisme må integreres i systemet.
- Ved bruk av prototype er det observert at styringspanel som ikke er i bruk, blir påvirket av elektrisk støt. Dette medfører at de skrur på av seg selv. Dersom alle elementer er i bruk fungerer panelene som de skal. I forhold til bruk av prototype skal hovedstrøm til elementer som ikke er i bruk kuttes. Dette gjøres ved å dra ut hovedstrømkontakten til de aktuelle elementene. Dersom de starter opp av seg selv kan elementene utøve skader på enheter, innhold i verstefall kan de føre til overoppheting av enheter, plate og omgivelser.

Forholdene nevnt over må utbedres ved videre utvikling.

#### b. Øvrige hensyn

Andre faktorer som må tas hensyn til vedrørende sikkerhet i prototype nevnes under:

- Dersom sprekker eller lignende oppstår i glassplaten under bruk skal hovedstrøm kobles fra for å unngå støt.

- Dersom det termisk herdede glasset knuser vil det deles opp i små rektangulære biter. [47] Hovedstrøm må umiddelbart kobles fra for å unngå støt og ødeleggelser. Bitene vil i prototypen, falle ned i modulformer og elektriske systemer. Dette vil kunne skape omfattende ødeleggelser på teknologi og kan skade personer dersom de prøver å fjerne glasset uten riktige hansker. En løsning som vurderes på denne problemstillingen er påliming av en matte under glasset som ikke hindrer magnetfeltene og som kan samle opp biter dersom glasset skulle knuse.
- Prototypen er ikke testet for velt, men den er konstruert på en slik måte at de fire bordbeina stadig tar opp mye av belastningene bordet kan bli utsatt for. I tillegg er bordet tungt og stabilt, noe som minsker sannsynligheten for velt. Det må allikevel tas hensyn til at det ikke er gjennomført ordentlige tester vedrørende dette.

#### 10.2.4 Vedlikehold

I forhold til materialer brukt må det tas hensyn til ulike faktorer ved bruk og vedlikehold.

- Treverket skal rengjøres etter hvert bruk, det skal da helst brukes vann uten tilsatt vaskemiddel. Om det er nødvendig kan mindre mengder Zalo eller grønnsåpe blandes i vannet.
- Treverket må oljes etter behov, helst mellom 2-4 ganger i året. Platene og/eller skadesteder kan slipes ned med fint papir før oljen påføres dersom det er nødvendig. [48]
- Varme enheter skal ikke trekkes fra glassplate over til treplater, dette kan føre til riper i glass samt flekker i treverket forårsaket av varme. Treplatene vil til en viss grad tåle varme, men plassering av varme enheter direkte på materialoverflate skal helst unngås for å bevare utsende over tid.
- Det må også unngås at væskesøl blir liggende på treplaten over lengre tid da dette vil føre til misfarging.
- Glassplate kan vaskes med noe sterkere kjemikalier, men det foretrekkes glasspuss om dette er nødvendig. Ellers vaskes også denne med vann og tørkes over med en tørr klut for å unngå spor av tørket vann i overflaten.

#### 10.3 Energibruk

Basert på faktorene som nevnes i kapittel 5.3.2 er det ingen tvil om at induksjonsteknologien åpner for større energieffektivitet og sparing, i forhold til konkurrerende løsninger. Da det ikke er krav til energimerking av koketopper, er det vanskelig å evaluere hvor stor denne forskjellen egentlig er.[49]

##### 10.3.1 Energieffektivitet

I dette arbeidet er det gjennomført tester for å kartlegge hvor energieffektiv platetoppen er i forhold til avgitt effekt. Det fremgår av forsøkene at det i gjennomsnitt går med 61,73 % av avgitt induktoreffekt til å varme opp kokekarenes innhold. Det antas at dette tilsvarer 90% av varmen

generert i kokekar, basert på forhold presentert i kapittel 5.3.2. Det er ikke mulig å sammenligne effektiv energi målt her med konkurrerende løsninger uten å gjennomføre tester på disse, noe som ikke er prioritert i dette arbeidet. Det antas derfor at resultatet oppnådd i testene gjenspeiler tidligere nevnte forhold. Dette med forbehold om at teknologien brukt i prototype er hentet fra et produkt som leverer en billig og enkel løsning og at det sannsynligvis finnes mer energi effektive løsninger på dagens marked.

### 10.3.2 Brukskostnader

Bordets brukskostnader avhenger av strømprisene i tidsperioden. I 4. kvartal 2014 var prisen på strøm 85,1 øre/kWh. Dette inkluderer avgifter og nettleie. [50] Med utgangspunkt i strømpriser og formlene presentert i kapittel 5.1.1. er det mulig å beregne brukskostnader.

Tilpassede formler for prototyp presenteres under, her settes effekt og tidsintervall for de tre elementene inn separat. Det er viktig at effekt oppgis i kW.

[5.1.1.\*]

$$\text{Energiforbruk (kWh)} = (P_{\text{element 1}} \times \text{timer}) + (P_{\text{element 2}} \times \text{timer}) + (P_{\text{element 3}} \times \text{timer})$$

$$\text{Brukskostnad (NOK)} = \text{Energiforbruk (kWh)} \times \text{Strømpris} \quad [10.3.1]$$

Dersom det er ønskelig å stadfeste energiforbruk i Joule kan formelen under brukes:

$$\text{Energiforbruk (kJ)} = \text{Energiforbruk (kWh)} \times 3600s \quad [5.2.1]$$

Eksempel:

Det skal serveres lunsj til skolens rektor på INDTs prototype. Det antas at platetoppen skal levere effekt fra alle tre kokesoner sammenhengende gjennom hele lunsjen som varer i 30min. Med varierte retter brukes det varierte temperaturer, platene stilles inn som følger:  $P_1 = 4\text{kW}$ ,  $P_2 = 5\text{kW}$ ,  $P_3 = 2\text{kW}$ . Rektor lurer på hvor mye det vil koste å bruke bordet på denne måten gjennom lunsjen. Det antas at strømprisen er 0,851NOK.

Svar:

$$\text{Energiforbruk} = (4 \times 0,5) + (5 \times 0,5) + (2 \times 0,5) = 5,5\text{kWh}$$

$$\text{Brukskostnad} = 5,5\text{kWh} \times 0,851\text{NOK} = 4,68\text{NOK}$$

Resultatet diskuteres på neste side.

Som det fremgår av utregningene vil det koste skolen 4,68NOK å drive INDTs prototype ved de gitte kriterier. Fremgangsmetoden gjelder generelt for bruk av prototype og ved hjelp av denne kan kostnadene beregnes i ulike brukssituasjoner. Med forbehold om oppdaterte strømpriser.

Energien som tilføres platetoppen går med på å drive induktorer, vifter og styringspanel. Fordelingen er vanskelig å si noe om ut tester spesifikt rettet mot dette området. Da ikke annet er oppgitt i Wilfa-elementenes brukermanualer og informasjon antas det derfor at avgitt effekt er tilnærmet lik tilført effekt til systemet.



## 11. ØKONOMI

Gjennomføring av utviklingsarbeidet krever spesifisering av kapitalbehov, finansiering og budsjett. Økonomiske beregninger og fastsettelse blir gjort basert på tilgjengelig informasjon i arbeidstidspunktet, undersøkelser gjøres på forhånd for å estimere material- og komponentpriser.

### 11.1 Finansiering

For å dekke kapitalbehovet er prosjektet avhengig av finansiering. Ved tidligere arbeid er det opprettet kontakt med ulike grupper i næringslivet, blant annet *Innovasjon Norge*, *Arena Møbel* og *Sykkylven Næringsfond*. Med reelle muligheter av innvilgning av støtte fra samtlige av disse må ulike finansieringsmetoder vurderes.

I forhold til dette prosjektet er det viktig at kapital er tilgjengelig når det trengs og i perioden realiseringsfasen foregår. Ved søk av støtte fra offentlige organer kreves omfattende søknader innenfor visse frister og behandlingstider som gjør kapitaltilgjengeligheten begrenset. Det vil ved eventuelle videre arbeid med konseptet være aktuelt å søke om etablerings- og utviklingsmidler.

Da dette prosjektet utarbeides i form av en mastergrad er det valgt å legge opp til finansiering fra universitetet hvor graden blir gjennomført, *IMT* ved *NMBU*. I samarbeid med *Instituttet for matematiske realfag og teknologi* er det opprettet avtale om finansiering og støtte til utvikling av prototype. Det er lagt opp til at prosjektet skal gjennomføres med billige løsninger, men det er innvilget noe ekstra støtte for materialer nødvendig for korrekt fremstilling av design og eksklusivitet. *IMT*'s verksted og dets ansatte engasjeres for bearbeiding og fremstilling av ulike komponenter og tilgjengelige ansatte ved instituttet bidrar med kunnskap og kyndighet på de områder det er nødvendig.

Det legges også inn egen tid i prosjektet, fra *Statens Lånekasse* mottas det stipend i forhold til 900 timer egeninnsats i masterarbeidet. Det regnes at 60% av disse er effektive arbeidstimer, altså legges det inn en total effektiv innsats (fakturerbar) på 540 timer som med en timelønn på 450kr tilsvarer 243 000kr. Dette kan ses på som egen finansiering i prosjektet.

### 11.2 Utviklingsbudsjett

I budsjettet på neste side fremgår størrelse på finansiering og eksakt bruk av penger. Finansieringen blir som nevnt over gjort av *IMT* ved *NMBU*, med øremerkede midler til de ulike komponenter som kreves i utviklingen, samt verkstedfakturaer og lønning av ansatte brukt i prosessen.

Bearbeiding av komponenter foregår på *IMT*'s verksted som tar 250 NOK per time arbeid. Utviklingsarbeid i form av eget arbeid settes til 450 NOK. Basert på disse prisene, samt materialer og andre innkjøpte komponenter blir total fremstillingskostnad på prototype 63 761 NOK. Hvorav 12 311NOK er fra materialer og innkjøpte komponenter og 51 450NOK er av tillagt arbeidstid.

Tabell 11.2.1: Utviklingsbudsjett, alle priser i NOK

<b>UTVIKLINGSBUDSJETT - INDT PROTOTYPE</b>			
<b>Finansiering:</b>			
Støtte fra IMT ved NMBU		22 611,-	
<b>Reelle kostnader:</b>			
Hva (Fysiske komponenter)	Antall (stk)	Pris per stk	Total kostnad
Wilfa Indux ICP-2000	3	599,-	1 797,-
Bordplate, materiale	1	6016,-	6016,-
Modulformer, materiale	3	300,-	900,-
Glassplate, ferdig bearbeidet	1	1358,-	1358,-
Bordbein, materiale	2	895,-	1790,-
Smådelar (skruer ol)			200,-
Kontaktpasta (elektriske komp.)	1	50,-	50,-
Annet			200,-
<b>Totalt:</b>			12 311,-
Hva (Arbeidstimer)	Antall (timer)	Pris per time	Total kostnad:
Forundersøkelser	30	450,-	13 500,-
Design og utformingsarbeid	20	450,-	9000,-
Bordplate, bearbeiding	30	250,-	7500,-
Bordbein, bearbeiding	5	450,-	2250,-
Modulformer, bearbeiding	12	250,-	3000,-
Glassplate, lakk	1	450,-	450,-
Elektronikk, bearbeiding	10	450,-	4500,-
Elektronikk, integrering	5	450,-	2250,-
Sammensetting av prototype	20	450,-	9000,-
<b>Totalt:</b>			51 450,-
<b>Totale reelle kostnader:</b>			<b>63 761,-</b>

Dersom en identisk versjon av denne prototypen ferdigstilles i ettertid vil kostnadene være betydelig lavere da forundersøkelser og utformingsarbeid allerede er gjennomført. Om antas at alt bearbeidings- og sammensettingsarbeid skjer på verkstedet med timelønn 250 NOK er prisen på ny prototype 33 061 NOK. Dette tilsvarer en 48% nedgang i fremstillingskostnader.

Dersom en serieproduksjon av prototypen blir gjennomført antas det at kostnadene per produkt vil avta med mengden da materialer bestilles i kvantum og bearbeiding vil gjennomføres maskinelt. Utviklingskostnader av produksjonssystemer vil komme som et tillegg men disse vil fordeles utover mengden produkter. Drift- og vedlikeholdsarbeid på maskiner må også medregnes.

Da denne prototypen er utviklet som en tidlig konsept-test av spisebordkonseptet INDT vil løsningene utvikles og endres ved videre arbeid. Det er dermed ikke mulig å angi seriestimat av kommersielt produserte spisebord.

## 12. KOMMERSIALISERING OG SIKRING

I kommersialiseringsfasen er det viktig å avklare at forretningsmodell og strategier er egnede for markedet man ønsker å entre, hvilke markedsføringstiltak som bør gjennomføres og hvilke samarbeid som bør opprettes. Når de ulike faktorene er avklart kan god gjennomførelse av disse være avgjørende for suksess. Videre er sikring av konsept og produkt viktig i forhold til å bevare retten til den kommersielle idéen.

### 12.1 Forretningsmodell og strategier

Felles utfordringer for dagens møbelbedrifter er blant annet utvikling av gode modeller, ettertraktede design og optimale distribusjonskanaler. I tillegg til dette er det norske utgiftsnivået en stor utfordring med tanke på produksjon og kostnader knyttet til denne. Et alternativ for å senke kostnader er å flytte produksjon utenlands. Flere norske møbelaktører opptrer på det internasjonale markedet hvor de støter på høy konkurranse. Konkurransen fra internasjonale aktører påvirker ikke bare utenfor landegrensene, men også innenlands.

INDT er et produktkonsept som ikke tidligere er lansert på det norske eller internasjonale markedet. Dermed har produktet en stor fordel, som først ute vil mulighetene for å etablere seg og skape et godt fotfeste være større enn i et marked med stor konkurranse. Det vil ved riktig fremgangsmåte være mulig å bygge opp en merkevare som forbrukere får tillit til og anser som egen.

Dersom produktet slår an vil andre aktører raskt kunne kopiere konseptet, og produsere lignende løsninger. Med kunnskaper om INDTs oppbygging vil dette kunne skje med betydelig mindre utviklingskostnader enn de lagt inn i INDTs utvikling. Selv om konkurransen øker vil startfordelene nevnt over kunne bidra til å holde produktet er konkurransedyktig.

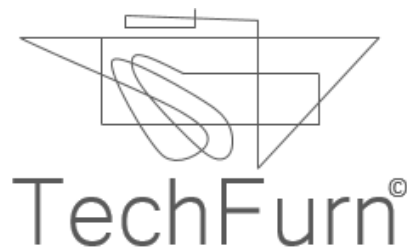
Med et produktkonsept som INDT er det flere mulige forretningsmodeller som kan vurderes for å etablere inntektsstrømmer. Blant disse er:

- Salg av konsept, med provisjon for hver solgte enhet.
- Utlicensiering av teknologi og/eller design til andre bedrifter og produsenter.
- Egen produksjon og salg.
- Samarbeidsavtaler med andre bedrifter vedrørende produksjon og salg.

Per i dag vil det fokuseres på utvikling av INDT via egen bedrift og samarbeid med norsk næringsliv. Ved videre stadier vil det være aktuelt å opprette samarbeid med norsk etablert aktør og gjennomføre produksjon og salg etter gjeldene avtaler.

## 12.2 Bedriftsoppstart

I sammenheng med tidligere arbeid er det opprettet et foretak, *TechFurn*, viss startmål er å utvikle INDT fra idé til realisering. Bedriften ble den 23. april 2014 registrert som et enkeltmannsforetak i *Enhetsregisteret* til *Brønnøysundregistrene* under eier Nan Iren Erdal, med organisasjons-nummer 913 521 390 og kommuneadresse Stryn. Denne er i senere tid endret til Sykkylven.



Figur 12.2.1: *TechFurn*, bedrift-logo. Egen illustrasjon.

Som det ligger til navnet, *TechFurn – Technological Furniture*, har foretaket fokus på utvikling av teknologiske møbler. I første omgang er det aktuelt å lansere INDT som et flaggskip for bedriften.

Bedriften ble i hovedsak opprettet for å lettere utvikle næringslivssamarbeid i forhold til INDT-prosjektet og for å bygge verdifulle nettverk. Som en nyetablert og nyskapende bedrift er det store muligheter for å få innvilget finansieringsstøtte fra flere ulike støtteordninger, disse presenteres i kapittel 12.4.

Prosjektet har allerede fått innvilget noe støtte, i denne sammenheng ble kommuneadressen endret til Sykkylven, hvor støtten ble gitt.

Per i dag representeres INDT i offisielle og næringslivsrettede sammenhenger av *TechFurn*, mens det i masterarbeidet utvikles på personlig basis.

## 12.3 Næringslivssamarbeid og nettverksbygging

Gjennomføring av INDTs kommersialiserings-fase avhenger, på dette tidspunkt, av gode næringslivssamarbeid. På dette stadiet i prosjektet kreves det både intellektuelle- og finansielle ressurser for å drive utviklingen fremover, samt tilgang på materielle- og fysiske ressurser som prototypeverksted, lokaler, produksjonsfasiliteter etc. Nettverksbygging og oppretting av næringslivssamarbeid er dermed en viktig aktivitet for bedriften, for å fremme konseptidé, produkt og visjon.

Gjennom arbeidet som til nå har blitt gjort, både med utvikling av produkt og opprettelse av foretak, har prosjektet knyttet gode kontakter og relasjoner, disse fremgår under:

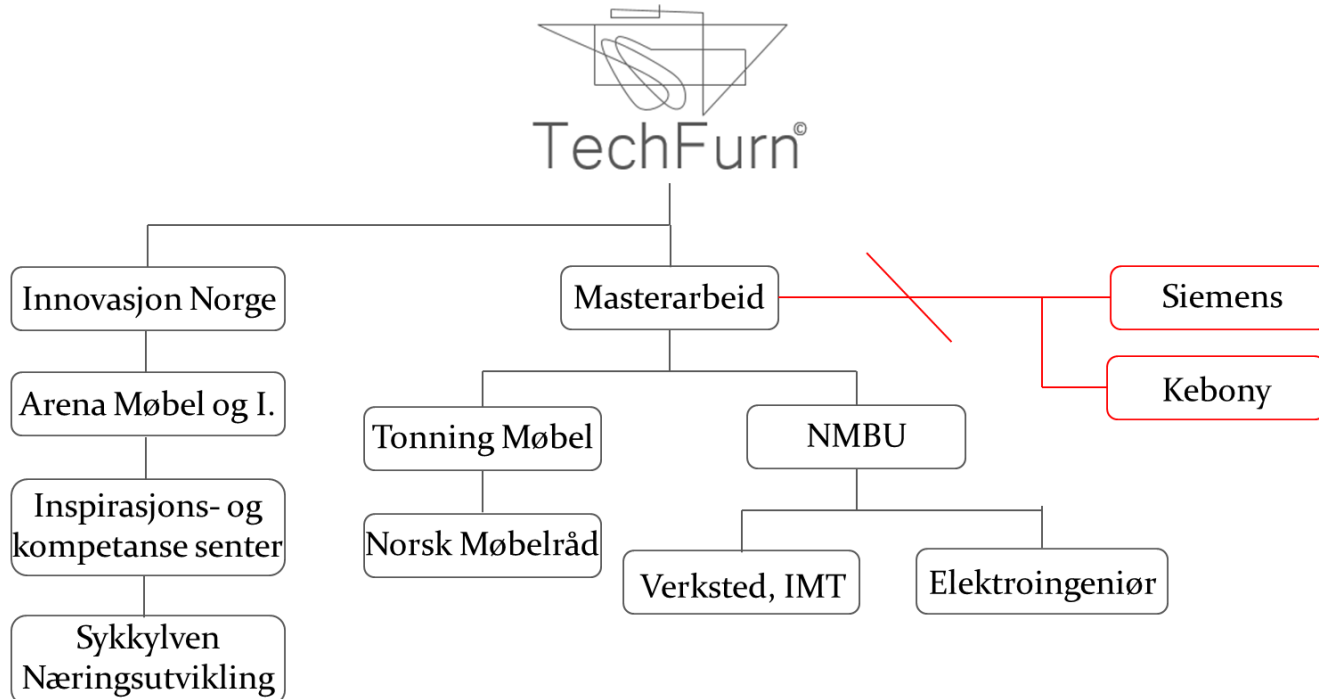
- Gjennom deltagelse i forretningsplan-konkurransen *Venture Cup*, hvor foreløpig *Forretningsplan for TechFurn*[51] ble presentert våren 2014, ble det opprettet kontakt med en representant fra *Innovasjon Norge*. Med engasjement for konsept og visjon ble dette en nøkkelfaktor videre nettverksbygging.
- Gjennom *Innovasjon Norges* representant ble det gjort kjent at *Arena Møbel og Interiør*, ville kunne bidra til veien videre. Det ble opprettet direkte kontakt mellom klyngeleder og *TechFurn*.

- Med positiv respons presenterte klyngeleder, nevnt over, foretak og idé for daværende daglig leder for *Inspirasjons- og kompetansesenteret* i Sykkylven Kommune. Senteret vil kunne bidra med en bransjerelatert kompetanseplattform, prototypeverksted og arbeidslokaler i form av å stille som inkubator.
- Videre er det opprettet kontakt med *Sykkylven Næringsutvikling*. Gjennom omfattende dialoger og møter er det lagt byggesteiner for fremtidig samarbeid og prosjektfinansiering. *Sykkylven Næringsutvikling* vil kunne bidra med næringsmidler, kompetanse og forretningsnettverk. I gjengjeld vil produktsuksess gjenspeile kommunens storsatsing på innovasjon og ungt entreprenørskap i møbelbransjen og skape blest rundt denne.

I forhold til samarbeid med Sykkylven ble foretakets registrerte adresse endret for å kunne søke om støtte der. Høsten 2014 ble det innvilget 15 000 NOK i næringsmidler til *TechFurn*, fra *Sykkylven Næringsfond*, for opprettelse av tettere samarbeid og fremtidsrettede målsetninger.

Gjennom masterarbeidsprosessen har det vært nødvendig å kontakte ulike aktører innen møbelbransjen, ved å presentere prosjekt og visjon har flere av disse åpnet for fremtidig kontakt og anses dermed som en del av bedriftens nettverk. Noen av aktørene som er kontaktet har derimot ikke vist like stor interesse for prosjektet og det vil dermed kreves mer arbeid å involvere disse i fremtiden, dersom det skulle være aktuelt.

I figuren under illustreres *TechFurns* nettverks- og samarbeidskart som gir en oversikt over aktører og organisasjoner involvert i INDTs utviklings- og kommersialiseringsprosess.



Figur 12.3.1: Nettverks- og samarbeidskart for INDT-prosjekt. Egen illustrasjon.

## 12.4 Finansielle støtteordninger og kapital

Ved konseptrealisering, produktutvikling og forretningsetablering kreves det som regel finansiell kapital. Som nevnt tidligere eksisterer det flere ulike støtteordninger for slike prosjekter og noen av disse vil kunne være relevante for videre utvikling av spisebordkonseptet INDT. Både ved realisering av mer omfattende prototyper og produktserier, samt etablering av kommersiell foretaksstatus, vil det kreves økonomiske midler utover det som er tilgjengelig i per i dag.

Støtteordninger er stipend som blir utdelt av ulike organisasjoner og organer på bakgrunn av søknader og lignende. Disse skilles fra investorstøtte da det ikke kreves noe tilbake for midlene som blir tildelt prosjektet. Relevante støtteordninger for INDT diskuteres under.

### 12.4.1 Innovasjon Norge

I Norge er *Innovasjon Norge* en av de største organisasjonene som støtter innovasjon og entreprenørskap. Selskapet er statlig og tilbyr flere offentlige støtteordninger for gründere og bedrifter, for å fremme utvikling og innovasjon i næringslivet. For videre arbeid med INDT vil det være aktuelt å søke til *Innovasjon Norge* om å få innvilget støtte, i form av *etablerertilskudd*.

#### a. Etablerertilskudd

Etablerertilskudd er en ordning som i tidlig oppstartsfasen tildeles gründerbedrifter med nye og innovative forretningsidéer, med klare mål om vekst og markedsetablering. Ordningen deles opp i to faser, markedsavklaring og kommersialisering. Tilskuddets størrelse avhenger av hvilken fase som får innvilget støtte.

Fase 1 dreier seg som sagt om markedsavklaring. På dette stadiet er forretningsidéen klar og det er definert eller utviklet foreløpige løsninger. Det som gjenstår er å avklare hvor reelt det faktisk er at idéen vil bli lønnsom, om det finnes marked for den og om den har potensialet til å tilfredsstille eventuelt markedsbehov. Det må også bekreftes at de ressurser nødvendig i utviklings- og kommersialiseringsfasen er tilgjengelig. For å gjøre dette gjennomføres det gjerne kundeundersøkelser og kartlegging av brukerstudier, samt testing og videreutvikling av idé. Det tildeles mellom 50 000-150 000NOK til slike aktiviteter. [52]

Fase 2 dreier seg om kommersialisering og det er den fasen INDT befinner seg i nå. Det er på dette tidspunkt nødvendig å avklare om utviklet forretningsmodell- og plan er brukbar for markedet produktet skal nå. [51] Det må gjennomføres nødvendige aktiviteter som videre produkt-/tjenesteutvikling, konseptsikring, utvikling av strategier vedrørende markedsføring og merkevarebygging, samt andre aktiviteter som legger til rette for en god lansering av produktet på markedet. Det kan innvilges opptil 800 000NOK til denne fasen. [52]

Søknad om etablerertilskudd må sendes til *Innovasjon Norge*, det er ikke mulig å søke på begge fasene samtidig og det vil kunne forekomme krav til egenfinansiering.

#### 12.4.2 SkatteFUNN

*SkatteFUNN* er en statlig støtteordning som innvilger skattefradrag på opptil 20% av en bedrifts prosjektkostnader. Dersom prosjektet dreier seg om å utvikle en ny eller forbedret vare, samt er målrettet og avgrenset. Prosjektet må være godkjent av Forskningsrådet og bedriften må være norsketablert med skatteplikt innenlands. Det er ingen nærings- eller selskaps-avgrensninger på ordningen noe som gjør at også enkeltmannsforetak kan søke om støtte. Støtten får man i form av skattefradrag eller utbetaling av penger.[53]

Dersom INDT tas videre gjennom *TechFurn* vil denne ordningen kunne være aktuell for et eventuelt utviklingsprosjekt.

#### 12.4.3 Kommunale Næringsfond

Kommunale næringsfond tildeles kommunene i Norge slik at disse kan bidra til lokalt næringsutviklingsarbeid. Under slikt arbeid står blant annet videreutvikling av både etablerte og nyetablerte bedrifter i fokus. I flere kommuner satses det på innovasjon og nyskapende bedrifter, med vekt på de som kan skape nye arbeidsplasser. Fra næringsfondet kan kommunen gi støtte til prosjekter innad i bedrifter, støtten omhandler alt fra etablererstipend til finansiering av produktutvikling og markedsundersøkelser. Støtteordningen kan dekke opptil 75% av kapitalbehov. [54] Søknad skjer til kommunen hvor bedriften er registrert, innen periodiske tidsfrister.

Som nevnt i kapittel 12.3, fikk *TechFurn*, i 2014, innvilget slik støtte til arbeid med prosjektet. Det vil være aktuelt å søke på høyere støtte via denne ordningen dersom konseptet blir tatt videre inn i en omfattende kommersialiserings-fase.

#### 12.4.4 Investorstøtte

Investorer skiller seg fra støtteordninger da de forventer finansiell tilbakebetaling i fremtiden. Både enkelt personer og bedrifter kan opptre som investorer, felles er at de gjør en investering i aktuelt prosjekt eller foretak. Investeringen er en sjanse de tar, med viten om risiko vedrørende avkastning. Med en eller flere sterke investorer har oppstartsselskap tilgang på midler til å utvikle firma, om det lykkes vil det i mange tilfeller kan en slik ordning være positiv for begge parter. Til tross for tidlige fordeler med tilgang på investorkapital er dette noe som helst vil unngås i arbeidet med INDT. Dette grunnet at det også kan være ulemper med slik støtte. Kontraktsavhengige forhold kan gjøre at man bindes til investor på en slik måte at mye av fremtidig profitt og potensielt deler av selskap går til denne. I mange tilfeller krever suksess gode oppstarts-midler, for et prosjekt som INDT kan disse i stor grad hentes fra andre støtteordninger og egne midler, slik at prosjektet i fremtiden er fritt og uavhengig.

## 12.5 Ulike former for idébeskyttelse

Norges myndighetsorgan for idébeskyttelse er *Patentstyret*, som har fokus på immaterielle rettigheter, verdier og verdiskapning.[55] Gjennom dette organet er det i hovedsak mulig å opprette tre forskjellige former for idébeskyttelse: patentbeskyttelse, varemerkebeskyttelse og designbeskyttelse. Hovedkriteriet for all beskyttelse er originalitet, altså at det ikke eksisterer lignende beskyttede løsninger eller varemerker. Det stilles naturlig nok flere krav, utover dette, innenfor de forskjellige områdene.

### 12.5.1 Patent

Patenter gis til innovative oppfinnelser som tilfredsstillende krav om å være nye, industrielt reproduserbare og som har oppfinneshøyde. Oppfinnelsen kan ikke tidligere ha vært offentliggjort. De må være av teknisk karakter, samt skille seg betydelig fra lignende tekniske løsninger. Det er altså ikke mulig å patentere oppfinnelser som baserer seg på eksisterende teknologi og løsninger.[56] Med patent er egenutviklet teknologi beskyttet i den grad at andre aktører ikke kan kopiere denne og bruke den til egen vinning uten avtaler.

INDT tilfredsstillende ikke patentkravene da teknologien i bordplaten bygger på induksjon som allerede er patentert teknologi. Per i dag eksisterer det ikke teknologi i platen som ikke kan utledes fra tidligere kjente løsninger på markedet.

### 12.5.2 Varemerke



Figur 12.5.1: Varemerket Freia. [57]

Et varemerke kan være alt fra logoer og slagord til figurer og emballasjer, det kan til og med være lyd og bevegelser. *Patentstyrets* definisjon er at *et varemerke er et særpreget kjennetegn for dine varer og/eller tjenester*. [56] De fleste produkter som omgir oss på markedet er varemerket. Som forbrukere kjenner vi igjen flere av disse varemerkene og vi kan relatere de til produkter og/eller produsenter. Varemerker påvirker ofte forbrukere, enten det er bevist eller ikke. Om man har gode erfaringer med produkter fra en spesiell produsent, la oss si Freia som produserer flere ulike

sjokolader, så vil man assosiere disse med varemerket Freia og det vil kunne påvirke valget ved neste sjokoladeinnkjøp. For Freia, i dette tilfellet, er det viktig å ha beskyttelse på sitt varemerke, slik at andre aktører ikke har mulighet til å utnytte dette for egen vinning, eller å risikere at forbruker får erfaringer som ikke samsvarer med produktstandarden. *Patentstyret* sier at *et varemerke kan registreres bare hvis det er egnet til å skille dine varer og/eller tjenester fra andres*. [56]

Det vil være aktuelt for INDT å søke om varemerkebeskyttelse for både produktnavn og logo, da disse er ikke tidligere registrertsom varemerke.



### 12.5.3 Design

Utseende, utforming, form og fasong er alle synonymmer med design, *Patentstyret* klargjør at *design refererer til utseendet og formen til et produkt eller en del av et produkt.*[56] Vi omgir oss



Figur 12.5.2: Tripp trapp<sup>®</sup>-stol fra Stokke.  
[58]

med design hverdag, i alt fra tannbørsten til skrivebordet på kontoret. Alle produkter har en utforming som gjenspeiler dets design. Design kan være i objekter som kan tas og føles på, men også som visuelle bilder i form av for eksempel bakgrunnsbilder på datamaskiner og oppsett av websider. Noen produkter har egne og originale design, og disse kan beskyttes for å hindre at andre kopierer de for profitt og vinning. Kravet for designbeskyttelse er i hovedsak at det skal være nytt på markedet, samt skille seg betydelig fra andre produkter.

Store deler av møbelbransjen baserer seg på design og produsenter tjener på å tilby møbler av tilfredsstillende utseende og funksjonalitet. Har man et unikt design er det dermed viktig å beskytte dette. *Tripp trapp*<sup>®</sup>-stolen er et eksempel på dette, med dens funksjonelle design som tok markedet for barnestoler med storm. *Tripp trapp*<sup>®</sup> er også varemerket som ordmerke.

Flaggskipsversjonen av INDT tilbyr et nytt og originalt design. Den distinkte sorte stripen av glass som går på langs av bordplaten skiller seg betydelig fra vanlige spisebord. Bordkroppen fra originaldesignet (figur 1.4.2) er utformet på en måte som tilbyr funksjonalitet i form av benkeplass. Ved realisering av INDT som et produkt på markedet er det dermed aktuelt med designbeskyttelse. Det er mulig å teste designet i markedet i opptil 12 måneder før man sender inn søknad til *Patentstyret*, om dette er lønnsomt eller ikke vil være en risikovurdering som må tas når eventuell realisering er stadfestet.

Ved opprettelse av beskyttelsesformene nevnt over forekommer søknadsgebyr, samt ulike avgifter. Størrelsen på disse avhenger blant annet av hva som beskyttes og tidsperiode.

### 12.6 Realiseringsplaner

INDT har i dette arbeidet vært igjennom en omfattende utvikling, men mye arbeid gjenstår før konseptet er lanseringsklart. Tilfredsstillende teknologiske systemer og funksjonelle design må utvikles, kommersialiserings- og markedsforberedelser må gjennomføres og produksjons- og salgsstrategier må utformes. Dette vil kreve ulike ressurser og kompetanse, det må derfor tilrettelegges for arbeid med disse elementene i videre realiseringsprosess.

Realiseringsplanene per i dag er som følger å:

- Fortsette samarbeid med *Sykkylven Næringsutvikling* for å opprette nødvendige kontakter og søke om støtte i form av næringsmidler.

- Bygge videre på samarbeid med *Inspirasjons- og kompetansesenteret* i Sykkylven. Ved å tildeles plass i deres inkubator vil INDT-prosjektet ha tilgang på bred kompetanse innen bransje og forretningsutvikling.
- Søke om etableringstilskudd fra *Innovasjon Norge*. Dersom samarbeid med kommunen fungerer vil det være større sannsynlighet for at dette innvilges. I fremtiden vil det også kunne bli aktuelt å søke støtte fra *SkatteFUNN*.
- Aktivt lete etter samarbeidspartnere innenfor det teknologiske området. INDT er avhengig av en induksjonsteknologi som tilfredsstillt tidligere gitte krav og forbruker-forventninger. Til utvikling av denne må det enten opprettes samarbeid eller leies inn kompetanse, sist nevnte ønskes å unngås da dette vil ta opp store finansielle midler.
- Fastsette logoer og design, samt søke om mønster- og varemerkebeskyttelse av disse.
- Gjennomføre utviklingsarbeid i forhold til ferdigstilling av kommersielt produkt.
- Gjennomføre nødvendige kommersialiserings- og markedsarbeid i forhold til lansering av produkt.

*TechFurn* vil i arbeidet videre også delta på messer og bransjesammenkomster for å fremme konsept og etablere større nettverk. I første omgang vil det søkes om deltagerplass på *Nordic Buzz* som er ett nordisk arrangement og mentorprogram for gründere i kreative bransjer som møbel, interiør, kunst og mote. Deltagerne får delta på *Formland*-messen i Danmark hvor produkter og konsepter vises frem. Deltagelse på denne messen er en god mulighet for nettverksbygging og markedsføring av både *TechFurn* og INDT.

Per i dag er består *TechFurn* av en person, det vil i fremtiden være aktuelt å tilføye en eller flere personer i foretaket da det i videre stadier kreves omfattende arbeid for å lykkes. Med partnere med relevant kompetanse vil det være muligheter for å utstede oppgaver etter kompetanse uten å måtte ty til utenforstående støtte og hjelp. Relevante partneregenskaper aktuelle for prosjektet i dag er teknologiske innsikt nødvendig for å utvikle platetopp og kompetanse innenfor økonomi.

Kort oppsummert vil *TechFurn* arbeide aktivt med å engasjere nødvendige aktører og personer i utviklingen av konseptet slik at dette blir markedsklart. Det vil søkes om offentlige midler til utvikling- og kommersialiseringsprosesser. Videre vil det også søkes om mulige former for konseptbeskyttelse. Utvidelse av foretak vil vurderes dersom riktige ressurser er engasjerte. Det vil være fortløpende fokus på nettverksbygging og involvering av organisasjoner.

### 13. PROSESSDISKUSJON

Arbeidet med denne masteren har vært omfattende og krevende, men også lærerikt og spennende. Muligheten til å utvikle INDT fra idé til ferdig prototype har vært motiverende og en avgjørende faktor for engasjement. Gjennom prosessen har hovedelementene i produktutviklingsmetodikken *IPD* vært sentrale og metoden er i stor grad benyttet i fremstilling av prototype.

I tidlig fase ble tid brukt på utredninger av alternative løsninger for varmekilder i bordet, samt muligheter for direkte integrasjon av kommersiell teknologi i INDTs bordplate. Planlegging og kartlegging av utviklingsaktiviteter og funksjonelle løsninger var også i fokus noe som resulterte i kreative brainstormingsprosesser og samtaler med faglig sterke personer for diskusjon og inspirasjon til videre arbeid.

I utredningen var fordelene ved induksjon klare og det ble valgt å integrere et kommersielt induksjonssystem i bordplaten. Det ble opprettet kontakt med Siemens i håp om å utvikle en form for samarbeid i forhold til deres micromodul-teknologi, men dette var ikke gjennomførbart på gitt tidspunkt. Integrasjon av et slikt system på egenhånd ville vært kostnadsfult og tidkrevende. Fokus ble dermed rettet på en enkel løsning med effektivt gjennomføringspotensiale, denne basert på direkte integrasjon av plateløsningen Wilfa Indux ICP-2000 i INDT.

Teknologien i platen ble kartlagt, for gjennomføring av integrasjon måtte noen tilpasninger medregnes. Disse i forhold til:

- Sentralisering av styringspanel.
- Moduloppsett av induktorer med tilhørende elektronikk.
- Materialer og deres evner til å samhandle med system og komponenter.

Regelverk og forskrifter vedrørende elektronikk i kommersielle produkter er tatt lite hensyn til i integrasjonsprosessen. Det ble antatt at gjennomførte endringer ikke ville påvirke elektronikken på en slik måte at originalsistemene ikke lenger tilfredstilte standarder. Ved faktisk integrasjon ble det oppdaget at dette var tatt for lett på, samt at noen komponenter ikke lenger fungerte ordentlig. De nye oppdagelsene førte til problemstillinger som måtte løses og tas hensyn til underveis. Blant disse var:

- Overføring av elektronikk fra dobbeltisolerte omgivelser til omgivelser av ledende materialer.
- Sikring av hovedstrømkabler.
- Optimalt fungerende styrekort.
- Potensiell avgitt plateeffekt på nivå langt over brukergrenser.

Midlertidige tiltak er gjennomført for de to første punktene, de to siste punktene er ikke utbedret grunnet for sen tilnærming av problemene i forhold til prosjektets tidsgrenser. Disse feilene er så omfattende at det kan forekomme alvorlige skader på produkt, enheter og omgivelser og må dermed utbedres ved videre arbeid og per i dag tas hensyn til ved bruk.

I forhold til valgt integrasjonsmetode måtte opphavelig design revideres. Designprosessen har i seg selv ikke vært særlig krevende, men det har vært utfordrende å tenke nytt og fremstille et tilpasset prototypedesign. I nytt design er følgende endringer gjennomført:

- Bordet er neddimensjonert fra 6 personer til 4 personer. Med ergonomiske dimensjoner.
- Bordbeina er endret fra et tidligere funksjonelt design til å nå bestå av fire enkle bordbein.

Gjennomførte endringer har ikke påvirket produktets mål om stilren og elegant fremtoning. Den svarte stripen som kjennetegner INDTs bordplate er integrert langs midten og bordet i sin helhet ser eget og unikt ut.

For å gjøre fremstillingen enkel og effektiv er følgende gjort:

- Design og sammensetting baseres på enkle komponenter og metoder.
- Løsninger er tilpasset tilgjengelige verktøy og prosessmetoder.
- Detaljerte konstruksjonstegninger er fremstilt av 3D-modell.
- Bearbeidingsmetoder er diskutert, beskrevet og forklart.

Da utviklingsfasen har hatt et praktisk utgangspunkt er valgte løsninger basert på fornuft og samtaler med fagkyndige. Løsninger har blitt forbedret og tilpasset underveis i prosessen, eksempel på dette er fremstilling av avstivere etter det fremgikk under bordplatens bearbeiding at den ikke var i stand til å tåle belastningene den ville bli utsatt for. Resultatet er en solid og sterk bordplate hvis estetiske fremtoning ikke er påvirket av endringen. I utvikling og ved videre arbeid bør det gjennomføres undersøkelser og tester vedrørende:

- Lønnsomhet i fremstilling.
- Effektivisering av fremstillingsprosess.
- Styrke og belastningskapasitet.
- Velt og vekt.

I utviklingsarbeidet har det i denne omgang ikke vært fokus på materialer utover at de skal tilfredsstillende gitte grensespesifikasjoner, samt være av god kvalitet. Diskusjoner med leverandører har vært nyttige i forhold til å avklare hvorvidt valgte materialer er passende i produktet. I utviklingsprosessen ble det tidlig opprettet kontakt med aktuelle leverandører og produsenter for å ha et godt grunnlag for videre samhandling.

Det har i prosjektet vært svært lærerikt å samhandle med ulike aktører, spesielt med *IMTs* verksted. Underveis i prosessen er de jobbet tett sammen med de ansatte her for å finne optimale løsninger i forhold til prototyp utvikling, samt tids- og lønnsomhetsfaktorer.

Til tross for noe vanskeligheter med å rive seg løs fra gamle tanker og mål har det vært forfriskende å kunne la andre arbeide med produktet. Det har blitt lagt stor tillit til verkstedets gjennomføringsmetoder og praktiske synspunkt. Faktorer som har påvirket arbeidsprosessen presenteres på neste side.

- Effektiv arbeidstid på verkstedet er fordelt over en lengre tidsperiode da rapportskrivning har foregått parallelt og verkstedet har hatt andre prosjekter å ferdigstille.
- Tekniske tegninger er fremstilt underveis i prosessen, noe som har resultert i at levering av komponenter og materialer har tatt noe lenger tid enn nødvendig.

Til tross for faktorene over er prototypen ferdigstilt inn gitt tidsfrist og med marginer til å gjennomføre tester på produktet. Det er gjennomført tester vedrørende:

- Materialvalg.
- Energibruk.
- Varmespredning.
- Funksjonalitet i temperaturføler.

Både tradisjonelt og moderne utstyr er benyttet i forsøkene. Resultatene er konsistente og underbygger antagelser gjort på forhånd. Platetoppen innehar egnede termiske egenskaper og varme spres dårlig langs flaten, som i dette tilfellet er positivt. Det er per i dag ikke mulig å trekke konklusjoner vedrørende elementenes energi- og varmeeffektivitet da det for disse tilfellene må gjennomføres omfattende tester i lukkede omgivelser, samt forsøk på konkurrerende produkter.

Det er ferdigstilt en prototype med evne til å *holde mat varm over tid*, det er ikke gjennomført funksjonsutvikling utover dette, men det er i bordplaten lagt til grunne for fremtidig integrasjon av funksjoner som:

- Trådløslading av elektriske enheter.
- Kjølsoner.
- Micromodul teknologi.
- Tilpasset brukergrensesnitt.

Styrerom er nedfelt på en slik måte at det er plass til integrasjon av nye systemer, samt er den ene enden av bordet ubearbeidet slik at det i fremtiden kan integreres relevant teknologi i dette området. Moduloppsettet på induksjonselementene gjør det enkelt å implementere nye systemer og teknologi.

Prototypens utviklingskostnad ligger på rundt 60 000 kr, ved utvikling av identisk modell på IMTs verksted vil denne kostnaden tilnærmet kunne halveres. Produseres det flere enheter vil produksjonskostnadene synke enda mer. Dette gjør det reelt å anta at prisen på bordet vil være konkurransedyktig på det norske markedet da dette er kjøpesterkt og produktet er rettet mot lukrative kundesegmenter, dette gitt at ny teknologi i eventuell serieproduksjon holder seg i et greit prissjikt.

Da utviklingen av fysisk prototype er gjennomført parallelt med rapportarbeidet, har det vært nødvendig å dele opp arbeid og sette klare utviklingsmål for perioder med tilgjengelig

verkstedtid. Ved å avhenge av andres arbeid og leverandørtider har disse målene til stadighet vært i endring. Timeplanen er tilpasset underveis og omprioriteringer har måtte gjøres.

Av erfaringer gjort i arbeidet er det ingen tvil om at generelle utviklingsgrunnlag og tekniske tegninger bør avklares og fremstilles tidlig i prosessen. På denne måten kan man være tidlig ute med bestillinger og innhenting av materialer slik at alt er lagt til rette for utvikling og bearbeiding. Grunnen til at disse elementene har latt vente på seg i dette arbeidet er fordi noen løsninger er tilpasset underveis. Dette for å gi en grad av frihet i bearbeidingsprosessene slik at uforutsette problemstillinger har kunne latt seg løse umiddelbart. Det mest optimale hadde vært om disse problemstillingene fremkom av analyser gjort i forkant. Da det har vært fokus på en praktisk utviklingstilnærming på utviklingsarbeid er slike analyser ikke gjennomført, men metoden har på sin måte bidratt til effektivisering av bearbeidingsledd i prosessen.

I sammensetningsfasen har utviklingen av bordet blitt gjort på egenhånd og ved hjelp av medstudent. Det er lært at eget engasjement og pådriverevner er avgjørende for kvalitet og fremgang i eget og andres arbeid. Med gjennomtenkte løsninger og tilnæringsmetoder har bearbeidings-, integrerings og sammensetningsprosess levert et godt resultat i form av en prototype som svarer til forventninger.

## 14. KONKLUSJON

I dette masterarbeidet er det utviklet løsning for modulintegrasjon av kommersielle induksjonssystemer i bordplate, samt fellespanel for styring av disse. Fremstilling av prototype for induksjonskonseptet INDT, med fokus på hovedfunksjon å *holde mat varm over tid*, er gjennomført.

### 14.1 Resultater og anbefalinger

Resultatet av utviklingsarbeidet er en prototype som tilfredsstillende mål og forutsetninger presentert i rapporten.

- Den er utviklet basert på enkle og funksjonelle løsninger, med direkte integrasjon av kommersiell teknologi.
- Bordplaten er av størrelse 122cmx102cmx4cm, tre induktorsystemer med tilhørende styringsmuligheter er modulintegrert i denne.
- Teknologien er skjult under en plate i herdet glass med målene 122cmx30cmx0,4cm.
- Bordets høyde fra gulv til underside av bordplate er 75cm. Alle hovedmål tilfredsstillende ergonomiske standarder.

Induksjonsteknologien integrert i platen fungerer som forventet, men styringspanelet krever omsyn ved bruk da dette per i dag ikke fungerer optimalt. Det anbefales å montere isolerende materialer rundt hvert styrekort for å hindre elektrisk støy i deres tilhørende virkeområde.

Mangel på regulering av maksimal avgitt effekt fra bordet i helhet må tas hensyn til da vanlig husholdningskurs ikke vil klare å drive slik bruk. Ved videre utvikling bør regulator integreres i systemet slik at maksimal effekt ikke overskrider 3,6kW.

Det anbefales å utbedre prototype slik at denne tilfredsstillende standarder og fungerer optimalt. Videre bør det være fokus på utvikling av induksjonsplate med passende teknologi for kommersiell løsning. Kommersialiseringsprosessen bør planlegges og bygge gode målsetninger og visjoner. Det er rom for INDT i dagens møbelmarked, så prosjektet bør tas videre med mål om lansering av produkt på det norske markedet.

### 14.2 Videre arbeid

Prototypen som presenteres i arbeidet gjenspeiler et eget og unikt konsept, men det kreves videre arbeid med denne dersom den skal fungere optimalt. I forhold til kommersialisering av konseptet er det også elementer som bør arbeides med.

Planlagt videre arbeid med prototype:

- Utbedring av elektriske systemer i prototype.
- Kartlegging av feilkilde i styrepanel i prototype.
- Integrasjon av effektreguleringssystemer i prototype.

- Omfattende tester på effekt, vekt og velt.

Vider arbeid i forhold til kommersiell løsning:

- Utredning og utvikling av tilpasset mikromodulbasert induksjonsteknologi.
- Utredning og utvikling av kjølesoner i bordplate.
- Utredning og utvikling av ladefunksjon i bordplate.
- Videre utredning og utvikling av intellektuelt brukergrensesnitt for bordplate.
- Utvikling av fungerende løsninger for originaldesign av bordkropp.

Kommersialiserings- og realiseringsarbeid:

- Sikring av kommersielle rettigheter.
- Sikring av finansielt grunnlag for videreutvikling.
- Opprettelse av samarbeid og involvering av nøkkelpersoner for videre fremdrift.
- Produksjon av o-serie og kalibrering av produksjonsutstyr.
- Markeds- og lanseringsforberedelser.
- Serieproduksjon og salg.



## 15. REFERANSER

Kilder og personer som refereres til i oppgaven presenteres her.

### 15.1 Skriftlige kilder

8. Berg, L.P., *Norsk Industri - et sammendrag av året 2013 og noen blikk bakover i tid*. Statistisk sentralbyrå, 2014, s. 19.
9. Erdal, Nan Iren, *INDT*, 2012, TIP200.
10. Erdal, Nan Iren, *Den optimale løsningen for INDT*, 2014.
11. Bøe, Jan Kåre, *TIP300 Konsept- og produktrealisering*, 2014.
13. Geick, K.G., Reiner, *Geick Engineering Formulas*. Eight ed. 2006, New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
15. Tipler, P.A. and G. Mosca, *Physics for Scientists and Engineers Sixth Edition* ed. 2008, New York: Freeman.
38. Siemens, *Repair Instructions IH5-I Full INduction*.
45. En rekke interne og eksterne fagpersoner, f.a.s., *Kosthåndboken - Veileder i ernæringsarbeid i helse- og omsorgstjenesten*. 2012: Helsedirektoratet 280.
51. Erdal, N.I., *Forretningsplan for TechFurn*. 2014.

### 15.2 Personreferanser

4. *Norsk møbelindustri*, 26 Januar 2015, Knut Skøe, Informasjonssjef, Møbelrådet
40. *Elektronikk i INDT i forhold til norske husholdninger*, 05 April, Erdal. O.A, Elektriker

### 15.3 Nettkilder

1. *Norsk møbelindustri*, 15 Februar 2015, Skoleskogen, [www.skoleskogen.no](http://www.skoleskogen.no)
2. *Produsenter og produkter*, 16 Februar 2015, InsideNorway, [www.insidenorway.no](http://www.insidenorway.no)
3. *Fem nye arena prosjekter*, 16 Februar 2015, Arena Programmet, [www.arenaprogrammet.no](http://www.arenaprogrammet.no)
5. *Industribygda*, 13 Februar 2015, Sykkylven Kommune, [www.sykkylven.kommune.no/](http://www.sykkylven.kommune.no/)
6. *Historien om Ekornes*, 01 Mars 2015, Ekornes, [www.ekornes.no/](http://www.ekornes.no/)
7. *Stressless*, 01 Mars 2015, Ekornes, [www.ekornes.no/](http://www.ekornes.no/)
12. *Energi*, 10 Mars 2015, Naturfag Info, [www.naturfag.info](http://www.naturfag.info)
14. *Termodynamikk*, 10 Mars 2015, Store Norske Leksikon, [www.snl.no](http://www.snl.no)
16. *Varmekapasitet*, 11 Mars 2015, Store Norske Leksikon, [www.snl.no](http://www.snl.no)
17. *Varmestråling*, 11 Mars 2015, Store Norske Leksikon, [www.snl.no](http://www.snl.no)
18. *Varmeoverføringsmekanismer*, 10 Mars 2015, Store Norske Leksikon, [www.snl.no](http://www.snl.no)
19. *Vannbad 1/1 G*, 15 Mars 2015, MP Storkjøkken, [www.mpstorkjokken.no](http://www.mpstorkjokken.no)
20. *Varmeplate*, 15 Mars 2015, MP Storkjøkken, [www.mpstorkjokken.no](http://www.mpstorkjokken.no)
21. *Bon Home HL100SV Culinary Heat Lamp*, 20 Mars 2015, Amazon, [www.amazon.com](http://www.amazon.com)
22. *Bertos koketopp E7P2B*, 06 Mars 2015, Storkjøkken partner, [www.storkjokkenpartner.no](http://www.storkjokkenpartner.no)
23. *Daglig glasskeramisktopp*, 06 Mars 2015, IKEA, [www.ikea.no](http://www.ikea.no)

24. *Miele platetopp CS 1021G*, 06 Mars 2015, Lefdal, [www.lefdal.no](http://www.lefdal.no)
25. *Electromagnitic Induction*, 02 April 2015, Education. A, [www.physics.about.com](http://www.physics.about.com)
26. *Kilder til lavfrekvente felt*, 13 April 2015, Folkets strålevern, [www.folkets-stralevern.no](http://www.folkets-stralevern.no)
27. *What are Clamp Meters?*, 20 Mars 2015, Kyoritsu, [www.kew-ltd.co.jp](http://www.kew-ltd.co.jp)
28. *Motor*, 20 Mars 2015, Tesla Norge, [www.my.teslamotors.com/no](http://www.my.teslamotors.com/no)
29. *Thermador freedom induction cooktop*, 18 Mars 2015, gizmag, [www.gizmag.com](http://www.gizmag.com)
30. *Samsung induksjonsladestasjon*, 18 Mars 2015, Base, [www.shop.base.be](http://www.shop.base.be)
31. *Clamp Meter*, 20 Mars 2015, Kyoritsu, [www.kew-ltd.co.jp](http://www.kew-ltd.co.jp)
32. *Tesla Roadster*, 18 Mars 2015, cars.com, [www.cars.com](http://www.cars.com)
33. *Fluks*, 26 Mars 2015, Store Norske Leksikon, [www.snl.no](http://www.snl.no)
34. *Magnetisk matlaging*, 10 Januar 2008, Teknisk Ukeblad, [www.tu.no](http://www.tu.no)
35. *Induction Cooker*, 11 Januar 2008, H. Electric, [www.hkelectric.com](http://www.hkelectric.com)
36. *Induksjonstopper*, 26 Mars 2015, Appliancist, [www.appliancist.com](http://www.appliancist.com)
37. *Induksjonstopper*, 26 Mars 2015, Siemens, [www.siemens-home.no](http://www.siemens-home.no)
39. *Wilfa Indux ICP-2000*, 03 Mars, Elkjøp, [www.elkjop.no](http://www.elkjop.no)
41. *Styringspaneler*, 26 Mars 2015, Gorenje, [www.gorenje.no](http://www.gorenje.no)
42. *Styringspanel EH651FV17E*, 27 Mars 2015, Siemens, [www.siemens-home.no](http://www.siemens-home.no)
43. *Styringspanel ACM 804/BAN*, 27 Mars 2015, HomeStore, [www.homestore.no](http://www.homestore.no)
44. *Styringspaneler*, 26 Mars 2015, Amazon, [www.amazon.no](http://www.amazon.no)
46. *Vurdering av grad og omfang ved brannskade*, 29 Mars 2015, Norsk Helseinformatikk, [www.nhi.no](http://www.nhi.no)
47. *Herdet glass*, 04 April, Store Norske Leksikon, [www.snl.no](http://www.snl.no)
48. *Hvordan holde benkeplater fine*, 03 Mai 2015, Klikk, [www.klikk.no](http://www.klikk.no)
49. *Energieffektive hvite- og brunevarer*, 02 Mai 2015, Enova, [www.enova.no](http://www.enova.no)
49. *Elektrisitetspriser*, 03 Mai 2015, Statistisk Sentralbyrå, [www.ssb.no](http://www.ssb.no)
52. *Etablerertilskudd*, 19 April 2015. Innovasjon Norge, [www.innovasjonnorge.no](http://www.innovasjonnorge.no).
53. *SkatteFUNN*, 19 April 2015, Forskningsrådet, [www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no)
54. *Kommunale Næringsfond*, 19 April 2015, Regjeringen, [www.regjeringen.no](http://www.regjeringen.no).
55. *Om Patentstyret*, 16 Mars 2015, Patentstyret, [www.patentstyret.no](http://www.patentstyret.no).
56. *Idébeskyttelse*, 16 Mars 2015, Patentstyret, [www.patentstyret.no](http://www.patentstyret.no).
57. *Varemerke Freia*, 16 Mars 2015, Freia, [www.freia.no](http://www.freia.no)
58. *Tripp trapp stol*, 16 Mars 2015, Stokke, [www.stokke.com](http://www.stokke.com)

## 16. VEDLEGG

Vedlegg 1:	Liste over tabeller
Vedlegg 2:	Liste over figurer
Vedlegg 3:	Sammensettingstegning, prototype
Vedlegg 4:	Eksplasjonstegning, prototype
Vedlegg 5:	Konstruksjonstegning, bordplate
Vedlegg 6:	Konstruksjonstegning, modulform
Vedlegg 7:	Konstruksjonstegning, glassplate
Vedlegg 8:	Konstruksjonstegning, avstivere, plate
Vedlegg 9:	Konstruksjonstegning, avstiver, stag
Vedlegg 10:	Konstruksjonstegning, bordbein
Vedlegg 11:	Konstruksjonstegning, T-profil, bordbein

## Vedlegg 1:

### Liste over tabeller

Tabell 2.2.1: Oversikt, arbeidsplan og milepæler. * = 19. juni, Orange= fri.....	8
Tabell 3.1.1: Forkortelser og begreper som er benyttet i rapporten.....	10
Tabell 3.2.1: Symboler og enheter(SI) som er benyttet i rapporten .....	10
Tabell 3.2.2 fortsetter: Symboler og enheter(SI) som er benyttet i rapporten .....	11
Tabell 3.3.1: Formler som er benyttet i rapporten. Med indeks X.Y.Z menes formel Z i kapittel X.Y. Med * menes at formel er utledet fra [X.Y.Z].....	11
Tabell 4.3.1: Illustrasjon av oppsett til Pugh-matrise.....	13
Tabell 0.1: Gap Map oppsett med ledig plass i høyre hjørne. Egen illustrasjon. ....	13
Tabell 6.1.1: Tabell over kriterier og deres vektning for videre seleksjon av systemer til INDT. ....	27
Tabell 6.1.2: Pughs seleksjonsmatrise for ulike varmesystemer for bruk i INDT.....	28
Tabell 6.1.3: Vektning av induksjonsteknologi.....	29
Tabell 6.2.1: Oversikt over forskjellige komponenter i ICP-2000. Tabellen fortsetter på neste side. ....	39
Tabell 7.1.1: Oppdatert tabell over ergonomiske krav til bord, hentet fra TIP300, alle mål i cm.[10].....	45
Tabell 7.2.1: Visuelle hovedmål for prototype, alle mål i cm.....	46
Tabell 8.1.1: Fremdriftsplan prototyp utvikling, fra 09.03.2015 – 04.05.15.....	48
Tabell 8.6.1: Resultater fra test av varmesensor. ....	62
Tabell 8.6.2: Tabell over temperaturer målt med lasertermometer langs ulike lengder av glassplatens bredde. ....	63
Tabell 8.6.3: Tabell 13: Resultater fra test av energibruk i bordplaten.....	67
Tabell 11.2.1: Utviklingsbudsjett, alle priser i NOK .....	78

## Vedlegg 2:

### Liste over figurer

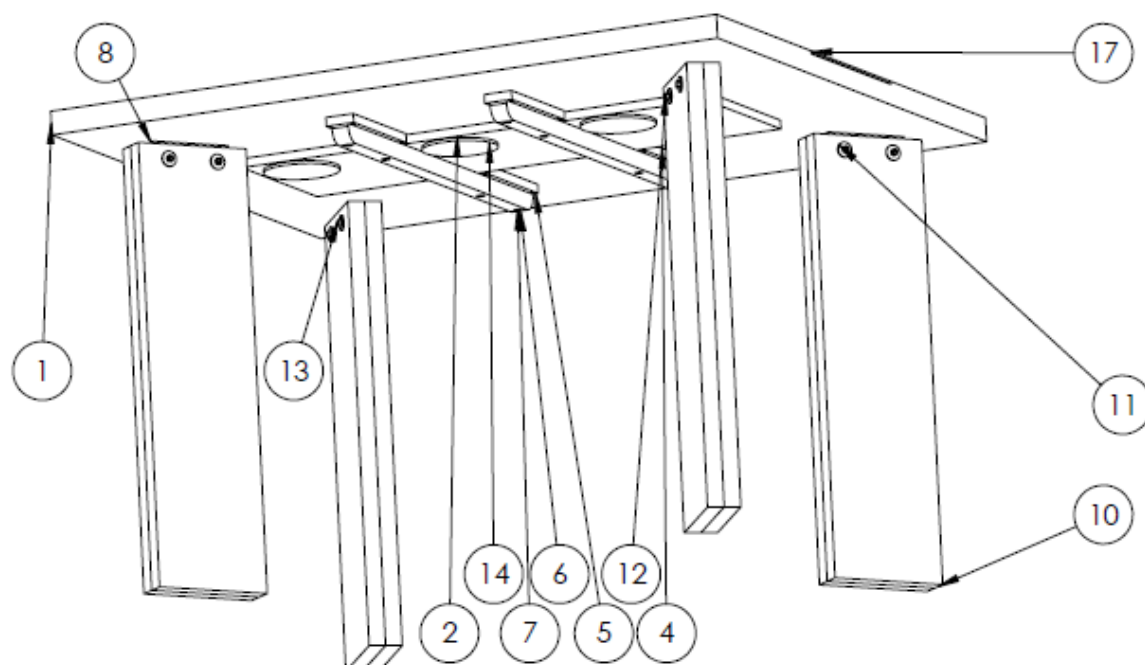
Figur 1.1.1: Ekornesprodukt Stressless View (M) [7].....	1
Figur 1.4.1: INDT konseptskisse fra TIP100. Egen illustrasjon. ....	3
Figur 1.4.2: Originaldesign av induksjonsbord presentert i TIP200. [9] .....	3
Figur 1.4.3: Tidslinje og trinn for utviklingen av INDT. Egen illustrasjon. ....	4
Figur 4.6.1: Utredningsprosess. Egen illustrasjon. ....	14
Figur 4.6.2: Utviklingsfase. Egen illustrasjon. ....	15
Figur 4.6.3: Design- og tegningsprosess. Egen illustrasjon. ....	16
Figur 4.6.4: Realiseringsfase. Egen illustrasjon. ....	17
Figur 4.6.5: Prosessillustrasjon av prototyp utvikling. Egen illustrasjon.....	18
Figur 5.1.1: Termisk konduksjon i legeme med temperaturdifferanse. Egen illustrasjon. ....	20
Figur 5.1.2: Termisk konveksjon i fluid i kjele med varmekilde i bunn. Egen illustrasjon. ....	21
Figur 5.1.3: Varmeoverføringsmekanismer i praksis. [18] .....	21
Figur 5.2.1: Vannbad 1/1 GN. [19].....	22
Figur 5.2.2: Varme-plate 1/1 GN. [20].....	22
Figur 5.2.3: Bon Home Culinary Heat Lamp. [21] .....	22
Figur 5.2.4: Bertos koke-topp E7P2B.[22] .....	23
Figur 5.2.5: Daglig Glasskeramisk topp. [23].....	23
Figur 5.2.6: Miele platetopp CS 1021G. [24] .....	23
Figur 5.3.1: Magnetfelt generert av strøm sendt gjennom en leder. Egen illustrasjon.....	24
Figur 5.3.2: Fra venstre: Thermador freedom induction cooktop, Samsung induksjonsladestasjon, Clamp meter, Tesla Roadster. [29-32] .....	25
Figur 6.1.1: Gap-Map som illustrerer forholdet mellom varmesystemer og vurderingskriterier. .	30
Figur 6.2.1: 1. GE Monogram Electronic Induction Cooktop, 2. AEG MaxiSense, 3. Thermador PowerBoost. [36].....	31
Figur 6.2.2: Siemens Flex Induction, EH975S217E. [37] .....	32
Figur 6.2.3: Siemens FreeInduction koketopp. [37] .....	32
Figur 6.2.4: Mikromoduloppsett i Siemens FreeInduction, samt effektivt areal. Egen illustrasjon .....	33
Figur 6.2.5: Mulig oppsett for mikroinduktorer i INDT. Egen illustrasjon. ....	33
Figur 6.2.6: Koblingsskjema over grunnelektronikk i Siemens FreeInduction. Egen illustrasjon. ....	34
Figur 6.2.7: Mulig koblingsskjema over grunnelektronikk ved integrasjon i INDT. Egen illustrasjon. ....	34
Figur 6.2.8: Mulig oppsett av mikro-moduler i bordplate. Egen illustrasjon.....	35
Figur 6.2.9: Wilfa Indux ICP-2000. [28] .....	36
Figur 6.2.10: Koblingsskjema for grunnelektronikk i ICP-2000. Egen illustrasjon. ....	36
Figur 6.2.11: Mulig koblingsskjema over grunnelektronikk ved integrasjon av ICP-2000 i INDT. Egen illustrasjon. ....	37
Figur 6.2.12: Moduloppsett integrert i bordplate. Egen illustrasjon. ....	37
Figur 6.2.13: Samlet effekt av tre ICP-2000 elementer. Egen illustrasjon. ....	38

Figur 6.3.1: 1. Gorenje IC634CLI, 2. Siemens EH651FV17E, 3. Whirlpool ACM 804/BAN -, 4. Gorenje IT612AC [41-43].....	41
Figur 6.3.2: Siemens FreeInduction berøringspanel. [37].....	42
Figur 6.3.3: 1. GoWISE USA GW22604, 2. NuWave PIC, 3. GoWISE USA IGC Round, 4. DUXTOP 9100MC, 5. Waring Pro ICT400 Double IC. [44] .....	43
Figur 6.3.4: Wilfa Indux ICP-2000, brukergrensesnitt. Innehar svinghjul samt på/av-knapp og meny-tast. Led -lys illustrerer valgt funksjon. Revidert fra[28] .....	44
Figur 8.2.1: Innkjøpt Wilfa Indux ICP-2000. Eget foto. ....	48
Figur 8.3.1: Skinnebasert sammensetting av bordplate. Av Egen illustrasjon. ....	49
Figur 8.3.2: Armert feste fra induksjonsplate på innside av bordplatedel. Egen illustrasjon. ....	49
Figur 8.3.3: Funksjonelt design for INDT prototype. Egen illustrasjon. ....	50
Figur 8.4.1: Induksjonsmodul fra Wilfa Indux ICP-2000. Eget foto.....	51
Figur 8.4.2: Illustrasjon av bordplate laget i SW. Egen illustrasjon. ....	51
Figur 8.4.3: Modulform for induksjonselementer. Egen illustrasjon.....	52
Figur 8.4.4: Glassplate, egen illustrasjon.....	52
Figur 8.4.5: Plate til bordbein, egen illustrasjon.....	53
Figur 8.4.6: Avstiver. Egen illustrasjon.....	53
Figur 8.4.7: Oversikt over sammensetting av prototype. Egen illustrasjon. ....	54
Figur 8.4.8: Prototypedesign utformet i SW. Egen illustrasjon. ....	54
Figur 8.5.1: 1. Første spor nedfrest i bordplate. 2. Gunnar på verkstedet i full gang med fresing. 3. Flere spor frest, halveis ferdig. Fresing gjort på IMTs verksted ved NMBU. Egne foto.....	55
Figur 8.5.2: 1. Nedfresinger og utsaginger i bordplate. 2. Nedfresing av styrerom. Egne foto. ....	55
Figur 8.5.3: Montering av avstivere på bordplate. Eget foto. ....	56
Figur 8.5.4: 1. Saging av plastdeksel med båndsag. 2. Påliming av gummistrier med Loctite 3090(3.). Egne foto. ....	56
Figur 8.5.5: 1. Tec7. 2. og 3. Påliming av induktorsystem i modulform. Tvinger holder elementene på plass til limen tørker. Egne foto. ....	56
Figur 8.5.6: 1. Utskjæring av hull til hovedstrøm. 2. Måling av modulformenens plassering i utskjært hull. 3. Ferdigmonterte modulformer med induksjonselementer. Egne foto. ....	57
Figur 8.5.7: 1. Festing av hovedstrømkabler. 2. og 3. Montering av styrekort. Egne foto. ....	57
Figur 8.5.8: 1. Utfresing av sport til T-profil i bordbein. 2. Boring av hull i T-profil. 3. Liming av beinplater. 4. Ferdig nedfrest spor. 5. Liming av bordbein, tvinger holder delene på plass mens limen tørker. Egne foto. ....	58
Figur 8.5.9: Ferdigstilt prototype. Egne foto.....	58
Figur 8.6.1: Illustrasjon av forsøk av induksjonsmodul gjennom herdet glass. Egne foto.....	59
Figur 8.6.2: Test av touch-knapper, prototypeprosjekt. Egne foto.....	60
Figur 8.6.3: Illustrasjon over temperaturendring i kokekar ved gitt temperaturinnstilling. Egen illustrasjon. ....	61
Figur 8.6.4: Illustrasjon over lasertermometerets måle-områder. Eget foto og illustrasjon. ....	63
Figur 8.6.5: Varmespredning på glassplate illustrert med bilder tatt med varmekamera. Maks og min temperaturer registrert i kamera fremgår av skal nede på bildet. Temperatur i venstre hjørne er målt i midten av foto. Egne foto.....	65
Figur 8.6.6: Temperaturer etter 1 minutt nedkjøling. Eget foto. ....	65

Figur 8.6.7: Illustrasjon over energibruk forsøk. Eget foto. ....	66
Figur 9.1.1: 1. Feste av bordbein. 2. Bordet sett fra undersiden med modulformer og avstivere. 3. Bordplate sett ovenfra med innsyn til teknologi. 4. Styringspanel overside glassplate. ....	68
Figur 9.1.2: 1. Bordplate under ifra, med bordbeinplassing. 2. Bordplate sette ovenfra. ....	68
Figur 9.1.3: Pådekket bord til fire personer. ....	69
Figur 9.1.4: INDT sett i en moderne spisestue. ....	69
Figur 9.2.1: Ferdig prototypen varmer kasseroller. ....	70
Figur 9.2.2: Prototypen varmer kasseroller. ....	70
Figur 9.2.3: Styringspanel, prototype. ....	70
Figur 10.1.1: Funksjonsanalyse som illustrerer ønskede funksjoner og faktiske funksjoner i prototype. Revidert figur [10].....	71
Figur 12.2.1: TechFurn, bedrift-logo. Egen illustrasjon. ....	80
Figur 12.3.1: Nettverks- og samarbeidskart for INDT-prosjekt. Egen illustrasjon. ....	81
Figur 12.5.1: Varemerket Freia. [57].....	84
Figur 12.5.2: Tripp trapp®-stol fra Stokke. [58].....	85

Vedlegg 3: Sammensettingstegning med delliste

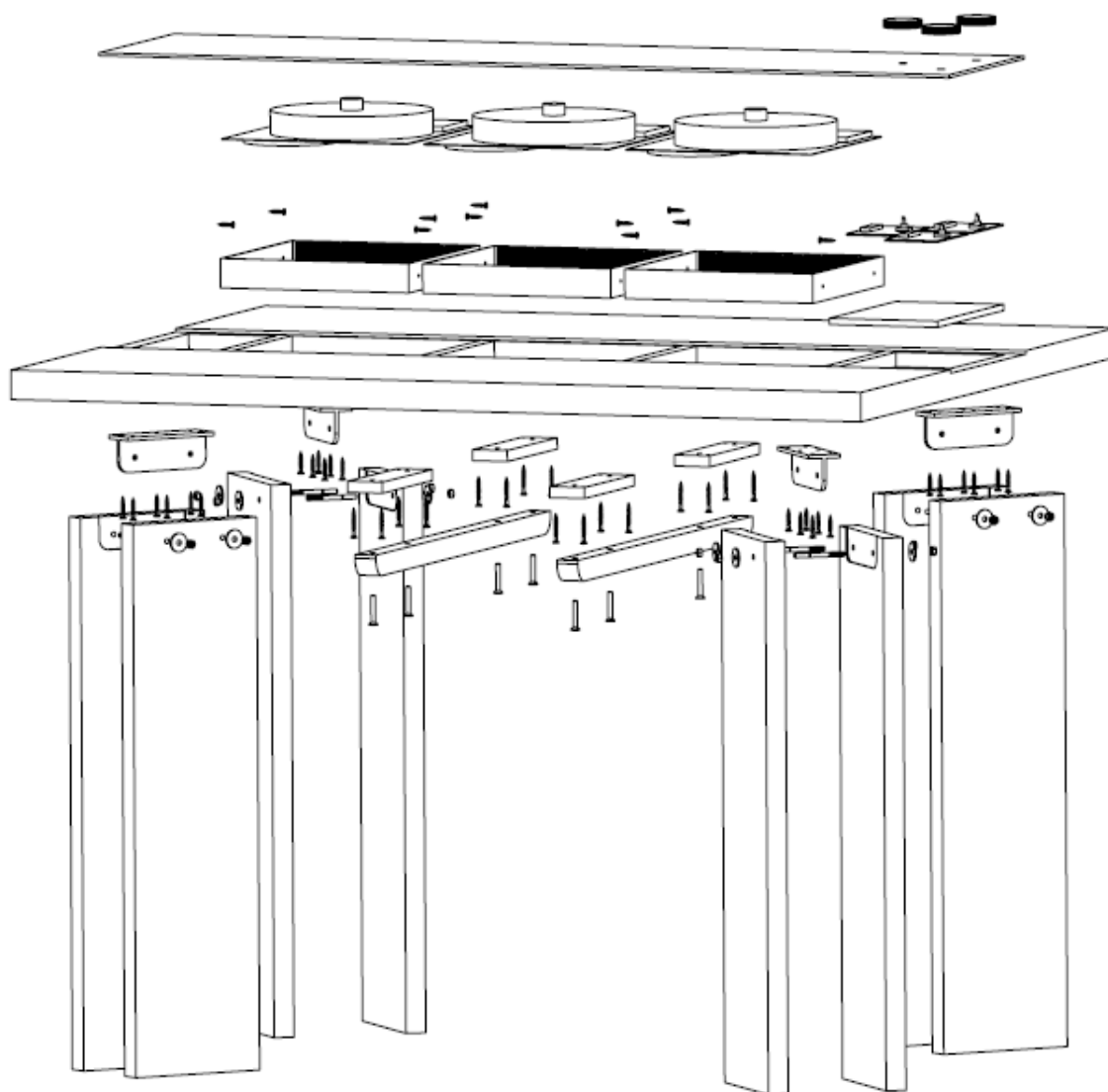
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Bordplate		1
2	Modulform		3
3	treskrue 22 mm		12
4	Plate til avstivere		4
5	treskrue 40 mm		16
6	Stag til avstivere		2
7	M6 bolt 40 mm		8
8	feste til bein		4
9	treskrue 30 mm		24
10	bein en halvdel		8
11	M6 bred skive		16
12	M6 dobbeltgjenget tapp		8
13	M6 mutter		16
14	Induksjonselement		3
15	Styrekort		3
16	Gummiisolering		1
17	Glassplate		1



Delnavn:	Sammensatt bord		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	11.05.2015	Målestokk:	1:10

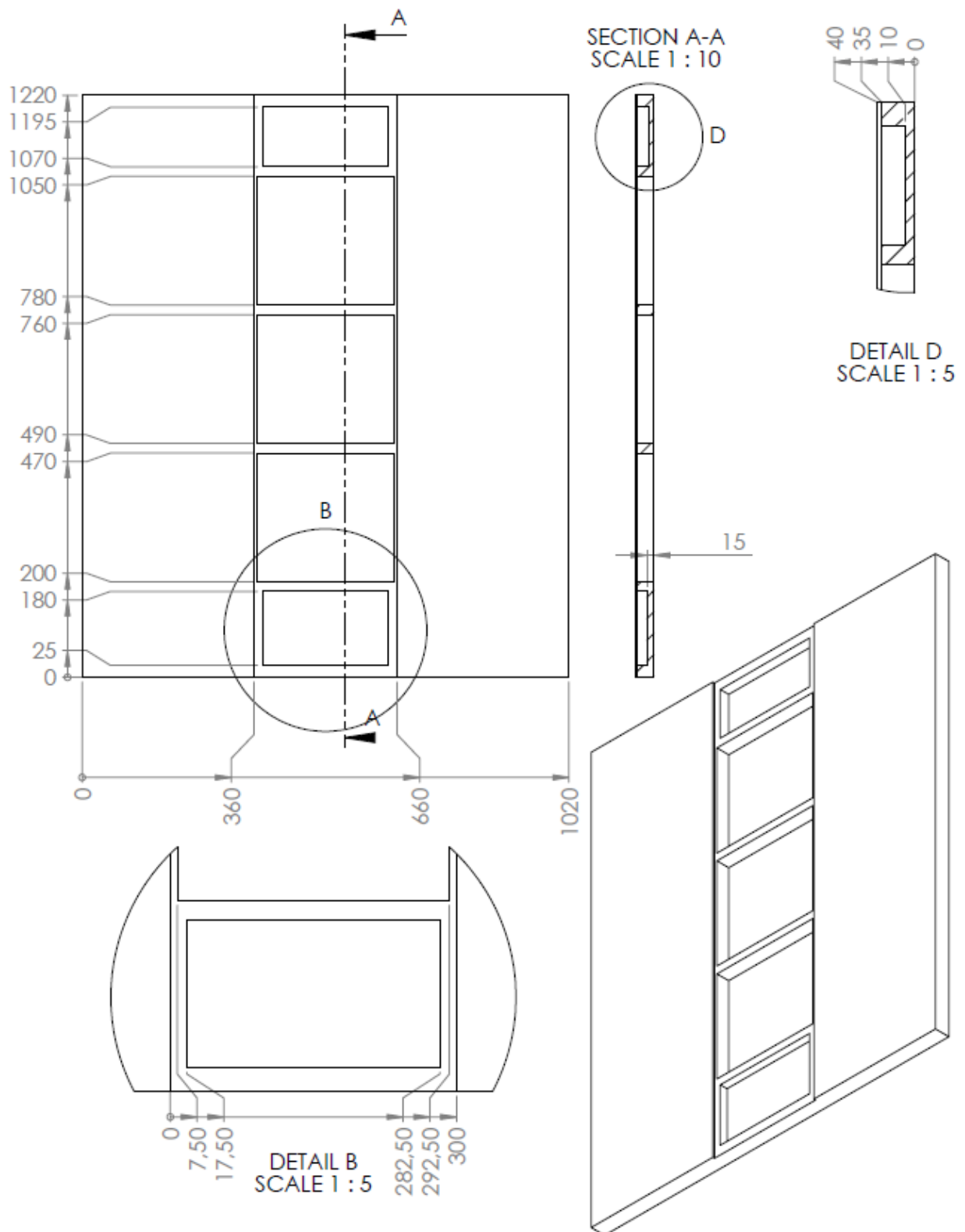


Vedlegg 4: Eksplosjonstegning



Delnavn:	Eksplosjonstegning		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	12.05.2015	Målestokk:	1:8

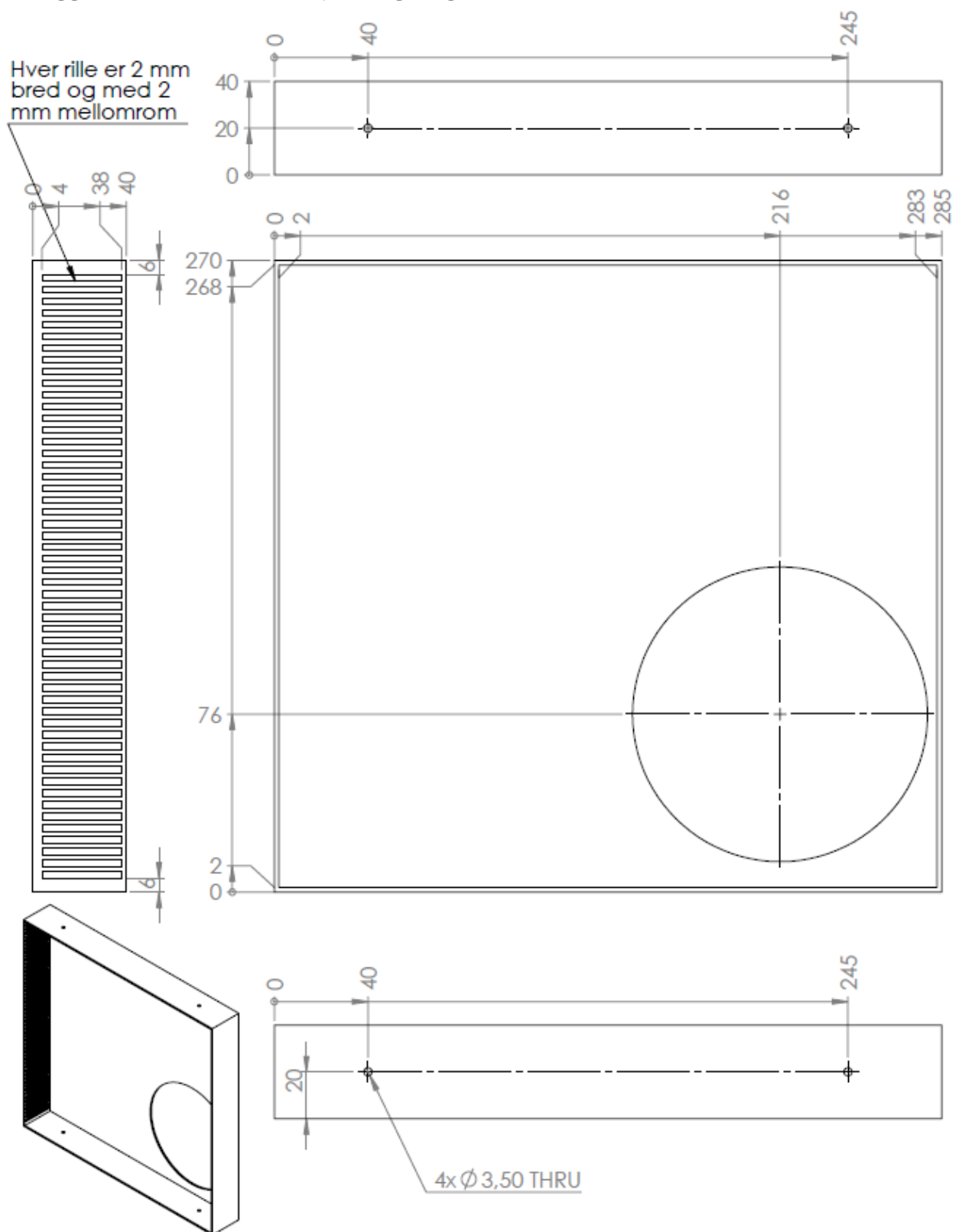
Vedlegg 5: Konstruksjonstegning bordplate



Delnavn:	Bordplate		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	11.05.2015	Målestokk:	1:10

Vedlegg 6:

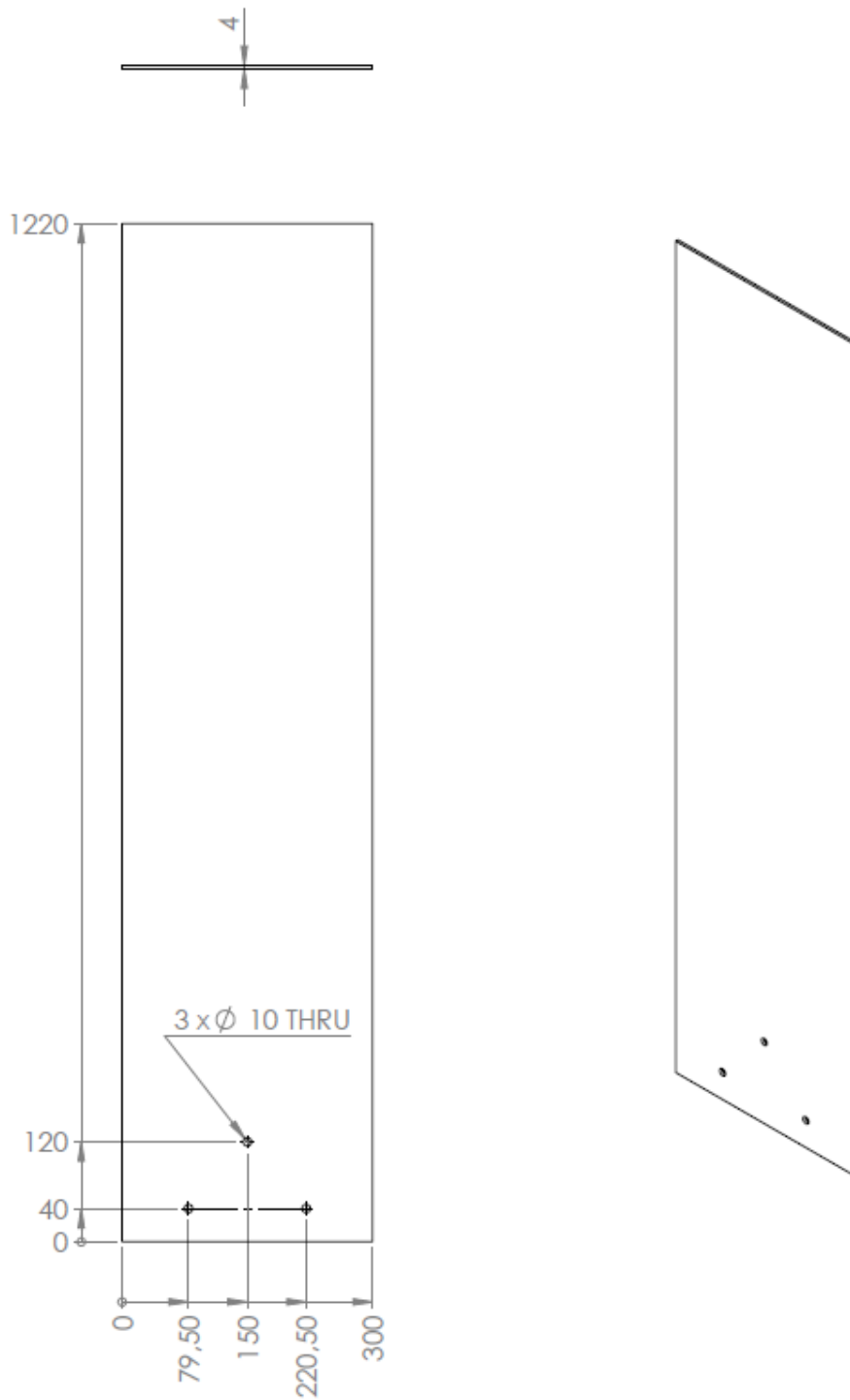
Konstruksjonstegning modulform



Delnavn:	Modulform		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	11.05.2015	Målestokk:	1:2

Vedlegg 7:

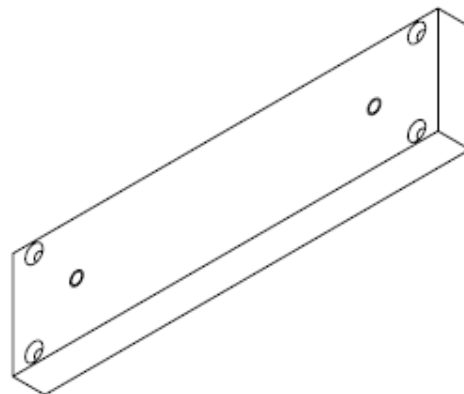
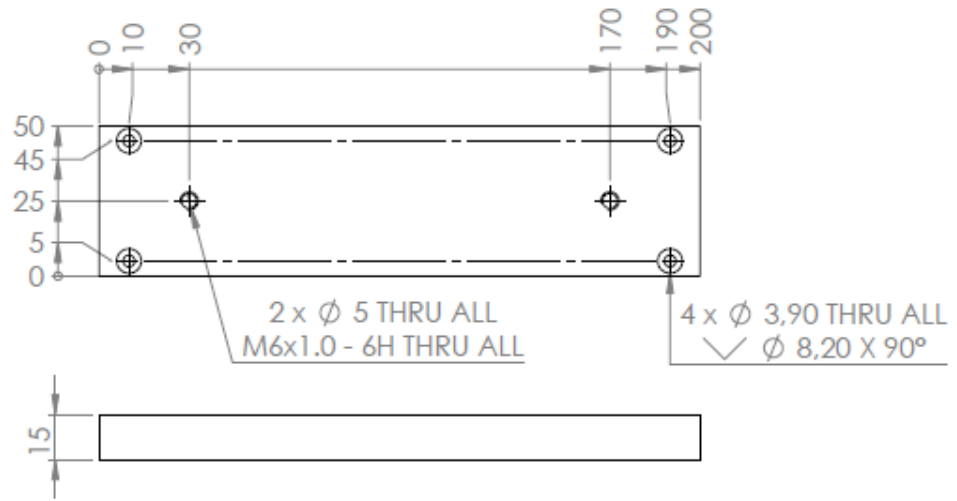
Konstruksjonstegning glassplate



Delnavn:	Glassplate		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	11.05.2015	Målestokk:	1:7

Vedlegg 8:

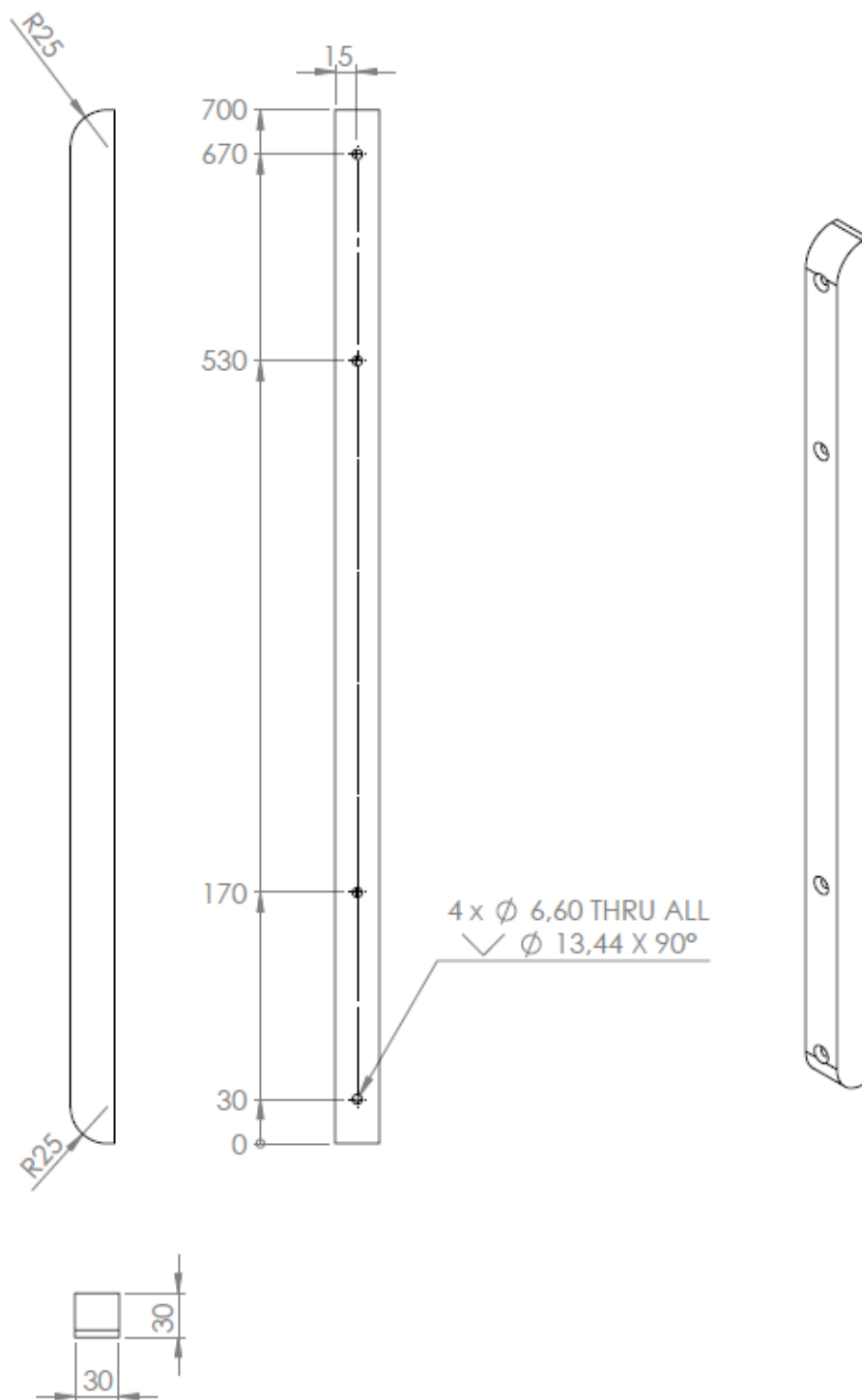
Konstruksjonstegning plate til avstivere



Delnavn:	Plate til avstiver		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	11.05.2015	Målestokk:	1:2

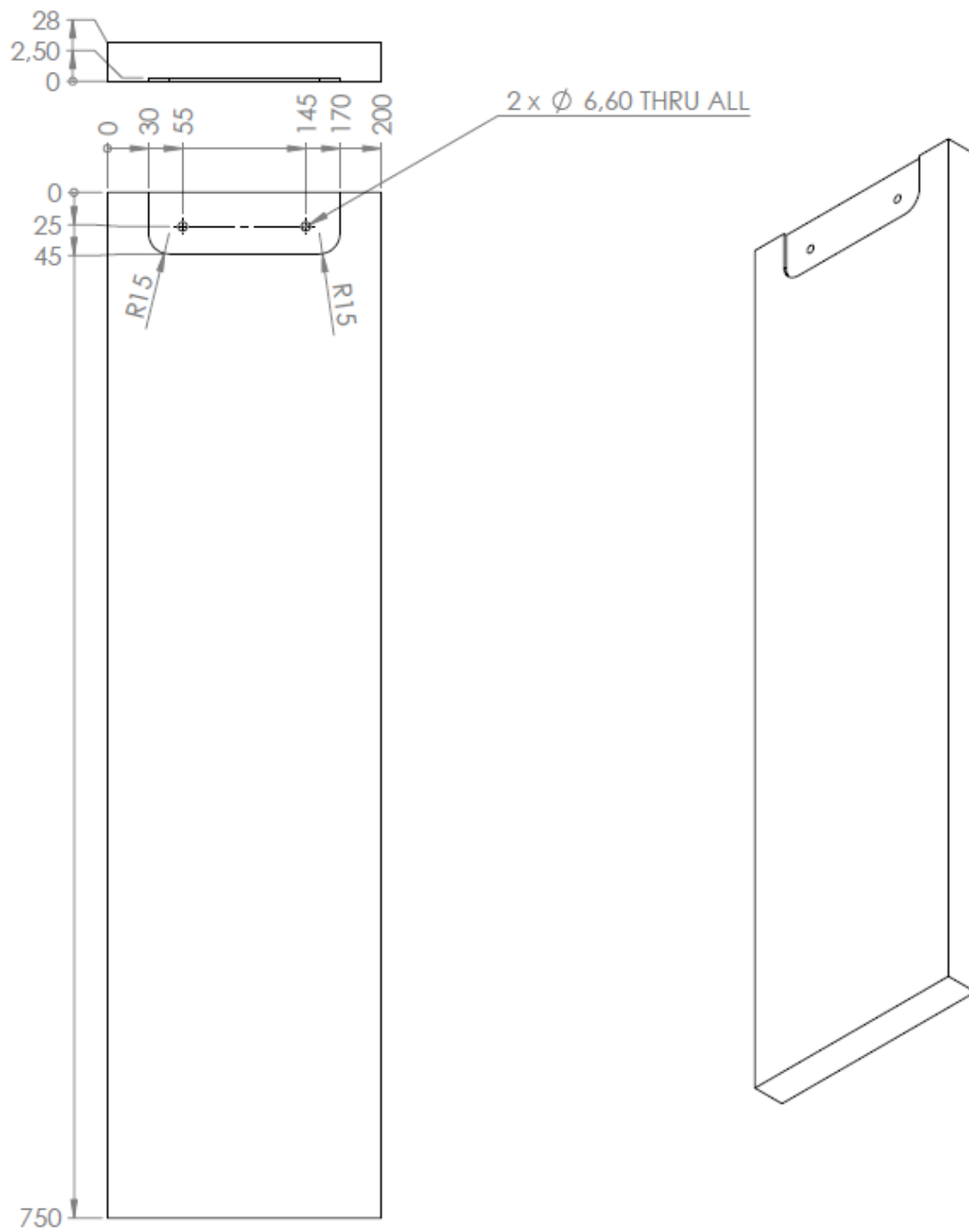
Vedlegg 9:

Konstruksjonstegning stag til avstivere



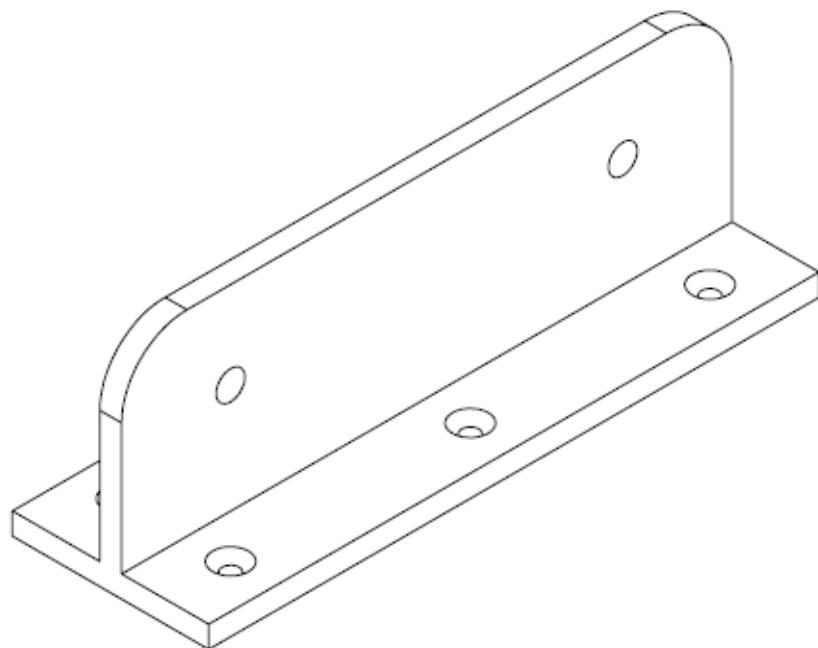
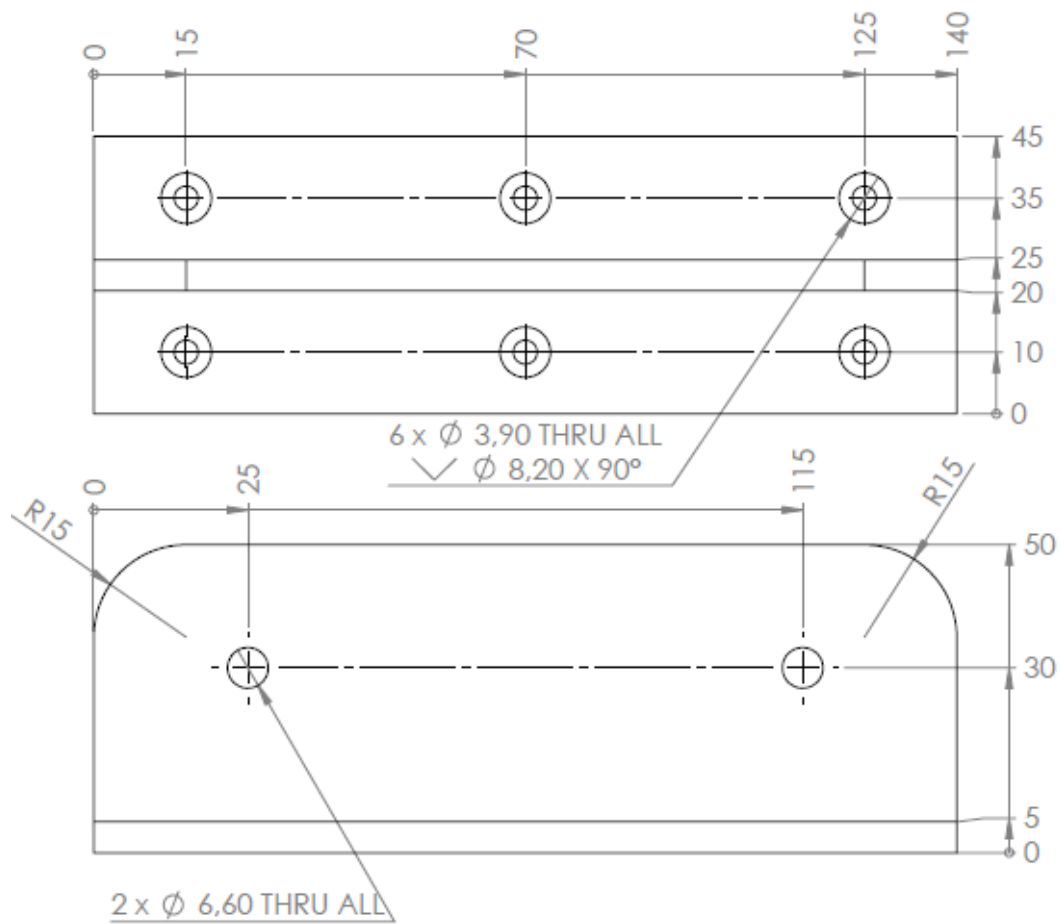
Delnavn:	Stag til avstivere		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	11.05.2015	Målestokk:	1: 4

Vedlegg 10: Bordbein



Delnavn:	Bein, en halvdel		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	11.05.2015	Målestokk:	1:4

Vedlegg 11: Feste til bordbein



Delnavn:	Fest til bein		
Navn:	Nan Iren Erdal		
Dato:	11.05.2015	Målestokk:	1:1





Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
67 23 00 00  
[www.nmbu.no](http://www.nmbu.no)