

# Oppstartsmanual for produksjon av bindingsverkselementer

Startup Manual for Production of Wooden Framework  
Elements

**Trondheim, Mai 2019**

**Navn studenter:**

Ari M. Hammer

Lars Ellevold

**Intern veileder:**

Jomar Tørset

**Ekstern veileder:**

Snorre Bjørkum, Norgeshus AS

**Prosjekt nr:**

16 - 2019

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk





## Oppgaven

Denne oppgaven omhandler industrialisering av bindingsverkselementproduksjon i byggebransjen. Det blir tatt utgangspunkt i Norgeshus sine standardiserte, byggetekniske elementløsninger og kataloghuset Dråpen. Gruppen har mottatt tilstrekkelig tegningsgrunnlag for å omprosjekttere huset til elementer. Sammen med intervjuer av nøkkelpersoner i bransjen og annen informasjonsinnhenting, vil dette generere førstehånds kunnskap om emnet. Målet med oppgaven er å systematisere og utvikle denne informasjonen til en manual. Denne samlingen av informasjon skal ha som funksjon å forenkle oppstartsprosessen for bedrifter som ønsker å starte med produksjon av bindingsverkselementer.

Det vil bli lagt stor vekt på industrialisering, der roboter og andre automatiserte innretninger står sentralt. I den sammenheng vil innhenting av kompatibel programvare og testing av denne være en viktig del. I denne oppgaven er det Graphisoftprogrammet Archiframe som blir testet, evaluert og diskutert. Selv om deler av oppgaven fokuserer utelukkende på industrialisering og automatisering, vil også sentrale aspekter ved elementproduksjon generelt bli tatt opp til vurdering. Begrensninger ved produksjon, montasje og transport er alle til stede uansett grad av industrialisering. Et annet tema som blir omtalt er energieffektivitet som en følge av elementproduksjon.

## Resultatmål

Målet med prosjektet er å utvikle en informativ oppstartsmanual for bedrifter som ønsker å starte med elementproduksjon. Dette omfatter å belyse hvilke maskiner som trengs, hvor store produksjonslokaler som er nødvendig og hva slags programvare og filtyper som kommuniserer med disse maskinene.

## Effektmål

Målet med oppgaven er å finne ut mest mulig om bransjen og bruke den tilegnede kunnskapen til å gi Norgeshus og samarbeidsbedrifter en enklere inngang til denne næringen. For gruppa selv, er målet med oppgaven å generere kunnskap som senere kan brukes i arbeidslivet.

**Stikkord:** Bindingsverkselement, intervjuer, forutsetninger, begrensninger, omprosjektering, produksjon, manuell, automatisert, industrialisering, oppstartsmanual.







---

## Forord

Tema for denne oppgaven ble valgt etter et forslag fra ekstern veileder, Norgeshus AS ved Snorre Bjørkum. Grappa fattet umiddelbart interesse for oppgaven da den ble fremlagt og foreslått under en gjesteforelesning i regi av Norgeshus AS i faget Husbyggteknikk 2 ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Dette forslaget dreide seg om elementproduksjon og industrialisering. Nærmere bestemt produksjon av bindingsverkselementer for husbygging og industrialisering av denne produksjonen. Utgangspunktet for oppgaven er at Norgeshus ønsker å gjøre inngangen til denne næringen enklere for sine samarbeidspartnere. Grunnen til at grappa umiddelbart fattet interesse for oppgaven var den virkelighetsnære og praktisk forankrede vinklingen av oppgaven. Problemstillingen virket også fremtidsrettet og tidsriktig.

Grappas besetning har gjennom hele prosjektet bestått av Ari M. Hammer og Lars Ellevold. Begge gruppemedlemmene har faglig bakgrunn og innehar ett fagbrev i hvert sitt respektive fag. Ari har fagbrev i prefabrikkerte betongkonstruksjoner og Lars har svennebrev som tømrer. Dette medfører at grappa har en grad av tverrfaglighet, noe som har ført til nyanserte, gode og faglig begrunnede løsninger.

Til slutt ønsker grappa å rette en takk til interne og eksterne samarbeidspartnere. Først ønsker grappa takke Jomar Tørset som har fungert som intern veileder fra NTNU. Grappa ønsker også å takke Norgeshus AS ved Snorre Bjørkum, som har vært ekstern veileder ved denne oppgaven. Til slutt ønsker grappa å rette en takk til Oppdalbygg AS ved Malvin Solberg og Snøhetta element AS ved John Sneve, som har stilt opp til intervju og befarung.

Med underskrift under, godkjenner prosjektgruppas deltakere hverandres arbeid.

Trondheim, 20. mai 2019

---

Lars Ellevold

---

Ari M. Hammer





---

## Sammendrag

Denne bacheloroppgaven beskriver noen av de grunnleggende momentene ved produksjon av prefabrikkerte bindingsverkselementer, og generelt hva denne bransjen består av. Oppgaven er basert på Norgeshus sitt ønske om å komme inn i denne bransjen, og hvordan de kan tilrettelegge for sine samarbeidspartnere i den prosessen. Oppdraget var å bli godt nok kjent med produksjonen av bindingsverkselementer, for å komme med et forslag til en oppstartsmanual. Samarbeidspartnerne vil med det kunne få et enklere og mer effektivt innblikk i hva som må til ved en slik produksjon. I det hele tatt hvordan det vil fungere fra start, i planleggingsfasen, til ferdigstilling, i montasjefasen.

Tegningsgrunnlaget gruppa fikk var for kataloghuset «Dråpen». Ved gjennomgang av de vesentlige endringene som må til for at huset skal kunne bygges i elementer, fant gruppa noen svake punkter med konstruksjonsendringene og begrensninger i elementoppdelingen på grunn av utformingen av huset. Hovedproblemet var det faktum at ved å dele en vegg i stående elementer, ender veggene opp med en høyere prosentandel treverk som kan påvirke energieffektiviteten til huset. Disse undersøkelsene bidro til at gruppa forstod mer av hva en slik produksjon ville medføre.

Norgeshus har plan om å benytte det digitale tegne- og planleggingsverktøyet ArchiFrame til å tegne elementhus. Gruppa mulighet til å sette seg inn i hvordan det fungerte. Fordelen med å bruke dette programmet når det kommer til elementproduksjon, er at det kan produsere CNC-filer. Disse CNC-filene kan leses av et automatisert kappanlegg, som kan kutte stendere og sviller til nøyaktige mål med lite avkapp. I tillegg kan programmet produsere sammenføyningsfiler, som gir en operatør assistanse under sammenføyningen av elementet ved fastholding og spikring gjort automatisk av maskiner.

Gruppa har gjennom blant annet intervjuer av firma og dialog med leverandører av materiell og maskinvare, oppnådd et nødvendig grunnlag om emnet for å komme med forslag til hva en samarbeidspartner vil trenge for å begynne med produksjonen av bindingsverkselementer. Prosessen med å omprosjekttere kataloghuset Dråpen, har gitt gruppa en dypere forståelse av både manuell og automatisert produksjon.

---

## Summary

This bachelor thesis describes the basic themes regarding the production of prefabricated wooden framework elements, and generally what the market consists of. This thesis is based on Norgeshus's wish to enter the industry of prefabricating wooden framework elements. The assignment was to get to know the branch of trade well enough to come up with a well thought out manual for Norgeshus's partners. The aim was for them to effectively get a view of what getting into the trade would require. From the planning stage, through the production stage and in the mounting stage.

The catalogue house provided was "Dråpen", and by examining the essential changes that needed to be made to the drawings to make the house "work" as an element house the group found a few weak points with the construction of the house, and a few restrictions with the design and dividing of the walls into elements. Mainly the fact that dividing a wall into standing elements, gives the walls a higher percentage of wood, which can affect the energy efficiency of the house. These realizations helped the group understand more about what a production of this kind would entail.

By request from Norgeshus, the group got to try out the digital drawing and planning program, ArchiFrame. The reason being, is that Norgeshus plans to use ArchiFrame to draw and model the houses that will go into element production. The benefit of using this program in regards to element production is that it can produce CNC- files. The CNC-files can then be read by an automated cutting machine, which can cut the studs and sills to accurate measurements with little excess. In addition, the program can produce assembly-files that will give an operator automated assistance in assembling a wooden framework element, with placement and nailing done automatically by machines.

Through interviews of companies that are in the business of producing framework elements, dialog with suppliers of the necessary machinery and hardware, general information gathering, and lastly, the process of redesigning a catalogue house that Norgeshus offers to their customers to fit into the parameters of a production line, the group has acquired the necessary knowledge of the subject to make a reasoned proposal of what a Norgeshus partner would need to start producing wooden framework elements. Both with a manual production line and a more automated one.

---

# Innholdsfortegnelse

FORORD .....	I
SAMMENDRAG.....	II
SUMMARY .....	III
FIGURLISTE.....	VIII
TABELL-LISTE .....	IX
1. INNLEDNING .....	3
1.1 <i>Bakgrunn for oppgaven</i> .....	3
1.2 <i>Norgeshus AS</i> .....	3
1.3 <i>Omfang og avgrensninger</i> .....	3
2. TEORI .....	5
2.1 <i>Prefabrikkerte elementer og elementbygging</i> .....	5
2.1.1 Elementproduksjon .....	6
2.1.2 Elementretning .....	7
2.1.3 Elementskjøter .....	8
2.1.4 Ferdiggrad.....	8
2.2 <i>Termiske betegnelser</i> .....	9
2.2.1 Kuldebro .....	9
2.2.2 Varmetap.....	9
2.2.3 U-verdi .....	9
2.2.4 Varmemotstand.....	9
2.2.5 Varmekonduktivitet.....	10
2.2.6 Lekkasjetall .....	10
2.3 <i>Energikrav</i> .....	11
2.3.1 Energiramme .....	12
2.3.2 Energiltak .....	13
2.3.3 Konstruksjonsmessige kuldebroer i prefabrikkerte bindingsverkselementer .....	14
2.4 <i>Bjelkelagsløsninger</i> .....	15
2.4.1 Opphengt bjelkelag .....	15
2.4.2 Tradisjonell bjelkelagsoppbygging.....	16
2.5 <i>Programvare</i> .....	17
2.5.1 ArchiCAD.....	17
2.5.2 ArchiFRAME.....	17
2.5.3 THERM 7.5.....	18
2.5.4 TEK-Sjekk Energi .....	18

---

3.	INTERVJUER .....	21
3.1	<i>Intervju Snøhetta element AS</i> .....	22
3.1.1	Markedsområde .....	22
3.1.2	Design og kundeforhold .....	22
3.1.3	Produkter og tjenester .....	23
3.1.4	Montasje og transport.....	24
3.1.5	Produksjonslinje .....	25
3.1.6	Kvalitet.....	26
3.1.7	Utbedring og optimalisering.....	26
3.1.8	Fordeler og ulemper med elementproduksjon.....	27
3.1.9	Økonomi og leverandører .....	27
3.1.10	Tips til oppstart.....	28
3.1.11	Kommentarer på egne utkast .....	28
3.2	<i>Intervju med Oppdal Bygg AS</i> .....	29
3.2.1	Markedsområde .....	29
3.2.2	Design og kundeforhold .....	29
3.2.3	Produkter og tjenester .....	29
3.2.4	Transport og montasje .....	31
3.2.5	Produksjonslinje .....	31
3.2.6	Kvalitet.....	32
3.2.7	Utbedring og optimalisering.....	32
3.2.8	Fordeler og ulemper .....	33
3.2.9	Økonomi og leverandører .....	33
3.2.10	Kommentarer til egne utkast.....	33
3.3	<i>Sammendrag intervjuer</i> .....	35
4.	HOVEDDEL.....	39
4.1	<i>Innledning</i> .....	39
4.2	<i>Bygging i bindingsverkselementer</i> .....	39
4.3	<i>Omprosjektering av Dråpen til elementhus</i> .....	40
4.3.1	Forutsetninger .....	40
4.3.2	Utredningsgrunnlag.....	40
4.3.3	Valg av takkonstruksjon Dråpen .....	40
4.3.4	Valg av bindingsverksdimensjon Dråpen .....	42
4.4	<i>Oppdeling og utredning av Dråpen i elementer</i> .....	43
4.4.1	Begrensninger vedrørende produksjon og transport .....	43
4.4.2	Arkitektoniske begrensninger.....	43
4.4.3	Konstruksjonsmessige begrensninger .....	44
4.4.4	Utredning av dråpen i element.....	44

---



---

4.5	<i>Energieffektivitet</i> .....	45
4.5.1	U- verdi yttervegg i bindingsverkselementer.....	45
4.5.2	U-verdi takstoler.....	46
4.5.3	U-verdi taksperrer.....	47
4.5.4	U-verd gulv mot grunnen.....	47
4.5.5	Simuleringer i TEK-sjekk.....	49
4.6	<i>Omprosjektering av Dråpen i ArchiFrame</i> .....	51
4.6.1	Utgangspunkt.....	51
4.6.2	Bruk av ArchiFrame.....	52
4.7	<i>Oppstartsmanual</i> .....	55
4.7.1	Materiell og produksjonslinje.....	55
4.7.2	Produksjonslokaler.....	58
4.7.3	Transport og montasje.....	59
4.7.4	Organisering, prosjektering og gjennomføring.....	61
4.7.5	Andre tips og anbefalinger.....	63
5.	INNOVASJON OG NYVINNINGER.....	67
5.1	<i>Mulige nyvinninger</i> .....	67
5.1.1	Klikksvill.....	67
5.1.2	Hurtiglås for sammenføring av elementer.....	68
5.1.3	Hurtiglås for sammenføring av elementer av klikksvill i samspill.....	69
5.1.4	Bjelkelag med innfelt kantbjelke.....	69
5.1.5	Sluttord innovasjon.....	71
6.	DISKUSJON.....	73
6.1	<i>Prefabrikkerte bygg vs. plassbygg</i> .....	73
6.2	<i>Manuell og automatisert elementproduksjon</i> .....	75
6.3	<i>ArchiFrame og løsninger for automatiserte produksjonslinjer</i> .....	77
6.4	<i>Energieffektivitet i elementbygg</i> .....	79
6.5	<i>Dråpens egnethet som elementbygg</i> .....	80
6.6	<i>Nyvinninger</i> .....	81
6.7	<i>Forslag til løsninger for Norgeshus</i> .....	82
6.7.1	Kunnskapsutvikling med Norgeshus sentralt og entreprenører lokalt.....	82
6.7.2	Egen elementuskatalog.....	82
6.8	<i>Feilkilder og avvik</i> .....	83
6.8.1	Oppgavens utvikling.....	83
7.	KONKLUSJON.....	85

---

---

8.	REFERANSER .....	89
9.	VEDLEGG.....	91

---

## Figurliste

Figur 1: Ferdig element fra befaring hos Oppdal Bygg AS.....	5
Figur 2: Automatisert elementproduksjon, Snøhetta element AS .....	6
Figur 3: Manuell elementproduksjon, Oppdal Bygg AS .....	6
Figur 4: Stående og liggende element.....	7
Figur 5: Kuldebroer (4).....	9
Figur 6: Varmekonduktivitet (7).....	10
Figur 7: Lufttett og vindtett sjikt (9).....	10
Figur 8: Opphengt bjelkelag .....	15
Figur 9: Tradisjonelt bjelkelag.....	16
Figur 10: Befaring, Snøhetta element AS .....	22
Figur 11: Ferdig element, Snøhetta Element AS .....	23
Figur 12: Spikerrobot, Snøhetta element AS .....	25
Figur 13: Befaring, Oppdal Bygg AS .....	29
Figur 14: Ferdig element på ramme, Oppdal bygg AS .....	32
Figur 15: Sperretak med mønedrager .....	41
Figur 16: Takkonstruksjon, W-takstoler .....	41
Figur 17: Detalj, overgang sperretak-yttervegg.....	53
Figur 18: Fjernede kledningsbord i elementskjøt .....	53
Figur 19: Eksempel på produksjonslinje, Vela AS .....	57
Figur 20: Eksempel på delt produksjon og lager .....	59
Figur 21: Mange smale elementer som følge av vindusplassering .....	63
Figur 22: Skisse hurtiglås.....	68
Figur 23: Klikksvill og hurtiglås i samspill under montasje.....	69
Figur 24: Innfelt bjelkelag .....	70
Figur 25: Feil på lektefunksjon, ArchiFrame.....	77

---

## Tabell-liste

Tabell 1: Minimumskrav til energieffektivitet (10).....	11
Tabell 2: Krav til energiramme kontroll (11) .....	12
Tabell 3: Krav til energiltak (10).....	13
Tabell 4: Prosentandel treverk i yttervegger, Dråpen .....	45
Tabell 5: Beregninger av U-verdi, Therm.....	46
Tabell 6: U-verdi, takstoler (20) .....	46
Tabell 7: U-verdi sperretak (20) .....	47
Tabell 8: Nødvendig isolasjonsmengde, for gitte U-verdier (21).....	48
Tabell 9: Resultater og utgangspunkt, simulering 1, TEK-sjekk.....	49
Tabell 10: Resultater og utgangspunkt, simulering 2, TEK-sjekk.....	50





---

# KAPITTEL 1

## Innledning

---

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Tradisjonelt er hus blitt plassbygd. Prefabrikkerte elementer åpner for å gjennomføre store deler av produksjonen under ideelle forhold i ett fukt- og temperaturregulert miljø. Dette medfører fordeler ved mindre byggfukt og raskere tetting. En annen fordel ved denne produksjonsformen er at arbeidet kan gå for fullt uavhengig av årstid. Norgeshus AS ønsker å legge til rett for oppstart med denne formen for produksjon for sine samarbeidspartnere. De ønsker også en redegjørelse over nødvendig materiell og programvare for å automatisere denne produksjonen. Generelt har denne rapporten som hensikt å fungere informativt for bedrifter som er i startgropa.

## 1.2 Norgeshus AS

Norgeshus AS er en franchisebedrift som tilbyr sitt kataloghus-konsept til entreprenører i hele Norge. Bedriftens hovedkontor befinner seg på Melhus. Der har bedriften en egen ingeniør- og arkitektavdeling med 35 ansatte som har ulik praksis og erfaring. Denne avdelingen har kompetanse til å prosjektere og planlegge det aller meste av bygninger. En viktig del av Norgeshus sitt gjennomførte konsept, er å sikre forhandlere (entreprenører) tilstrekkelig rådgivning under prosjektering eller omprosjektering(1).

## 1.3 Omfang og avgrensninger

Rammene for oppgaven er satt med tanke på å utrede en generell oppstartsmanual for bedrifter som ønsker å komme inn i elementbransjen. Gruppen har valgt å se bort ifra detaljerte konstruksjonsmessige beregninger, siden dette blir spesifikt for hvert enkelt bygg og anses i orden for Dråpen. Ved prosjekteringen i denne rapporten antas alle grunnarbeider ferdig utført. Tegninger og andre illustrasjoner er utarbeidet på grunnlag av gruppas faglige kunnskap, i tillegg til prinsipper fra SINTEF Byggforsk. Det er blitt lagt spesiell vekt på veggelementer, men bjelkelagselementer og takelementer bygger på de samme prinsippene. Løsninger vedrørende manuelle og automatiserte produksjonslinjer vurderes generelt.



---

# KAPITTEL 2

Teori

---

## 2. Teori

### 2.1 Prefabrikkerte elementer og elementbygging

Prefabrikkerte elementer betegner store eller små bygningsdeler som framstilles på fabrikk og transporteres til byggeplass. Hensikten er å redusere arbeidsmengden og byggetiden ute på byggeplassen. Innenfor trehusbygging har det lenge vært vanlig med prefabrikkering av takstoler, trapper og innredning til selve huset. I nyere, mer datastyrt tid, er prekapp den vanligste formen for prefabrikkering av trehus. Prekapp betyr at alle materialene som går inn i byggingen av et hus er kappet til lengder og behandlet på forhånd. Deretter blir delene sendt til byggeplassen. Dette blir som et stort byggesett, der alle komponentene er merket etter et fastlagt system.



Figur 1: Ferdig element fra befaring hos Oppdal Bygg AS

Bygging med bindingsverkselementer er en industri som blir mer og mer vanlig i Norge. Prefabrikkeringen av disse elementene foregår i produksjonshaller som er klimaregulerte. Dette vil si at luftfuktigheten og temperaturen inne i hallen justeres til tilnærmet ideelle forhold. Korrekt luftfuktighet hindrer at fuktighet blir bygget inn i elementene, i tillegg til at det motvirker bevegelse i materialene. Dette gir et svært godt og korrekt sluttprodukt.(2)

---

### 2.1.1 Elementproduksjon

Produksjon av prefabrikkerte bindingsverkselementer foregår på fabrikk i fuktkontrollerte omgivelser. Byggetegninger som mottas fra kunder eller arkitekter omtregnes til elementtegninger, og det lages kapplister. Elementene settes da sammen i en samlebåndsproduksjon. Bindingsverket settes sammen, vindtetting monteres, videre monteres ytterkledning og resterende bygningsdeler.

Selve produksjonen kan foregå manuelt, med personell som kapper materialene og setter sammen hele element for hånd. Produksjonen kan også foregå automatisert, der kapping av materialene er automatisk etter digitale kapplister. Sammenføyningen av elementene foregår blant annet automatisk av spikerrobot eller liknende. Effektiviteten og raten elementer blir produsert i avhenger av ferdiggraden på elementene. Produksjonstiden per element vil være lengre dersom elementene – i tillegg til å være vindtettet og ytterkledd – er isolert og damptettet. Fordelen med en høyere ferdiggrad er spart tid ute på byggeplass.



Figur 2: Automatisert elementproduksjon, Snøhetta element AS

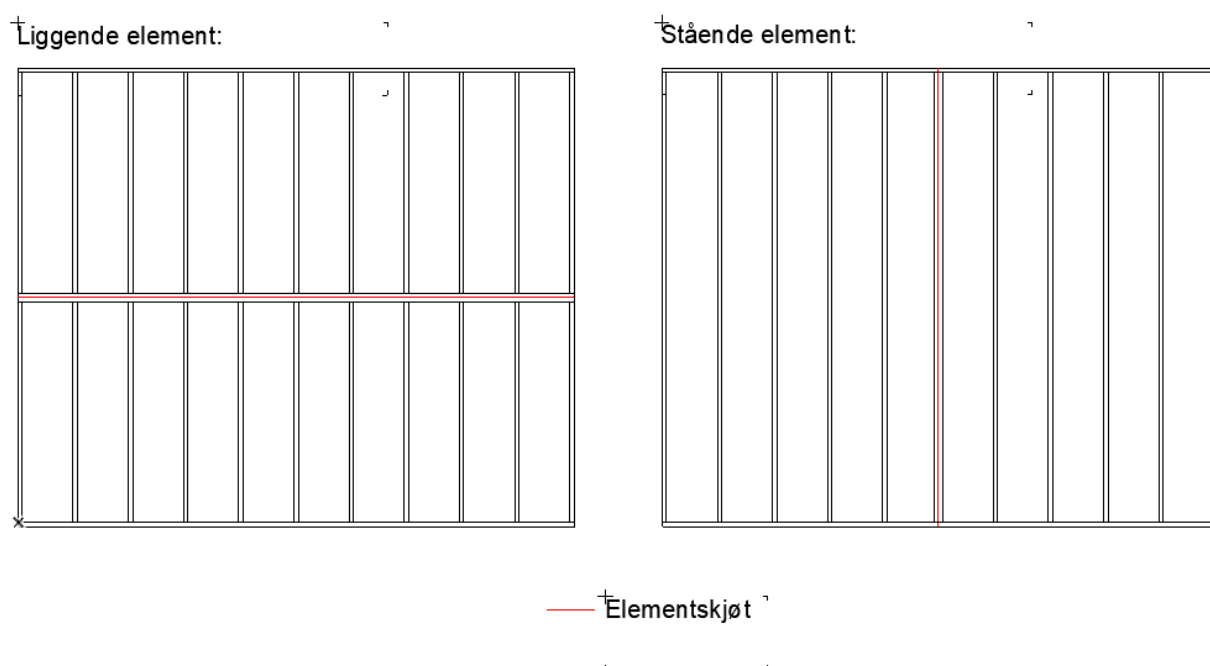


Figur 3: Manuell elementproduksjon, Oppdal Bygg AS

---

### 2.1.2 Elementretning

Bindingsverkselementer kan utføres på to hovedmåter; stående eller liggende. Stående bindingsverkselement er bygd i fullhøyde, er relativt smale og er bygd i vertikal retning. Liggende bindingsverkselement er som oftest bygd i fullbredde, er relativt lave og er bygd i horisontal retning. Retningen på elementene bestemmes som regel av retningen på ytterkledningen, hvor man vil unngå synlige kledningsskjøter på ytterveggen. Andre grunner til å velge en elementretning over en annen, kan være av konstruksjonsmessige årsaker. Dersom man for eksempel ønsker store glassfelt, kan det være gunstig å velge liggende element. Det vil bli enklere å løse konstruksjonsmessige utfordringer i tilknytning til disse.



Figur 4: Stående og liggende element

Dersom det ikke er store utfordringer med bæringen, som når det ikke er sperretak som krever mønedrager, man er likegyldig til kledningsretningen og synlige kledningsskjøter, er det ubetydelig hvilken retning man produserer elementene i.

---

### 2.1.3 Elementskjøter

En elementskjøt, i sammenheng med bindingsverkselementer, er stedet der to elementer møtes langs en vegg eller i et hjørne. En dårlig utført elementskjøt kan føre til svakheter i bærekonstruksjonen, som videre kan føre til forflytninger etter montasje. I tillegg kan det oppstå lekkasjer i en elementskjøt som ikke er tilstrekkelig tettet. De vanligste måtene å skjøte bindingsverkselementer på i dag, er å bruke skruer mellom de ytterste stenderne og svillene på elementene. Dersom elementene ikke avstives tilstrekkelig under montasje, vil elementskjøtene være et kritisk punkt. Ved liggende elementer betegnes skjøtene som horisontale, og vertikale ved stående elementer (Figur 4).

### 2.1.4 Ferdiggrad

Ferdiggrad i elementsammenheng, er hvor mye av ett veggelement som blir ferdig bygd i fabrikk før det kjøres ut til montasje. Veggelement kan ha svært varierende ferdiggrad. Et element som kun består av stenderverket har lav ferdiggrad. Høy ferdiggrad oppnås dersom veggelementet er vindtettet, lektet for ytterkledning, ytterkledd, isolert og damptettet, i tillegg til å ha innsatte og omrammede vindu. Ferdiggrad har direkte sammenheng med lønnsomheten i et prosjekt. Høy ferdiggrad vil spare inn mye etterarbeid på byggeplassen, men det kan bli dyrere for kunden. Lavere ferdiggrad kan i motsetning være billigere og mer tidsbesparende for produsenten.

---

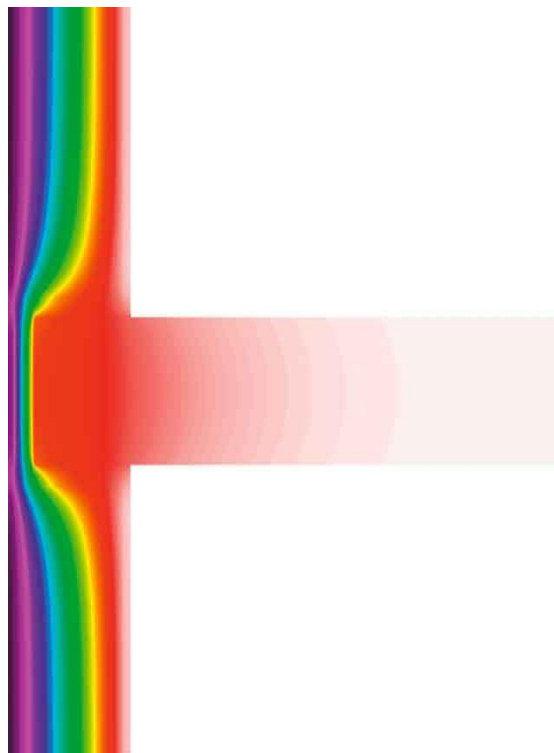
## 2.2 Termiske betegnelser

### 2.2.1 Kuldebro

En kuldebro betegner en del eller et område av en bygningsdel som består av et materiale som har vesentlig dårligere isolasjonsevne enn resten av bygningsdelen for øvrig. Kuldebroer øker bygningens totale varmetap, som kan føre til problemer med fukt, kondens og sprekker.(3)

### 2.2.2 Varmetap

Med varmetap menes den varmen som lekker ut av bygninger gjennom vinduer, vegger, ventilasjon og andre åpninger i det termiske sjiktet. For å unngå for store varmetap som fører til betydelige energisluk, bør man unngå for store kuldebroer og massive konstruksjoner av stål og betong i det termiske sjiktet.



Figur 5: Kuldebroer (4)

### 2.2.3 U-verdi

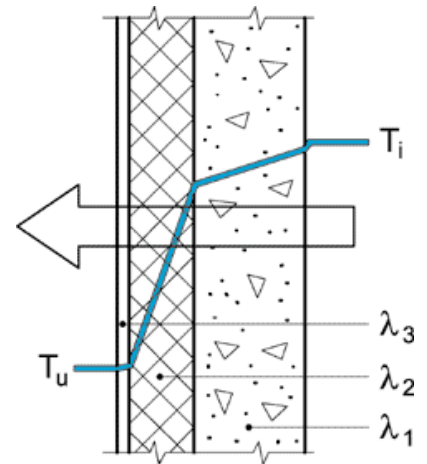
«U-verdi, betegnelse for varmegjennomgangstallet for en bygningsdel, angir varmegjennomgangen per m<sup>2</sup> ved en temperaturforskjell på 1 °C fra luft til luft over bygningsdelen. U-verdien karakteriserer bygningsdelens varmeisolasjonsevne og angis i W/m<sup>2</sup> °C. Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven setter krav til U-verdi for ytterkonstruksjoner i bygninger».(5)

### 2.2.4 Varmemotstand

«Varmemotstanden, R (m<sup>2</sup>K/W), for et materialsjikt angir hvor godt materialsjiktet isolerer mot varmegjennomgang».(6)

### 2.2.5 Varmekonduktivitet

Varmekonduktivitet er en betegnelse for hvor stor varmestrømmen gjennom et materiale er ved en gitt temperaturforskjell. Det er den varmen som trenger gjennom en kvadratmeter vegg av et stoff per tidsenhet, målt i watt. Varmekonduktivitet angis i W/mK og kalles ofte også lambdaverdi.(6)



Figur 6: Varmekonduktivitet (7)

### 2.2.6 Lekkasjetall

Lekkasjetallet er en indikator på hvor lufttett et bygg er. Man trykksetter et bygg med vifter, og man måler volumstrømmen som blåses gjennom vifta for å opprettholde en trykkforskjell på 50 Pascal (Pa). Lekkasjetallet beregnes ved å dividere denne volumstrømmen med oppvarmet volum i bygningen. Luftlekkasjer gjennom klimaskjermen kan være kilden til en betydelig del av varmetapet til et bygg. Derfor kreves det svært god prosjektering og gjennomføring for å oppnå et tett bygg. En god måte å oppnå et tett bygg på, er å sikre kontinuerlige sperresjikt gjennomgående i ytterkonstruksjonen.(8)



Figur 7: Lufttett og vindtett sjikt (9)

---

## 2.3 Energikrav

I TEK stilles det i utgangspunktet krav til energieffektivitet for bygninger. Det er forskjellige krav til forskjellige typer bygg definert etter funksjon og størrelse. Men det finnes også unntak fra regelen. Kravet til energieffektivitet gjelder ikke for bygninger  $\leq 70\text{m}^2$  oppvarmet bruksareal (BRA). I slike bygg er det tilstrekkelig å oppfylle minimumskravene for termiske parametre. Fritidsboliger  $< 150\text{m}^2$  oppvarmet BRA er også fritatt disse kravene. Det er i hovedsak to måter å dokumentere at energikravene er oppfylt; enten ved energiltak eller ved energiramme- kontroll.(10)

Tabell 1: Minimumskrav til energieffektivitet (10)

Krav	
U-verdi, yttervegg <sup>2)</sup>	Maks 0,22 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
U-verdi, tak <sup>2)</sup>	Maks 0,18 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
U-verdi, gulv på grunnen og mot det fri <sup>2)</sup>	Maks 0,18 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
U-verdi, glass/vinduer/dører <sup>2)</sup>	Maks 1,2 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
Lekkasjetall	Maks 1,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell
Isolering av rør, utstyr og kanaler knyttet til bygningens varme- og distribusjonssystem, inkludert tappevann	Isoleres for å hindre unødig varmetap. Isolasjonstykkelsen skal være økonomisk optimalt beregnet.

<sup>1)</sup> Kravene gjelder ikke for:

- bygninger som ut fra forutsatt bruk skal holde lav innetemperatur ( $< 15\text{ }^\circ\text{C}$ ) og er tilrettelagt slik at energibehovet holdes på et forsvarlig nivå
- fritidsboliger til og med  $70\text{ m}^2$  oppvarmet BRA
- boligbygninger og fritidsboliger med laftede yttervegger. For slike bygninger gjelder andre minimumskrav, se Byggetaljer [473.104](#).

<sup>2)</sup> U-verdiene uttrykkes som gjennomsnitt for bygningsdelen. For glass/vinduer/dører er karm og ramme inkludert.



---

### 2.3.1 Energiramme

Når man utfører en energirammekontroll, er dette en sjekk hvor man kontrollerer netto energibehov per m<sup>2</sup> oppvarmet BRA per år for et bygg direkte opp mot kravet, altså rammen i TEK. I forskriften settes det krav til årlig netto energibehov per kvadratmeter. Dette medfører at bruk av denne kontrollmetoden gir et resultat som kan kontrolleres direkte opp mot forskriftskravet. På grunnlag av dette er denne kontrollmetoden gyldig for alle bygningskategorier. I forskriften er det formulert forskjellige krav avhengig av type bygg.

Tabell 2: Krav til energirammekontroll (11)

Bygningskategori	Totalt netto energibehov kWh/m <sup>2</sup>
Småhus <sup>2)</sup> , fritidsbolig over 150 m <sup>2</sup> oppvarmet BRA	100 + 1 600 / oppvarmet BRA
Boligblokk	95
Barnehage	135
Kontorbygning	115
Skolebygning	110
Universitet/høgskole	125
Sykehus	225 (265) <sup>3)</sup>
Sykehjem	195 (230) <sup>3)</sup>
Hotellbygning	170
Idrettsbygning	145
Forretningsbygning	180
Kulturbygning	130
Lett industri / verksteder	140 (160) <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Kravene gjelder ikke for:

– bygninger som ut fra forutsatt bruk skal holde lav innetemperatur (< 15 °C) og er tilrettelagt slik at energibehovet holdes på et forsvarlig nivå

– fritidsboliger på maks 150 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA

– boliger og fritidsboliger med laftede yttervegger

<sup>2)</sup> Småhus omfatter eneboliger, to- til firemannsboliger, rekkehus og kjedehus samt terrassehus til og med tre etasjer.

<sup>3)</sup> Tall i parentes gjelder for arealer der varmegjenvinning av ventilasjonsluft medfører risiko for spredning av forurensning/smitte.

Beregningene av netto energibehov blir utført på grunnlag av de termiske parameterne som gjelder for et gitt bygg. Denne kontrollmetoden åpner for å omfordele varmetap mellom ulike bygningsdeler. Allikevel må minimumskravet for de forskjellige termiske verdiene oppfylles. Disse er også formulert i TEK.(10)

### 2.3.2 Energiltak

En energiltakskontroll er en forenklet metode for å kontrollere at en bygning tilfredsstillers kravet til energieffektivitet i TEK. Metoden kan brukes i stedet for å kontrollere at netto energibehov ikke overstiger den gitte energirammen. Denne evalueringsmetoden er kun gyldig for boligbygninger.

Tabell 3: Krav til energiltak (10)

Energiltak	Krav
Andel glass-, vindu- og dørareal av oppvarmet BRA	Samlet areal maks 25 %
U-verdi, yttervegg <sup>2)</sup>	Maks 0,18 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi, tak <sup>2)</sup>	Maks 0,13 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi, gulv på grunnen og mot det fri <sup>2)</sup>	Maks 0,10 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi, glass/vinduer/dører <sup>2)</sup>	Maks 0,80 W/(m <sup>2</sup> K)
Normalisert kuldebroverdi, $\Psi^*$ (samlet varmetap fra kuldebroer i forhold til oppvarmet BRA)	– Småhus <sup>3)</sup> : Maks 0,05 W/(m <sup>2</sup> K) – Boligblokk: Maks 0,07 W/(m <sup>2</sup> K)
Lekkasjetall	Maks 0,6 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg, $\eta$	Minst 80 %
Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg, SFP-faktor	Maks 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)

<sup>1)</sup> Kravene gjelder ikke for:

- boligbygninger som ut fra forutsatt bruk skal holde lav innetemperatur (< 15 °C) og er tilrettelagt slik at energibehovet holdes på et forsvarlig nivå
- fritidsboliger på til og med 150 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA
- boligbygninger og fritidsboliger med laftede yttervegger

<sup>2)</sup> U-verdiene uttrykkes som gjennomsnitt for bygningsdelen. For glass/vinduer/dører er karm og ramme inkludert i U-verdien.

<sup>3)</sup> Småhus omfatter eneboliger, to- til firemannsboliger, rekkehus og kjedehus samt terrassehus til og med tre etasjer.

Når man utfører en energiltakskontroll på et bygg, er det en kontroll av komponenter. Dette gjøres ved at de reelle termiske verdiene for komponentene til et bygg kontrolleres opp mot gjeldene forskriftskrav for tiltaket. For å kunne dokumentere at bygget er innenfor forskriftskravet, må alle de reelle termiske komponentverdiene tilfredsstillers kravet i forskriften.(10)

---

### **2.3.3 Konstruksjonsmessige kuldebroer i prefabrikkerte bindingsverkselementer**

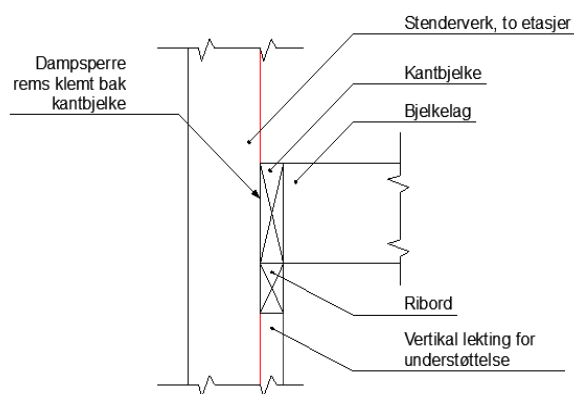
Forskning viser at selv om totalt varmetap i et elementbygg er innenfor standard og normer, kan enkelte lineære kuldebroer føre til store varmetap. Disse kuldebroene medfører i mange sammenhenger energitap som er større enn standardiserte, tabulerte verdier. Dette er en følge av økt mengde treverk i byggets konstruksjonsmessige kropp, som også er en konsekvens av elementbygging. Denne forskningen og sammenligningen av beregningene av totalt varmetap er gjort på grunnlag av Tsjekkisk standard. Dette medfører at disse resultatene ikke er direkte sammenlignbare med norsk standard. Forskningen baserer seg likevel på standarden EN ISO 10211, som omhandler kuldebroer i bygningskonstruksjoner. Selv om denne studien ikke kan overføres direkte til norsk bruk, er det verdt å merke seg at mengden treverk i en prefabrikkert vegg generelt vil øke i forhold til en plassbygget vegg avhengig av elementretningen.(12)

---

## 2.4 Bjelkelagsløsninger

### 2.4.1 Opphengt bjelkelag

Opphengt bjelkelag, eller veggghengt etasjeskiller, er en mindre utbredt metode å utføre bjelkelag på. SINTEF byggforsk har godkjente standardløsninger i sine arkiver, men ingen informasjon om opphengte bjelkelag. Selv om det finnes lite informasjon betyr det ikke at konseptet ikke benyttes. Oppdal bygg AS har brukt opphengte bjelkelag i mange år, og har god erfaring med beregninger og utførelse av denne metoden å bygge bjelkelag på. Siden det ikke finnes noen løsninger eller forslag til utførelse fra byggforsk, må man utføre manuelle beregninger avhengig av hvilket hus man planlegger.



Figur 8: Opphengt bjelkelag

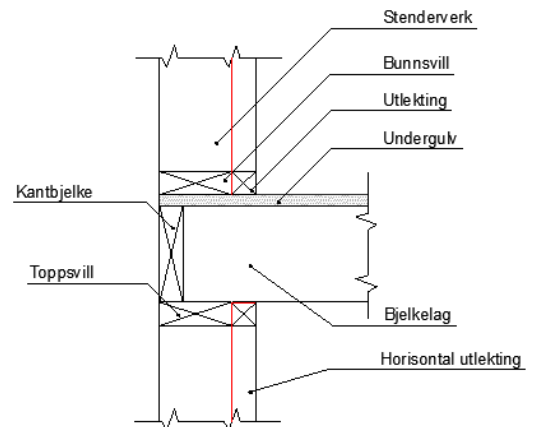
Informasjon om løsning og utførelse av opphengte bjelkelag som presenteres, har gruppa fått fra Oppdal bygg gjennom intervju og befaring i produksjonslokalene deres i Oppdal. Det er også tidligere gjennomført en bacheloroppgave i regi av Norgeshus som omhandler opphengt bjelkelag. I den nevnte oppgaven er løsningen beskrevet ved bruk av I-bjelker. Oppgaven innehar verdier som er direkte overførbare til bjelkelag oppbygget av konstruksjonsvirke. Innfestningen av ribord blir blant annet dokumentert, og er direkte overførbart til bjelkelag i konstruksjonsvirke.(13)

Forskjellen på tradisjonelt bjelkelag og opphengt bjelkelag er i all hovedsak at kantbjelken ved opphengt bjelkelag er festet på innsiden av stenderverket i ytterveggen. Dette medfører at det lufttette sjiktet går kontinuerlig på innsiden av bindingsverket, det vil si mellom kantbjelke og bindingsverk. Dette er en god løsning med tanke på lufttetthet. I tillegg er kantbjelken understøttet av et "ribord" og utlekting for skjult teknisk anlegg som er lagt vertikalt.

---

### 2.4.2 Tradisjonell bjelkelagsoppbygning

Den tradisjonelle oppbygningen av et bjelkelag blir utført ved at bindingsverket i hver etasje bygges opp alternerende med bjelkelaget til neste etasje. Denne løsningen er styrkemessig bedre enn et opphengt bjelkelag, men det er knyttet flere utfordringer til lufttetthet ved denne løsningen. Tradisjonell bjelkelagsoppbygning er den mest utbredte løsningen på bjelkelag. I elementsammenheng er denne løsningen gjennomførbart ved løsninger med bruk av liggende element. Ved bruk av stående elementer er dette en løsning som ikke lar seg gjennomføre.(14)



Figur 9: Tradisjonelt bjelkelag

---

## 2.5 Programvare

Underveis i prosjektet har det vært bruk for diverse programvarer. Til tegning er programmet ArchiCad med tillegget ArchiFrame benyttet. For å beregne U-verdi på forskjellige konstruksjonsdeler har gruppa benyttet THERM 7.5. TEK-Sjekk er benyttet for å evaluere vår konseptbolig opp mot energikravene i TEK 17.

### 2.5.1 ArchiCAD

ArchiCad er et digitalt tegneverktøy for arkitekter og ingeniører som også omfatter bygningsinformasjonsmodellering (BIM). Programvaren er utviklet av Graphisoft, som er en verdensomspennende BIM programvareutvikler. I ArchiCad kan man modellere opp bygg, produsere 2D tegninger, produsere mengdebeskrivelser med mer.

Gjennom bachelor studiet hos NTNU har gruppa hatt grunnleggende opplæring i bruken av ArchiCad. Programvaren ble brukt i sammenheng med flere prosjekter og oppgaver gjennom studiet. I tillegg bruker Norgeshus ArchiCad til tegning og visualisering av deres prosjekter. De ønsket derfor at gruppa skulle benytte seg av denne programvaren.

### 2.5.2 ArchiFRAME

ArchiFrame er en tilleggsprogramvare til ArchiCad, som utvider mulighetene til nøyaktig og effektivt design av trehus. ArchiFrame har verktøy som åpner for automatisk modellering av bindingsverk, etasjeskillere, søyler og bjelker ut fra modeller i ArchiCad. Man tegner utførelsen av et trehus og modellerer helt ned på detaljnivå, hvor man til slutt får ut ferdige tegninger med fullstendige kapplister. En annen funksjon som ArchiFrame tilbyr er CNC-kappfiler. Det vil si at ArchiFrame kan produsere kappfiler som for eksempel et Hundegger kapp- og CNC-anlegg kan benytte seg av for å produsere ferdigkappede og tilpassede stendere, bjelker med hakk og hulltagninger. Sammenføyningsfiler er også en funksjon i ArchiFrame, disse filene flyttes over til en sammenføynings- og spikerrobot, som leser stender- og bjelkeplasseringer. Filene viser roboten hvor den skal spikre, samt hvordan plater skal spikres fast i stenderne.(15)

---

### 2.5.3 THERM 7.5

THERM er en programvare som brukes av produktutviklere, ingeniører, forelesere, studenter og arkitekter for å simulere og beregne varmegjennomgang i bygningsdeler. Ved å bruke THERM kan man tegne og simulere varmegjennomgang todimensjonalt gjennom alle former av bygningsdeler helt ned på komponentnivå. De vanligste bygningsdelene å simulere er vinduer, karmen, vegger, fundament og tak. THERM er et godt verktøy for å illustrere svake punkter i en konstruksjon når det gjelder kuldebroer, varmegjennomgang og energieffektivitet. THERM kan også gi gode indikatorer på hva slags temperaturer man kan forvente seg inne i bygningsdeler, og om det kan være tegn på fuktproblematikk ved store temperaturforskjeller i bygningsdelene.

Gruppen har hatt noe grunnleggende opplæring i programmet THERM gjennom faget Husbyggingsteknikk 2 høsten 2018. For å belyse noen av de svake punktene og problematikken rundt noen av løsningene valgte derfor gruppen å benytte seg av THERM.(16)

### 2.5.4 TEK-Sjekk Energi

TEK-sjekk Energi er en Byggforsk applikasjon som brukes til å kontrollere bygningers energieffektivitet opp mot kravene i TEK. Det er mulig å utføre både energiramme og energiltaks-kontroll. Nødvendig informasjon for å gjøre disse beregningene, er et utvalg termiske og fysiske parametere for det gjeldende bygget. Dette programmet åpner for muligheter til å utføre simuleringer på dagslys, termisk innneklima og kontroll opp mot energikravene for passivhus og lavenergibygninger. Resultatene kommer ut i en XML-fil. Det blir også beregnet levert energi ut fra systemvirkningsgraden på ulike systemer. Dette medfører at resultatfilen også kan brukes som grunnlag for energimerking av bygninger.(17)





---

# KAPITTEL 3

## Intervjuer

---

### 3. Intervjuer

Grappa tok kontakt med relevante produsenter av bindingsverkselementer og utførte intervjuer av nøkkelpersoner hos de aktuelle produsentene. Dette ble gjort for å øke kunnskaps- og erfaringsnivået til gruppa i forkant av arbeidet med utviklingen av oppstartsmanualen. I tillegg til førstehåndskunnskap om bransjen, fikk også gruppa diskutert sine potensielle nyvinninger med personer som innehar praktisk erfaring fra bransjen.

Produsentene som ble kontaktet ble valgt på oppfordring av ekstern veileder, grunnet deres erfaringer i bransjen. Bedriftene som ble intervjuet var Snøhetta Element AS og Oppdal bygg AS. Grappa fikk i tillegg omvisning i produksjonslokalene, samt frie tøyler til å fotografere produksjonen og bruke bildene i oppgaven. Resultatene fra disse intervjuene presenteres nedenfor.

Det var på forhånd utarbeidet intervjuguider for intervjuene. Disse ble justert etter behov i henhold til intervjuobjekt. Noen spørsmål ble sløyfet på grunn av deres manglende relevans vedrørende automatiseringsgraden hos bedriften. Intervjuguiden ligger vedlagt rapporten (Vedlegg 3).

Intervjuene ble innledet med en presentasjonsrunde av medlemmene i bachelorgruppa, i tillegg til en kortfattet forklaring av oppgaven. Bakgrunnen og målene ble også presentert for å gi intervjuobjektet innblikk i områdene gruppa ønsket informasjon om gjennom intervjuene. Etter dette presenterte intervjuobjektet seg selv og bedriften vedkommende representerte, samt hvilken rolle de fylte i bedriften.

---

## 3.1 Intervju Snøhetta element AS

V/ John Sneve, daglig leder Snøhetta Element AS

### 3.1.1 Markedsområde

Snøhetta Element fokuserer kun på elementbygging. De produserer og leverer det aller meste av bindingsverkselementer til kunder etter ønske. Tradisjonelle tømrrertjenester utenom det som trengs i forbindelse med elementmontasje, leverer de ikke. De produserer 6 årsverk, hvor alle medarbeidere har bakgrunn innenfor tømring, båtbygging eller lafting. Firmaet er etter deres egen mening fremdeles lite i bransjen. Selv om næringen fremdeles er relativt ung, er det mye potensiale å hente. Dette er en bransje i utvikling og optimalisering, som trenger nye ideer og metoder for å kunne effektivisere ytterligere.



Figur 10: Befaring, Snøhetta element AS

«Dessuten holder vi til i en traust del av landet når det kommer til denne bransjen», sier Sneve. «Vi har ofte lange transportveier, mye på grunn av relativt lite bygging i nærområdene. Dette fører jo til at man ikke er overlesset med arbeid, selv om vi aldri har gått arbeidsløse heller», legger Sneve til.

### 3.1.2 Design og kundeforhold

Snøhetta Element designer og tegner gjerne byggene selv, spesielt ved forespørsler om å bygge garasjer. Først må alt tegnes ferdig, deretter utredes bygget som elementer. De tegner også enkeltelementer dersom de får forespørsel om det fra for eksempel en entreprenør.

For å kunne ta på seg et oppdrag trenger de en eller annen form for tegning eller idé. Ofte får de ferdige tegninger fra kunder, men også arkitekter på vegne av andre kunder og firmaer. Det er ikke noe i veien for at de tegner ut et konsept på kontoret sammen med kundene. For å forsikre seg om at de kan komme til et godt resultat sammen med kunden, ønsker de ofte at kunden kommer med informasjon om; veggdimensjon, ønsket kledning, ønsket overflatebehandling, om elementene skal være isolerte eller ikke og om vindu skal være innsatt og ferdig omrammet. Det vil si at bedriften ønsker informasjon om hvor høy ferdiggrad elementene skal ha.

---

### 3.1.3 Produkter og tjenester

Snøhetta Element produserer alt kunden ønsker, og det som er hensiktsmessig for hvert enkelt prosjekt. De produserer vegger, bjelkelag, sperreelement og mange andre spesialbestilte elementer; som arker og andre estetiske elementer.

Produktene kan ha svært varierende ferdiggrad avhengig av hva kunden ønsker, og hva firmaet anser som fornuftig. De vanligste veggelementene er isolerte, damptettede, vindtettede og kledd

utvendig med innsatte og omrammede vinduer. Det eneste de ikke utfører før elementet kjøres ut, er påføring for skjult anlegg på innsiden av dampspærren. Innvendig påføring ble prøvd ut i lengre tid uten noen spesielle fordeler med tanke på effektiviteten ute på byggeplass. «Mye grunnet behov for justeringer, som førte til riving av påføring og omgjøring», sier Sneve. Snøhetta Element tilbyr både stående og liggende trekledning på veggelementene sine. Det vanligste, og enkleste, i fleretasjes boliger er å benytte seg av liggende kledning, selv om de er godt vant med for eksempel to-etasjes fjøsveggelementer med stående kledning.



Figur 11: Ferdig element, Snøhetta Element AS

Avhengig av takkonstruksjon produserer de ulike typer elementer; gavlelementer hvis taket er bygd opp av takstoler, og sperreelementer dersom taket støttes av en mønebjelke. Det er ikke store forskjeller i montasjetid mellom takstoler og sperreelementer. Snøhetta produserer i tillegg bjelkelagselementer. Til disse benytter de som regel S-bjelken fra Moelven og Hunton I-bjelke, som forborres for tekniske føringer. Bjelkelagene monteres oppå innhakk i toppen av veggelementene for å gi god opplagring og festemulighet. Deretter monteres neste etasjes veggelementer oppå bjelkelaget i likhet med tradisjonell tømring.

---

### 3.1.4 Montasje og transport

Over tid har Snøhetta Element kommet fram til effektive og trygge metoder for å montere elementene sine. De har avtaler med faste transportører som frakter og løfter på plass elementene. I tillegg leier de inn montører. De benytter seg av de samme montørene hver gang, siden de har vært med på å utvikle rutiner for montasje med fokus på effektivitet og HMS. Det er store fordeler å bruke de samme firmaene hver gang, da Snøhetta Element tar på seg ansvaret for elementene fra råmaterialene kommer inn porten til elementene er ferdig montert. Man har da med erfarne folk å gjøre, slik at man kan gjøre utbedringer og tilpasninger på elementene hvis det skulle være nødvendig ute på plass.

Transporten er ofte den mest begrensende delen av prosjekteringen av elementene. Man må sjekke transportrutene til byggeplassen for å finne ut om man for eksempel blir nødt til å dele inn et bygg i flere mindre elementer for å ikke overstige et høydekrav på en lav broovergang langs ruten. Dette er også svært avhengig av om kunden for eksempel ønsker stående kledning på to-etasjes fjøsveggelementer, som medfører at veggene må transporteres liggende på høykant eller liggende flatt. Det er viktig at elementene ikke er for brede, slik at de enten stikker ut på sidene av hengeren eller når opp i en broovergang. «Ikke nok med det», sier Sneve, «porten og takhøyden i produksjonshallen setter også begrensninger på størrelsen på elementene». Dersom man ikke husker å ta hensyn til høyden oppunder taket, kan det hende man ikke får kjørt elementene ut av hallen. For å kunne optimalisere transporten av disse elementene er det fordelaktig å benytte seg av samme transportfirma hver gang, siden disse har kunnskap om hva slags metoder og materiell som kreves for å få fraktet elementene på en god måte.

---

### 3.1.5 Produksjonslinje

Snøhetta Element er ett av få firma i bransjen i Norge som har investert i å automatisere produksjonen sin. De bruker en automatisk kapprobot med optimaliseringsfunksjoner. Den analyserer materialene som blir matet inn opp imot kapplistene til hvert enkelt element og kapper ut delene for å utnytte materialene best mulig for å unngå svinn. I tillegg har de en sammenføyningsmaskin som hjelper



Figur 12: Spikerrobot, Snøhetta element AS

med å plassere stendere og bjelker opp mot tegning, og maskinen spikrer automatisk. Maskinen spikrer etter mønster for å feste vindsperreplater og annen platekledning. Renkapping og fresing av ytterkantene på elementene er også en funksjon på sammenføyningsmaskina.

Etter sammenføyning og vindtetting av et veggelement, går det videre på linja til vindusinnsetting og ytterkledning. Dette foregår manuelt da det er vanskelig å få til automatisk vindusinnsetting og montasje av trekledning. Deretter kjøres elementene videre til et vippebord som vender elementene på den andre siden. På den siste stasjonen blir elementene isolert og dampstettet med plast før de vippes på høykant og kjøres ut av hallen med truck.

Alle automatiske operasjoner styres stegvis av en operatør som legger inn materialene etter hvert i prosessen. Tegningene som benyttes er først tegnet i ArchiCad og deretter omgjort til elementer i ArchiFrame, før de blir konvertert og sendt til kappsaga og sammenføyningsmaskina.

---

### **3.1.6 Kvalitet**

Sneve forteller at kvalitet er et stort fokus hos Snøhetta Element. De oppnår høy kvalitet oppnår ved prefabrikking. «Automatisk kapping og sammenføyning eliminerer mange potensielle feilkilder, og gir oftere et sluttprodukt som er så å si 100%. Produksjonshallen har anlegg som justerer luftfuktigheten. På denne måten opprettholdes den ideelle fuktigheten i materialene som går inn i produksjonen».

Under montasje sikres kvaliteten godt ved at de bruker de samme medarbeiderne til alle monteringsoppdrag. Gjennom prøving og feiling har de kommet fram til gode og trygge måter å utføre jobben på. I tillegg utføres alle de vanlige testene av tettingen etter at bygget er satt sammen, eksempelvis trykktesting. Elementproduksjonen baserer seg stort sett på velkjente tradisjonelle tømmerløsninger, som også sikrer god kvalitet.

### **3.1.7 Utbedring og optimalisering**

Snøhetta Element har stort fokus på kontinuerlig forbedring og effektivisering av produksjonen. «Vi teller bortimot skritt og vendinger», sier Sneve. Selve materialbruken er svært optimalisert allerede, de har kun ca. en trillebår med avkapp i løpet av en dag med en produksjon på ca. fem elementer om dagen. «Det er tidsbruken på arbeidsoperasjonene som kan forbedres», mener Sneve. Sneve sier også at for å kunne lette et par arbeidsoperasjoner skulle de hatt en traverskran, men det er dessverre produksjonshallen for lav til å få satt inn. I tillegg skulle hallen ha vært ca. 15m lengre, slik at de kunne fått inn ett eller to arbeidsbord til i hallen for å lage mer plass til hver enkelt operasjon som kommer etter selve sammenføyningen.

«Ute på byggeplassen er de alltid ute etter å forbedre prosessen», sier Sneve. De er på utkikk etter bedre og raskere måter å sammenføye elementene i skjøtene, i stedet for å måtte ta av deler av dampsperra og grave i isolasjonen. Per dags dato, monterer de elementene kun ved bruk av skruer i skjøtene og i svillene.

---

### 3.1.8 Fordeler og ulemper med elementproduksjon

De største fordelene med elementbygging sammenlignet med tradisjonell trehusbygging er; kortere byggetid, det går raskere å få et bygg tett – erfaringsmessig 2 dager, man har gode tempererte arbeidsforhold, som er bra både for medarbeidere og produktivitet. Den datastyrte optimaliseringen av kappanlegget er en stor fordel for materialkostnad, i tillegg går alt av avkapp i flishuggeren og inn i flisfyringen hos Snøhetta Element.

Noen av ulempene er at alt ikke lar seg bygge av elementer på en god måte, selv om det meste gjør det. Det er blant annet størrelsesbegrensninger når det kommer til transport og produksjonslokalene. I tillegg stilles det større krav til planlegging i hvert prosjekt, ting må være helt nøyaktig etter tegning for at elementene skal passe sammen når de ankommer byggeplassen. Andre ulemper kan være ved langtidslagring av elementer ute. Treverket og mineralullen kan trekke til seg fukt, som kan være i fare for å bli bygget inn. Det kan føre til fuktskader og bevegelser i elementene på sikt.

### 3.1.9 Økonomi og leverandører

Prismessig er det ikke store forskjeller på elementbygging og tradisjonell husbygging. Det er for det meste samme mengde treverk som går med til å bygge tradisjonelt, som ved elementer. Forskjellen kan være svinnet. «Elementbygging produserer merkbart mindre avkapp enn vanlig tømring», sier Sneve. Som tidligere nevnt er tetteperioden betraktelig kortere, noe som vil føre til generelt mindre byggekostnader.

«Investeringskostnaden i en slik produksjonslinje kan være svært høy», sier Sneve. Videre forteller Sneve at leverandørene de har vært i kontakt med i Norge ikke har gode rutiner eller løsninger på å samkjøre programvare. Det vil si at det skal litt tilpasning til for å få maskinene til å snakke sammen med tegneprogrammene, men etter en innkjøringsperiode fungerer alt optimalt.



---

### 3.1.10 Tips til oppstart

Sneves tips og anbefalinger til noen som vil investere i en slik produksjonslinje er; man må tenke stort nok i begynnelsen, man kommer sannsynligvis til å trenge mer plass etter hvert, så en stor hall er viktig. Man bør også forsikre seg om at leverandører av maskinene og utstyret er klar over problematikken rundt programvarene, og at de har egne løsninger på dette, fordi det kan koste deg mye tid og penger.

### 3.1.11 Kommentarer på egne utkast

“Jeg steiler litt over disse hjørneelementene”, sier Sneve og ler. Han begrunner latteren med at et hjørnelement bare gir flere muligheter til utetthet og feil ved både produksjon og montasje. I tillegg så blir det bare flere elementer å produsere. Man tjener mest på å produsere minst mulig, fortrest mulig for hvert prosjekt (Vedlegg 4).

Sneve får se på gruppas førsteutkast på konseptet “klikksvill”. Han sier at det er noe han ikke har sett før, og at det ser interessant ut. “Dette vil kreve svært høy presisjon”, sier Sneve. Elementene må være tilnærmet 100% korrekte og bene for at skinnene skal kunne treffe i hverandre. Det skal nok heller ikke mye skitt og smuss til for at klikksvilla ikke klarer å klikke helt sammen. Dersom det viser seg at skinnene fungerer godt, og de ikke gir et altfor stort varmetap, kunne dette være en god løsning på å få ned montasjetiden ytterligere (Vedlegg 5).

Deretter viser gruppa fram førsteutkastet av det innfelte bjelkelaget. Sneve mener i likhet med gruppa at dette vil være svært gunstig for styrken i sammenføyningen av kantbjelke og bjelkelagselementene. “Man får dobbel fastholding på en måte”, sier Sneve. Kantbjelken har ikke mulighet til å gå noen steder og den understøttende 2”x4” gir et godt grunnlag for montasjen av bjelkelagselementene. Man får noe å støtte seg på mens man heiser på plass elementene. I tillegg hjelper 2”x4” med å bære bjelkelaget. En ulempe i denne sammenhengen er at man svekker konstruksjonen under frakt og montasje ved å kappe ut deler av stenderverket. I tillegg kan det bli vanskelig å montere dampsperra i skåret bak kantbjelken på en tilfredsstillende måte.

---

## 3.2 Intervju med Oppdal Bygg AS

V/ Malvin Solberg, Prosjektleder ansvarlig element Oppdal bygg AS

### 3.2.1 Markedsområde

Oppdal bygg fokuserer hovedsakelig på elementproduksjon. De produserer så å si alt av elementer til kunder etter ønske. De leverer også tradisjonelle tømmerarbeider i tillegg til elementproduksjonen, men vil helst bygge så mye som mulig i element.

Oppdal bygg er noe større enn Snøhetta Element, og har levert elementer fra Kristiansand i sør til Namdalen i nord. Sammenlignet med Snøhetta Element benytter ikke Oppdal bygg seg av noen form for automatisering av produksjonen. De produserer elementene manuelt på arbeidsbord, noe som gir gode arbeidsforhold.



Figur 13: Befaring, Oppdal Bygg AS

### 3.2.2 Design og kundeforhold

Ettersom Oppdal bygg har et samarbeid med Norgeshus tilbyr de stort sett deres kataloghus til sine kunder. De benytter seg av konseptene og setter seg ned med kunden for å justere etter deres ønsker der det er mulig. Her diskuteres det; type ytterkledning, dimensjon på vegger, ferdighetsgrad og lignende. Deretter blir bygget utredet som elementtegninger gjennom egen programvare og sendt direkte til produksjon. De bygger også ofte etter arkitekttegninger.

### 3.2.3 Produkter og tjenester

Oppdal bygg produserer alt kunden etterspør, så langt det lar seg gjøre med elementer. De produserer vegger, bjelkelag, sperreelementer og en rekke andre spesialelementer. Produktene kan ha svært varierende ferdiggrad avhengig av hva kunden ønsker, og hva firmaet anser som fornuftig. De vanligste veggelementene er vindtettet, kledd utvendig og uisolert.

---

Vinduer er også ofte satt inn før utkjøring. Tettingen her er ivaretatt med bunnfyllingslister og fugemasse. “Vi bruker Frøya som kvalitetssjekk”, sier Solberg.

De har levert mange elementer på Frøya, hvor sjøsprøyten står rett på vinduene. «Når tettingen holder der, holder den over alt». De ser helst at vinduene også er ferdig omrammet, også med blikk og vannbrett.

Sperreelementer er noe Oppdal bygg kan levere etter ønske, men de benytter seg hovedsakelig av takstoler. Det er ikke de store forskjellene på tid eller økonomi når det kommer til om man skal velge takstoler eller sperrer. Det eneste som kan føre til litt modifisering er hvis det blir nødvendig med innlagte limtrebjelker.

Bjelkelagselementer er noe Oppdal bygg bestiller materialer til etter lengder. De setter sammen og legger spongulvet i produksjonen med bjelker som kommer ferdig kappet og hulltatt. Sammenlignet med andre elementtyper de produserer “beveger” bjelkelagselementene seg mer enn de andre elementene. “Vi har merket noe lengdeutvidelse på bjelkelagene våre”, sier Solberg. Dette er vesentlig da man risikerer at elementene ikke passer inn i åpningene mellom veggelementene ved montasje. Derfor produserer de bjelkelagselementene sist i produksjonsforløpet. Alt av vegger blir produsert ferdig først, og til slutt produseres bjelkelagene for å gi dem minst mulig mulighet for å “røre på seg”.

Alt av bjelkelagselementer Oppdal bygg produserer og monterer, er av typen “opphengte bjelkelag”. Dette vil si at kantbjelken er montert rett i stenderne, slik at hele bjelkelagskonstruksjonen er innenfor det termiske sjiktet. I tillegg ligger kantbjelken oppå en 2”x4” som også er fastmontert i stenderne.

---

### 3.2.4 Transport og montasje

Transporten bli utført av en fast, egen bil med lav semi-henger. Ved større prosjekter som er avhengig av jevn strøm av elementer for å få et raskest mulig tett bygg, leier de inn ekstra transport. Dette er som regel kjente firmaer, som vet hva slags utstyr som må til for å frakte elementene.

Oppdal bygg tar som regel montasjen selv, med metoder og løsninger som de har utviklet gjennom prøving og feiling. De har utviklet egne monteringsanvisninger som alltid følger med elementleveransene. Ved nye kundeforhold eller ved nye montører er alltid noen fra Oppdal bygg med dem og lærer opp. Ved boligbygg, hytter og andre “enkle” bygg tar det ca. To dager å tette bygget. Ved prosjekter som er svært langt unna Oppdal tar det bare en dag å tette bygget.

“Det er transportvegen som er begrensende”, sier Solberg. Mange lave brooverganger og trange veger gjør det vanskelig for denne typen transport på grunn av høyden. Oppdal bygg har levert elementer til store deler av landet, fra Kristiansand i sør til Namdalen i nord. Som kjent er det svært varierende vegstandard i Norge. Solberg sier også at de produserer mye større elementer dersom de skal levere til nærområdet, som Oppdal eller i alle fall innenfor nærmeste broovergang.

### 3.2.5 Produksjonslinje

Oppdal bygg har i likhet med mange andre byggefirmaer som driver med elementer, lite automatisering av produksjonslinja. Kappingen av materialene foregår manuelt på flere kapp- og gjerdesager. Byggingen av elementene foregår på flere arbeidsbord jevnt fordelt i produksjonshallen. All sammenføyning, vindtetting og kledning blir utført for hånd av tømreere.

I hallen har de en traverskran som brukes til alt av tyngre løft, samt løfting og snuing av alle elementene. Når elementene skal kjøres ut av hallen lastes de opp på en “slede” med hjul, hvor elementene blir avstivet på sleden, for så å bli dradd ut av hallen og løftet over på henger (Figur 14).

På spørsmål om Oppdal bygg hadde planer om noen form for automatisering, sa Solberg; “Vi har flere fordeler med en mer fleksibel manuell produksjon, men det kunne vært noe med automatisk kappanlegg”. Deres erfaring er at de har mer produksjonsfrihet med en manuell linje. På grunn av mange “spesielle” elementer som gjør det vanskelig å få til noen form for god standardisering på elementene, har de valgt å ikke investere i noen sammenføyningsrobot. “Den eneste grunnen til at vi kunne tatt den investeringen, er hvis vi kunne åpnet en egen nisje av bygg med helt enkle elementer, som enkelt kunne produseres automatisert”, sier Solberg.



Figur 14: Ferdig element på ramme, Oppdal bygg AS

### 3.2.6 Kvalitet

“Vi er veldig opptatte av kvaliteten på det vi bygger, og det er derfor vi driver med dette”, sier Solberg. På grunn av de tilnærmet optimale forholdene når det kommer til luftfuktighet, temperatur, arbeidsforhold og ergonomi, er dette en god måte å bygge på. De er svært opptatt av finishen på elementene de produserer, og at produktene er 100% riktig når de forlater produksjonshallen.

### 3.2.7 Utbedring og optimalisering

Oppdal bygg bruker mye tid på å optimalisere materialbruken. De bestiller blant annet sorterte materiallengder på 5.10 - 5.20m, slik at de kan få ut to stendere per lengde. Ved produksjon av gavlelementer i to-etasjes bygg bestiller de fingerskjøtete 7m lengder, for å få kontinuerlige stendere. Som nevnt har de vært inne på tanken om et automatisk kappanlegg, men har ikke kommet fram til noen løsning på dette enda.

---

### 3.2.8 Fordeler og ulemper

Med elementproduksjon klarer man å få resultatet 100% året rundt. Oppdal bygg har eksempelvis full produksjon på vinters tid, mens andre firma bruker mye av arbeidsdagen på å måke snø for å kunne jobbe. Det er store fordeler med å jobbe under disse forholdene i og med at man klarer å sikre kvaliteten. Man klarer å holde tidskjemaet bedre ved å ha alt man trenger av verktøy og materialer innenfor noen meters rekkevidde til enhver tid. I tillegg produserer man mye mindre avkapp og gjør mindre feil, noe som også fører til mindre sløsing av materialer.

En ulempe som Oppdal bygg poengterer er at ved for mye automatisering legger man større begrensning på variasjonsmulighetene til elementene. Det vil si at ved en høyere andel manuell produksjon, har man friere tøyler selv ved enkle elementer. Uansett om man kanskje kan spare tid på de helt enkle elementene ved automatisering. En annen ulempe er at man ikke tenker stort nok når man starter opp en slik produksjon. Da kan man få betydelige begrensninger på elementstørrelsene ved å ha for små porter i hallene, for lave takhøyder og for små haller.

### 3.2.9 Økonomi og leverandører

Oppdal bygg har ikke gått i dybden med å undersøke hva som er mest lønnsomt av å bygge tradisjonelt eller ved å produsere elementer. «Erfaringsmessig er det ikke de helt vesentlige forskjellene», sier Solberg. De har som regel avtaler på råbygg, altså kun det lukkede yttersjiktet(18). Det er fortjeneste å hente når man klarer å tette et boligbygg på to dager, uansett årstid dersom grunnmuren gir et tilfredsstillende utgangspunkt.

### 3.2.10 Kommentarer til egne utkast

“Jeg spekulerer litt på de hjørnelementene”, sier Solberg. Det beste er nok de løsningene som er nærmest tradisjonell tømring, for jo flere “ledd” man får jo svakere bli konstruksjonen, og det blir vanskeligere å få det tett. Oppdal bygg bruker kun overlappskjøt i hjørnene, med utstikkende gips utvendig (GU) og duk for å sikre vindtettingen. (Vedlegg 4)

“Det der må være nøyaktig!”, sier Solberg når han får se på “klikksvill”-utkastet til gruppa. Det blir nok vanskelig å få alle skinnene til å stemme 100% med hverandre. Dersom temperaturbevegelsene til stålet og treet ikke blir vesentlige, kan dette være en effektiv løsning for å spare montasjetid. (Vedlegg 5)

---

“Vi bruker jo opphengt bjelkelag, men vi feller ikke inn kantbjelken da”, sier Solberg. Han mener i likhet med gruppa og Sneve at man vil få et godt bidrag til styrken med en innfelt kantbjelke og en understøttende 2”x4”. «Et mulig problem her, er nok å få god nok utførelse på dampsperra bak kantbjelken. I tillegg må elementene avstives mye under transport for å unngå at de svekkes for mye, men det lar seg nok gjøre», sier Solberg.

---

### 3.3 Sammendrag intervjuer

Grappa har som vist gjennomført to intervjuer med befaringer av produksjonslokalene til henholdsvis produsentene Snøhetta Element AS og Oppdal bygg AS. Begge produsentene driver i en relativt liten, ung og svært lite standardisert bransje. Sammenlignet med prefabrikkert betong er prefabrikkerte bindingsverkselementer så å si ukjent for nordmenn flest. Det er få entreprenører og byggefirma utenfor nærområdene til begge firmaene, som vet å utnytte seg av bindingsverkselementer, etter deres mening. I tillegg så driver disse firmaene i en relativt traust del av landet med lite overflod av oppdrag. Ingen av firmaene har hittil sett seg nødt nedbemanne.

På grunn av varierende oppdragsmengde i nærområdene til firmaene, må de finne seg i lengre og mer utfordrende transportveier. Grappa spurte om hvilke momenter ved elementproduksjon som var begrensende, og fikk til svar; lave hinder som lave brooverganger, høyspentkabler og svært trange veier.

Elementprodusentene grappa har vært i kontakt med driver på to vidt forskjellige måter. Snøhetta Element har investert i automatisk kappanlegg med optimaliseringsfunksjoner og en sammenføyningsrobot som sikrer korrekt plassering av alt av stendere og spikerslag. Til sammenligning utfører Oppdal bygg alle elementene sine manuelt på arbeidsbord. Til tross for dette har de ved prøving og feiling kommet fram til mange av de samme løsningene og metodene for å sikre gode sluttresultater. Begge nevner under intervjuene at det ikke finnes noen standarder eller lovverk på hvordan prefabrikkerte bindingsverkselementer skal utføres. Derfor er de fleste løsningene deres basert på tradisjonell tømring, som deretter er tilpasset elementer. Dette sikrer også at styrken i konstruksjonene er ivaretatt. Ferdiggraden på elementene som de to firmaene produserer er både varierende fra hverandre, men også innad i bedriftene. Begge forklarer dette med at de produserer det kunden ønsker, og det som viser seg å være hensiktsmessig for prosjektet. Som oftest avhenger dette av hvor mye etterarbeid og ekstra vendinger en ferdiggrad krever sammenlignet med en annen. Snøhetta Element leverer stort sett isolerte, dampette, vindette og ytterkledde elementer med innsatte og omrammede vinduer. Oppdal bygg leverer stort sett vindette, ytterkledde elementer med innsatte og omrammede vinduer.



---

Begge begrunner valgene sine på ferdiggrad med at de oppfatter det som lønnsomt, noe som tyder på at lønnsomheten av ferdiggraden på elementene avhenger av produksjonsmetoden. En vesentlig forskjell på løsning og metode, er hvordan de opplagrer og fester bjelkelag. Oppdal bygg utfører kun opphengte bjelkelag hvor kantbjelken er festet på innsiden av stenderverket og opplagret på et ribord, som også er festet i stenderverket. Denne metoden blir benyttet uavhengig av om de produserer liggende en-etasje veggelementer eller stående to-etasje veggelementer. Snøhetta Element derimot lagrer opp bjelkelag på et innhakk i toppen av liggende en-etasje veggelementer, hvor neste veggelement står delvis på toppen av veggen under og delvis på bjelkelaget. Opphengt bjelkelag i veggelementer over to etasjer er ikke noe Snøhetta Element har prøvd enda, men de har sett på løsninger og utfører dette om nødvendig.

Snøhetta Element bruker som nevnt en mer automatisert produksjonslinje enn Oppdal bygg. Sneve forteller at det ikke var helt enkelt å få systemene opp og gå i oppstartsfasen. De ønsket å benytte seg av programmer fra Graphisoft, i hovedsak ArchiCad og ArchiFrame, men det viste seg at det var en utfordring å få programmene til å snakke med robotene. Etter mye om og men fikk de samlet de nødvendige personene fra både maskinleverandøren og representanter fra Graphisoft for å ordne problemet. Etter en innkjøringsperiode fungerte alt som det skulle. Sneve forteller at grunnen til at dette ble et problem i utgangspunktet, var at maskinleverandøren verken hadde andre løsninger vedrørende programvare, og heller ingen serviceavtaler. Leverandøren solgte maskinene og løp sin vei uten å måtte levere løsninger på programvare som fungerte for kunden. Fordelen med at Snøhetta Element gikk gjennom denne prosessen, er at dersom andre firma ønsker å investere i de samme maskinene fra samme leverandør med de samme programvarene, har Graphisoft i dag fungerende løsninger for å få produksjonslinjen oppe og gå raskt.

Informasjon om prefabrikkerte bindingsverkselementer er forholdsvis utilgjengelig både på internett og i litteratur for øvrig. Det er som nevnt liten standardisering utenom tradisjonell tømring. Intervjuene gruppa har gjennomført med produsenter som driver innenfor bransjen, har gitt et svært godt innblikk i hvordan denne bransjen fungerer. Gruppa baserer seg mye på disse firmaenes innsikt og råd når det kommer til metoder og løsninger vedrørende elementproduksjon. Dette har dannet grunnlaget for mange kvalitative vurderinger og løsninger ved utarbeiding av oppstartsmanualen.

---

Gruppen har fått spesielt gode råd når det gjelder å inndele et bygg i elementer, og hvordan man eventuelt kan unngå drastiske inngrep i fasaden og arkitekturen, og allikevel opprettholde bærekonstruksjonen og tilfredsstillende konstruksjonssikkerheten.

---

# KAPITTEL 4

Hoveddel

---

## **4. Hoveddel**

### **4.1 Innledning**

Hoveddelen er en gjengivelse av arbeidet gruppa har utført underveis i dette prosjektet. Alt som er gjort i forbindelse med dette prosjektet, er gjennomført med tanke på å innhente informasjon om produksjon og prosjektering av bindingsverkselementer. Det utførte arbeidet, vil i hovedsak samles i en manual. Denne skal fungere som en veiledning for bedrifter som ønsker å starte med produksjon av bindingsverkselementer. Målet er at denne manualen skal være informativ for bedrifter som ønsker å starte med elementproduksjon, uavhengig av automasjonsgrad.

### **4.2 Bygging i bindingsverkselementer**

Det er flere fordeler med å bygge i elementer kontra tradisjonell plassbygging. Den største fordelen er at man unngår store mengder uønsket fukt i råbygget. På grunn av at produksjonen foregår i hall under ideelle forhold og man får tettbygget raskt. Fordeler med å produsere hus i hall er både kvalitet og ergonomiske arbeidsstillinger. Sykemeldinger og andre utfordringer for produksjonen kan unngås. De fleste ulykkene i byggenæringen er i forbindelse med fall fra høyder (19). Ved å produsere i hall vil man redusere bruken av utendørsarbeid som foregår i stillas, som videre vil føre til færre fallulykker. En annen fordel ved at store deler av produksjonen foregår i hall, er at den kan gå for fullt uavhengig av sesong og klimatiske forhold.

---

## 4.3 Omprosjektering av Dråpen til elementhus

### 4.3.1 Forutsetninger

Utgangspunktet for dette prosjektet var huset Dråpen, som inngår i Norgeshus sine huskataloger. Nødvendig tegningsgrunnlag ble gitt fra ekstern veileder (Vedlegg 6). Deler av prosjektet gikk ut på å omprosjekttere Dråpen til et elementhus. Denne prosessen ble utført med utgangspunkt i egne modeller og programvaren ArchiFrame. Underveis i denne prosessen skaffet gruppa seg kunnskap om emnet. Sammen med all innhentet informasjon gjennom intervjuer, litteratursøk og gruppas erfaringer, ble grunnlaget for den allerede omtalte oppstartsmanualen dannet.

### 4.3.2 Utredningsgrunnlag

Gruppa besluttet å tegne en detaljert modell av huset i programmet ArchiCad for å få oversikt over de fysiske parameterne gruppa hadde mottatt i form av tegningsgrunnlag fra ekstern veileder. Modellen utgjorde grunnlaget for de fleste valgene som ble gjort underveis i omprosjekteringen.

### 4.3.3 Valg av takkonstruksjon Dråpen

Ved valg av takkonstruksjon, sto det mellom to forskjellige konstruksjonsprinsipper. Den ene metoden som ble vurdert, var et tradisjonelt sperretak med mønedrager. Den andre muligheten var en takkonstruksjon med selvbærende takstoler av typen w. Gruppa hadde gode argumenter for og imot begge løsninger. For å gjøre prosessen enklere og mer visuell, tegnet gruppa et utkast av begge løsningene.

Begrunnelsen for at gruppa vurderte å bruke en konstruksjon bestående av et tradisjonelt sperretak med mønedrager, var at denne konstruksjonsmetoden åpner muligheter for produksjon av takelement. Dette var et moment gruppa anså meget hensiktsmessig med tanke på at dette ville øke graden av prefabrikasjon i prosjektet. En annen fordel med takelementer, er at dette vil bidra til å sikre raskere tetting av bygget under montasje.

---

Selv om gruppa så flere positive aspekter med denne byggemetoden, var det også negative sider ved å benytte denne konstruksjonsmetoden. Generelt stiller en slik konstruksjonsmetode krav til bærende konstruksjoner langs byggets sentralakse og gavlvegger, noe som vil medføre endringer i byggets arkitektur. Bildet (Figur 15) illustrerer fenomenet, der skyvedøren og vinduene i vestveggen er flyttet. Et annet negativt aspekt ved denne byggemetoden, er at den vil medføre uhensiktsmessig stor takhøyde i andre etasje.



Figur 15: Sperretak med mønedrager

Dette ble begrunnet med at andre etasje av huset består av soverom, bad og ei lita loftstue. Med andre ord; arealer hvor det er uhensiktsmessig mye arbeid med skrå himling i forhold til gevinsten dette ville gi. En måte å løse dette på, kan være å fore ned himlingen. Dette vil også generere store mengder ekstra etterarbeid.

Det andre alternativet var en takkonstruksjon bestående av selvbærende w-takstoler (Figur 16). Fordelen med denne konstruksjonen, var at den ikke ville stille krav til bæring i gavlveggene i like stor grad som det første alternativet. På generell basis vil en slik konstruksjon medføre mindre behov for bæring innvendig i bygget og mindre grad av fasadeendringer, noe gruppa anså hensiktsmessig. En annen stor fordel med denne konstruksjonen, er at den vil medføre mindre etterarbeid med nedføring av himling i andre etasje.



Figur 16: Takkonstruksjon, W-takstoler

---

Etter denne forenklete analysen kom gruppa til enighet om at den beste løsningen var å bruke selvbærende takstoler videre i prosjektet. Løsningen ble valgt på bakgrunn av at denne oppgaven skulle ta for seg en konseptbolig, der standardisering med mulighet for direkte overføring til flere andre kataloghus var noe gruppa anså hensiktsmessig. En av baksidene ved dette valget, var at denne løsningen gjorde det vanskelig å produsere takkonstruksjonen i elementer.

#### **4.3.4 Valg av bindingsverksdimensjon Dråpen**

For å gjøre bygningskroppen mer robust med tanke på transport, valgte gruppa å benytte seg av bindingsverk i dimensjonen 48 x 148mm, til tross for at standard dimensjon hos Norgeshus er 36x148mm.

---

## 4.4 Oppdeling og utredning av Dråpen i elementer

For å kunne tegne førsteutkastet av bygget oppdelt i elementer, var det nødvendig å gjøre noen vurderinger. Disse vurderingene gikk i hovedsak ut på å finne praktiske, konstruksjonsmessige gjennomførbare løsninger. Denne delen av prosjektet anså gruppa som meget viktig, siden en stor del av oppgaven gikk ut på å komme frem til standardiserte løsninger.

Før oppdelingen kunne starte, måtte gruppa bestemme hvilken elementretning som var ønsket i dette prosjektet. Valget av elementretning ble gjort på bakgrunn av at bygget originalt er kledd med stående panel utvendig. Siden gruppa ikke ønsket horisontale brudd i den utvendige kledningen, falt valget på stående elementer.

### 4.4.1 Begrensninger vedrørende produksjon og transport

Da gruppa skulle lage førsteutkastet av bygget utredet i elementer i ArchiCAD, var det noen begrensninger gruppa måtte forholde seg til. I første rekke setter en automatisert produksjonslinje ganske store begrensninger på oppdelingen av bygget i elementer. Sammenføyingsmaskinen har en breddebegrensning på 3,2m(20). Dette medfører at elementenes bredde ikke må overstige 3,2m. En annen individuell begrensning, er lengden av elementene. Denne begrensningen blir blant annet satt på grunnlag av produksjonslokalets utforming og lengden på sammenføyingsmaskinen, som oftest mellom 6 meter og 12 meter.

Det er knyttet noen begrensninger til transport av elementer. Det settes både begrensninger vedrørende lengde og bredde for transport. Disse begrensningen er avhengig av hvor i landet og hvilke veger elementene skal transporteres langs. For å være sikker på at transporten av elementene lar seg gjennomføre, bør man kontakte transportør allerede i prosjekteringsfasen for å innhente informasjon og eventuelle begrensninger for den aktuelle transportveien.

### 4.4.2 Arkitektoniske begrensninger

En bygnings arkitektur er helt avgjørende for at prosjekteringen og produksjonen av elementer skal være mest mulig rasjonell. Plassering av vinduer og dører er essensielt for hvordan et bygg kan deles opp i elementer. Vedrørende vindusplassering er det en stor fordel med symmetri i alle etasjer. Dette øker fleksibiliteten og åpner for flere mulige oppdelingsmønstre.



---

Under elementutredningen av Dråpen, var det flere arkitektoniske utfordringer som var med på å sette begrensninger for hvordan bygget kan inndeles.

I husets første etasje er det flere store vinduer som går helt ned til gulvet. Disse vinduene reduserer graden av prefabrikasjon, da de ikke kan settes inn før elementene er montert på plass. Det er generelt mange store vinduer spredt rundt i bygget. Dette er med på å sette store begrensninger for hvordan bygget kan inndeles.

#### **4.4.3 Konstruksjonsmessige begrensninger**

Konstruksjonsmessige faktorer er også med på å sette begrensninger for hvordan et bygg kan utføres i elementer. Det er for eksempel umulig å legge inn lange horisontale bjelker som strekker seg over flere elementer under prefabrikasjonen. Det er også problematisk å ferdigstille bygningsdeler som skal festes til andre før man er ute på plass.

Dråpen hadde ikke mange konstruksjonsmessige utfordringer. Dette var mest trolig en følge av takkonstruksjonsvalget som ble foretatt tidligere. Til tross for dette, hadde Dråpen noen små utfordringer, men ikke større enn hva man ville fått ved tradisjonell plassbygging.

#### **4.4.4 Utredning av dråpen i element**

Under arbeidet med å utrede dråpen i elementer, ble modellen som ble opprettet som utredningsgrunnlag benyttet som underlag. Hele huset ble tegnet i oppdelte elementer. Under denne oppdelingen av bygget ble alle begrensningene som er nevnt tidligere i kapittelet lagt til grunn. Dette medførte at det ikke var stor frihet i hvordan bygget kunne deles opp i elementer. Resultatet av denne prosessen ligger vedlagt som vedlegg (vedlegg 7).

---

## 4.5 Energieffektivitet

Etter at bygget ble ferdig utredet i stående elementer, bemerket gruppa seg at denne byggemetoden medførte en merkbar økning av treverk i ytterveggene. For å verifisere at bygget tilfredsstilte kravene til energieffektivitet i Teknisk forskrift valgte gruppa å gjøre noen simuleringer på nettopp dette. For å utføre disse simuleringene valgte gruppa å benytte energisimulatoren TEK-sjekk.

### 4.5.1 U- verdi yttervegg i bindingsverkselementer

Ved beregning av en spesifikk, gjennomsnittlig U-verdi for ytterveggene, anså gruppa det nødvendig å beregne hvor mange prosent av ytterveggene som bestod av treverk. Dette ble gjort ved at alle veggene ble beregnet hver for seg. Dette dannet til slutt grunnlaget for den gjennomsnittlige mengden treverk (%). Beregningene er oppsummert i tabellen under. Disse beregningene er gjort med utgangspunkt i at det er benyttet stendere i dimensjonen 48x148mm.

Tabell 4: Prosentandel treverk i yttervegger, Dråpen

<b>Vegg:</b>	<b>Veggareal: (uten vinduer)</b>	<b>Areal treverk:</b>	<b>Prosentandel treverk:</b>
Vest	26,92m <sup>2</sup>	6,33m <sup>2</sup>	23,5%
Nord	47,87m <sup>2</sup>	12,26m <sup>2</sup>	25,6%
Sør	28,23m <sup>2</sup>	10,03m <sup>2</sup>	35,5%
Øst	32,92m <sup>2</sup>	5,11m <sup>2</sup>	15,5%
Vindfang øst	5,53m <sup>2</sup>	1,14m <sup>2</sup>	20,6%
Vindfang sør	10,94m <sup>2</sup>	1,64m <sup>2</sup>	15,0%
Vindfang vest	7,65m <sup>2</sup>	0,98m <sup>2</sup>	12,6%
<b>Totalt:</b>	160,06	37,49	23,4%

Etter at prosentandelen treverk var beregnet, benyttet gruppa THERM til å simulere U-verdi for en yttervegg med oppbygning tilsvarende den som var benyttet i prosjektet. Gruppa gjorde simuleringer av yttervegger med dimensjonene 36x148, 48x148, 36x198 og 48x198. Resultatene fra disse simuleringene befinner seg i tabellen under.

Tabell 5: Beregninger av U-verdi, Therm

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tallene i denne tabellen er resultater etter simuleringer utført i THERM.</li> <li>• Veggoppbygning som er benyttet i simuleringene har stenderdimensjoner som er spesifisert under, pluss 48mm horisontal isolert påføring på innsiden. Dette medfører at den totale isolasjonen som er benyttet i simuleringene varierer mellom 200 og 250mm (148 og 198mm stendere).</li> <li>• Prosentandelen treverk som er benyttet i de ulike simuleringene, varierer betraktelig mellom der det er benyttet 36mm og 48mm tykke stendere.</li> </ul>		
Stenderdimensjon(mm $\times$ mm)	Prosentandel treverk (%)	U-verdi
36x148	18	0,205
48x148	24	0,217
36x198	18	0,168
48x198	24	0,181

#### 4.5.2 U-verdi takstoler

Tabellen under viser U-verdi for takkonstruksjoner i takstoler med isolasjonstykkelse, undergurt og varmekonduktivitet som beskrevet.

Tabell 6: U-verdi, takstoler (20)

Isolasjonstykkelse(mm)	Undergurt(mm)	Isolasjonens varmekonduktivitet( $\lambda$ )			
		0,034	0,037	0,040	0,043
350	48 x 98	0,11	0,11	0,12	0,13
	48 x 148	0,11	0,12	0,12	0,13
	48 x (148 + 198)	0,12	0,13	0,14	0,14
375	48 x 98	0,10	0,11	0,11	0,12
	48 x 148	0,10	0,11	0,12	0,12
	48 x (198 + 173)	0,12	0,12	0,13	0,14
400	48 x 98	0,09	0,10	0,11	0,11
	48 x 148	0,09	0,10	0,11	0,12
	48 x (198 + 198)	0,11	0,12	0,12	0,13

### 4.5.3 U-verdi taksperrer

Tabellen til høyre viser en oversikt over U-verdier for takkonstruksjoner i sperrer av konstruksjonsvirke. De ulike U-verdiene er beregnet med hensyn på isolasjonstykkelse og sperredimensjoner.

Sperredimensjonen gruppa ønsker å benytte på inngangspartiet er 48x198. På grunn av at taket fores ned 48mm med isolasjon, benytter gruppa U-verdi for sperrer i dimensjonen 48x(148+98). Gruppa ønsker å benytte isolasjon med standard varmekonduktivitet på 0,037 W/mK. Dette medfører at U-verdien for denne konstruksjonsdelen blir 0,18W/m<sup>2</sup>K.

Tabell 7: U-verdi sperretak (20)

Bjelke- dimensjon mm	Isolasjonens varmekonduktivitet, λ W/(mK)			
	0,034	0,037	0,040	0,043
36 x 148	0,25	0,27	0,29	0,30
48 x 148	0,26	0,28	0,29	0,31
36 x 173	0,22	0,23	0,25	0,26
48 x 173	0,23	0,24	0,26	0,27
36 x 198	0,20	0,21	0,22	0,23
48 x 198	0,20	0,22	0,23	0,24
36 x 223	0,18	0,19	0,20	0,21
48 x 223	0,18	0,19	0,21	0,22
36 x (148 + 98)	0,16	0,17	0,18	0,19
48 x (148 + 98)	0,17	0,18	0,19	0,20
36 x (148 + 123)	0,15	0,16	0,17	0,18
48 x (148 + 123)	0,15	0,16	0,17	0,18
36 x (148 + 148)	0,14	0,15	0,15	0,16
48 x (148 + 148)	0,14	0,15	0,16	0,17
36 x (148 + 173)	0,13	0,14	0,14	0,15
48 x (148 + 173)	0,13	0,14	0,15	0,16
36 x (148 + 198)	0,12	0,13	0,13	0,14
48 x (148 + 198)	0,12	0,13	0,14	0,15
36 x (198 + 198)	0,11	0,11	0,12	0,13
48 x (198 + 198)	0,11	0,12	0,12	0,13

### 4.5.4 U-verd gulv mot grunnen

Tabellen under beskriver hvor mye isolasjon som trengs mot grunnen under gulv for å oppnå U-verdier som beskrevet i tabellen. I denne tabellen tas det hensyn til både oppfyllingshøyde z og gulvets karakteristiske dimensjon B.

Siden isolasjonsmengden som trengs for å oppfylle de forskjellige U-verdiene i tabellen er avhengig av oppfyllingshøyden z og den karakteristiske dimensjonen B, må disse bestemmes. Oppfyllingshøyden z=0 siden gruppa antar at det ikke er noen fylling av masser i overkant av gulvet.

$$B = \frac{A}{0,5 \cdot P} (m)$$

$$A = \text{Arealet av gulvet} = 75m^2$$

$$P = \text{Gulvets omkrets} = 39,6m$$

$$B = \frac{A}{0,5 \cdot P} (m) = \frac{75m^2}{0,5 \cdot 39,6m} = 3,8m \approx 4,0$$

(22)

Tabell 8: Nødvendig isolasjonsmengde, for gitte U-verdier (21)

Minste nødvendige isolasjonstykkelse i gulv<sup>1), 2), 3)</sup> i småhus og bygninger med karakteristisk bredde, B, inntil 12 m. Verdiene er rundet opp til nærmeste 10 mm. Det kan interpoleres mellom verdiene.

Oppfyllingshøyde, z	Minste nødvendige isolasjonstykkelse i gulvet (mm)								
	Krav til U-verdi for gulv (W/(m <sup>2</sup> K))								
	0,10			0,14			0,18		
	Kar. dimensjon av gulv, B			Kar. dimensjon av gulv, B			Kar. dimensjon av gulv, B		
m	4 m	8 m	12 m	4 m	8 m	12 m	4 m	8 m	12 m
0	430	390	340	300	250	210	220	170	140
0,5	430	390	340	290	240	200	210	170	130
1	420	390	340	280	240	200	210	160	120
1,5	420	370	330	270	240	200	200	160	120
2	420	370	330	270	230	190	190	150	110
2,5	400	360	310	270	220	180	190	140	100
3	400	360	310	260	210	170	180	140	100
3,5	390	360	310	250	200	170	170	130	90
4	390	340	290	240	200	170	170	120	90
5	370	330	280	240	190	150	160	110	70
6	360	330	280	220	170	130	140	100	60
7	360	310	260	210	170	130	130	90	50

<sup>1)</sup> Isolasjonsmengdene forutsetter 80–120 mm tykt betonggulv og yttervegger på 200–600 mm.

<sup>2)</sup> Verdiene gjelder isolasjon med dimensjonerende varmekonduktivitet,  $\lambda_d = 0,050$  W/(mK). For andre isolasjonskvaliteter kan man korrigere mengdene med en faktor  $\lambda_d/0,05$ , der  $\lambda_d$  er dimensjonerende varmekonduktivitet for isolasjonsmaterialet som benyttes.

<sup>3)</sup> Hvis gulvet trenger mindre enn 100 mm isolasjon for å tilfredsstille U-verdikravet, må man vurdere om randsonen skal isoleres ytterligere av hensyn til komfort. Se Byggetaljer [521.112](#).

Dette medfører at for å oppnå en U-verdi på  $0,10$  W/m<sup>2</sup>K må gulvet isoleres med cirka 450mm ekspandert polystyren (EPS) med en varmekonduktivitet på  $0,050$  W/mK. De fleste produktene som er å finne på markedet i dag har en lavere varmekonduktivitet. Dette medfører en mindre isolasjonsmengde enn hva som er benyttet i dette eksempelet.

#### 4.5.5 Simuleringer i TEK-sjekk

For å gjøre simuleringer i TEK-sjekk var det nødvendig å gjøre volum- og arealberegninger. Disse beregningene ble ført direkte inn i inndatakolonnen i TEK-sjekk og kan leses i resultatdokumentene som ligger vedlagt (Vedlegg 8-9). De konstruksjonsmessige detaljene er i hovedsak antatte verdier. Klimadataene som er benyttet i disse beregningene ble hentet fra Byggforsk (17). Det er benyttet klimadata for Værnes, Trøndelag i disse simuleringene.

Tabell 9: Resultater og utgangspunkt, simulering 1, TEK-sjekk

<b>Simulering nr: 1</b>				
<b>Program:</b> TEK-sjekk, Energi				
<b>Beskrivelse:</b> U-verdiene i denne tabellene ble benyttet under simulering i TEK-sjekk.				
<b>Lufttetthet benyttet:</b> 1,5 luftomsettinger/time, ved 50Pa(minimumskrav TEK17)				
Bygningsdel:	Beskrivelse:	Isolasjonstykkelse(mm):	$\lambda$ (W/mK):	U-verdi(W/m <sup>2</sup> K):
Tak	takstol, undergurt i 48x148mm konstruksjonsvirke, kaldt loft.	400	0,037	0,10
Tak	Taksperrer i 48x198mm, konstruksjonsvirke, isolert 48mm nedforing.	250	0,037	0,18
Yttervegger	Bindingsverk i 48x148 med 48mm isolert påforing på innsiden.	200	0,037	0,217
Gulv (på grunn)	Betongplate 100mm, 450mm EPS.	450	0,050	0,10
<b>Simuleringsresultater:</b>				
Resultatet av denne simuleringen viser at en oppbygning av de termiske sjiktene som beskrevet medfører at bygningen ikke oppfyller kravene i TEK. Verken energiltak eller energiramme er oppfylt ved denne oppbygningen, noe som medfører at denne oppbygningen i realiteten må forkastes.				

Etter det negative resultatet ved den første simuleringen, ønsket gruppa å gjøre en ny simulering for å vise hvordan forskriftskravet kunne oppnås. Det første gruppa gjorde var å endre kravet til lufttetthet fra 1,5 til 0,6 luftomsetninger/time. Gruppa ønsket også å øke kvaliteten på isolasjonen i begge takkonstruksjonene fra en varmekonduktivitet på 0,037 til 0,034. I tillegg ble dimensjonen på bjelkene i sperretaket økt til (148+198)mm. Dette medførte at den totale isolasjonsmengden ble 350mm. Det siste tiltaket som ble gjort, var å benytte Glavas ringmurselementer og tilhørende isolasjon. Varmekonduktiviteten for isolasjonsmaterialet i gulvet ble videre redusert fra 0,050W/m<sup>2</sup>K til 0,033W/m<sup>2</sup>K. Deler av beregningsgrunnlaget og en oppsummering av resultatene er beskrevet i tabellen under.

Tabell 10: Resultater og utgangspunkt, simulering 2, TEK-sjekk

<b>Simulering nr: 2</b>				
<b>Program:</b> TEK-sjekk, Energi				
<b>Beskrivelse:</b> U-verdiene i denne tabellene ble benyttet under simulering i TEK-sjekk.				
<b>Lufttetthet benyttet:</b> 0,6 luftomsetninger/time, ved 50Pa(minimumskrav)				
<b>U-verdi gulv:</b> Tabulert verdi fra Glava, uten medregnet varmemotstand fra grunnen(22).				
<b>Bygningsdel:</b>	<b>Beskrivelse:</b>	<b>Isolasjonstykkelse(mm):</b>	<b>λ(W/mK):</b>	<b>U-verdi(W/m<sup>2</sup>K):</b>
Tak	takstol, undergurt i 48x148mm konstruksjonsvirke, kaldt loft.	400	0,034	0,09
Tak	Taksperrer i 48x(148+198)	350	0,034	0,12
Yttervegger	Bindingsverk i 48x198 med 48mm isolert påføring på innsiden.	250	0,037	0,168
Gulv (på grunn)	Betongplate 100mm, 450mm EPS.	450	0,033	0,072
<b>Simuleringsresultater:</b>				
Resultatet av denne simuleringen viser at en oppbygning av de termiske sjiktene som beskrevet medfører at bygningen oppfyller kravene i teknisk forskrift. Kravene blir oppfylt ved at varmetapstallet er akkurat innenfor kravet til bygningen. En detaljert fremstilling av dette er å finne i vedlegg 8.				

---

## 4.6 Omprosjektering av Dråpen i ArchiFrame

Norgeshus er en bedrift som er opptatt av å være frampå for å finne enklere og bedre løsninger innenfor husbyggingsteknikk. Digitale verktøy og hjelpemiddel er noe Norgeshus er interesserte i å være tidlig ute med å benytte. Et slikt verktøy er ArchiFrame, som bygger på programvaren ArchiCad. ArchiFrame er et program som egner seg til tegning av elementhus, på grunn av at det kan produsere fullstendige CNC-kappfiler og sammenføyningsfiler for elementproduksjon. På grunn av at Norgeshus benytter seg av ArchiFrame til en viss grad allerede, samt at de vil benytte seg av programmet ved tegning av elementbygg ønsket de at gruppa skulle sette seg inn i denne programvaren og benytte den i omprosjekteringen av dråpen.

### 4.6.1 Utgangspunkt

Utgangspunktet gruppa valgte ved prosjekteringen og tegningen i ArchiFrame var de vurderingene som allerede var utført, som vist tidligere i dette kapitlet. Etter diskusjoner, prøving og feiling, kom gruppa fram til hvordan det var best å gå fram ved tegning av Dråpen i ArchiFrame. Veggelementretningen skulle være vertikal og i fullhøyde på grunn av kledningsretningen. Ferdiggraden på elementene skulle være fra dampsperran og utover til utvendig kledning, siden ingenting av innarbeid er en del av elementproduksjonen. Takkonstruksjonen på hovedtaket skulle være av w-takstoler, og taket på inngangspartiet skulle være av taksperrer festet med kantbjelke i ytterveggen. Bjelkelaget skulle ha færrest mulig skjøter, og være nedsenket for påstøp til bad. Elementskjøtene mellom veggelementene skulle være rette ved skjøter langs vegger, og være plassert hensiktsmessig for å unngå for stor ansamling av treverk. Hjørneskjøtene skulle være utformet slik at gavlelementene skulle overlape langveggene, hvor da GU platene på langveggene overlapper gavlelementene. Hjørnene ville da bli utført som ved tradisjonell tømring.



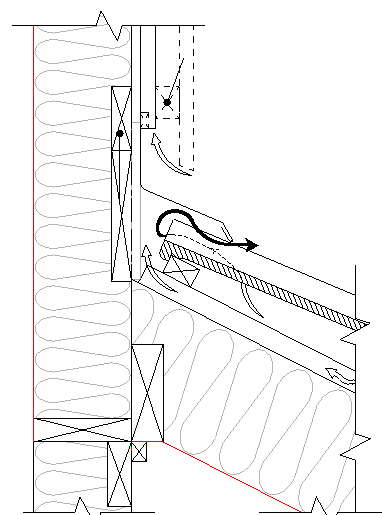
---

#### 4.6.2 Bruk av ArchiFrame

Gruppen gjorde seg kjent med programvaren ved å benytte brukermanualen som følger med programmet ved installasjon(24). I tillegg anbefaler utgiveren at man benytter seg av opplæringsvideoer som befinner seg på deres nettsider, for å få en grunnleggende innføring(25). Tegneprosessen startet med å ta en grundig gjennomgang av hvordan ytterveggen skulle være oppbygd. Veggkompositter inneholder informasjon om hvordan veggene skal være oppbygd. Dette innebærer for eksempel hvilken type kledning som er ønsket og hvilke dimensjoner den har, samt størrelse på plateproduktene som skal benyttes og hvordan man ønsker at veggene skal lektes. Det er viktig at denne delen av prosessen blir nøye gjennomført. Dersom man gjør feil ved forhåndsinnstillingene, kan det hende man ikke oppdager det før mye er tegnet og det blir vanskelig å korrigere. Kompositt for bjelkelagselementer ble også laget.

For å kunne tegne ArchiFrame-objekter som inneholder den informasjonen man har satt inn i elementkomposittene, trenger man et ArchiCad-objekt som referanse. Derfor ble det tegnet opp en fullstendig ArchiCad modell av huset Dråpen, med korrekt høyde og plassering på vegger og vindu. Deretter ble komposittene som ble laget, brukt til å lage ArchiFrame-objekter av veggene. Oppdelingen av veggene ble gjort manuelt i programmet, slik at de skal kunne passe inn i en produksjonslinje. Etter mye utprøving ble løsningen å dele opp veggene i elementer på samme måte som vi hadde gjort i kapitlet om utredning av Dråpen i elementer. Dette gjorde jobben med å dele inn huset i hensiktsmessige elementer enkel, siden vurderingene opp mot forutsetningene våre allerede var utført. Dette krevde god kjennskap til prosjektet, og utfordringene det innebar. Den samme prosessen ble utført for å lage hensiktsmessige bjelkelagselementer.

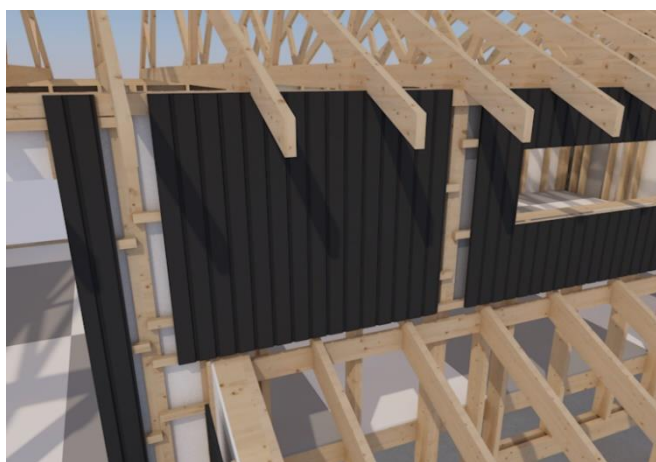
Underveis i prosessen var det mange småting som måtte rettes på med tanke på hvordan Dråpen skulle se ut. Ytterkledningen og vindsperresjiktet var viktige deler å få riktig før tegningene ble produsert. Det mest aktuelle punktet var der veggene og taket til inngangspartiet går inn på fasaden til byggets hovedkropp. Her ble det eksperimentert med hvor og hvordan vi skulle kutte kledningen, luftesjiktet og vindsperresjiktet for å få tegningene så gode som mulig. Resultatet kommer godt frem på tegningene over sør-veggen (Vedlegg 10, tegning 5,5)



Figur 17: Detalj, overgang sperretak-yttervegg

På dette stadiet av modelleringen er de fleste avgjørelser tatt, og modellen burde være så presis som mulig for at de resterende stegene i prosessen skal kunne gå smertefritt. Ettersom gruppa valgte å benytte takstoler, ble de aktuelle bæreveggene valgt og innstilt på «overdekning over vindu». Andre innstillinger som var aktuelle var; dobbel topp- og bunnsvill på noen vegger, samt doble stendere ved åpninger i bærevegger.

Produksjonen av tegninger skjer automatisk når man markerer de elementene man ønsker, og benytter funksjonen «generer planker». Tegninger av hvert enkelt element blir da produsert, og alt av stendere, plater, lekting og kledning blir generert inn i modellen. Det er ved dette tidspunktet at eventuelle feil melder seg. Dette kan være at man har gitt veggene feil hjørneinnstillinger, slik at stenderne i hjørnene ikke blir plassert ut korrekt. I gruppas tegninger ble det en hel del oppretting av småfeil, blant annet stenderplasseringer og manglende overdekninger. I tillegg måtte kledningen flyttes og justeres for å sikre sammenhengen mellom alle elementene. Det ble også fjernet tilsvarende ca. 2 bord på hver side av elementskjøtene, for å sørge for god nok plass til å sikre tilstrekkelig skjøting og tetting av vindsperreskjøt under montasje.



Figur 18: Fjernede kledningsbord i elementskjøt

---

De resterende 2-4 kledningsbordene blir montert etter bygget er ferdig tettet og resterende lekting er festet (Figur 18). Til slutt, før tegningene ble ferdigprodusert, ble en illustrativ takstol tegnet og plassert på husets langvegger. Eksakte mål og dimensjoner på takstolene er derfor ikke beskrevet på tegning.

De ferdige tegningene ligger vedlagt, som viser alle vegg- og bjelkelagselementene som kataloghuset Dråpen består av. I tillegg ble det utarbeidet detaljer, hvor det var mest hensiktsmessig med tanke på montasjen av elementene. Plantegninger som viser elementplassering, ID'er og mål er også utarbeidet for å bistå under montasje. Bjelkelagselementoversikt er også utarbeidet. (Vedlegg 10)

---

## 4.7 Oppstartsmanual

Norgeshus ønsker å tilrettelegge for sine samarbeidspartnere som vil komme i gang med elementproduksjon. De fleste entreprenørene som samarbeider med Norgeshus er tømmerfirmaer som ønsker å benytte seg av kataloghusene og prosjekteringserfaringen Norgeshus har. Ifølge Snorre Bjørkum, teknisk sjef ved Norgeshus AS Melhus og ekstern veileder for denne oppgaven, er noen av deres samarbeidspartnere interessert i å starte med elementproduksjon. Denne prosedyren vil være et forslag til hvordan et tømmerfirma som samarbeider med Norgeshus kan komme i gang med produksjonen, og hva slags materiell og lokaler de vil trenge. Prosedyren vil være basert på erfaringene og vurderingene gruppa har gjort gjennom denne oppgaven. Disse er gjort med grunnlag i anbefalinger og erfaringer til firmaene som har blitt intervjuet og samtaler med leverandører av maskiner. Prosedyren vil også inneholde noen tips til hvordan man gjennomfører prosjekter på en måte som gjør selve prosjekteringen og montasjen enklest mulig.

Målet med denne manualen er at tømmerfirmaer som samarbeider med Norgeshus, skal få et gunstig utgangspunkt for produksjon av elementhus. Norgeshus vil da stå for alt av omprosjektering, produksjon av tegninger og kapplister. Dette vil være til fordel for firmaene, som utelukkende vil kunne fokusere på produksjon og bygging.

### 4.7.1 Materiell og produksjonslinje

I produksjon av bindingsverkselementer inngår det mange momenter som må vurderes av hver enkelt før man bestemmer hva slags maskiner, roboter, transportbord og lignende man skal velge. Det handler også om hva slags produksjon man ønsker, og hvor mye midler man ønsker å investere. Man kan velge å gå for en modell som er manuell, som betyr at operasjonene vil bli gjort for hånd av håndverkere inne i en produksjonshall. Sammenlignet med tradisjonell tømring, vil produksjonen bli utført på hevede arbeidsbord, og elementene vil bli bygget liggende for å sikre et mere ergonomisk arbeidsforhold.

En annen måte å sette opp produksjonen på, vil være å ha stor automasjonsgrad. En slik linje kan bestå av enkeltdeler som tar seg av enkeltprosesser som kapping og sammenføyning. Her vil operasjonene bli utført av roboter som blir styrt av operatører. Operatørene styrer hvert steg av prosessen. Denne typen produksjon kan bli satt opp på mange forskjellige måter, alt etter hvilke operasjoner det er nødvendig å gjennomføre på de forskjellige elementene.

---

Et eksempel som beskriver det sistnevnte på en god måte, er å sammenligne en produksjon der elementene bare skal være ferdig vindtette mot en produksjon der elementene skal være ferdig kledd utvendig. I eksempelet der elementene skal være ukledde, men vindtette, vil da operatøren sørge for at det elementet passerer stasjonen hvor ytterveggene blir kledd. Altså produksjonen blir satt opp på en slik måte at nødvendige operasjoner blir utført på de forskjellige elementene.

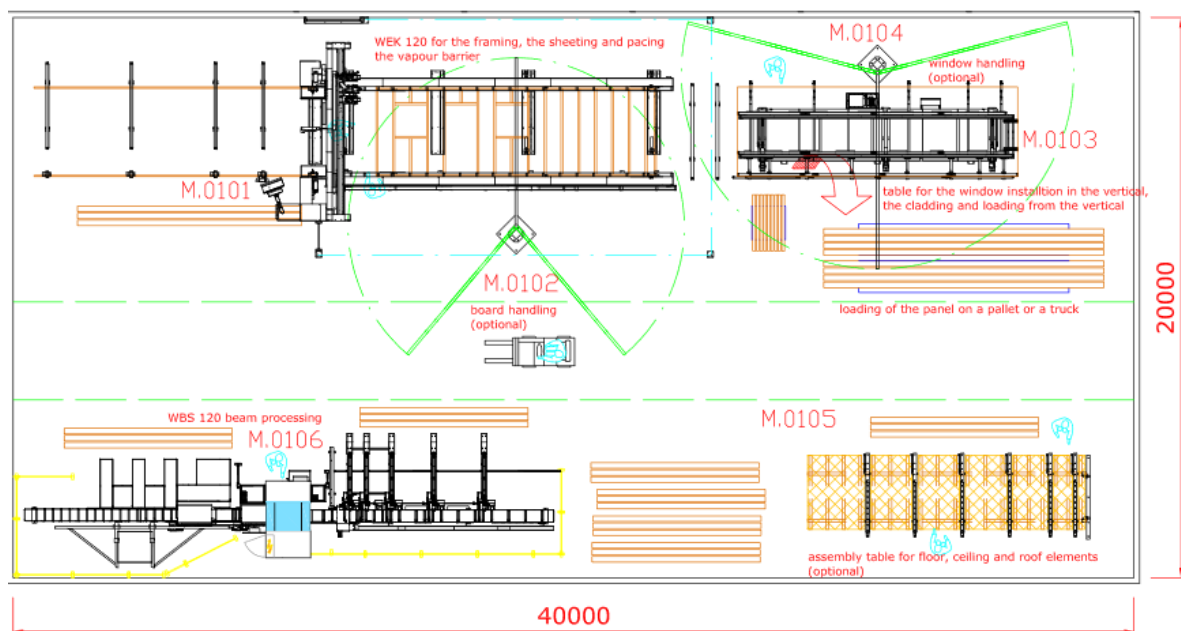
En mer automatisert produksjon vil bestå av flere “rullebord” som elementene blir flyttet langs produksjonslinjen på. Linjen starter med et sammenføyningsbord hvor for eksempel et veggelement blir satt sammen med stendere, losholter, overdekninger og spikerslag. Deretter kommer GU-plater som vindsperre, eventuelt vindsperrereduk. Platene blir spikret automatisk etter sammenføyningsfiler som mates inn i maskinen. En operatør trengs for å legge inn materialer som skal benyttes i elementene, samt å styre hvert steg av sammenføyningen. Vinduene settes deretter inn, før elementene sendes videre og ytterkles. Elementene vippes opp og snus, for å isoleres og dampettes. Til slutt vippes de opp igjen, og settes på vogner hvor de blir avstivet og pakket klare for transport.

En sammensatt, automatisk produksjonslinje kan for eksempel være satt opp slik at råmaterialene som skal kappes blir plukket opp automatisk av en robot, som mater sagesenteret. Kappingen vil foregå etter detaljerte CNC-kappfiler som legges inn i maskinen. Alle de ferdigkappede materialene blir da flyttet til sammenføyningsmaskinen på paller med gaffeltruck eller jekketralle. Alt av paller med GU plater, asfaltplater, lekter, vindu og ytterkledning etterfylles fortløpende ved behov på samme måte.

Oppsettet av produksjonslinjen bør gjøres etter hva hver enkelt synes er best og hvilket budsjett man har. En kombinasjon av automatikk og manuelt arbeid kan også være en god løsning for noen. Man kan da fokusere på å ha håndverkere som bygger elementer manuelt, men at de har et automatisk kappanlegg som optimaliserer materialbruken og freser alt av hakk og hull. Dette vil kunne friggi og effektivisere en viktig del av produksjonen, samt at man reduserer sannsynligheten for feil.

I Norge finnes det flere leverandører av slike maskiner og roboter av varierende omfang. Et firma som er aktuelt i forbindelse med automatisk produksjonslinje er Vela AS, Levanger. De importerer maskiner og roboter fra HOMAG Weinmann i Tyskland.

Gruppen har vært i kontakt med leverandøren Vela AS, og fikk noen forslag til “oppstartspakker” av produksjonslinje som har blitt levert før i Norge. Deler av disse tilbudene ligger vedlagt i oppgavens vedleggshefte som vedlegg, med forklaring på norsk (Vedlegg 11-14).



Figur 19: Eksempel på produksjonslinje, Vela AS

Som vist på tegningene over produksjonslinjene (Vedlegg 11-13) ser man oversikt over hvordan produksjonslinjene er tenkt oppsatt, og i hvilken rekkefølge. Løfteanordningene i disse tilbudene er valgfrie, men anbefalt da man forenkler prosessene med platekledning og vindusinnsetting i tillegg til å gjøre arbeidsoppgavene mer ergonomiske.

Disse linjene er kun forslag til oppstartspakker. HOMAG Weinmann i Tyskland har flere forskjellige maskiner og roboter som er egnet til de samme oppgavene. Ofte med større maksbredde og tykkelse på elementene. For eksempel vil et annet sagesenter med flere funksjoner og større kapasitet, åpne for andre typer produksjon. Man kan da levere prekapp bygg i tillegg dersom det er ønskelig.

---

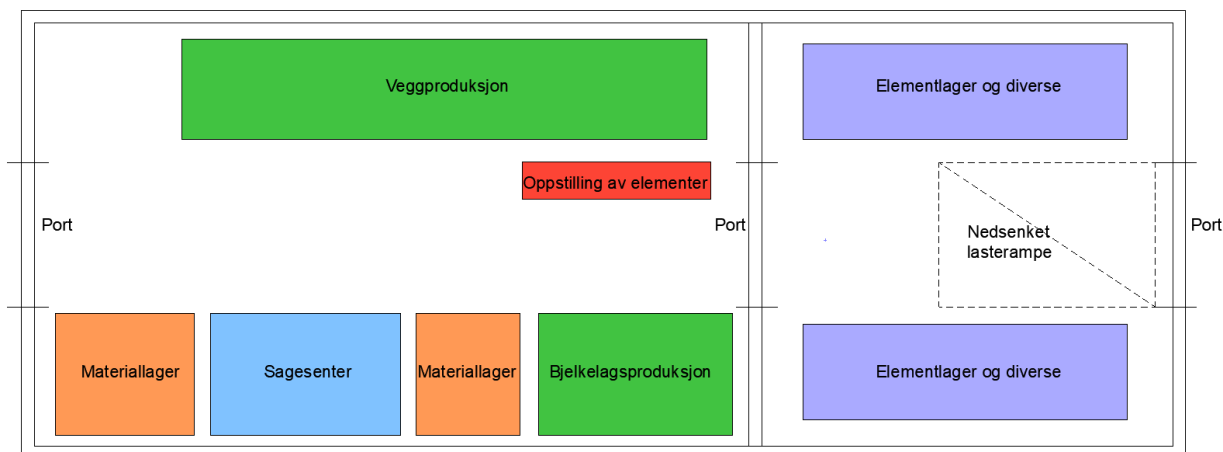
## 4.7.2 Produksjonslokaler

Tegningene av produksjonslinjene (Vedlegg 11-13) er gode forslag til hvordan en produksjon kan settes opp. De gir også en god indikator på hvor store produksjonslokaler man vil trenge. For eksempel vil den minste linjen trenge et areal på minimum 40x20m for å fungere godt.

I tillegg til plass for produksjonslinjen trenger man lager for ferdige elementer, plass for lastning av elementer og areal for å mellomlagre materialer som må akklimatiseres før de kan benyttes i produksjonen. Alt dette avhenger av hvor stor linje man ønsker å ha, og hvor mange prosjekter man ønsker å være involvert i til enhver tid. Forsinkelser på ett prosjekt kan føre til langtidslagring av elementer som igjen kan føre til flaskehals i produksjonen.

Lokalene må være tilrettelagt for å montere store tunge maskiner, ha tilstrekkelig takhøyde og solid dekke. Noen av maskinene er opptil 3m høye, og krever at man bolter dem fast i dekket. Skinnegangene for montering av arbeidsbordene må også boltes fast i dekket. Disse skinnegangene åpner for å endre rekkefølgen på noen av maskinene etter behov, ved nødvendige utskiftninger eller oppgraderinger. Overflaten av dekket må også være slitesterkt, da det vil være mye kjøring med gaffeltruck, flytting av paller og generelt mye slitasje på gulvet.

Temperaturen inne i lokalene har mye å si for kvaliteten på produktene. Tre er et levende materiale som krymper og beveger seg avhengig av temperaturen. For å sikre at elementene som produseres er så godt som 100% korrekte når de kjøres ut av hallen, må det holdes en jevn temperatur både under produksjon og ved lagring. En fornuftig oppdeling av lokalene vil være nyttig for å holde energiforbruket og oppvarmingsbehovet nede, da porten i lageret sannsynligvis vil være åpen under lessing og klargjøring av elementer for transport til byggeplass. Et fysisk skille mellom lageret og produksjonen kan da være en ide for å redusere varmetapet inne i lokalene, og holde temperaturen mer stabil inne i produksjonslokalene. Ferdige elementer tåler bedre å stå i lavere temperaturer da de er avstivet og lar seg ikke bevege like mye som råmaterialer. Skissen på neste side viser et forslag til hvordan en produksjonshall med separat lager kan være satt opp (Figur 20).



Figur 20: Eksempel på delt produksjon og lager

Stor takhøyde er også nødvendig for å håndtere elementene når de er ferdigprodusert. De vil da bli montert fast på vogner/rammer som deretter løftes opp på lastebilhengere, for så å fraktes ut på byggeplass. Noen elementer vil være opp mot 3,2m høye, i tillegg til høyden på vognen. For å i det hele tatt få elementene ut av hallen og over på en lastebil må portene være tilstrekkelig store. Det mest ideelle for lasting av elementene, ville vært en lasterampe. Lastebilene kan da rygge inn i hallen, hvor en traverskran heiser elementvognene raskt på hengeren. En traverskran kan også være svært hendig andre steder i produksjonen, ved for eksempel etterfylling av gipsplater eller stabling og flytting av elementer. En traverskran i produksjonshallen vil også være til stor hjelp under montasjen av produksjonslinjen i første omgang. Den vil også være et nyttig verktøy ved endring eller oppgradering av linja i ettertid. Mange allerede etablerte produksjonshaller er ofte utstyrt med en eller flere slike kraner, noe man kan være på utkikk etter når man velger lokaler.

### 4.7.3 Transport og montasje

Transporten ut fra produksjonslokalene vil i all hovedsak foregå på semitrailere med relativt lave hengere. Denne formen for transport er velkjent i transportbransjen, da mange firma er rutinerne når det kommer til transport av betongelementer. Bindingsverkselementer vil ikke veie i nærheten av det samme som betongelementer. Det er derfor ikke vekten som vil være problematisk under forsendelsen. Det som imidlertid kan være noe utfordrende er høyden på lasten. Som nevnt er vanligvis maksbredden på veggene 3,2m, i tillegg kommer høyden på hengeren som kan gi lasten en totalhøyde på over 4m.



---

Det er da svært viktig å undersøke transportveien nøye før man begynner å prosjektere og tegne elementene. På denne måten er det mulig å avdekke om det er mulig å produsere elementene til det gitte prosjektet i fullbredde. Dialog med aktuelle transportører vil også være viktig, særlig når det kommer til lengden på elementene. Det vil ikke være uvanlig å produsere liggende veggelementer på 10m eller mer, disse kan det være utfordrende å transportere på en forsvarlig måte.

Skader under frakt vil man helst unngå. Er det et element som er noe skadet, kan det føre til at bygget ikke blir tett innenfor den planlagte tiden, på grunn av tidkrevende reparasjoner. Forsinkelsene vil også bidra til store ekstrakostnader, siden både materiell og personell blir stående og vente. Sikring av elementene under transport vil være en viktig del av prosessen. Et eksempel her er at gipsplatene utvendig ofte må monteres med overmål for å sikre tilstrekkelig gode skjøter mellom elementene. For å ikke skade alt av utstikkende plater, lekting og kledning, bør det festes transportsviller under og på endene av elementene. I tillegg bør døråpninger og store vindusåpninger avstives under transport. Sistnevnte gjelder spesielt dersom det er store utsparinger i et element. Dampspærren bør også monteres med overmål rundt hele ytterkanten av veggelementene, da får man tilstrekkelig med plast for å sikre god overlapp og klem i skjøter.

Selve montasjen av elementene kan gjøres på flere forskjellige måter, avhengig av prosjektstørrelse, lokasjon og rekkevidde på materiell. Dersom man skal montere elementer til et lite bolighus vil det være enklest å benytte seg av lastebilkran for å løfte elementene direkte på plass. Ved et annet tilfellet kan det hende man skal montere isolerte innfyllingselementer i større betongbygg. På en slik byggeplass befinner det seg ofte ei tårnkran, som kan brukes til å heise elementene på plass, enten direkte eller indirekte fra lastebilplanet/rammen. En annen mulighet, er at prosjektet befinner seg på et svært ufremkommelig sted, hvor lastebilen ikke vil klare å komme nærme nok til å montere direkte. Dette kan medføre at elementene må mellomlagres på byggeplassen før det hentes inn en mobilkran for å støtte montasjen. Elementene kan monteres på flere måter, bare resultatet blir tilfredsstillende tett og sterkt. Én måte å gjøre det på er at elementene festes ved at man skrur fast bunnsvilla på elementene i styresvilla, som er festet til ringmuren med ekspanderende festemidler. Det blir også satt inn vinkler inntil stenderne med jevne mellomrom, som blir skrudd fast med ekspansjonsbolter gjennom begge svillene.

---

Deretter blir nederste remse med isolasjon satt inn og dampsperra brettet ned og stiftet fast. Skjøtene på vindsperra kan enten teipes direkte på GU platene, eller man kan legge en strimle med vindsperrereduk og deretter sløyfelekt for å få klem på skjøten. Når veggelementene monteres, er det hendig å benytte justerbare skrustag som midlertidig avstiving. Etter at veggene er ferdig montert, avstivet og justert i lodd, kan bjelkelag og takkonstruksjon monteres. Etter at alt av undertak og sløyfelekter er på, og alle vindsperreoverganger er overlappet og klemt, regnes bygget som tett. Manglende ytterkledningsbord kan da monteres, taket kan tekkes ferdig, og alt resterende arbeid innendørs kan påbegynnes.

Avhengig av kledningsretning og elementretning, liggende eller stående, kan man velge hvilken bjelkelagsløsning man ønsker å benytte. Ved liggende elementer vil det være mest hensiktsmessig å gå for en mer tradisjonell løsning. Plattformgulv vil gi et godt utgangspunkt for videre montasje, mens ved stående elementer vil en løsning med opphengt bjelkelag være noe enklere å utføre. Etter at alle veggene er montert, skrur ribordet fast i veggen, noe som gir et godt underlag for å heise inn bjelkelagselementer med kran. Samtidig er det med på å forsterke skjøtene mellom de forskjellige veggelementene. Forutsetningen for at ribordet forsterker elementskjøtene, er at elementer og ribord ikke skjøtes parallelt.

#### **4.7.4 Organisering, prosjektering og gjennomføring**

Som nevnt tidligere er Norgeshus en franchise bedrift som tilbyr sitt kataloghus-konsept til entreprenører de samarbeider med. Dette betyr at entreprenører og byggefirmaer kan tilby sine kunder hus fra Norgeshus, slik at de slipper å stå for prosjekteringen selv. Som gruppa ser det, vil bygging av elementhus med delte ansvarsområder når det kommer til prosjektering og utførelse kreve tydelig kommunikasjon og detaljerte ansvarsbeskrivelser.

Gruppa ser for seg et slik forløp av prosessen; entreprenøren har alt av kundeforhold og dialog med kunden, samt hovedansvar i hvert enkelt prosjekt. Etter at kunden har valgt et kataloghus og informerer om alle endringene de ønsker på huset, sender entreprenøren denne informasjonen til Norgeshus som tar en vurdering av huset og hvordan det er best å løse det i elementer. Kundens endringer er viktige å ta i betraktning, da de kan føre med seg behov for å endre bæresystem eller andre grunnleggende forutsetninger. Løsningene Norgeshus kommer fram til blir da tegnet ut, samt at kapp- og sammenføyingsfiler blir produsert.

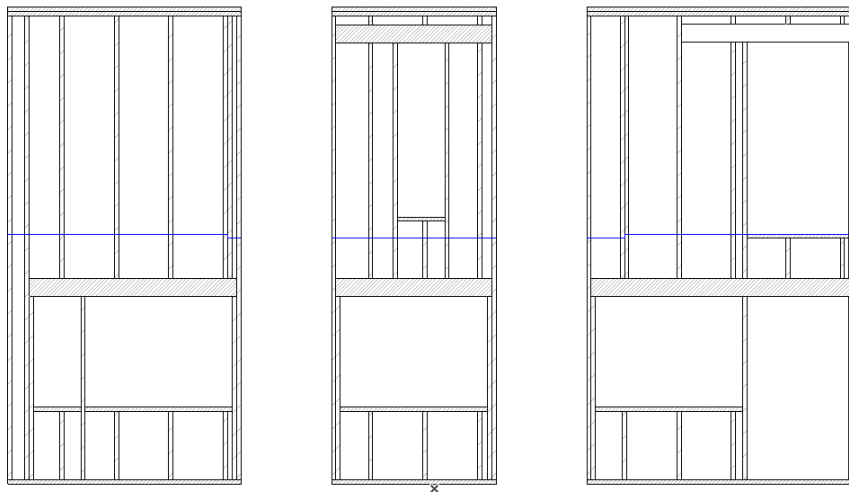
---

Dette blir deretter sendt over til entreprenøren som tar en gjennomgang av tegningene, for å sikre at produksjonen fungerer som den skal.

For å sikre god flyt i prosessen bør alle vindu som skal inn i bygget bestilles opp i god tid før produksjonen starter. Imens forbereder entreprenøren tomten, støper grunnmuren, isolerer og støper gulv, samt høvler og avretter styrevilla. Dette utgangspunktet må da være klart når elementene ankommer byggeplassen. Elementene blir da montert, før taket til slutt blir bygget og huset blir tett. Resterende arbeider blir da gjennomført, helst av den samme entreprenøren og det samme tømmerlaget, da det vil være mindre sjanse for feil med færre aktører involvert.

Prosjekteringen er en essensiell del av byggeprosessen, og den blir enda viktigere da mange detaljer må klaffe 100% for at et bygg skal bli tett innenfor den beregnede tiden. Det er dette som er den største utfordringen med elementbygging, i tillegg til at mange småting må samsvare for at resultatet skal bli som ønsket.

Det er mange momenter man må ha i tankene ved prosjektering av elementbygg. Enda mer problematisk blir det ved omprosjektering av ferdigtegnede hus. Som kjent har man begrensninger på hvor brede man kan produsere elementene ved en automatisk produksjonslinje. I tillegg må man nøye vurdere forholdene ved transporten av elementene og hvilke begrensninger man har med hensyn på byggeplassen. I tillegg er omprosjektering av eksisterende konsepter svært begrensende, da de ikke er tegnet med elementutredning som hensikt. Resultatet av dette vil ofte være flere mindre elementer, med mange elementskjøter. Dette er ikke særlig heldig, da man tilfører betraktelige mengder treverk i veggene som kan påvirke kuldebroer og u-verdier. Et av de verste tilfellene når det kommer til å tilføre treverk, er hus med stående kledning og bærevegger med mange vinduer, da blir man ofte tvunget til å legge skjøtene mellom vinduene (Figur 21).



Figur 21: Mange smale elementer som følge av vindusplassering

Noe flytting, eller til og med fjerning, av vindu kan være nødvendig for å hindre at man tilfører for mye treverk i veggene. Det kommer også til å bli vanskelig å oppfylle energikrav og energirammer.

Som nevnt krever en automatisk produksjonslinje at man produserer CNC-kappfiler og sammenføyningsfiler for hvert enkelt element. ArchiFrame er en programvare som er egnet til å produsere disse filtypene i tillegg til arbeidstegninger som operatørene benytter seg av under produksjonen. I programmet tegner man opp huset nøyaktig som det skal bygges, slik at man får så gode kappfiler og arbeidstegninger som mulig. Dette krever god kjennskap og erfaring med selve programmet, i tillegg til svært god erfaring med tømmerfaget for å kunne finne kvalitative løsninger når det kommer til konstruksjonssikkerhet og tetthet. Programmet har et relativt høyt brukergrensesnitt, og det tar derfor tid å sette seg godt inn i det. Norgeshus har tidligere erfaring med ArchiFrame, og de vil være en god kandidat til å skape gode resultater.

#### **4.7.5 Andre tips og anbefalinger**

God opplæring i programvarene som man planlegger å bruke, vil være svært tidsbesparende. Erfaringsmessig har ArchiFrame mange effektive løsninger og funksjoner for å gjøre tegnearbeidet enklere og raskere, men de er kompliserte å sette seg inn i. Programmet er under kontinuerlig utvikling og forbedring, hvor utgiveren Graphisoft har kompetent personell som gir gode svar. Det beste vil være å få spisset kursing i de tegneoperasjonene som kan forekomme, og hvordan de forskjellige filtypene for CNC- og sammenføyning fungerer.

---

Weinmann tilbyr sine kunder vedlikeholds- og serviceavtaler, som sikrer driftssikkerheten av en produksjonslinje. Vedlikeholdet Weinmann tilbyr, omfatter skifte av slitedeler, inspeksjoner og generelt vedlikehold(26). De tilbyr også ytterligere opplæring i alt fra selve bruken av maskinene til grundigere opplæring i programvaren maskinene benytter for å lese CNC- og sammenføyningsfilene(27).

Gode og standardiserte montasjedetaljer/montasjeveiledninger er viktig å utarbeide for å sikre at montasjen blir utført på tiltenkt og riktig måte. Man oppnår best resultat ved å finne gode løsninger som man kan benytte hver gang. Man kan da dokumentere at arbeider er utført på en tilfredsstillende og utprøvd måte.

Enstydige og oversiktlige plantegninger ute på byggeplass som viser klart montasjerekkefølge med ID'er og størrelser på elementene vil være viktige for å unngå feil og mangler. Diagonalmål på elementene er også viktig for å kunne utføre mottakskontroll av elementene, da elementene kan ha blitt skadet under transport. En siste kontroll av styresvilla før montasjen begynner, vil hindre omfattende ekstraarbeider ved eventuelle skjevheter og feil.

HMS vil være et sentralt punkt i en produksjonshall, særlig ved en automatisert produksjonslinje. Det vil være mange bevegelige deler i sving under produksjon som kan føre til klemskader, slag, fall og fallende gjenstander. Gode arbeidsbeskrivelser og rutiner for hvordan man opptrer ved denne formen for produksjon vil være viktig. Det samme gjelder under montasjen av elementene ute på byggeplass.

Bjelkelagselementer bør produseres så nærme montasjedato som mulig. Erfaringsmessig har bjelkelagselementer en tendens til å krympe og bevege seg mer enn veggelementer. Små marginer gjør at man ønsker å montere elementer så nærme prosjekterte mål som mulig.



---

# **KAPITTEL 5**

Innovasjon og nyvinninger

---

## 5. Innovasjon og nyvinninger

I dag er den mest vanlige måten å utføre montasje av bindingsverkselementer ved bruk av spiker eller skruer. Dette setter begrensninger på hvilken ferdigstillingsgrad elementene kan produseres i. Grunnlaget for å komme med denne påstanden, er at denne montasjemetoden krever at elementsvillen må festes ovenfra på innsiden av det lufttette sjiktet. Dette medføre at det er problematisk å isolere og montere dampsperre på elementene under prefabrikasjonen. Begrunnelsen for at gruppa har valgt å studere løsninger som tillater en større grad av prefabrikasjon, er oppdragsgivers påstand om at økonomien i et elementprosjekt er avhengig av ferdiggraden. Gruppa har også tenkt på en modifisert løsning av opphengt bjelkelag. Denne løsningen er beskrevet med fordeler og ulemper senere i dette kapittelet.

### 5.1 Mulige nyvinninger

#### 5.1.1 Klikksvill

Klikksvillsystemet består i hovedsak av to komponenter. Ei svill med innfelt stålskinne, og ei svill med et fastmontert fjærstål. Svillen med stålskinne monteres til ei innstøpt impregnert svill som er festet til ringmuren med ekspanderende festemidler. Den impregnerte svillen utgjør sammen med den øverste delen av ringmuren forskalingen til betonggulvet. Grunnen til at gruppa ønsker en impregnert, innstøpt svill i bunden er at det vil medføre mindre betongstøv i klikksystemet. Tanken bak denne nyvinningen er at den tillater større ferdigstillingsgrad enn tradisjonelle innfestingsmetoder (Vedlegg 5).

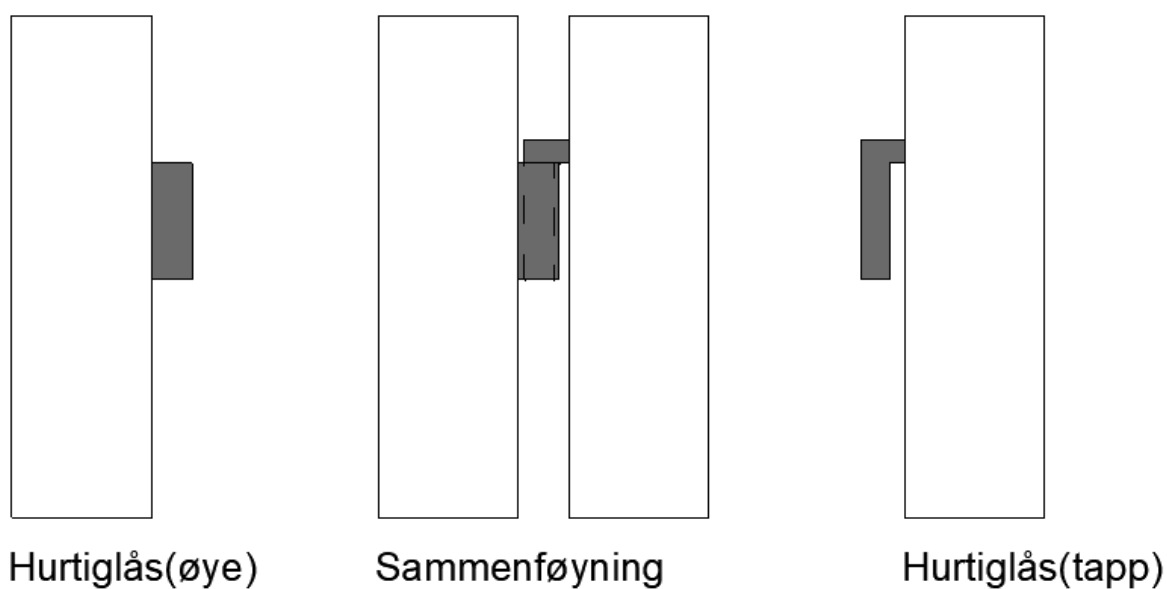
Denne patenten er ikke utelukkende positivt. Dette er fordi nyvinningen vil stille strenge krav til nøyaktighet og presisjon. Med andre ord; avvik vil medføre store problemer under montasjen. En annen problemstilling ved denne patenten, er at den vil medføre en forholdsvis stor kuldebro i svillen som en følge av den innfelte stålskinnen. Det er heller ikke utenkelig at det kan oppstå fuktproblematikk i denne komponenten. Dette vil i verstefall medføre korrosjon og nedbryting av låsmekanismen.



---

### 5.1.2 Hurtiglås for sammenføring av elementer

Denne tankegangen bygger på de samme prinsippene som klikksvill og består av en tapp og et øye. Elementet med øye blir montert først, deretter senkes elementet med tappet ned i elementet med øyet. Hovedfordelen med denne løsningen vil være at man ikke trenger å «inn i» elementet for å utføre montasjen. Denne sammenføyingsmetoden har de samme fordelene som Klikksvillen. Den vil medføre en hurtigere montasje og på den måten reduserer man også muligheten for innbygging av fukt og andre uønskede forhold. Baksiden ved denne løsningen er at den stiller strenge krav til nøyaktighet på samme måte som klikksvillen. Grappa mener allikevel at det er mulig å lage denne patenten romslig nok til å få den til å fungere.

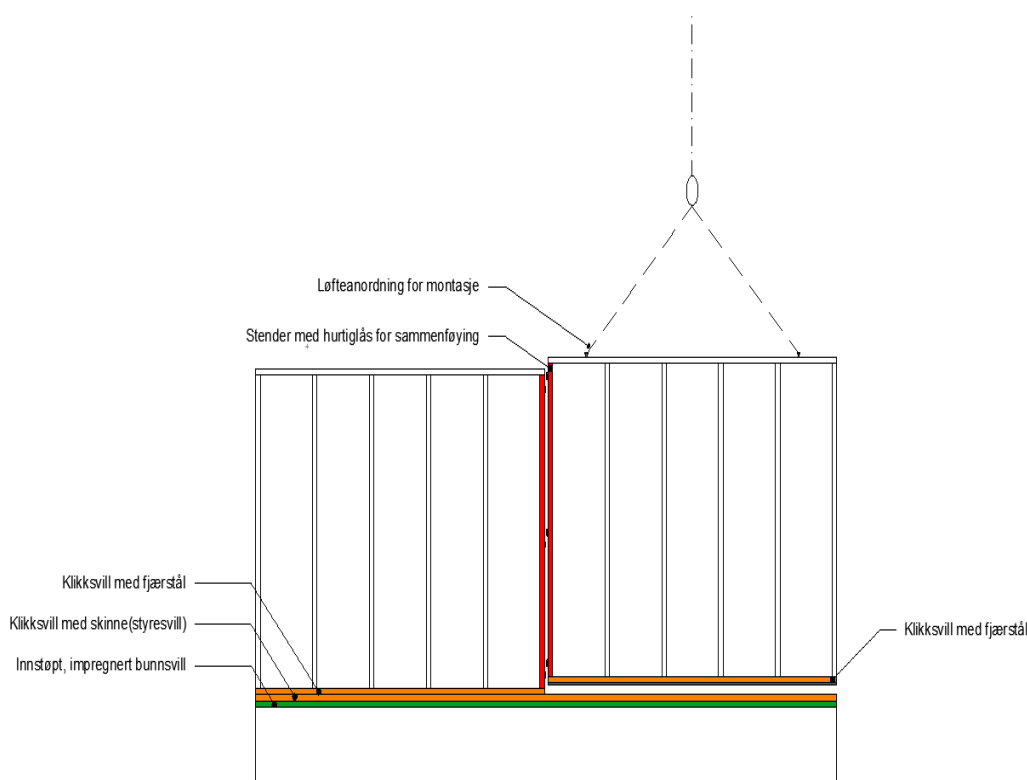


Figur 22: Skisse hurtiglås

---

### 5.1.3 Hurtiglås for sammenføring av elementer av klikksvill i samspill

De to løsningene som er beskrevet tidligere kommer først til sin rett i samspill. Da vil det første elementet heises på plass og klikkes fast til Klikksvillen før det justeres i lodd. Når element nummer to skal monteres, senkes tappene på dette elementet ned i øyet på det forrige, før Klikksvillen klikkes sammen og elementet er ferdig montert. Det er viktig å understreke at denne montasjemetoden krever høy presisjon. Et annet viktig aspekt ved denne montasjemetoden, er at den ikke tillater feil. Dette er fordi det vil være svært problematisk å flytte monterte elementer, etter fastlåsing.

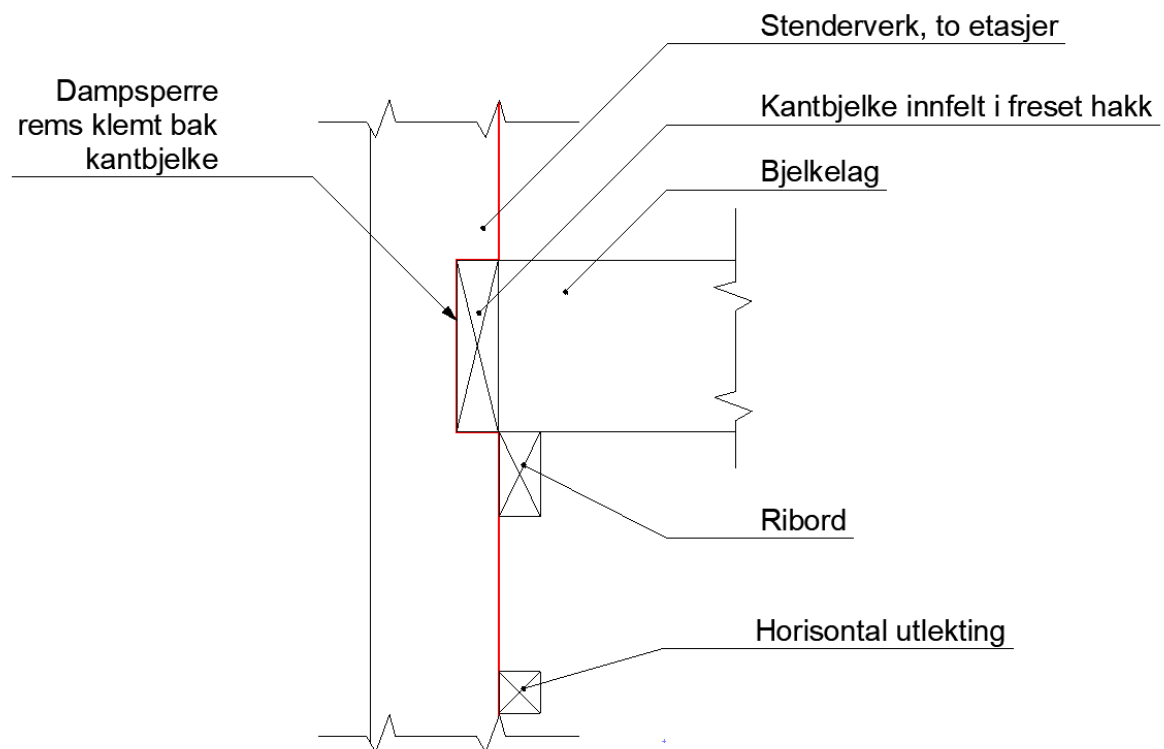


Figur 23: Klikksvill og hurtiglås i samspill under montasje

### 5.1.4 Bjelkelag med innfelt kantbjelke

Innfelt bjelkelag er et konsept som gruppa har tenkt ut som en videreutvikling av opphengt bjelkelag. Konseptet baserer seg i all hovedsak på opphengt bjelkelag i den forstand at det ikke bryter stenderverket i ytterveggen og at det understøttes av et ribord. Forskjellen er at kantbjelken til et innfelt bjelkelag er lagt inn i et spor som er saget eller frest ut av stenderverket i ytterveggen. Ved montering blir en remse av dampsperran først lagt inn i sporet med overmål.

Den ekstra plasten på over- og nedside av sporet gjør det enkelt å lage en god og holdbar skjøt av dampsperrer etter at kantbjelken er montert. Videre settes kantbjelken inn i sporet og skrues fast i stenderverket. Dette vil gi en svært god ekstra avstiving av vertikale elementskjøter i ytterveggen. Ribordet skrues fast i stenderverket i underkant av kantbjelken for å gi ekstra understøttelse til bjelkelaget. Ribordet gir også et godt utgangspunkt og understøttelse ved montering av bjelkelagselementer. Den innfelte kantbjelken sikrer at man får en kontinuerlig understøttelse av konstruksjonen helt ned i grunnmuren, samt at ribordet bidrar til bæreevnen. Dette i kombinasjon sikrer konstruksjonssikkerheten på en god måte, og samsvarer med prinsipper i tradisjonell tømring. En annen fordel med innfelt bjelkelag sammenlignet med opphengt bjelkelag er at man slipper å understøtte ribordet med vertikal lekting ned til grunnmuren. Da kan man benytte seg av vanlig horisontal lekting, som gjør det enklere å legge skjult el-anlegg i påforingen.



Figur 24: Innfelt bjelkelag

Konseptet med innfelt bjelkelag vil kreve svært høy presisjon på alle tilhørende og underliggende bygningsdeler. Det vil være svært viktig at veggelementene blir stående i lodd, og at sporet blir saget eller frest på akkurat samme plass i alle stenderne.

---

Utfellingen i stenderne vil gi et svakere punkt i veggelementene, noe som i verste fall kan føre til at elementene knekker under transport og løfting. En løsning på dette kan være å skru fast ekstra avstivingslekter i produksjonen, som demonteres når elementet er ferdig montert. En annen løsning for å ivareta styrken til elementene under transport og montasje, kan være å kun benytte innfelt bjelkelag-konseptet ved vegger med stenderdimensjoner 8'' eller tykkere. Et annet svakt punkt kan være dampspærren, i den forstand at det kan gå hull på den under montasje, og at kantene på kantbjelken skjærer inn i plasten.

### **5.1.5 Sluttord innovasjon**

Det er viktig å understreke at de nyvinningene gruppa har kommet frem til, er å betrakte som ren innovasjon. Dette medfører at gruppa ikke kan dokumentere at disse løsningene holder mål hverken statisk eller termisk. Gruppa mener allikevel at det er grunn til å tro at flere av disse løsningene kan fungere og være aktuelle i fremtiden. Det kan derfor være aktuelt å undersøke disse løsningene bedre og skaffe tilstrekkelig dokumentasjon på funksjonaliteten til de ulike forslagene.

---

# KAPITTEL 6

## Diskusjon

---

## 6. Diskusjon

Temaet i denne oppgaven har vært elementproduksjon og industrialisering av byggebransjen. Det har vært vanskelig å finne informasjon om temaet. Dette har ført til at gruppa har forholdt seg til informasjonen som ble hentet under intervjuene, gjort med de to respektive bedriftene Oppdal Bygg AS og Snøhetta element AS. Grunnen til at gruppa valgte å intervju spesifikt disse to bedriftene var at Oppdal Bygg har en manuell produksjon, mens Snøhetta Element har tatt steget og investert i en automatisert produksjonslinje. Dette medfører muligheter for å trekke slutninger generelt for elementproduksjon, men også finne nyanser og forskjeller mellom de to produksjonsformene.

I denne diskusjonsdelen ønsker gruppa å trekke frem de momentene gruppa anser som mest sentrale for oppgaven. Det er mange aspekter ved dette temaet som kunne vært diskutert, men gruppa har trukket frem de viktigste.

### 6.1 Prefabrikkerte bygg vs. plassbygg

Det er flere ulikheter mellom den praktiske gjennomføringen av et prosjekt hvor det benyttes prefabrikkerte bindingsverkselementer, og et prosjekt som baserer seg på plassbygging. Den største og kanskje mest åpenbare forskjellen, er at de prefabrikkerte elementene blir produsert i fabrikk, for så å bli transportert til byggeplass for montasje. Begge disse byggemetodene har sine fordeler og bakdeler.

Fordelene ved å benytte elementer kontra plassbygging, er i hovedsak at produksjonen foregår innendørs. Arbeid utført i en temperert, fuktkontrollert hall vil bringe med seg flere positive virkninger. En umiddelbar fordel ved klimaet i hallen, er at fuktinnholdet i treverket som blir benyttet er regulert til et tilnærmet ideelt nivå. Dette fører til at treverket er mindre utsatt for kryp. De forskjellige bygningsdelene holder da i større grad sin opprinnelige form. En annen fordel ved å produsere hus i elementer, er at store deler av produksjonen foregår på arbeidsbord i stedet for i høyden. Dette vil bidra til å sikre en bedre HMS og mindre skader, da de fleste ulykker i byggebransjen er fallulykker(19). Det vil også være enklere å utføre estetisk pent arbeid på et arbeidsbord i passende høyde i forhold til å jobbe i et vinglete stilas.

Et slikt produksjons lokale tillater også at produksjonen går for fullt uavhengig av sesong og årstid. Det er også fordeler ute på byggeplass, elementbygging.

---

Den største fordelen, er den raske tettingen av råbygget. Dette er gunstig for å unngå å bygge inn fukt i forskjellige bygningsdeler.

Selv om det er mange fordeler ved å benytte bindingsverkselementer i et prosjekt, er det også ulemper ved denne produksjonsformen i forhold til tradisjonell plassbygging. En av disse er transportbehovet fra produksjonsstedet til byggeplassen. Når man plassbygger et hus, er det nok med personbil og henger for å transportere materialene ut til byggeplassen. Transport av elementer må i all hovedsak skje med lastebil. Dette medfører at det i alle tilfeller blir nødvendig å leie inn en ekstern transportør. Dette medfører høyere transportkostnader og krever et større behov for koordinering. En annen negativ side ved elementproduksjon, er at det krever svært god planlegging og detaljerte tegninger av hvert enkelt element. Hvis noe skulle være feil med elementtegnningene, vil det være vanskelig å oppdage disse feilene før elementene skal produseres. I verste fall oppdages ikke feilene før elementet skal monteres, noe som kan medføre en arbeidsom og kostbar prosess med oppretting.

Økonomi er et annet sentralt tema i prefabrikasjonsdebatten. Ved å gå til anskaffelse av en produksjonslinje for elementproduksjon, vil det bindes relativt mye kapital i denne investeringen avhengig av automatiseringsgraden. Under intervjuene kom det også frem at intervjuobjektene erfaringsmessig ikke tjente mer penger ved prefabrikkering av hus i forhold til plassbygging, men at det var kvaliteten som var tyngden på vektskålen. Forskjellen som ble lagt vekt på var at man ble mer konkurransedyktig, da man ved elementer kan produsere og tette et bygg på kort tid uavhengig av årstid.

Bygging ved bruk av bindingsverkselementer har flere store fordeler, men også ulemper. Å si bastant om det er best å plassbygge et hus, eller å prefabrikere et hus, er vanskelig da dette avhenger av mange stedlige faktorer. En annen sak, er hva bedriften selv ønsker å produsere. Jo flere standardiserte byggemåter bedriften benytter seg av, desto mer egnet er produksjonen for prefabrikasjon. Høy etterspørsel av standardiserte elementer vil gi gevinst, sammenlignet med tradisjonell bygging.

---

## 6.2 Manuell og automatisert elementproduksjon

I utgangspunktet kan man produsere bindingsverkselementer på to forskjellige måter. Enten ved å ha en automatisert produksjonslinje og en tilsvarende automatisk produksjon. Eller man kan ha en manuell produksjonslinje med en tilsvarende manuell produksjon. Det er allikevel fullt mulig å operere i gråsonen mellom full automatisering og utelukkende manuell produksjon. Det er mye som kunne vært sagt om akkurat dette, men for å gjøre dette kortest mulig, ønsker gruppa å trekke frem det aller viktigste fra det.

En automatisert produksjonslinje består som tidligere beskrevet i hovedsak av et automatisert kappanlegg, en sammenføyingsmaskin for montasje av stendere og en spikerrobot. Fordeler med en slik linje, er at man effektiviserer produksjonen. Dette medfører at det i utgangspunktet er mulig å øke produksjonen betraktelig med en slik linje i forhold til en tilsvarende linje hvor produksjonen foregår manuelt. For å oppnå denne ønskede effekten, er bedriften helt avhengig av å ha så standardiserte løsninger som mulig på alle detaljer. Dette er fordi tegning av spesielle detaljer i kompatibel programvare og detaljinnstilling av nødvendige maskiner er tidkrevende. Med andre ord vil det være best å ha spesialprosjekterte bygg, som er tegnet med hensyn på element utredning, når det kommer til en automatisert produksjonslinje. Et annet poeng med en automatisert produksjon, er at denne produksjonen ikke er like driftssikker som en manuell linje.

Den største fordelen med å gjennomføre elementproduksjon manuelt, er at denne produksjonsformen binder opp mye mindre kapital enn hva en automatisert linje gjør. Dette medfører at bedriften ikke nødvendigvis er like avhengig av at produksjonen går for fullt til enhver tid. En annen fordel med en slik produksjonslinje, er at den tillater større grad av originalitet i produksjonen uten behov for omfattende innstillinger og endringer. En manuell produksjonslinje vil med andre ord medføre en mere fleksibel produksjon.

Hva som er den beste løsningen når det kommer til valg av produksjonslinje, er et spørsmål det er vanskelig å sette to streker under svaret på. Dette er fordi begge produksjonsformene har sine fordeler og ulemper. Det er flere viktige momenter som må opp til vurdering før man kan foreta et valg av produksjonsform. Blant annet oppdragsmengde og markedsandeler er sentrale momenter, som det er viktig å ta i betraktning.



---

En annen faktor er graden av standardisering i produksjonen. Som nevnt tidligere er det ikke slik at man enten må ha en automatisert produksjon eller en rendyrket manuell produksjon. Det er for eksempel fullt mulig å gå til anskaffelse av et automatisert kappanlegg selv om produksjonen i utgangspunktet er manuell. Det viktigste for en bedrift som skal starte med elementproduksjon, er å skaffe seg en linje som er tilpasset bedriften. Både i form av økonomi, medarbeider, prosjektvariasjoner og markedsandeler.

---

### 6.3 ArchiFrame og løsninger for automatiserte produksjonslinjer

Som nevnt tidligere i oppgaven er tegningene (Vedlegg 10), tegnet ut fra erfaring hentet fra brukermanual og opplæringsvideoer. Modelleringen ble da utført etter utgiverens anbefalte «oppskrift», hvor gruppa ikke bistod med noe «hjelp» til tegningsjobben. Dette ble gjort med hensikt for å belyse hvor høyt brukergrensesnitt programvaren har. «Oppskriften» ble fulgt så nøye som mulig, og det ble ikke lagt til for mye godvilje når det kom til å redigere og modifisere manuelt underveis. Det kan diskuteres at opplæringsvideoene flest var datert fra 2016, og derfor utdaterte i forhold til hvordan programmet er oppbygd i dag. Men brukermanualen, som oppdateres jevnlig, ga som oftest de sammen metodene. Etter gruppas mening trengs det da mer utvidet og grundig opplæring for å kunne bruke programmet effektivt i tegning av elementbygg.

Ut fra det gruppa erfarte gjennom bruken av programmet vil det være ekstra problematisk å tegne elementbygg med stående elementretning. Problemer som; manglende stendere, feil på hjørneløsninger og feil med lektefunksjonene til programmet, meldte seg som følge av elementretningen. Dette forekommer på grunn av at gruppa fant det nødvendig å tegne inn elementbredder etter tidligere tegninger (Vedlegg 7). Og at programmet velger forskjellige



Figur 25: Feil på lektefunksjon, ArchiFrame

utgangspunkt for lektefunksjonene på hvert element, slik at det blir seende ut som på bildet (Figur 25). Ved liggende elementer blir ikke dette et like markant problem da en yttervegg kan bestå av ett enkelt element. Dråpen er derfor ikke av de mest egnede kataloghusene å bygge i elementer, da man blir nødt til å velge stående elementer.

Om man ville ha liggende kledning kunne resultatet blitt enklere, samt at man ikke kom til å tilføre like mye ekstra treverk som går utover byggets energieffektivitet.

Tegningene som automatisk blir produsert i programmet illustreres som vist i 2D, og med begrenset innblikk (Vedlegg 10, Tegning 2.1-2.10).

---

Tegningene viser kun elementet fra én side, hvor man ikke får godt nok overblikk over hvordan fullstendig stenderplassering er løst, og hvordan lektingen er utført. Ett snitt genereres automatisk, men dette viser kun bunnen av elementet. Etter gruppas mening burde det enkelt være mulig å få ut flere snitt etter ønske, for å gi en bedre innsikt i hvordan ett element er bygd opp. Denne informasjonen kommer fram i CNC- og sammenføyningsfilene som kan produseres etter tegningene er ferdigstilt. Men gruppa hadde ikke tilgang på noen annen programvare som kunne kontrollere innholdet i tegningene, for å forsikre oss om at ingen informasjon gikk tapt i konvertering av filtypene.

Med god nok opplæring, standardiserte internløsninger og god dialog med utgiveren av ArchiFrame for å belyse mangler og effektiviseringsproblemer. Vil ArchiFrame være et godt valg når det kommer til tegning av elementer, og produksjonsgrunnlag i en automatisert produksjonslinje.

---

## 6.4 Energieffektivitet i elementbygg

Etter at gruppa hadde utredet konseptbygget Dråpen i stående elementer, kom det klart frem fra tegningene at denne byggemetoden medførte en markant økning av prosentandelen treverk i ytterveggene. En konsekvens av dette, var en dårligere U-verdi på ytterveggene. Denne effekten gjelder spesielt for stående elementer, hvor summen av begrensninger reduserer mulige oppdelingsmetoder av bygget betraktelig. Denne problemstillingen vil i hovedsak gjelde for stående elementer, men kan i noen tilfeller også melde seg ved kompliserte bygg som liggende elementer.

Siden gruppa i utgangspunktet ønsket å benytte Norgeshus sine standardiserte bygge detaljer med yttervegger i 6'', kom det tydelig frem fra energisimuleringene at dette var et problem (Vedlegg 8-9). Gruppas anbefaling er å øke den standardiserte bindingsverksdimensjonen fra 6'' til 8'' i prosjekter hvor det blir benyttet stående elementer, produsert med automatiserte produksjonslinjer. Dette er fordi en automatisert produksjon setter en ytre begrensning for elementbredde på 3,2 meter avhengig av sammenføyningsmaskinen. Når denne begrensningen kommer i tillegg til; store vinduer og arkitektoniske- og konstruksjonsmessige begrensninger, blir det mange smale elementer. Dette vil føre til mange skjøter, som igjen gir en større mengde treverk og en dårligere U-verdi i ytterveggene.

---

## 6.5 Dråpens egnethet som elementbygg

Underveis i prosjektet har gruppa gjort seg noen tanker angående hvilke typer bygg som er egnet som elementhus. Gruppa har kommet frem til at et bygg som egner seg til elementproduksjon, er et bygg som fremdeles har valgmulighet for hvordan bygget skal inndeles, etter at summen av begrensningene er trukket fra. I denne definisjonen må det selvfølgelig tas hensyn til elementretning, da de to beskrevne elementtypene gir ulike begrensninger.

Dråpen ble utredet i stående elementer som en følge av byggets utvendige kledning. Under oppdelingen av bygget var det ganske mange arkitektoniske begrensninger i form av veggåpninger for vinduer og dører. Dette medførte at bygget ble delt i mange relativt smale elementer. Resultatet var en merkbar økning av treverk i ytterveggene, noe gruppa anså som negativt.

Ut ifra de spesifikke kriteriene gruppa satte under sin elementutredning av bygget, anser ikke gruppa huset egnet for elementbygging, da dette medførte uhensiktsmessig mange, små elementer. Dette kunne enkelt vært løst ved omplassering av vinduer, eller å benytte seg av liggende, utvendig kledning og utredet bygget i liggende elementer. Det er med andre ord små detaljer som er med på å bestemme om et bygg er egnet for elementproduksjon, eller ikke.

---

## 6.6 Nyvinninger

Underveis i prosjektet kom gruppa frem til noen mulige nyvinninger innenfor dette feltet. Disse forslagene ble lagt frem under intervjuene og diskutert med de forskjellige intervjuobjektene. De hadde ganske spesifikke meninger angående de forskjellige løsningene, men begge bedriftene var åpne for nye løsninger.

Ved fremleggingen av utkastet av «Klikksvillen» (Vedlegg 5) var bedriftene mest skeptisk til den nødvendige presisjonen ved utførelse av en slik løsning. En annen utfordring som ble nevnt var kuldebroen som ville oppstå i svillen da det ble innfelt en stålskinne i denne. I ettertid har gruppa utført noen tankeeksperimenter på hvordan det kan være mulig å utbedre denne løsningen. For å unngå uønskede bevegelser i treverket, kan en mulighet være å heller bruke laminert treverk i svillen. Når det kommer til kuldebroen som en følge av stålet i svillen, har gruppa tenkt på om er mulig å benytte seg av industriell hardplast i stedet for stål i låsmekanismen.

---

## 6.7 Forslag til løsninger for Norgeshus

Underveis i prosjektet har gruppa kommet med noen konkrete forslag til Norgeshus for hvordan de kan være med på å forenkle oppstartsprosessen for bedrifter som ønsker å starte med elementproduksjon.

### 6.7.1 Kunnskapsutvikling med Norgeshus sentralt og entreprenører lokalt

Oppstartsmanualen tar for seg i grove trekk de utfordringene og valgmulighetene en bedrift i oppstartsfasen kan møte. De viktigste punktene i manualen som omhandler materiell, lokaler og produksjons- og montasjemetoder, beskriver noen forslag til hvordan en bedrift i oppstartsfasen kan gå fram. Det er helt opp til hver enkelt bedrift å velge hvilke lokaler de mener vil passe for dem, og deres produksjon. Ved kontakt med leverandører av automatiserte produksjonslinjer vil man motta et tilbud som er skreddersydd for deres behov. Ingenting ved produksjonslinje er låst til de forslagene av tilbud som blir vist i denne rapporten (Vedlegg 11-14).

Poenget med å belyse noen aspekter ved denne formen for produksjon er; å gi bedrifter som samarbeider med Norgeshus et utgangspunkt som de selv kan bygge videre på gjennom utprøving og tilegning av erfaring. Det vil da være viktig med utveksling av erfaringer og ideer, for å få en god utvikling både med Norgeshus sentralt og bedriftene lokalt.

### 6.7.2 Egen elementuskatalog

Norgeshus har allerede kataloger med hytter og hus. For å gjøre det enklere for deres samarbeidspartnere å starte med standardisert elementproduksjon, er en mulighet å lage en egen elementhus-katalog. Denne katalogen kan da inneholde hus som er ferdig utredet og tegnet som elementer. Dette kan enten gjøres ved å modifisere/optimalisere allerede tegnede hus, eller å lage et helt nytt konsept. Ved prosjektering av nye hus, bør dette gjøres med noen utgangspunkter, eksempelvis hvor elementoppdelingen setter begrensningene for hvor vinduer og andre veggåpninger kan plasseres, og ikke motsatt. Det er selvfølgelig mange vurderinger som må gjøres før dette kan bli en realitet. Men en mulighet er å lage en liten pilotkatalog til å begynne med, for så eventuelt å utvide denne ved økende etterspørsel.

---

## 6.8 Feilkilder og avvik

Underveis i prosjektet har det forekommet noen feilkilder og avvik gruppa har bitt seg merke i. På bakgrunn av dette ønsker gruppa å dra frem de mest sentrale, og diskutere konsekvensen av disse.

### 6.8.1 Oppgavens utvikling

Da arbeidet med gjennomføringen av prosjektet startet, var gruppas fokus veldig spesifikt rettet mot kataloghuset Dråpen. Det ble i forprosjektet gitt uttrykk for at detaljerte tekniske løsninger for Dråpen var en viktig del av prosjektet. Dette har gruppa gått litt vekk ifra etter hvert, da Norgeshus allerede innehar disse løsningene for Dråpen spesifikt.

Som nevnt ble opplæringen i programvaren ArchiFrame noe mangelfull, og derfor ble det fokusert mest på de manglende funksjonene, kontra de funksjonene programmet faktisk har. På grunn av forsinkelser og misforståelser vedrørende anskaffelse av pilotlisenser i programmet, ble det tilslutt benyttet studentlisenser. Dette medførte at gruppa ikke kunne produsere mal-filer som Norgeshus kunne benytte seg av i ettertid. Dette er påpekt i gruppas avvikslogg (Vedlegg 16).

Da det etter hvert viste seg vanskeligere enn antatt å finne presis info om emnet, og hvordan denne bransjen har utviklet seg i senere år. Fant gruppa det nødvendig å heller snakke med etablerte bedrifter for å få oppdatert og god informasjon. Dette valget satte gruppa på rett spor i oppgaven.



---

# KAPITTEL 7

## Konklusjon

---

## 7. Konklusjon

Underveis i denne oppgaven har gruppa hentet inn førstehånds kunnskap om de forskjellige aspektene ved elementproduksjon. Det overordnede av denne kunnskapen er flettet sammen til en «manual», som har til funksjon å være veiledende for bedrifter som ønsker å starte med produksjon av bindingsverkselementer. Selv om «produktet» i denne oppgaven er oppstartsmanualen, vil konklusjonen omhandle forskjellige aspekter ved bindingsverkselementer generelt.

Konklusjonen er delt opp i to deler, der den ene delen fokuserer på forskjeller, fordeler og ulemper ved bygging med bindingsverkselementer i forhold til plassbygging. I den andre delen blir det redegjort for forskjeller mellom en manuell og en automatisert produksjonslinje. Gruppa har valgt å presentere resultatene i to tabeller for å gjøre det så ryddig som mulig.

Fordeler/ulempes i forhold til tradisjonell plassbygging. Og generelle aspekter ved elementproduksjon.	Bygging med bindingsverkselementer	
	Fordeler:	Ulemper:
Prosjektering	Bedre prosjektering tidlig i prosjektet bør generere færre byggefeil.	Krever mere detaljert prosjektering tidlig i byggeprosessen.
Produksjon	Produksjonen foregår innendørs og kan gå for fullt uansett vær og vind. Det er også mindre sjanse for å bygge inn uønsket fukt, da produksjonen foregår under «ideelle» forhold.	Krever relativt store og kostbare produksjonslokaler.
Stående elementer(generelt)	Tillater å bygge bolighus i fullhøyde(avhengig av produksjonsbegrensninger) med stående kledning, uten brudd i den utvendige kledningen.	Medfører større andel treverk i ytterveggen grunnet hyppig skjøting. Dette påvirker byggets U-verdi i negativ retning.
Transport	Avkappet blir igjen i hallen. Dette medfører at det er bare de materialene som blir benyttet i produksjonen som blir transportert til byggeplassen.	Må benytte lastebil for å transportere elementene til byggeplassen.
Kvalitet	Enklere å utføre bra arbeid i gode arbeidsstillinger.	Vanskeligere å se helheter underveis i produksjonen.
HMS	Mindre behov for arbeid i høyden. Både i produksjonen og ved montasje.	Krever god koordinering for å unngå å hindre hverandre i produksjonen, også under montasje.

Fordeler/ulempes i forhold til manuell produksjonslinje.	<b>Automatisert produksjonslinje</b>	
	<b>Fordeler:</b>	<b>Ulemper:</b>
Generelt	Produserer enkle og standardiserte elementer raskt og effektivt.	Gir produksjonen mindre fleksibilitet og setter flere begrensninger på elementstørrelse.
Økonomi	Behov for færre ansatte for å oppnå den samme produksjonen.	Større investeringskostnad.
Kvalitet	Sammenføyingsmaskinen bestemmer hvor forskjellige komponenter skal plasseres. Dette medfører mindre mulighet for menneskelig feil.	Åpner for å benytte ufaglært personale i produksjonen. Dette kan være negativt for kvalitetskontroll.
Driftssikkerhet	Muligheter for å opprette serviceavtale med leverandør.	Flere elektroniske komponenter, mere programvare og maskiner som kan gå i stykker.
Programvare	Prosjekteringen må gjøres i programvare med gode visualiserende verktøy. Dette medfører bedre muligheter for å oppdage feil under prosjekteringen.	Helt avhengig av kompatibel programvare.
HMS	Automatiske sikkerhetsinnretninger på det aller meste av utstyret.	Mange deler i bevegelse under produksjonen.

Etter gjennomføringen av dette prosjektet har gruppa kommet frem til at valg av produksjonslinje er avhengig av flere faktorer; standardiseringsgrad, ønsket fleksibilitet og økonomi er viktige punkter en bedrift bør ta i betraktning før de eventuelt går til anskaffelse av en produksjonslinje. Det er også en gråsoner mellom full automatisering og utelukkende manuell produksjon. Dette gjør det mulig å automatisere deler av produksjonen. Det viktigste er at hver enkelt bedrift velger en linje som passer sin produksjon. Forhåpentligvis har denne rapporten vært informativ, beskrivende og med på å gjøre dette valget litt enklere.



---

# KAPITTEL 8

Referanser

---

## 8. Referanser

1. Norgeshus. Om Norgeshus Nettside: Norgeshus; [cited 2019 26.04]. Available from: <https://www.norgeshus.no/kontakt/>.
2. Thue JV. Prefabrikasjon: Store norske leksikon; 2018 [updated 2018, 20. februar; cited 2019 21. mars]. Available from: <https://snl.no/prefabrikasjon>.
3. Kuldebro - bygningsteknikk: Store norske leksikon; 2009 [cited 2019 21. mars]. Available from: <https://snl.no/kuldebro - bygningsteknikk>.
4. SINTEF. 471.015 Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk 2008 [cited 2019 april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/213/kuldebroer\\_konsekvenser\\_og\\_dokumentasjon\\_av\\_energibruk](https://www.byggforsk.no/dokument/213/kuldebroer_konsekvenser_og_dokumentasjon_av_energibruk).
5. U-verdi: Store norske leksikon; 2009 [cited 2019 21. mars]. Available from: <https://snl.no/U-verdi>.
6. SINTEF. 471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946 Byggforskserien2018 [cited 2019 30. april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning\\_av\\_u-verdier\\_etter\\_ns-en\\_iso\\_6946](https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning_av_u-verdier_etter_ns-en_iso_6946).
7. SINTEF. 471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer 2003 [cited 2019 april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivitet\\_og\\_varmemotstand\\_for\\_bygning\\_smaterialer](https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivitet_og_varmemotstand_for_bygning_smaterialer).
8. SINTEF. 474.624 Luftlekkasjemåling av bygninger. Hensikt og vurdering Byggforskserien2014 [updated desember 2014; cited 2019 4. mars]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/4126/luftlekkasjemaaling\\_av\\_bygninger\\_hensikt\\_og\\_vurdering](https://www.byggforsk.no/dokument/4126/luftlekkasjemaaling_av_bygninger_hensikt_og_vurdering).
9. SINTEF. 520.401 Lufttetting av bygninger. Framgangsmåte for å oppnå lavt lekkasjetall 2013 [cited 2019 april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/4110/lufttetting\\_av\\_bygninger\\_framgangsmaate\\_for\\_aa\\_oppnaa\\_lavt\\_lekkasjetall](https://www.byggforsk.no/dokument/4110/lufttetting_av_bygninger_framgangsmaate_for_aa_oppnaa_lavt_lekkasjetall).
10. SINTEF. 473.101 Energikrav til bygninger. Oversikt Byggforskserien2016 [cited 2019 30. april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav\\_til\\_bygninger\\_oversikt](https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav_til_bygninger_oversikt).
11. SINTEF. 473.102 Energikrav til bygninger. Energirammer 2016 [cited 2019 april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/5164/energikrav\\_til\\_bygninger\\_energirammer](https://www.byggforsk.no/dokument/5164/energikrav_til_bygninger_energirammer).
12. E T, J K, J T. Thermal bridges in a prefabricated wooden house: comparison between evaluation methods. Wood Material Science & Engineering. 2016.
13. Østnor S, Lundås E. Elementhus med vegghengt etasjeskiller. Bacheloroppgave: NTNU; 2016. Contract No.: 11-2016.
14. SINTEF. 522.355 Etasjeskiller med trebjelkelag. Varmeisolering og tetting Byggforskserien2008 [cited 2019 april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/335/etasjeskiller\\_med\\_trebjelkelag\\_varmeisolering\\_og\\_tetting](https://www.byggforsk.no/dokument/335/etasjeskiller_med_trebjelkelag_varmeisolering_og_tetting).
15. Graphisoft. Archiframe [Available from: [https://www.graphisoft.lat/archicad/partner\\_solutions/archiframe/](https://www.graphisoft.lat/archicad/partner_solutions/archiframe/)].
16. energy USDo. THERM 2019 [Available from: <https://windows.lbl.gov/software/therm>].
17. SINTEF. TEK-sjekk Energi [cited 2019 30. april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/side/56/tek-sjekk\\_energi](https://www.byggforsk.no/side/56/tek-sjekk_energi).

- 
18. leksikon Sn. Råbygg 2009 [cited 2019 mai]. Available from: <https://snl.no/r%C3%A5bygg>.
  19. arbeidsmiljøinstitutt S. Ny rapport om bygg og anlegg: Nesten halvparten av ulykkene er fallulykker 2016 [cited 2019 mai]. Available from: <https://stami.no/ny-rapport-om-bygg-og-anlegg-nesten-halvparten-av-ulykkene-er-fallulykker/>.
  20. HOMAG. Framing Station & Combi Wall Systems 2019 [cited 2019 april]. Available from: <https://www.homag.com/en/products/house-construction/framing-station-combi-wall-systems/>.
  21. SINTEF. 471.013 U-verdier. Tak 2003 [cited 2019 april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier\\_tak](https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak).
  22. SINTEF. 471.014 U-verdier. Gulv på grunnen og vegger mot terreng 2018 [cited 2019 april]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/1536/u-verdier\\_gulv\\_paa\\_grunnen\\_og\\_vegger\\_mot\\_terreng](https://www.byggforsk.no/dokument/1536/u-verdier_gulv_paa_grunnen_og_vegger_mot_terreng).
  23. Glava. Gulv på grunn uten varmemotstandmotstand fra jordmasser [cited 2019 mai]. Available from: <https://www.glava.no/bygg/losninger/byggkonstruksjoner/gulv/gulv-pa-grunnen-med-glava-ringmurselement/>.
  24. Graphisoft. Manual 2019 [cited 2019 april]. Available from: [https://ebookplus.fi/teos/Archi?lang=en&fbclid=IwAR0KIkqSvABivnWxFKwwLaNFTIABECrGtslYQ7\\_Oq2DcdiHrGIZYbTeW\\_IE#1\(20\)Windows\(20\)Installation](https://ebookplus.fi/teos/Archi?lang=en&fbclid=IwAR0KIkqSvABivnWxFKwwLaNFTIABECrGtslYQ7_Oq2DcdiHrGIZYbTeW_IE#1(20)Windows(20)Installation).
  25. Introduksjonsvideoer. ArchiFrame 2016 [cited 2019 april]. Available from: [https://www.youtube.com/user/archiframe?fbclid=IwAR15yVcuXhNFchVcglEiGgWo89RLYlVU-XGxvZOIKFXs5ZvmMqlcuGW2\\_Ao](https://www.youtube.com/user/archiframe?fbclid=IwAR15yVcuXhNFchVcglEiGgWo89RLYlVU-XGxvZOIKFXs5ZvmMqlcuGW2_Ao).
  26. HOMAG. Life Cycle Services 2019 [cited 2019 april]. Available from: <https://www.homag.com/en/service/life-cycle-services/>.
  27. HOMAG. Training — Maximum productivity requires first-class expertise! 2019 [cited 2019 april]. Available from: <https://www.homag.com/en/service/trainings/training-program/>.

---

## 9. Vedlegg

Vedlegg nr.	Innhold	Antall sider
1	Artikkel	1
2	Plakat	1
3	Intervjuguide	2
4	Skisse hjørneløsninger	1
5	Tegning av "Klikksvill"	1
6	Tegningsgrunnlag Dråpen, Norgeshus	3
7	Tegninger Dråpen manuelt(ArchiCad)	6
8	TEK-sjekk simulering 1	3
9	TEK-sjekk simulering 2	3
10	Tegninger Dråpen ArchiFrame	21
11	Tilbud produksjonslinje 1	3
12	Tilbud produksjonslinje 2	4
13	Tilbud produksjonslinje 3	5
14	Samling av tilbud, med forklaring på norsk	2
15	Møtereferater	6
16	Avvikslogg	1
17	Oversikt over godkjente Byggforsk illustrasjoner	1
18	Oversikt over egenproduserte illustrasjoner	1



## 9. Vedlegg

### Oppstartsmanual for produksjon av bindingsverkselementer

Startup Manual for Production of Prefabricated  
Wooden Framework Elements

**Trondheim, Mai 2019**

**Prosjekt nr:**

16-2019

**Navn studenter:**

Ari M. Hammer

Lars Ellevold



Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



## Vedleggsliste

Vedlegg nr.	Innhold	Antall sider
1	Artikkel	1
2	Plakat	1
3	Intervjuguide	2
4	Skisse hjørneløsninger	1
5	Tegning av "Klikksvill"	1
6	Tegningsgrunnlag Dråpen, Norgeshus	3
7	Tegninger Dråpen manuelt(ArchiCad)	6
8	TEK-sjekk simulering 1	3
9	TEK-sjekk simulering 2	3
10	Tegninger Dråpen ArchiFrame	21
11	Tilbud produksjonslinje 1	3
12	Tilbud produksjonslinje 2	4
13	Tilbud produksjonslinje 3	5
14	Samling av tilbud, med forklaring på norsk	2
15	Møtereferater	6
16	Avvikslogg	1
17	Oversikt over godkjente Byggforsk illustrasjoner	1
18	Oversikt over egenproduserte illustrasjoner	1

## Fra tradisjonell plassbygging til automatisert elementproduksjon

Den moderne byggebransjen er i kontinuerlig utvikling. Allikevel er det fortsatt rom for nyutviklede byggemetoder og produksjonsformer. Sammenlikninger man med andre industrier, ligger byggebransjen langt etter når det kommer til automatisering. Ved å benytte prefabrikkerte elementer i større grad, kan dette medføre en økt grad av automatisering. Bindingsverkselementer er en elementtype som er bygget opp på samme måte som ett plassbygd bindingsverk. I senere tid har det kommet løsninger som tillater å gjøre produksjonen av bindingsverkselementer mer eller mindre automatisert. Dette medfører mange valg som må tas for bedrifter som ønsker å etablere seg i bransjen, disse er ikke alltid like enkle.

Tradisjonell plassbygging er en byggemetode der alt av byggematerialer transporteres ut til en byggeplass, for så å kappes og monteres der. Et alternativ til denne byggemetoden, er bygging ved bruk av prefabrikkerte elementer. Disse produseres ferdige innendørs i hall, for så å transporteres ut til byggeplassen for montasje. Bindingsverkselementer, er en type prefabrikkert element. Denne elementtypen er egnet for bygging av enkle, trebygg eller som innfyllingselementer i større betongbygg.



Elementoppdeling av trehus *Illustrasjon: Gruppe 16*

Den største fordelen med produksjon av bindingsverkselementer, kommer av at produksjonen foregår innendørs. Fremstillingen av elementene foregår i en klimaregulert hall, som åpner for muligheter å regulere temperatur og luftfuktighet, som gjør det mulig å utføre produksjonen under tilnærmet ideelle forhold. Dette er en viktig faktor for å sikre god kvalitet på det ferdige produktet. En annen fordel med at produksjonen foregår innendørs, er at den kan gå for fullt uavhengig av klimatiske forhold, året rundt.

At produksjonen foregår på arbeidsbord, bidrar positivt i forhold til HMS, behovet for å utføre arbeid i høyden blir da redusert, i tillegg til at ergonomien blir ivarettatt.



Akklimatisert treverk klar for kapping *Foto: Gruppe 16*

Produksjon av bindingsverkelementer kan foregå manuelt, automatisk eller som en blanding av disse to. Mange valg må derfor tas på forhånd av bedrifter som ønsker å komme inn i bransjen og er i startgrope. Disse valgene er det svært lite tilgjengelig informasjon om.

En automatisert produksjonslinje egner seg godt til å produsere standardiserte, enkle elementer. Men egner seg dårligere for produksjon av originale og spesielle elementer. En automatisert produksjonslinje vil også medføre forholdsvis store investeringskostnader i forhold til en manuell produksjonslinje. Det viktigst ved valg av produksjonslinje, er at hver enkelt bedrift må finne en løsning som passer sin produksjon, og deres mannskap.

## Oppstartsmanual for produksjon av bindingsverkselementer Startup Manual for Production of Wooden Framework Elements

Prosjektnr. 2019-16  
Studenter: Lars Ellevold, Ari M. Hammer

Intern veileder: Jomar Tørset  
Ekstern kontakt: Norgeshus AS

Oppgaven handler om industrialisering av bindingsverkelementproduksjon. Og aspekter ved prosjektering, gjennomføring og oppstart av prosjekter i denne bransjen.

I denne bacheloroppgaven er det utført intervjuer av etablerte produsenter, bransjeundersøkelse og utprøving av programvare for tegning av elementbygg. Sluttresultatet er en samlet manual som skal kunne fungere informativt og forenkler for firma i samarbeid med Norgeshus AS som ønsker å komme inn i bransjen.

Omprosjektering av kataloghuset Dråpen er utført for å finne behov og faremomenter ved bindingsverkselementer. Og sammen med informasjon hentet gjennom intervjuer av etablerte produsenter, samt dialog med maskinleverandører har gruppen laget et oversiktlig utgangspunkt for elementproduksjon.



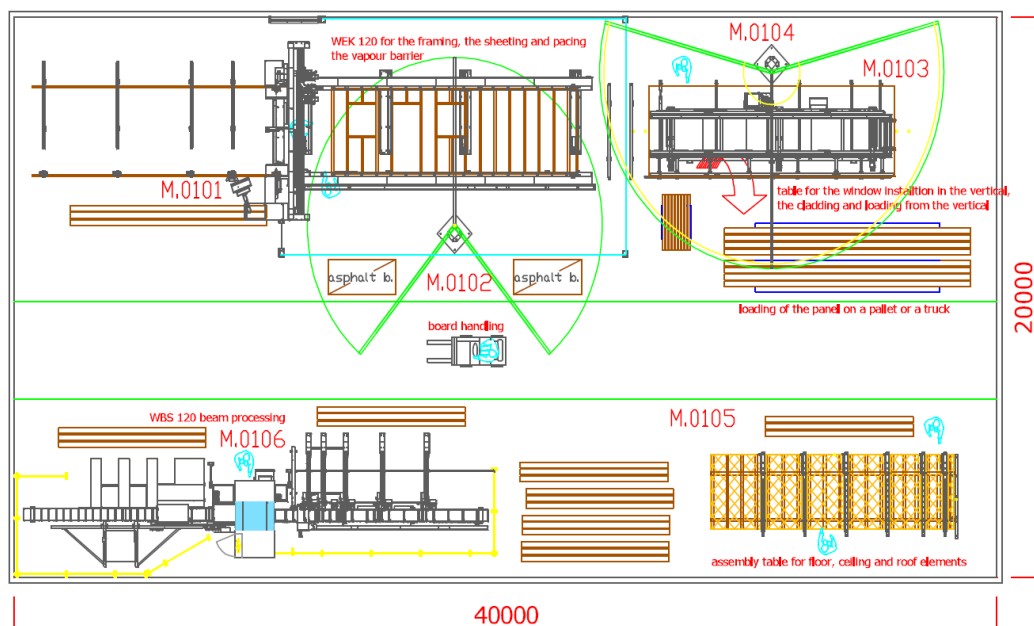
Produksjonslokaler Snøhetta Element AS

Foto: Gruppe 16



Dråpen elementoppdeling

Illustrasjon ArchiFrame: Gruppe 16



Oversikt produksjonslokale

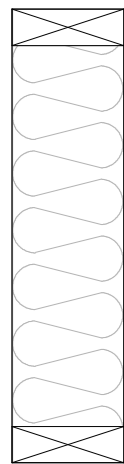
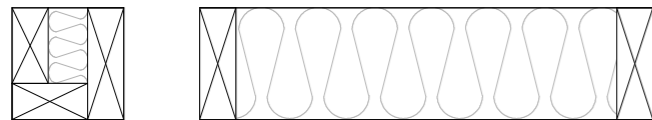
Illustrasjon: Vela AS

Fordeler/ulempes i forhold til tradisjonell plassbygging. Og generelle aspekter ved elementproduksjon.	Bygging med bindingsverkselementer	
	Fordeler:	Ulemper:
Prosjektering	Bedre prosjektering tidlig i prosjektet bør generere færre byggefeil.	Krever mere detaljert prosjektering tidlig i byggeprosessen.
Produksjon	Produksjonen foregår innendørs og kan gå for fullt uansett vær og vind. Det er også mindre sjanse for å bygge inn uønsket fukt, da produksjonen foregår under «ideelle» forhold.	Krever relativt store og kostbare produksjonslokaler.
Stående elementer(generelt)	Tillater å bygge bolighus i fullhøyde(avhengig av produksjonsbegrensninger) med stående kledning, uten brudd i den utvendige kledningen.	Medfører større andel treverk i ytterveggen grunnet hyppig skjøting. Dette påvirker byggets U-verdi i negativ retning.
Transport	Avkappet blir igjen i hallen. Dette medfører at det er bare de materialene som blir benyttet i produksjonen som blir transportert til byggeplassen.	Må benytte lastebil for å transportere elementene til byggeplassen.
Kvalitet	Enklere å utføre bra arbeid i gode arbeidsstillinger.	Vanskeligere å se helheter underveis i produksjonen.
HMS	Mindre behov for arbeid i høyden. Både i produksjonen og ved montasje.	Krever god koordinering for å unngå å hindre hverandre i produksjonen, også under montasje.

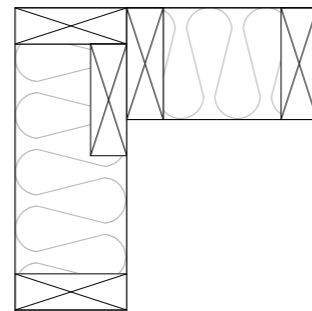
## Intervju av element produsenter

- Hva er deres markedsområde etter deres mening? (Hovedsakelig elementer, eller bygger dere tradisjonelt også?)
- Designer dere byggene selv, eller mottar dere tegninger på forhånd og tegner om for å kunne produsere elementer? Eller har dere ferdige elementhus konsept som dere selger?
- Har dere hele prosessen selv? Fra elementproduksjon til montasje med egne medarbeidere? Eller setter dere bort montasjen? Og frakten?
- Hva med opplæring i montasje av disse elementene? Internt eller finnes det "offisielle" kurs? (Sløyfes)
- Hvordan transporteres elementene ut på byggeplass?
- Tak; benytter dere sperre eller takstol tak? Hva er lettere å prosjektere og hvorfor? Hvilket alternativ vil være billigst?
- Gavel elementer?
- Hva med stående elementer pga. stående trekledning? Er det noe dere har vurdert? Eller er det ikke økonomisk fornuftig? Mye enklere med liggende kledning?
- To etasjers elementer med opphengt bjelkelag?
- Hvilke sammenføyningsmetoder benytter dere? Hva har dere funnet ut holder best/tilstrekkeleg? Spikerpistol, skruer?
- Tester dere tetningen? Har dere noen dokumentasjon på hvordan kuldegjennomgangen er i hjørnene og om det blir tilstrekkelig tett?
- Driver dere kontinuerlig utbedring av metoder og prøver å finne nye løsninger som kan være mer effektive/bedre/billigere/mer miljøvennlig?
- Hva er det beste etter deres mening med elementproduksjon? Mindre avkapp, mer nøyaktig mengde bruk osv...
- Benytter dere pre-cut? Fordeler eller ulemper ved det?
- Hvordan vil dere si markedet er for tiden? Er det stor etterspørsel, hvordan er populariteten.
- Erfaringsmessig, hvilke fallgruver klarer man å unngå ved å bygge i element? Tetting, innbygging av fukt, fuktproblematikk generelt? Ovs...
- Bestiller dere bolkevis fra sagbruk? Eller bestilles det noenlunde etter kapplister etter tegninger er utarbeidet?
- Hva av info fra en kunde trenger dere for å kunne produsere et hus av elementer? Hvilke rammer trenger dere? Får dere kvadrat og romantall f.eks?
- Hvilken programvare benytter dere? Foregår alt i denne og "snakker" alt sammen?
- Hvor stor grad av automatisering har dere på produksjonslinja deres?
- Hva av maskiner benytter dere? Firma, merke osv.... leverandører?
- Hvor stor ferdiggrad har dere på elementene deres?
- Har dere regnet på om det er noe å spare(penger) på å bygge hus med elementer kontra tradisjonell plassbygging?
- Hva ble den totale prisen på deres komplette produksjonslinje?
- Er dere åpne for nye og mer moderne/effektive sammenføyningsmetoder?

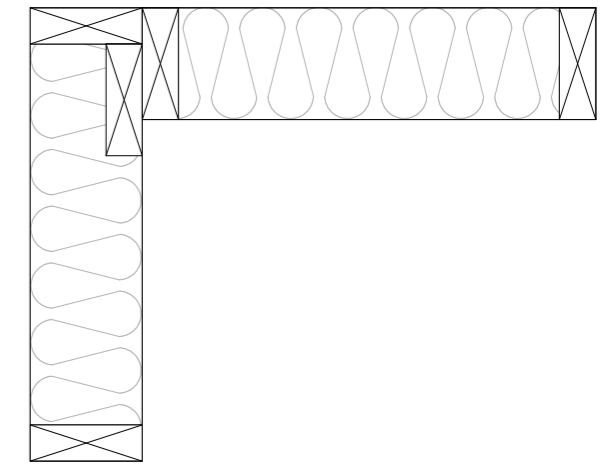
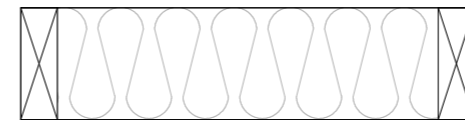
- Hvor mye kortere produserer dere elementene i forhold til byggets nøyaktige lengder (for å være sikker på at elementene passer på svillen)? Hva er marginene deres?
- Har dere tenkt på å produsere bjelkelag som elementer? Hvordan ser festemetodene deres ut?
- Setter dere inn både dører og vinduer i fabrikk?
- Hvilken løfteanordning bruker dere under montasje?
- Hvor ferdigstilte er deres elementer da de ankommer byggeplassen?
- Er ferdigstillingsgraden av elementene avgjørende for økonomisk vinning i elementbygg?
- Hva synes dere om utkastene våre? Og hvordan har dere fått løsningene deres godkjente til bygging?



1



2

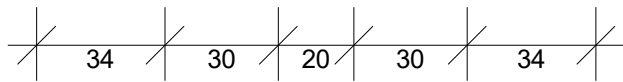
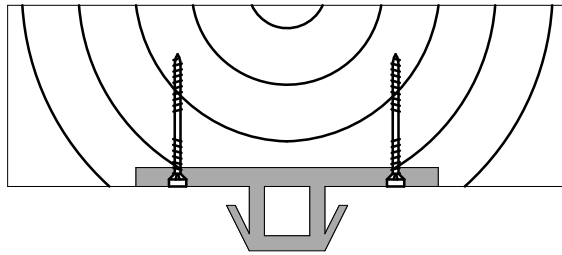


3

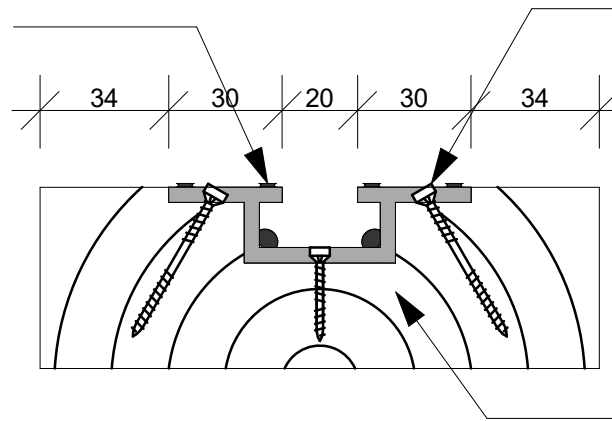
Bachelorgruppe 16, NTNU Bygg og miljø	Lars og Ari
Tegning: Utkast hjørneløsninger	Dato: Dato oppr.
	Målestokk: 1:10



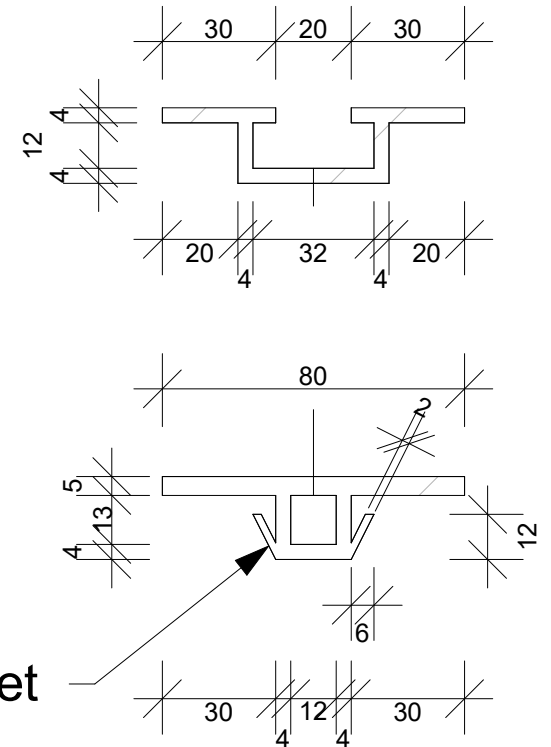
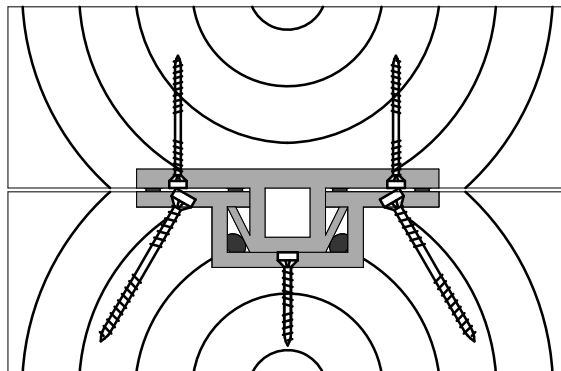
Fugemasse lagt  
før  
sammenklikking



Forborret hull  
med nedsenking  
for skruer



Spor for stål  
freset ut av CNC



Fjærstål, fastsveiset



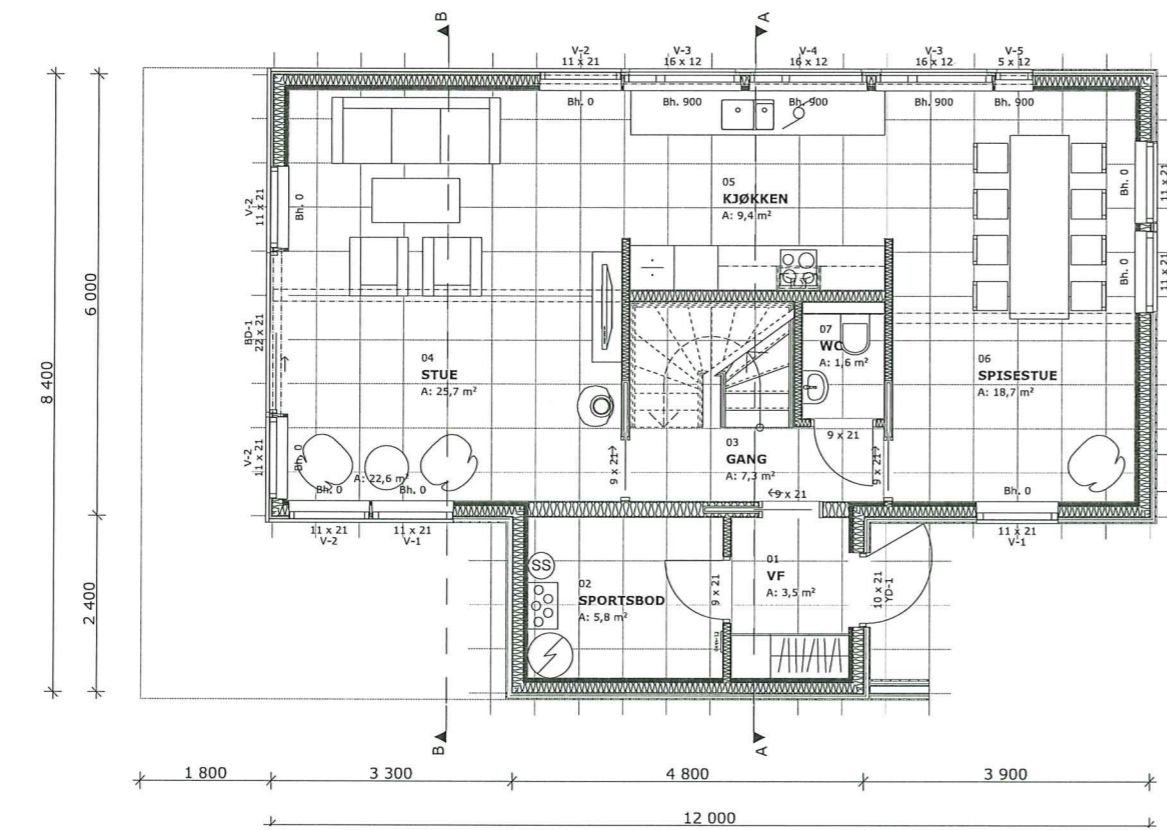
VEDLEGG E1

MERKNADER:

**Forbehold:** Det tas forbehold om mulig nedforet himling pga. tekniske føringer. Arealer er beregnet ut fra tegning og er oppgitt i hht. NS3940. Tekniske forhold i bygningsmessig utførelse kan påvirke arealer i mindre grad.

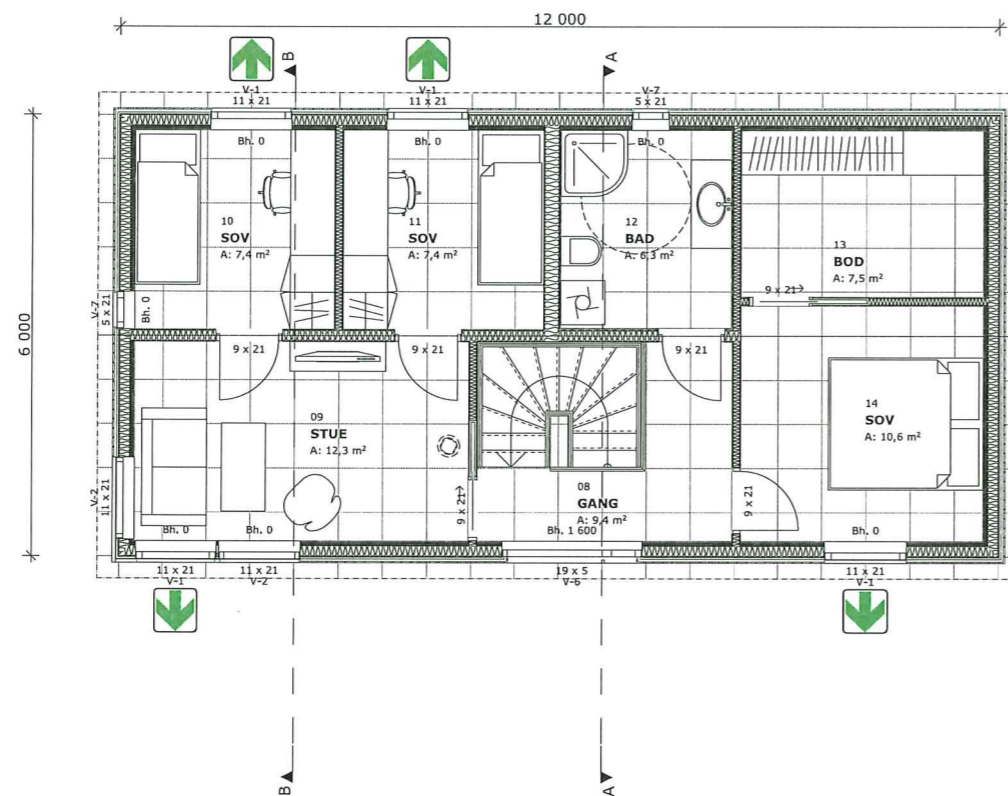
Boenhet i småhus skal oppføres med skorstein. Kravet gjelder ikke dersom boenheten oppføres med vannbåren varme. Unntak for skorstein forutsetter at vannbåren varme dekker minimum behov for romoppvarming i stue eller tilsvarende rom. Det kan benyttes annen oppvarming på bad, soverom eller rom som skal holde lavere innetemperatur. Det er ikke krav til vannbårent varmebatteri for ventilasjonen, og det omfatter heller ikke oppvarming av varmt tpeevann.

Det er beregnet sikkerhetsglass på vinduer/balkongdører med brystningshøyde mindre enn 0,8 m i områder der det er angitt terrasser/uteplasser. Dette kan avvike fra perspektiver i huskatalogen og det kommer fram av dør- og vindusskjema hvilke vinduer/balkongdører dette gjelder



1:100

H01



1:100

H02

Index	Dato	Beskrivelse	Sign	Kontr.

Oppvarmet BRA: 139,9 m <sup>2</sup>	BYA: 89,2 m <sup>2</sup>	VOLUM: 336 m <sup>3</sup>	ENERGIMERKE <b>B</b>
BRA H01 + H02: 75,2 + 64,7 m <sup>2</sup>	BRA TOTALT: 139,9 m <sup>2</sup>		

BYGGEKommUNE: Byggekommune	GNR/BNR: gnr/bnr	POSTNR: Postnr.	POSTSTED: By
ADRESSE: Adresse			MOH: Land

TEGNET AV: KGH	KONTROLLERT AV: EK	DATO: 04.12.17	FORMAT: A3
-------------------	-----------------------	-------------------	---------------

PROSJEKT: Dråpen	PROSJEKTNR.: XX-XXXX
TEGNINGEN VISER: Plan H01 og H02	TEGNING NR.: ARK-2-1-01
STATUS: Byggemelding	MÅLESTOKK: 1:100

TILTAKSHAVER:  
Tiltakshaver



INGENIØR- OG ARKITEKTKONTORET NORGESHUS AS, PB 161, 7223 MELHUS, TLF: 72 85 69 00

TEGNINGEN ER BESKYTTET ETTER LOV OM OPPHAVSRETT OG EIES AV NORGESHUS AS. TEGNINGER SKAL IKKE BENYTTES UTEN VÅR TILLATELSE. TEGNINGEN GJELDER IKKE SOM ARBEIDSTEGNING.

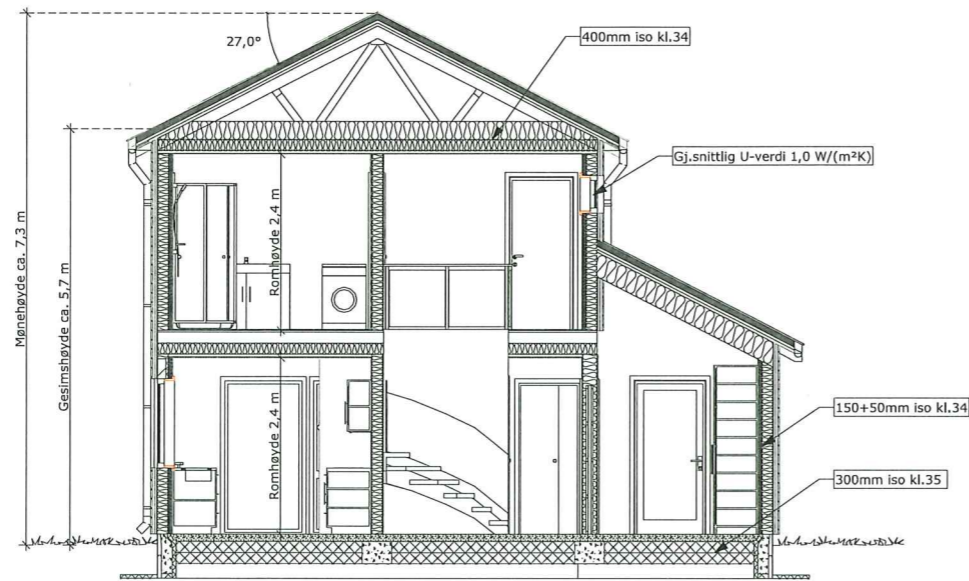
REV.

MERKNADER:

**Forbehold:** Det tas forbehold om mulig nedforet himling pga. tekniske føringer. Arealer er beregnet ut fra tegning og er oppgitt i hht. NS3940. Tekniske forhold i bygningsmessig utførelse kan påvirke arealer i mindre grad.

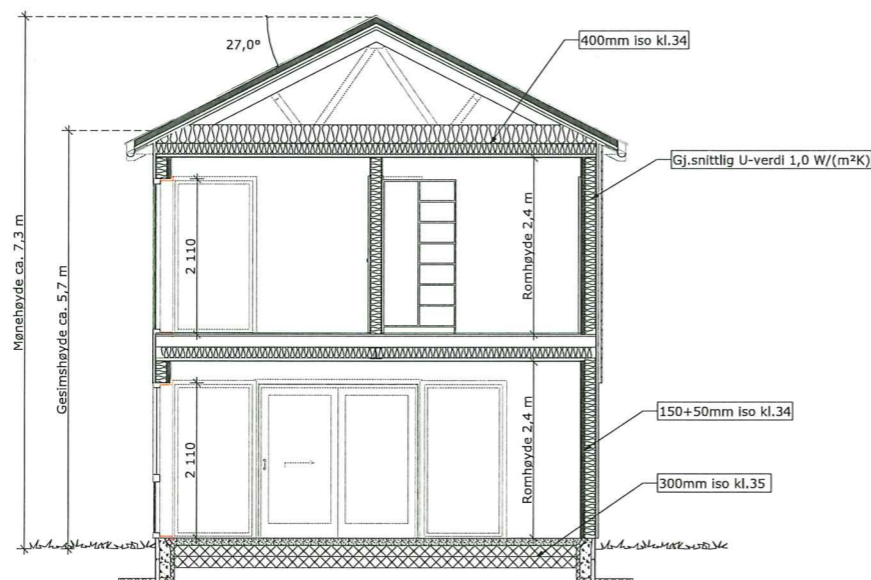
Boenhet i småhus skal oppføres med skorstein. Kravet gjelder ikke dersom boenheten oppføres med vannbåren varme. Unntak for skorstein forutsetter at vannbåren varme dekker minimum behov for romoppvarming i stue eller tilsvarende rom. Det kan benyttes annen oppvarming på badetrom, soverom eller rom som skal holde lavere innnetemperatur. Det er ikke krav til vannbårent varmebatteri for ventilasjonen, og det omfatter heller ikke oppvarming av varmt tappevann.

Det er beregnet sikkerhetsglass på vinduer/balkongdører med brystningshøyde mindre enn 0,8 m i områder der det er angitt terrasser/uteplasser. Dette kan avvike fra perspektiver i huskatalogen og det kommer fram av dør- og vindusskjema hvilke vinduer/balkongdører dette gjelder



1:100

Snitt A



1:100

Snitt B

Index	Dato	Beskrivelse	Sign	Kontr.

Oppvarmet BRA: 139,9 m <sup>2</sup>	BYA: 89,2 m <sup>2</sup>	VOLUM: 336 m <sup>3</sup>	ENERGIMERKE 
BRA H01 + H02: 75,2 + 64,7 m <sup>2</sup>	BRA TOTALT: 139,9 m <sup>2</sup>		

BYGGEKOMMUNE: Byggekommune	GNR/BNR: gnr/bnr	POSTNR: Postnr.	POSTSTED: By
ADRESSE: Adresse	MOH: Land		

TEGNET AV: KGH	KONTROLLERT AV: EK	DATO: 04.12.17	FORMAT: A3
-------------------	-----------------------	-------------------	---------------

PROSJEKT: Dråpen	PROSJEKTNR.: XX-XXXX
TEGNINGEN VISER: Snitt	TEGNING NR.: ARK-2-2-01
STATUS: Byggemelding	MÅLESTOKK: 1:100

TILTAKSHAVER:  
Tiltakshaver

BYGGEFIRMA:

INGENIØR- OG ARKITEKTKONTORET NORGESHUS AS, PB 161, 7223 MELHUS, TLF: 72 85 69 00	
TEGNINGEN ER BESKYTTET ETTER LOV OM OPPHAVSRETT OG EIES AV NORGESHUS AS. TEGNINGER SKAL IKKE BENYTTES UTEN VÅR TILLATELSE. TEGNINGEN GJELDER IKKE SOM ARBEIDSTEGNING.	REV. .

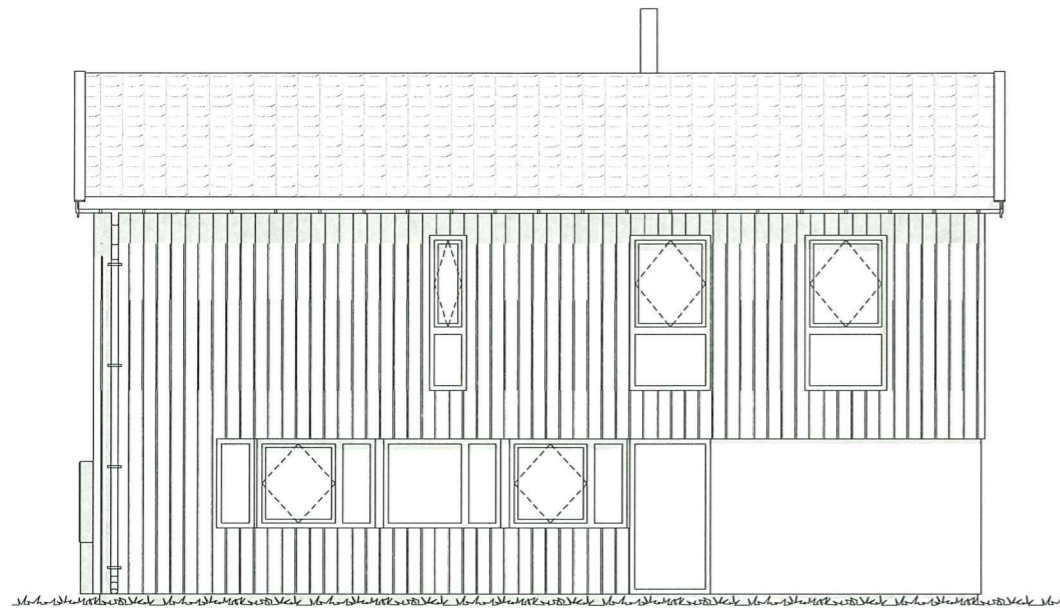


MERKNADER:

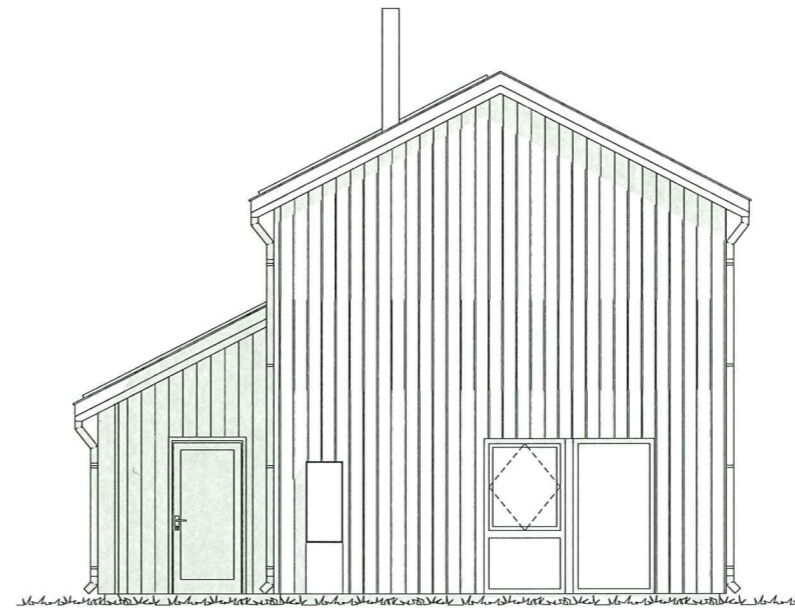
**Forbehold:** Det tas forbehold om mulig nedforet himling pga. tekniske føringer. Arealer er beregnet ut fra tegning og er oppgitt i hht. NS3940. Tekniske forhold i bygningsmessig utførelse kan påvirke arealer i mindre grad.

Boenhet i småhus skal oppføres med skorstein. Kravet gjelder ikke dersom boenheten oppføres med vannbåren varme. Unntak for skorstein forutsetter at vannbåren varme dekker minimum behov for romoppvarming i stue eller tilsvarende rom. Det kan benyttes annen oppvarming på badetrom, soverom eller rom som skal holde lavere innetemperatur. Det er ikke krav til vannbårent varmebatteri for ventilasjonen, og det omfatter heller ikke oppvarming av varmt tappevann.

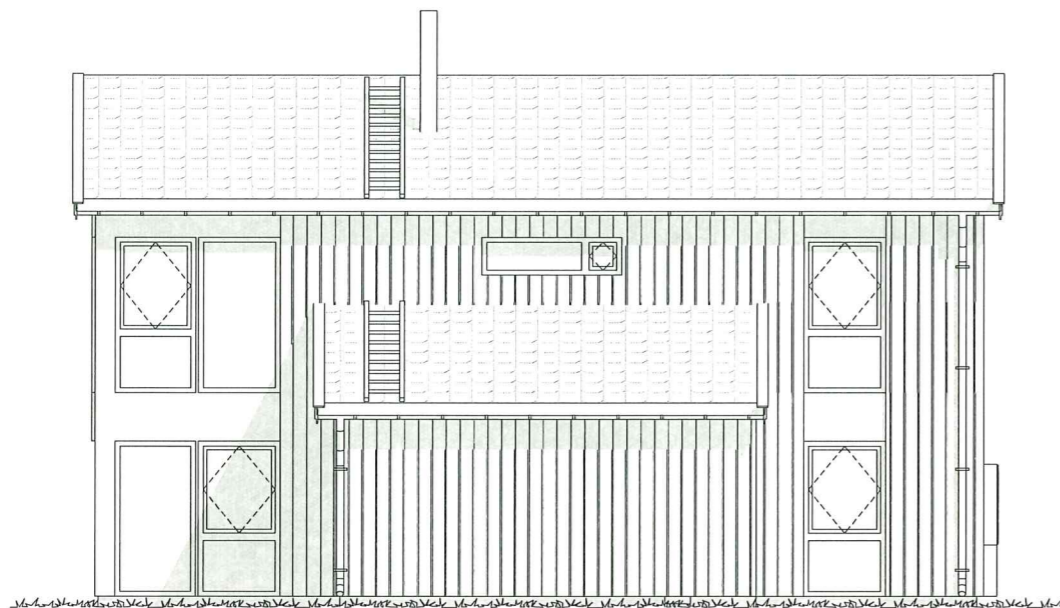
Det er beregnet sikkerhetsglass på vinduer/balkongdører med brystningshøyde mindre enn 0,8 m i områder der det er angitt terrasser/uteplasser. Dette kan avvike fra perspektiver i huskatalogen og det kommer fram av dør- og vindusskjema hvilke vinduer/balkongdører dette gjelder



1:100 Facade 1



1:100 Facade 2



1:100 Facade 3



1:100 Facade 4

Index	Dato	Beskrivelse	Sign	Kontr.

Oppvarmet BRA: 139,9 m <sup>2</sup>	BYA: 89,2 m <sup>2</sup>	VOLUM: 336 m <sup>3</sup>	ENERGIMERKE <b>B</b>
BRA H01 + H02: 75,2 + 64,7 m <sup>2</sup>	BRA TOTALT: 139,9 m <sup>2</sup>		

BYGGEKommUNE: Byggekommune	GNR/BNR: gnr/bnr	POSTNR: Postnr.	POSTSTED: By
ADRESSE: Adresse			MOH: Land

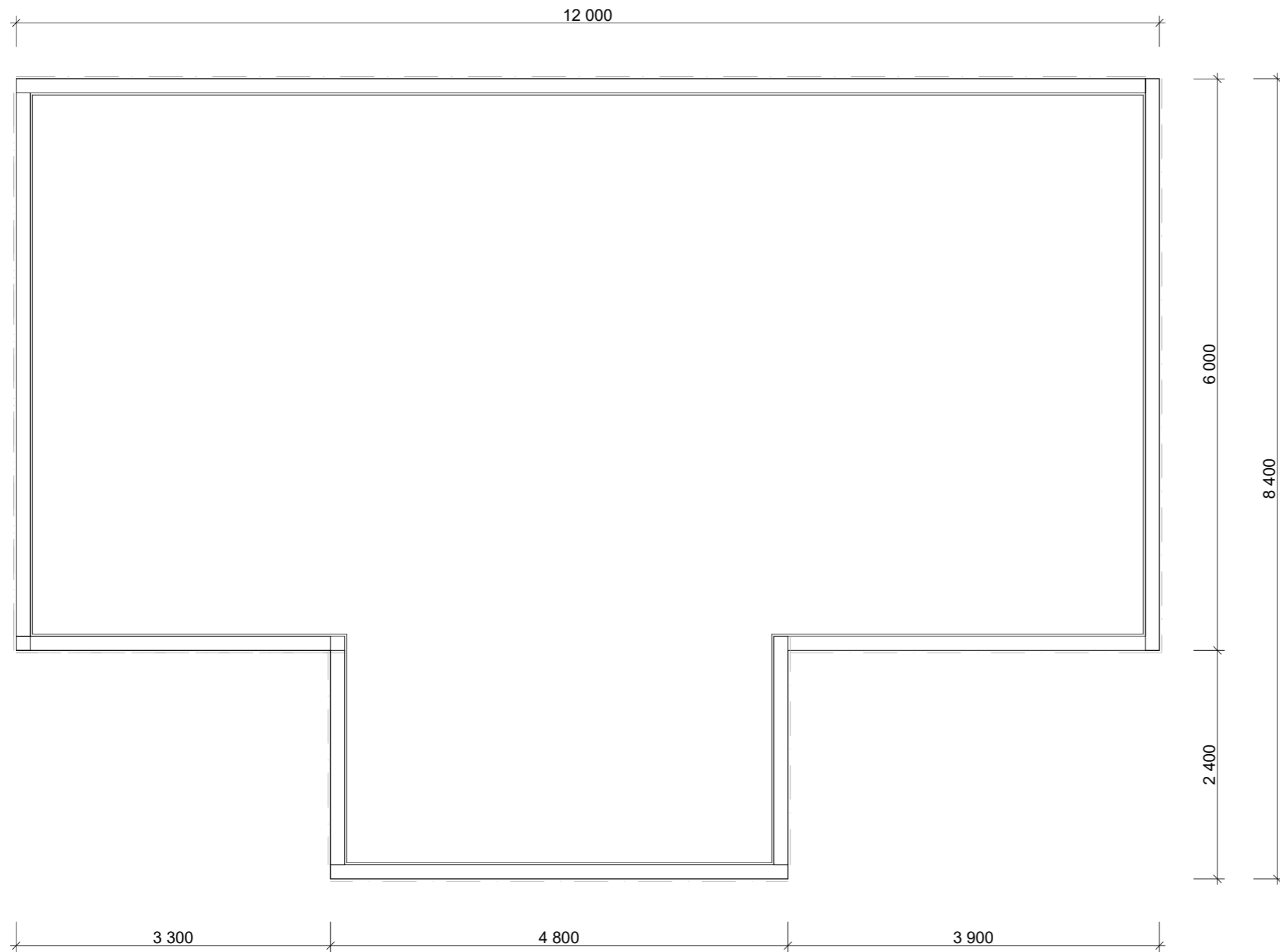
TEGNET AV: KGH	KONTROLLERT AV: EK	DATO: 04.12.17	FORMAT: A3
-------------------	-----------------------	-------------------	---------------


PROSJEKT: Dråpen	PROSJEKTNR.: XX-XXXX
TEGNINGEN VISER: Fasader	TEGNING NR.: ARK-2-3-01
STATUS: Byggemelding	MÅLESTOKK: 1:100

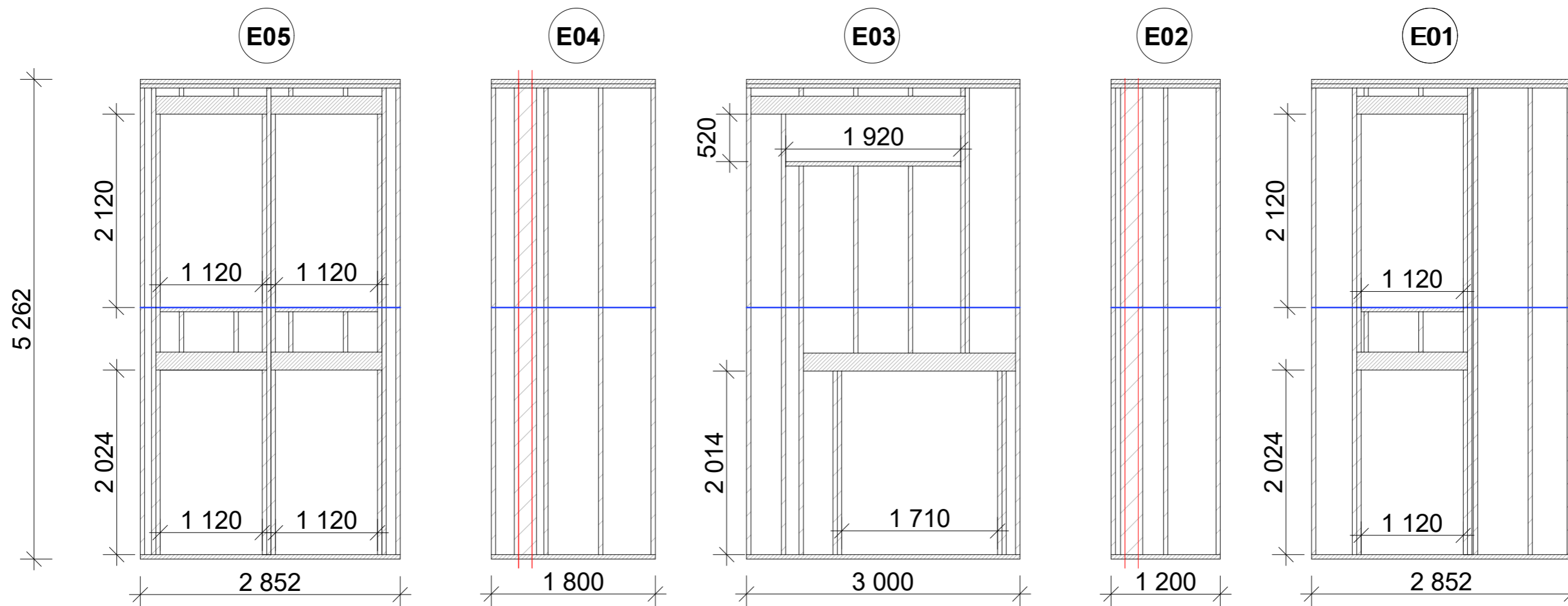
TILTAKSHAVER:  
Tiltakshaver



INGENIØR- OG ARKITEKTKONTORET NORGESHUS AS, PB 161, 7223 MELHUS, TLF: 72 85 69 00	
TEGNINGEN ER BESKYTTET ETTER LOV OM OPPHAVSRETT OG EIES AV NORGESHUS AS. TEGNINGER SKAL IKKE BENYTTES UTEN VÅR TILLATELSE. TEGNINGEN GJELDER IKKE SOM ARBEIDSTEGNING.	REV. .

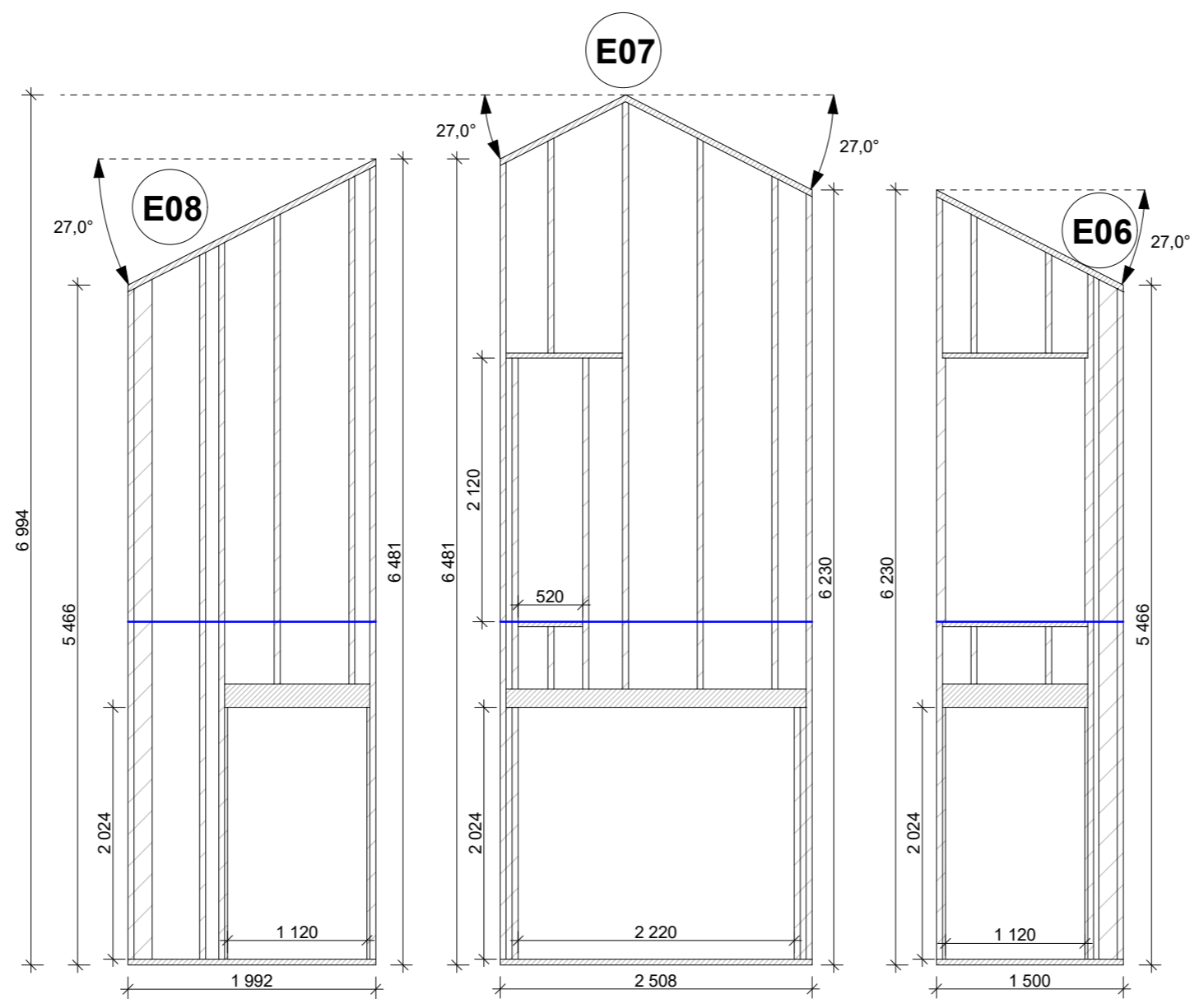


Prosjekt: <b>Dråpen, element</b>	N 
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Plantegning</b>	Målestokk: <b>1:50</b>
	Tegningsnr.: <b>0.0</b>



|| Markering av tilstøtende vegg, utbygg.  
 — Markering O.K. Bjelkelag

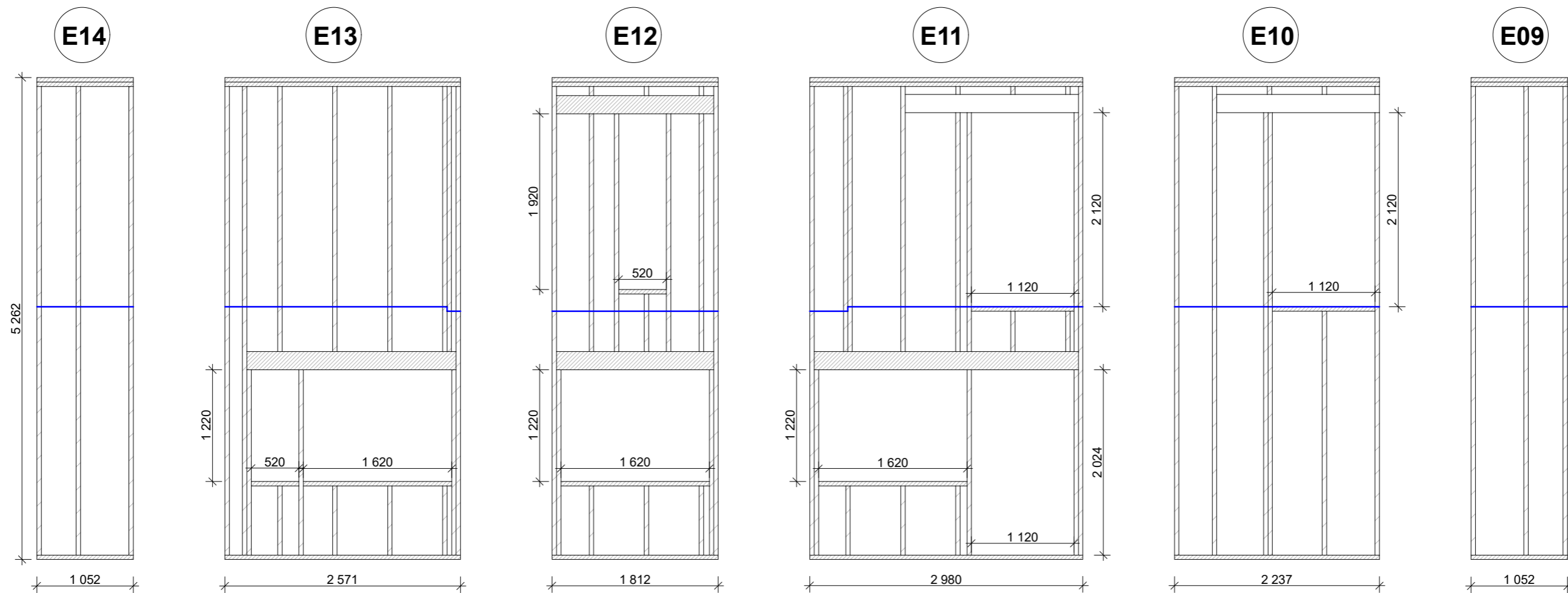
Prosjekt: <b>Dråpen, element</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Elementer sør</b>	Målestokk: <b>1:50</b> Tegningsnr.: <b>0.1</b>



|| Markering av tilstøtende vegg, utbygg.

— Markering O.K. Bjelkelag

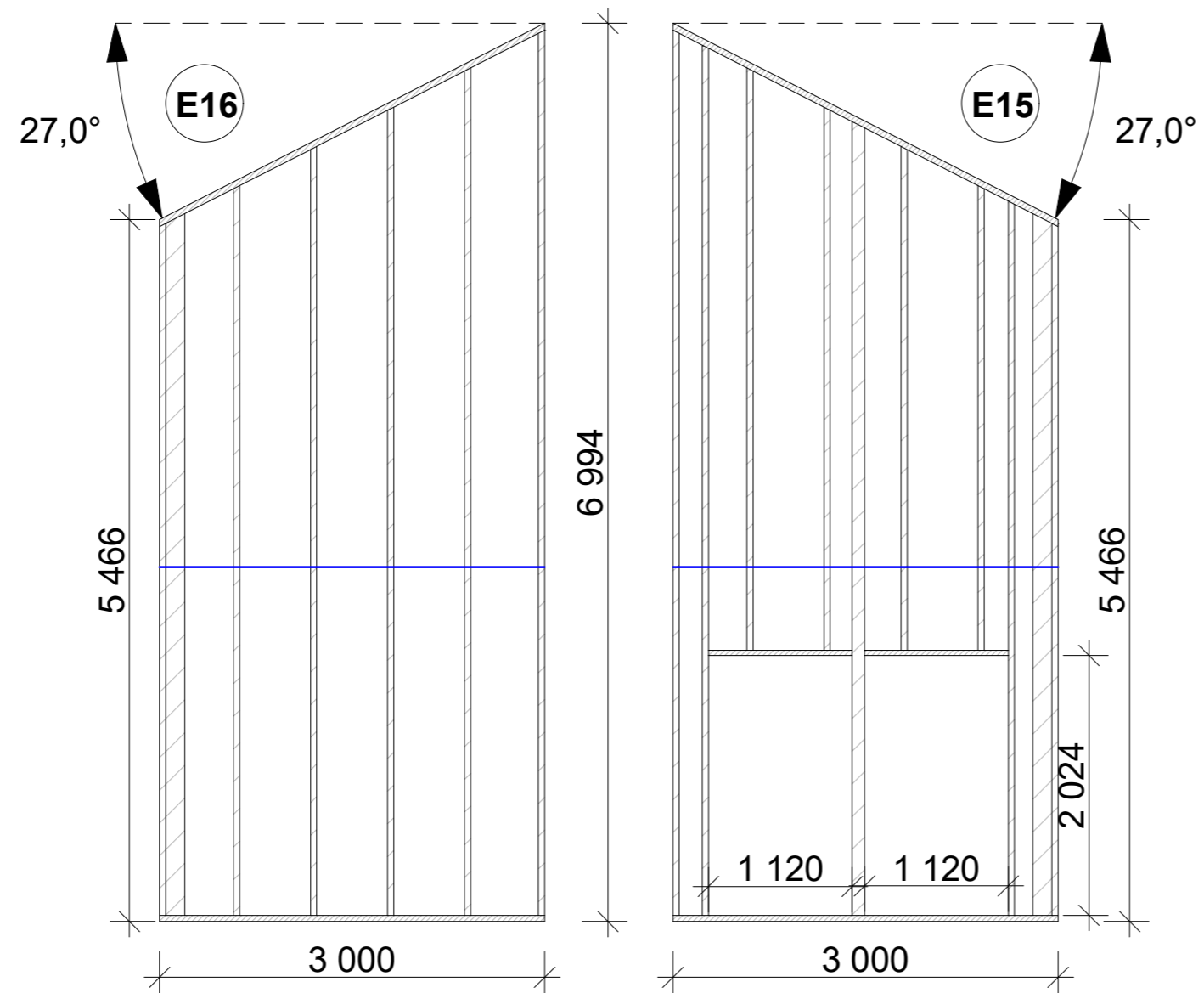
Prosjekt: <b>Dråpen, element</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Elementer vest</b>	Målestokk: <b>1:50</b>
	Tegningsnr.: <b>0.2</b>



|| Markering av tilstøtende vegg, utbygg.

— Markering O.K. Bjelkelag

Prosjekt: <b>Dråpen, element</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Elementer nord</b>	Målestokk: <b>1:50</b>
	Tegningsnr.: <b>0.3</b>

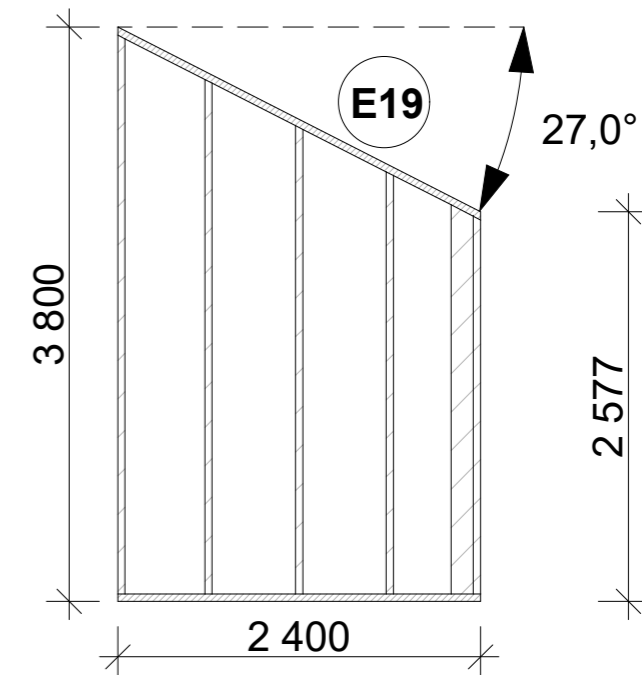
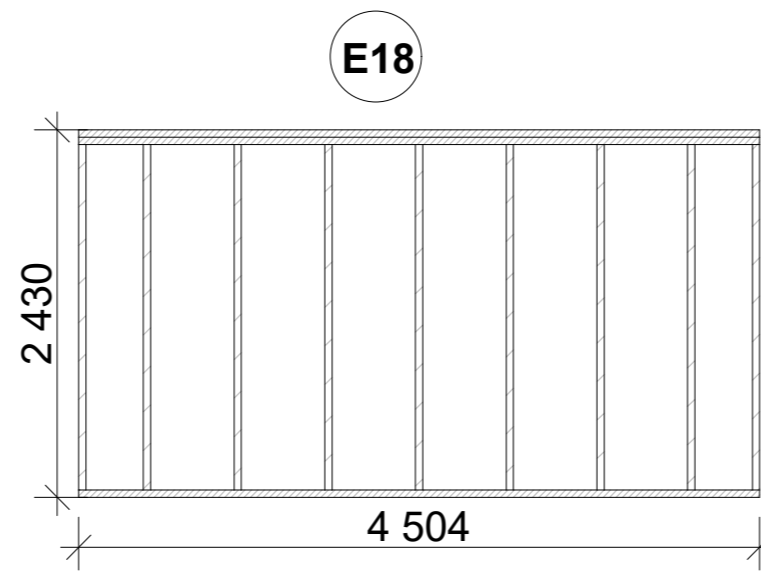
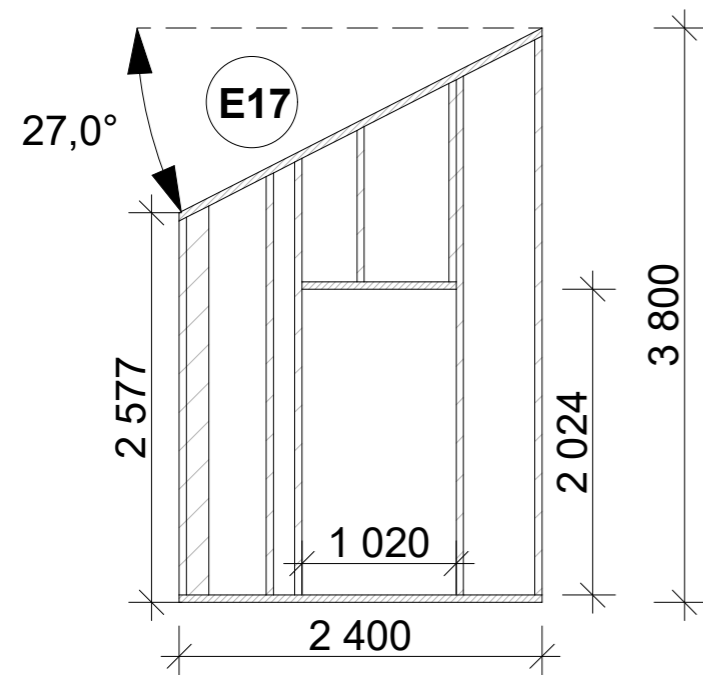


|| Markering av tilstøtende vegg, utbygg.

— Markering O.K. Bjelkelag

Prosjekt: <b>Dråpen, element</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Elementer øst</b>	Målestokk: <b>1:50</b>
	Tegningsnr.: <b>0.4</b>





|| Markering av tilstøtende vegg, utbygg.

— Markering O.K. Bjelkelag

Prosjekt:  
**Dråpen, element**

Tiltakshaver:  
**Norgeshus AS**  
Per Bortens vei 3  
7224 Melhus

Prosjekterende:  
**Gruppe 16**  
Arkitekt Christies gate 2  
7012 Trondheim

Dato:  
**14.05.2019**

Tegning:  
**Elementer utbygg**

Målestokk:  
**1:50**

Tegningsnr.:  
**0.5**

## Boligen oppfyller ikke kriteriene i TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg).

<b>1: GENERELT</b>		Beskrivelse av bygning: TEK17 Dråpen(simulering 1)		Kunde / byggherre / referanse: Norgeshus					
Bygningskategori: Småhus: Enebolig		Utførende		Beregningen utført av firma: Gruppe 16					
Type beregning	Type kontrollberegning: TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg)	Beregningen utført av person: Gruppe 16		Lokalt klima: Trondheim (Værnes) i Sør Trøndelag					
Beregningen omfatter: Hele bygningen		Ytre klima		Vindeksponeering: Landlig   Lave trær / boligstrøk / jordbruk					
Tilleggsinfo. Antall boenheter i bygget: 1		Byggeår: 2019		Jordart: Leire og silt					
Ev. matrikelinfo:									
<b>2: BYGNINGEN</b>									
Oppvarmet del av bruksareal, BRA		140	m <sup>2</sup>	BRA for bygningskomplekset er 140 m <sup>2</sup>					
Oppvarmet luftvolum		341,5	m <sup>3</sup>	Beregnet verdi					
Eksponert omkrets		40,8	m	Beregnet verdi					
Normalisert kuldebroverdi, $\psi$		0,05	W/(m <sup>2</sup> K)	Beregnet verdi					
Lekkasjetall (lekkasjetest), $n_{50}$		1,5	Luftomsetninger / time, ved 50 Pa	Antatt verdi					
Bygningens varmekapasitet		32	Wh/(m <sup>2</sup> K)	Antar minimumskrav TEK17					
Ventilasjon		Mek. balansert							
Luftmengde, dagtid		1,2	(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> = 168 m <sup>3</sup> /h.	Spesifikk vitteeffekt (SFP), dagtid: 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)					
Luftmengde, natt / helg		som over		Spesifikk vitteeffekt (SFP), natt / helg: som over kW/(m <sup>3</sup> /s)					
Varmegjenvinning, virkningsgrad		80 %		Oppgitt virkningsgrad gjelder for: Varmeveksleren (EN 308)					
Varmegjenvinner, frostsikring		-10	°C	Antar 80%					
Klimatisering		Styring av tilluftstemperatur: 18°C							
Type kjøling (mekanisk eller lufting)		Vinduslufting	Driftsdata (driftstid, internlast, settpunkter)		standard				
Nattsinking (utenom driftstid)		Nei	Arealandel vinduer som kan åpnes:		35 %				
Belysning		Styring av belysning: Vanlig manuell							
Ønsket lysstyrke		300	Lux	1,95	W/m <sup>2</sup>				
<b>3: KONSTRUKSJONSTYPER</b>									
Konstruksjonstype		Beskrivelse	U-verdi W/(m <sup>2</sup> K)	Ekstra motstand + $\Delta R$ , (m <sup>2</sup> K)/W	Type kledning (hulrom, farge)	Dokumentasjon / kommentar			
Yttervegg mot friluft		Yttervegg av bindingsverk og isolasjon	0,217	-	Ventilert, lys	250mm isolasjon, Yttervegg 198x48mm (med mere tr			
Golv på grunnen		Støpt betong over EPS	0,100	(+jord)	-	100mm betongplate over 450mm EPS			
Skråtak (>20°) mot friluft		Takstol, kaldt loft	0,100	-	Ventilert, midd.	400mm isolasjon, 48x148mm undergurt			
Skråtak (>20°) mot f friluft		Sperretak	0,180	-	Ventilert, midd.	250mm isolasjon 48x198 sperrer med 48mm nedforin			
<b>4: TYPER VINDU / DØR</b>									
Vindus-/dørtype		U-verdi W/(m <sup>2</sup> K)	Lysåpning F, %	Glass lystransmisjon / solfaktor LT% / g%	Solskjerming type	Solskjerming Te% / Re%	Vindussmyg $\uparrow$ [;<=> [;>]]	Dokumentasjon / kommentar	
3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list		0,800	80 %	72/51	Manuell (inne)	19/67	0.1/1;0.1/1	TEK15 vindu, Innvendig hvit rullegardin	
3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list+skjerming		0,800	80 %	75/71	Manuell (ute)	07/47	0.1/1;0.1/1	TEK15 vindu, Utvendig screen	
dør, 80% 3-lags glass		0,800	80 %	72/51	Manuell (inne)	19/67	0.1/2;0.1/1	TEK15 dør, Innvendig hvit rullegardin	
3-lags, argon, 1 lav-e-belegg, isolert trekarm, isolerende		0,800	80 %	73/57	Auto (ute)	05/66	0	Persienne hvit	
<b>5: FASADER / BYGNINGSKROPPEN</b>									
Beskrivelse		Konstruksjonstype	Himmelretning (grader fra N.)	Bruttoareal m <sup>2</sup>	Vindus-/dørtype	Vindu/dør m <sup>2</sup>	Horisonten grader	Utspring $\uparrow$ [;<=> [;>]]	Dokumentasjon / kommentar
VeggN		Yttervegg mot friluft	N (0°)	63,6	3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list	14,70	10°	0	
VeggS		Yttervegg mot friluft	S (180°)	45,1	3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list+skj	15,20	10°	0	
VeggØ		Yttervegg mot friluft	Ø (90°)	42,2	3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list	4,70	10°	0	
VeggV		Yttervegg mot friluft	V (270°)	42,2	3-lags, argon, 1 lav-e-belegg, iso	5,90	10°	0	
Golv		Golv på grunnen	-	77,5	dør, 80% 3-lags glass	4,70	10°	0	
Tak		Skråtak (>20°) mot friluft	N (0°)	40,4	-	-	10°	-	
Tak		Skråtak (>20°) mot friluft	S (180°)	40,4	-	-	10°	0	
VeggV(Vindfang)		Yttervegg mot friluft	V (270°)	8	-	-	10°	0	
VeggS(Vindfang)		Yttervegg mot friluft	S (180°)	11,9	-	-	10°	0	
VeggØ(Vindfang)		Yttervegg mot friluft	Ø (90°)	8	dør, 80% 3-lags glass	2,10	10°	0	
Tak		Skråtak (>20°) mot friluft #2	S (180°)	12,9	-	-	10°	0	
<b>6: ENERGIFORSYNING</b>									
Energivare		Systemtype (grunnforsyning øverst i listen, toplast-forsyning nederst)			Andel last dekket		Dokumentasjon / kommentarer		
El.varmepumpe		Varmepumpe luft/vann. Dynamisk beregning: Vannbåren golvvarme og tappevann			4kW		COP=3.9 ved 10/35°C. Virkningsgrader er faste verdi		
Fjernvarme		Fjernvarme. Vannbåren golvvarme, og tappevann, bolig			rest		NS 3031 Tillegg B (n <sub>v</sub> =0,91 n <sub>vv</sub> =0,99. Med pumpe)		
Elektrisitet		Elektrisk varmebatteri i ventilasjonsaggregat			100 %		NS 3031 Tillegg B (n <sub>v</sub> bat=0,96.)		
Elektrisitet		Nettstrøm til forbruksstrøm (lys, kontormaskiner, hvitevarer, TV o.l.)			100 %		SINTEF Byggforsk (n <sub>el</sub> =1.)		

**Bygning / prosjekt:** TEK17 Dråpen(simulering 1). Kunde/ref: Norgeshus.  
**Type beregning:** TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg). Hele bygningen (småhus: enebolig) er beregnet.

**NETTO ENERGIBEHOV (normalklima)**

Energipost	Energibehov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m²år)
Romoppvarming	8025	57,3
Ventilasjonsvarme	244	1,7
Varmtvann	4170	29,8
Vifter	613	4,4
Pumper	859	6,1
Belysning	1594	11,4
Teknisk utstyr	2453	17,5
Romkjøling	-	-
Ventilasjonskjøling	-	-
Sum denne bygning:	17959	128
Krav i TEK17 §14-2(1) ≤	-	111
	-	-

Lokalklima LENI = 11,4

**VARMETAPSBUDSJETT**

Varmetapspost	Netto areal m²	U-verdi [W/m²K]			Varmetap [(W/K)/m²]	
		Denne bygning	TEK17 §14-2(2) energitiltak	TEK17 §14-3(1a) minstekrav	Denne bygning	TEK17 §14-2(2) krav
Vegger	173,7	0,217	0,18	0,22	0,269	0,239
Tak	93,7	0,111	0,13	0,18	0,074	0,087
Gulv	77,5	0,088	0,10	0,18	0,049	0,055
Vinduer & dører	47,3	0,800	0,80	1,20	0,270	0,200
Kuldebro	140,0	ψ"=0,05	ψ"=0,05	-	0,050	0,050
Infiltrasjon	-	n <sub>50</sub> =1,5	n <sub>50</sub> =0,6	n <sub>50</sub> =1,5	0,085	0,034
Ventilasjon	-	η <sub>år</sub> ≈79,9%	η <sub>år</sub> =80%	-	0,079	0,079
<b>Bygningens varmetapstall, H" [(W/K)/m²]:</b>					<b>0,880</b>	<b>0,740</b>
					-	-

**ENERGIFORSYNING (reelle verdier i lokalklima)**

Energivare	Lvert energi kWh/år	Spesifikk lvert kWh/(m²år)	Dekningsgrad varmebehov
Direktevirkende el.	5780	41,0	1,5 %
El. til VP & solenergi	4815	34,0	86,9 %
Olje	-	-	-
Gas	-	-	-
Fjernvarme	1477	11,0	11,7 %
Biobrensel	-	-	-
Annen fornybar	-	-	-
Sum denne bygning:	12072	86	100,0 %
	-	-	-
	-	-	-

CO<sub>2</sub> utslipp cirka 32 kg/m² pr år ved normalklima.

**Tilleggsinfo, dekningsgrad pr energisystem (reelle verdier i lokalklima)**

Energisystem	Dekning av netto energibehov, kWh/år						Dekningsgrad av egen last	System-virkningsgrad
	Romoppv.	Vent.varme	Varmtvann	Romkjøling	Vent.kjøl.	El.spesifikt		
El. varmepumpe	7238	-	3311	-	-	-	88 %	2,19
Fjernvarme	556	-	859	-	-	-	12 %	0,96
Elektrisitet	-	180	-	-	-	-	100 %	0,96
Elektrisitet	-	-	-	-	-	5593	100 %	1,00
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total behov:	7793	180	4170	-	-	5593	-	-

**SAMMENDRAG**

**Energi:** Verken energirammen [TEK17 §14-2(1)] eller energitiltak [TEK17 §14-2(2)] er oppfylt. Boligen behøver ikke skorstein, ettersom den oppføres med vannbåren oppvarming; jf. TEK17 §14-4(4).  
 ► Boligen oppfyller derfor ikke kriteriene i TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg).

**Inneklima:** Boligen kan periodevis få stort solvarmetilskudd på fasader mot Øst/Vest. Dette kan løses med bedre/mer solskjerming. Innnetemperaturen er tilfredsstillende. Den overskrider komfortgrensen (Inneklimakategori II i EN 15251:2007 §A.2) bare 17 timer i året, med vinduslufting.

**Dagslys:** Estimert arealmidlet dagslysfaktor i randzone Nord=4,3%; Øst=4,4%; Sør=4,5%; Vest=4,9%; dvs. cirka 100% av BRA har en dagslysfaktor på minst 2%.  
 - Total glassareal (ekskl. karm) utgjør 27% av BRA.

## Dokumentasjon av kontrollberegning i henhold til NS 3031:2014

Bygningsbeskrivelse, adresse:	TEK17 Dråpen(simulering 1)	Byggeår 2019. Kunde/ref: Norgeshus
Lokalt klima:	Trondheim (Værnes) i Sør Trøndelag	(Landlig   Lave trær / boligstrøk / jordbruk)
Type kontrollberegning:	TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg)	Hele bygningen er beregnet
Beregning utført av:	Gruppe 16	v/ Gruppe 16

### SENTRALE INNDATA FOR ENERGIBEREGNINGEN, dokumentert iht. NS 3031:2014 Tillegg J:

Størrelser	Inndata	Dokumentasjon	
Bygningskategori	Småhus	Enebolig (1 boenhet)	
Arealer [m <sup>2</sup> ]	Yttervegger	174 m <sup>2</sup>	Yttervegg av bindingsverk og isolasjon
	Tak	94 m <sup>2</sup>	bl.a. Takstol, kaldt loft
	Gulv	78 m <sup>2</sup>	Støpt betong over EPS
	Vinduer, dører, og glassfelt	47 m <sup>2</sup>	bl.a. 3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list
Oppvarmet del av BRA ( $A_{\text{fl}}$ ) [m <sup>2</sup> ]	140 m <sup>2</sup>	Beregnet verdi	
Oppvarmet luftvolum ( $V$ ) [m <sup>3</sup> ]	342 m <sup>3</sup>	Beregnet verdi	
U-verdi for bygningsdeler [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Yttervegger	0,22 W/(m <sup>2</sup> ·K)	250mm isolasjon, Yttervegg 198+48mm (med mere treverk)
	Tak	0,11 W/(m <sup>2</sup> ·K)	bl.a. 400mm isolasjon, 48x148mm undergurt
	Gulv	0,09 W/(m <sup>2</sup> ·K)	100mm betongplate over 450mm EPS
	Vinduer, dører, og glassfelt	0,8 W/(m <sup>2</sup> ·K)	bl.a. TEK15 vindu, Innvendig hvit rullegardin
Arealandel for vinduer, dører og glassfelt, som % av BRA ( $\gamma_{\text{sol}}$ )	34 %	-	
Normalisert kuldebroverdi ( $\Psi''$ ) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	0,05	Antatt verdi	
Normalisert varmekapasitet ( $C''$ ) [Wh/(m <sup>2</sup> ·K)]	32	-	
Lekkasjetall ( $n_{50}$ ) [1/h]	1,5	Antar minimumskrav TEK17	
Temperaturvirkningsgrad ( $\eta_T$ ) for varmeveksler	80,0 %	Antar 80%	
Årsmiddel temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner pga. frostsikring (men ikke tillufttemperatur-styring)	79,9 %	Avkast>-10°C, Tilluft=18°C.	
Spesifikk vitteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	1,5	Mek. balansert ventilasjon	
Spesifikk vitteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenom driftstiden [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	-	-	
Gjennomsnittlig spesifikk mekanisk ventilasjonsluftmengde i driftstiden ( $V_{\text{ov}}/A_{\text{fl}}$ ) [(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> ]	1,2	Infiltrasjon (dvs. luftlekkasjer) utgjør ca. 0,26 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> i tillegg	
Gjennomsnittlig spesifikk mekanisk ventilasjonsluftmengde utenom driftstiden ( $V_{\text{ov}}/A_{\text{fl}}$ ) [(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> ]	-	-	
Årsgjennomsnittlig systemvirkningsgrad for oppvarmingssystemet	187 %	-	
Installert effekt for romoppvarming og ventilasjonsvarme (varmebatteri) [W/m <sup>2</sup> ]	31,5	Ingen nattsenkning	
Settpunkt-temperaturer for romoppvarming [°C]	21	Ventilasjonsluft settpunkt: 18/18°C sommer/vinter	
Årsgjennomsnittlig effektfaktor for kjølesystemet	-	-	
Installert effekt for romkjøling og ventilasjonskjøling [W/m <sup>2</sup> ]	-	-	
Settpunkt-temperaturer for kjøling [°C]	-	-	
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) [kW/(l/s)]	0,5	-	
Driftstid for oppvarming, kjøling, lys, utstyr, varmtvann / ventilasjon / personer	16 / 24 / 24 timer/døgn	Hhv. 7 døgn/uke og 52 uker/år, jf. NS 3031	
Spesifikk effektbehov for belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra belysning i driftstiden ( $q''_{\text{belys}}$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk effektbehov for utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra utstyr i driftstiden ( $q''_{\text{utst}}$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk effektbehov for varmtvann i driftstiden ( $q''_{\text{w}}$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	5,10	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra personer i driftstiden ( $q''_{\text{pers}}$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Total solfaktor ( $g_T$ ) for vindu og solavskjerming (N/Ø/S/V/Tak)	0,334/0,334/0,082/0,176	Beregnet iht. EN 13363-1. Auto (ute) solskjerming.	
Gjennomsnittlig karmfaktor ( $F_P$ )	0,20	-	
Solskjermingsfaktor pga. horisont, nære bygninger, vegetasjon, og eventuelle bygningsutspring	0,78	-	

### KONKLUSJON FRA KONTROLLBEREGNINGEN:

► Boligen oppfyller ikke kriteriene i TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg).

onsdag 8. mai 2019

dato

underskrift

## Boligen oppfyller kriteriene i TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg).

<b>1: GENERELT</b>		Beskrivelse av bygning: TEK17 Dråpen(simulering 1)		Kunde / byggherre / referanse: Norgeshus	
Bygningskategori: Småhus: Enebolig		Utførende		Beregningen utført av firma: Gruppe 16	
Type beregning	Type kontrollberegning: TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg)	Beregningen utført av person: Gruppe 16		Lokalt klima: Trondheim (Værnes) i Sør Trøndelag	
Beregningen omfatter: Hele bygningen		Ytre klima		Vindeksposering: Landlig   Lave trær / boligstrøk / jordbruk	
Tilleggsinfo. Antall boenheter i bygget: 1		Byggeår: 2019		Jordart: Leire og silt	
Ev. matrikelinfo:					
<b>2: BYGNINGEN</b>					
Oppvarmet del av bruksareal, BRA		140	m <sup>2</sup>	BRA for bygningskomplekset er 140 m <sup>2</sup>	
Oppvarmet luftvolum		341,5	m <sup>3</sup>	Beregnet verdi	
Eksponert omkrets		40,8	m	Beregnet verdi	
Normalisert kuldebroverdi, $\psi$		0,05	W/(m <sup>2</sup> K)	Beregnet verdi	
Lekkasjetall (lekkasjetest), $n_{50}$		0,6	Luftomsetninger / time, ved 50 Pa	Antatt verdi	
Bygningens varmekapasitet		32	Wh/(m <sup>2</sup> K)	Antar minimumskrav TEK17	
Ventilasjon		Mek. balansert			
Luftmengde, dagtid		1,2	(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> = 168 m <sup>3</sup> /h.	Spesifikk vitteeffekt (SFP), dagtid: 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	
Luftmengde, natt / helg		som over		Spesifikk vitteeffekt (SFP), natt / helg: som over kW/(m <sup>3</sup> /s)	
Varmegjenvinning, virkningsgrad		80 %		Oppgitt virkningsgrad gjelder for: Varmeveksleren (EN 308)	
Varmegjenvinner, frostsikring		-10	°C	Antar 80%	
Klimatisering		Styring av tilluftstemperatur: 18°C			
Type kjøling (mekanisk eller lufting)		Vinduslufting	Driftsdata (driftstid, internlast, settpunkter)		standard
Nattsenkning (utenom driftstid)		Nei	Arealandel vinduer som kan åpnes:		35 %
Belysning		Styring av belysning: Vanlig manuell			
Ønsket lysstyrke		300	Lux	1,95	W/m <sup>2</sup>
<b>3: KONSTRUKSJONSTYPER</b>					
Konstruksjonstype		Beskrivelse		U-verdi W/(m <sup>2</sup> K)	Ekstra motstand + $\Delta R$ , (m <sup>2</sup> K)/W
Yttervegg mot friluft		Yttervegg av bindingsverk og isolasjon		0,168	-
Golv på grunnen		Støpt betong over EPS		0,072	(+jord)
Skråtak (>20°) mot friluft		Takstol, kaldt loft		0,090	-
Skråtak (>20°) mot f friluft		Sperreretak		0,120	-
<b>4: TYPER VINDU / DØR</b>					
Vindus-/dørtype		U-verdi W/(m <sup>2</sup> K)	Lysåpning F, %	Glass lystransmisjon / solfaktor LT% / g%	Solskjerming type
3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list		0,800	80 %	72/51	Manuell (inne)
3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list+skjerming		0,800	80 %	75/71	Manuell (ute)
dør, 80% 3-lags glass		0,800	80 %	72/51	Manuell (inne)
3-lags, argon, 1 lav-e-belegg, isolert trekarm, isolerende		0,800	80 %	73/57	Auto (ute)
<b>5: FASADER / BYGNINGSKROPPEN</b>					
Beskrivelse		Konstruksjonstype	Himmelretning (grader fra N.)	Bruttoareal m <sup>2</sup>	Vindus-/dørtype
VeggN		Yttervegg mot friluft	N (0°)	63,6	3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list
VeggS		Yttervegg mot friluft	S (180°)	45,1	3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list+skj
VeggØ		Yttervegg mot friluft	Ø (90°)	42,2	3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list
VeggV		Yttervegg mot friluft	V (270°)	42,2	3-lags, argon, 1 lav-e-belegg, iso dør, 80% 3-lags glass
Golv		Golv på grunnen	-	77,5	-
Tak		Skråtak (>20°) mot friluft	N (0°)	40,4	-
Tak		Skråtak (>20°) mot friluft	S (180°)	40,4	-
VeggV(Vindfang)		Yttervegg mot friluft	V (270°)	8	-
VeggS(Vindfang)		Yttervegg mot friluft	S (180°)	11,9	-
VeggØ(Vindfang)		Yttervegg mot friluft	Ø (90°)	8	dør, 80% 3-lags glass
Tak		Skråtak (>20°) mot friluft #2	S (180°)	12,9	-
<b>6: ENERGIFORSYNING</b>					
Energivare		Systemtype (grunnforsyning øverst i listen, topplast-forsyning nederst)		Andel last dekket	Dokumentasjon / kommentarer
El.varmepumpe		Varmepumpe luft/vann. Dynamisk beregning: Vannbåren golvvarme og tappevann		4kW	COP=3.9 ved 10/35°C. Virkningsgrader er faste verdi
Fjernvarme		Fjernvarme. Vannbåren golvvarme, og tappevann, bolig		rest	NS 3031 Tillegg B (n <sub>v</sub> =0,91 n <sub>vv</sub> =0,99. Med pumpe)
Elektrisitet		Elektrisk varmebatteri i ventilasjonsaggregat		100 %	NS 3031 Tillegg B (n <sub>vb</sub> =0,96.)
Elektrisitet		Nettstrøm til forbruksstrøm (lys, kontormaskiner, hvitevarer, TV o.l.)		100 %	SINTEF Byggforsk (n <sub>el</sub> =1.)

**Bygning / prosjekt:** TEK17 Dråpen(simulering 1). Kunde/ref: Norgeshus.  
**Type beregning:** TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg). Hele bygningen (småhus: enebolig) er beregnet.

**NETTO ENERGIBEHOV (normalklima)**

Energipost	Energibehov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m²år)
Romoppvarming	6163	44,0
Ventilasjonsvarme	244	1,7
Varmtvann	4170	29,8
Vifter	613	4,4
Pumper	714	5,1
Belysning	1594	11,4
Teknisk utstyr	2453	17,5
Romkjøling	-	-
Ventilasjonskjøling	-	-
Sum denne bygning:	15951	114
Krav i TEK17 §14-2(1) ≤	-	111
	-	-

Lokalklima LENI = 11,4

**VARMETAPSBUDSJETT**

Varmetapspost	Netto areal m²	U-verdi [W/m²K]			Varmetap [(W/K)/m²]	
		Denne bygning	TEK17 §14-2(2) energitiltak	TEK17 §14-3(1a) minstekrav	Denne bygning	TEK17 §14-2(2) krav
Vegger	173,7	0,168	0,18	0,22	0,208	0,239
Tak	93,7	0,094	0,13	0,18	0,063	0,087
Gulv	77,5	0,066	0,10	0,18	0,036	0,055
Vinduer & dører	47,3	0,800	0,80	1,20	0,270	0,200
Kuldebro	140,0	ψ"=0,05	ψ"=0,05	-	0,050	0,050
Infiltrasjon	-	n <sub>50</sub> =0,6	n <sub>50</sub> =0,6	n <sub>50</sub> =1,5	0,034	0,034
Ventilasjon	-	η <sub>år</sub> ≈79,9%	η <sub>år</sub> =80%	-	0,079	0,079
<b>Bygningens varmetapstall, H" [(W/K)/m²]:</b>					<b>0,740</b>	<b>0,740</b>
					-	-

**ENERGIFORSYNING (reelle verdier i lokalklima)**

Energivare	Lvert energi kWh/år	Spesifikk lvert kWh/(m²år)	Dekningsgrad varmebehov
Direktevirkende el.	5623	40,0	1,7 %
El. til VP & solenergi	4160	30,0	87,7 %
Olje	-	-	-
Gas	-	-	-
Fjernvarme	1119	8,0	10,6 %
Biobrensel	-	-	-
Annen fornybar	-	-	-
Sum denne bygning:	10901	78	100,0 %
	-	-	-
	-	-	-

CO<sub>2</sub> utslipp cirka 29 kg/m² pr år ved normalklima.

**Tilleggsinfo, dekningsgrad pr energisystem (reelle verdier i lokalklima)**

Energisystem	Dekning av netto energibehov, kWh/år						Dekningsgrad av egen last	Systemvirkningsgrad
	Romoppv.	Vent.varme	Varmtvann	Romkjøling	Vent.kjøl.	El.spesifikt		
El.varmepumpe	5661	-	3345	-	-	-	89 %	2,17
Fjernvarme	261	-	825	-	-	-	11 %	0,97
Elektrisitet	-	180	-	-	-	-	100 %	0,96
Elektrisitet	-	-	-	-	-	5436	100 %	1,00
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total behov:	5922	180	4170	-	-	5436	-	-

**SAMMENDRAG**

**Energi:** Boligen behøver ikke skorstein, ettersom den oppføres med vannbåren oppvarming; jf. TEK17 §14-4(4).  
 ► Boligen oppfyller kriteriene i TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg).

**Inneklima:** Boligen kan periodevis få stort solvarmetilskudd på fasader mot Øst/Vest. Dette kan løses med bedre/mer solskjerming. Innetemperaturen er tilfredsstillende. Den overskrider komfortgrensen (Inneklimakategori II i EN 15251:2007 §A.2) bare 17 timer i året, med vinduslufting.

**Dagslys:** Estimert arealmidlet dagslysfaktor i randsone Nord=4,3%; Øst=4,4%; Sør=4,5%; Vest=4,9%; dvs. cirka 100% av BRA har en dagslysfaktor på minst 2%.  
 - Total glassareal (ekskl. karm) utgjør 27% av BRA.

## Dokumentasjon av kontrollberegning i henhold til NS 3031:2014

Bygningsbeskrivelse, adresse:	TEK17 Dråpen(simulering 1)	Byggeår 2019. Kunde/ref: Norgeshus
Lokalt klima:	Trondheim (Værnes) i Sør Trøndelag	(Landlig   Lave trær / boligstrøk / jordbruk)
Type kontrollberegning:	TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg)	Hele bygningen er beregnet
Beregning utført av:	Gruppe 16	v/ Gruppe 16

### SENTRALE INNDATA FOR ENERGIBEREGNINGEN, dokumentert iht. NS 3031:2014 Tillegg J:

Størrelser	Inndata	Dokumentasjon	
Bygningskategori	Småhus	Enebolig (1 boenhet)	
Arealer [m <sup>2</sup> ]	Yttervegger	174 m <sup>2</sup>	Yttervegg av bindingsverk og isolasjon
	Tak	94 m <sup>2</sup>	bl.a. Takstol, kaldt loft
	Gulv	78 m <sup>2</sup>	Støpt betong over EPS
	Vinduer, dører, og glassfelt	47 m <sup>2</sup>	bl.a. 3-lags/arg./lav-e/isol.karm/list
Oppvarmet del av BRA ( $A_{\text{fl}}$ ) [m <sup>2</sup> ]	140 m <sup>2</sup>	Beregnet verdi	
Oppvarmet luftvolum ( $V$ ) [m <sup>3</sup> ]	342 m <sup>3</sup>	Beregnet verdi	
U-verdi for bygningsdeler [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Yttervegger	0,17 W/(m <sup>2</sup> ·K)	250mm isolasjon, Yttervegg 198+48mm (med mere treverk)
	Tak	0,09 W/(m <sup>2</sup> ·K)	bl.a. 400mm isolasjon, 48x148mm undergurt
	Gulv	0,07 W/(m <sup>2</sup> ·K)	100mm betongplate over 450mm EPS
	Vinduer, dører, og glassfelt	0,8 W/(m <sup>2</sup> ·K)	bl.a. TEK15 vindu, Innvendig hvit rullegardin
Arealandel for vinduer, dører og glassfelt, som % av BRA ( $\gamma_{\text{sol}}$ )	34 %	-	
Normalisert kuldebroverdi ( $\Psi''$ ) [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	0,05	Antatt verdi	
Normalisert varmekapasitet ( $C''$ ) [Wh/(m <sup>2</sup> ·K)]	32	-	
Lekkasjetall ( $n_{50}$ ) [1/h]	0,6	Antar minimumskrav TEK17	
Temperaturvirkningsgrad ( $\eta_T$ ) for varmeveksler	80,0 %	Antar 80%	
Årsmiddel temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner pga. frostsikring (men ikke tillufttemperatur-styring)	79,9 %	Avkast>-10°C, Tilluft=18°C.	
Spesifikk vitteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	1,5	Mek. balansert ventilasjon	
Spesifikk vitteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenom driftstiden [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	-	-	
Gjennomsnittlig spesifikk mekanisk ventilasjonsluftmengde i driftstiden ( $V_{\text{ov}}/A_{\text{fl}}$ ) [(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> ]	1,2	Infiltrasjon (dvs. luftlekkasjer) utgjør ca. 0,1 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> i tillegg	
Gjennomsnittlig spesifikk mekanisk ventilasjonsluftmengde utenom driftstiden ( $V_{\text{ov}}/A_{\text{fl}}$ ) [(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> ]	-	-	
Årsgjennomsnittlig systemvirkningsgrad for oppvarmingsystemet	188 %	-	
Installert effekt for romoppvarming og ventilasjonsvarme (varmebatteri) [W/m <sup>2</sup> ]	26,6	Ingen nattsenkning	
Settpunkt-temperaturer for romoppvarming [°C]	21	Ventilasjonsluft settpunkt: 18/18°C sommer/vinter	
Årsgjennomsnittlig effektfaktor for kjølesystemet	-	-	
Installert effekt for romkjøling og ventilasjonskjøling [W/m <sup>2</sup> ]	-	-	
Settpunkt-temperaturer for kjøling [°C]	-	-	
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) [kW/(l/s)]	0,5	-	
Driftstid for oppvarming, kjøling, lys, utstyr, varmtvann / ventilasjon / personer	16 / 24 / 24 timer/døgn	Hhv. 7 døgn/uke og 52 uker/år, jf. NS 3031	
Spesifikk effektbehov for belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra belysning i driftstiden ( $q''_{\text{belys}}$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk effektbehov for utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra utstyr i driftstiden ( $q''_{\text{utst}}$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk effektbehov for varmtvann i driftstiden ( $q''_{\text{w}}$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	5,10	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra personer i driftstiden ( $q''_{\text{pers}}$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Total solfaktor ( $g_T$ ) for vindu og solavskjerming (N/Ø/S/V/Tak)	0,334/0,334/0,082/0,176	Beregnet iht. EN 13363-1. Auto (ute) solskjerming.	
Gjennomsnittlig karmfaktor ( $F_P$ )	0,20	-	
Solskjermingsfaktor pga. horisont, nære bygninger, vegetasjon, og eventuelle bygningsutspring	0,78	-	

### KONKLUSJON FRA KONTROLLBEREGNINGEN:

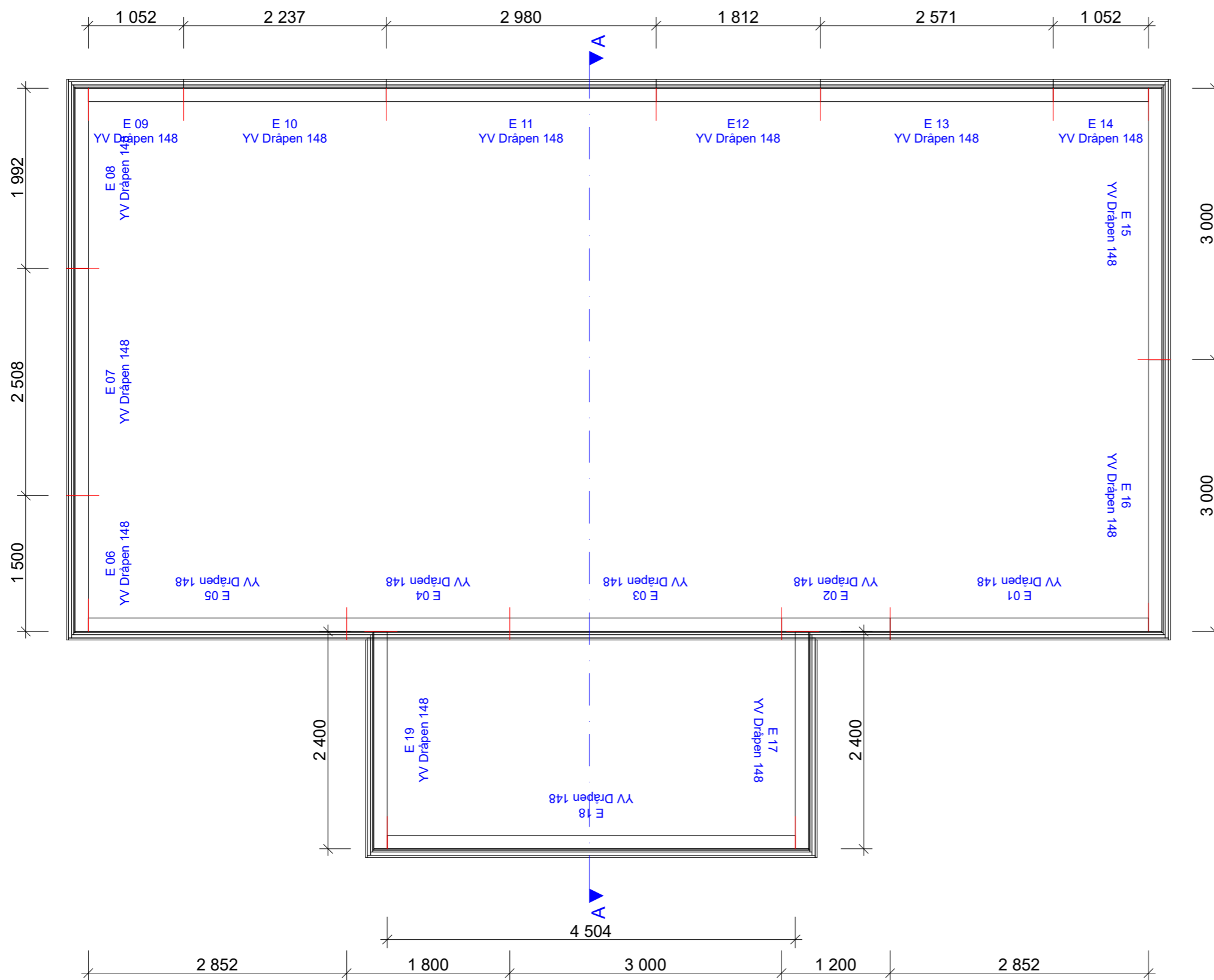
► Boligen oppfyller kriteriene i TEK17 §14 fullstendig kontroll (alle bygg).


onsdag 8. mai 2019

dato

underskrift

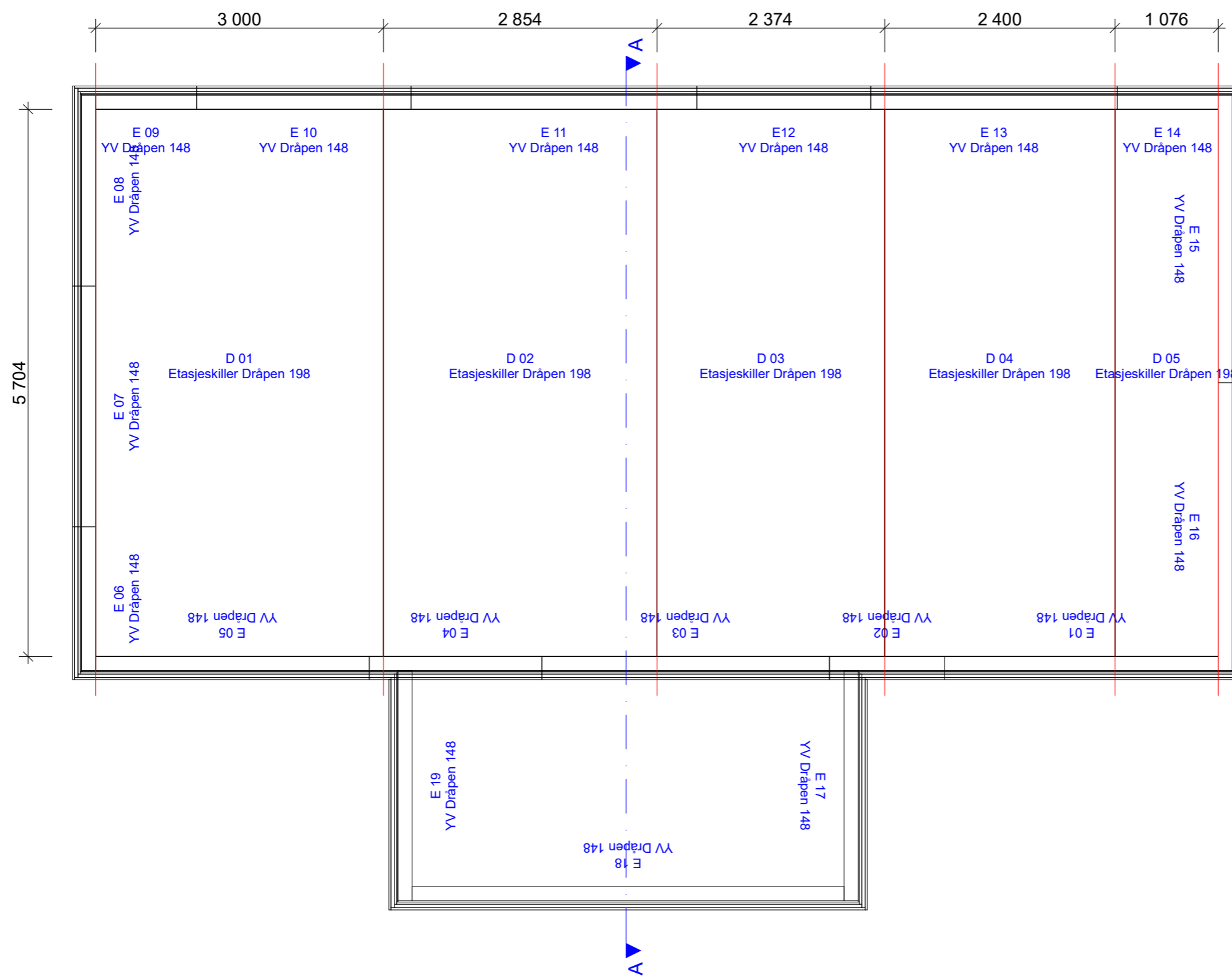
Markering av elementskjøt



Prosjekt: <b>Elementer Dråpen</b>	N 
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Grunnriss Veggelement                  plassering</b>	Målestokk: <b>1:50</b> Tegningsnr.: <b>1.1</b>

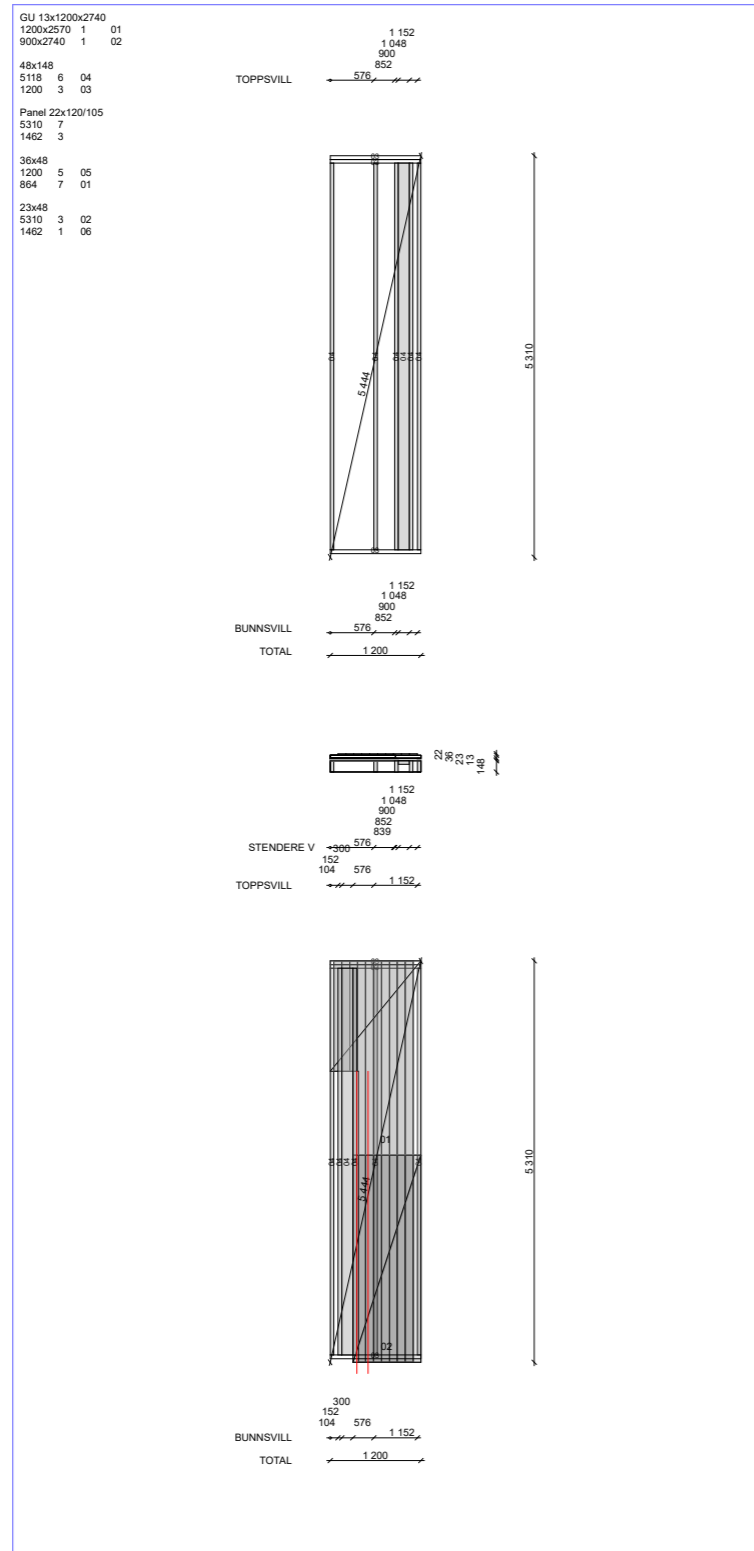


Markering av elementskjøt

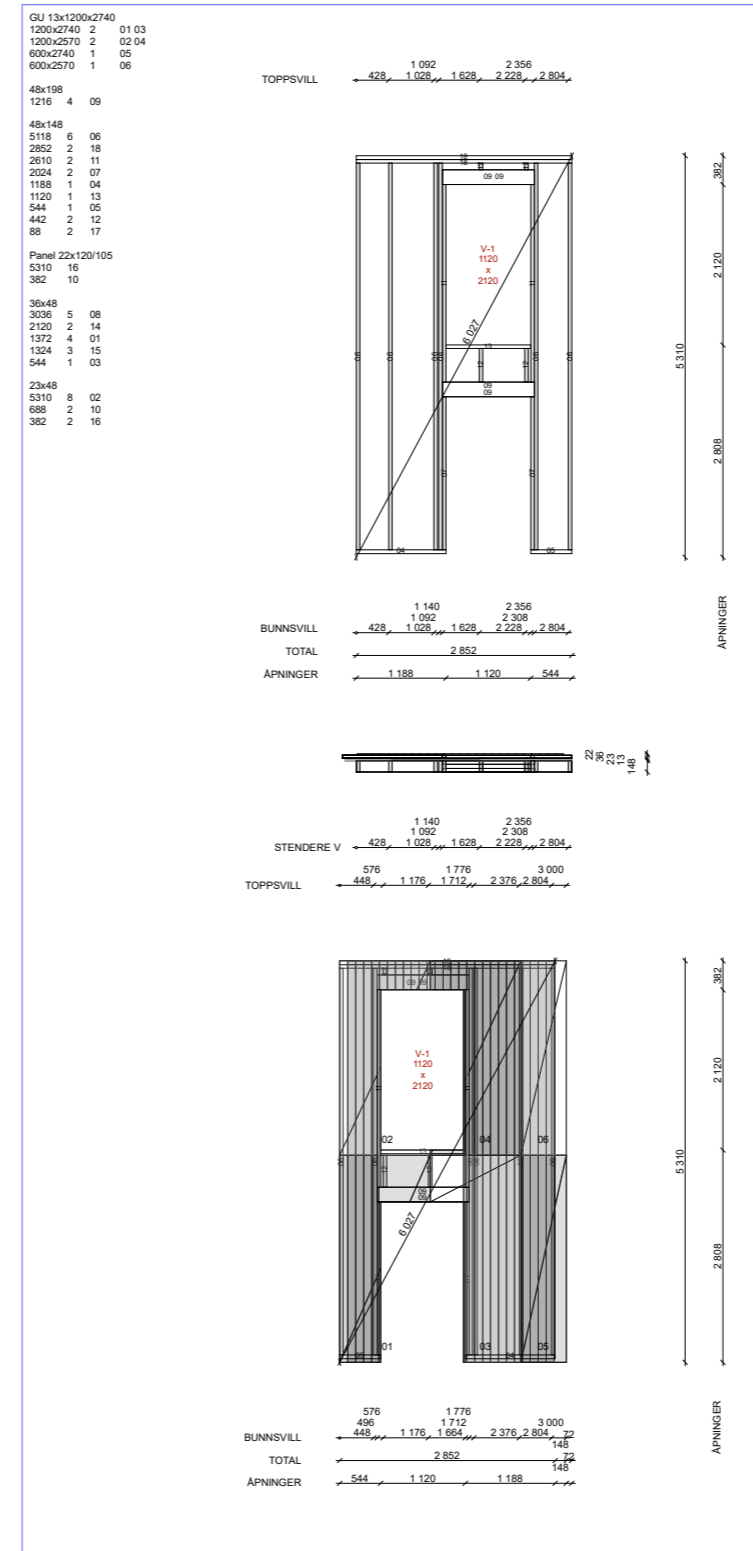


Prosjekt: <b>Elementer Dråpen</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Grunnriss Bjelkelagselement plassering</b>	Målestokk: <b>1:50</b> Tegningsnr.: <b>1.2</b>

Markering av tilstøtende vegg, utbygg.



ID	Type	Project	Project num
<b>E 02</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	



ID	Type	Project	Project num
<b>E 01</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	

Prosjekt:  
**Elementer Dråpen Sørvegg**

Tiltakshaver:  
**Norgeshus AS**  
 Per Bortens vei 3  
 7224 Melhus

Prosjekterende:  
**Gruppe 16**  
 Arkitekt Christies gate 2  
 7012 Trondheim

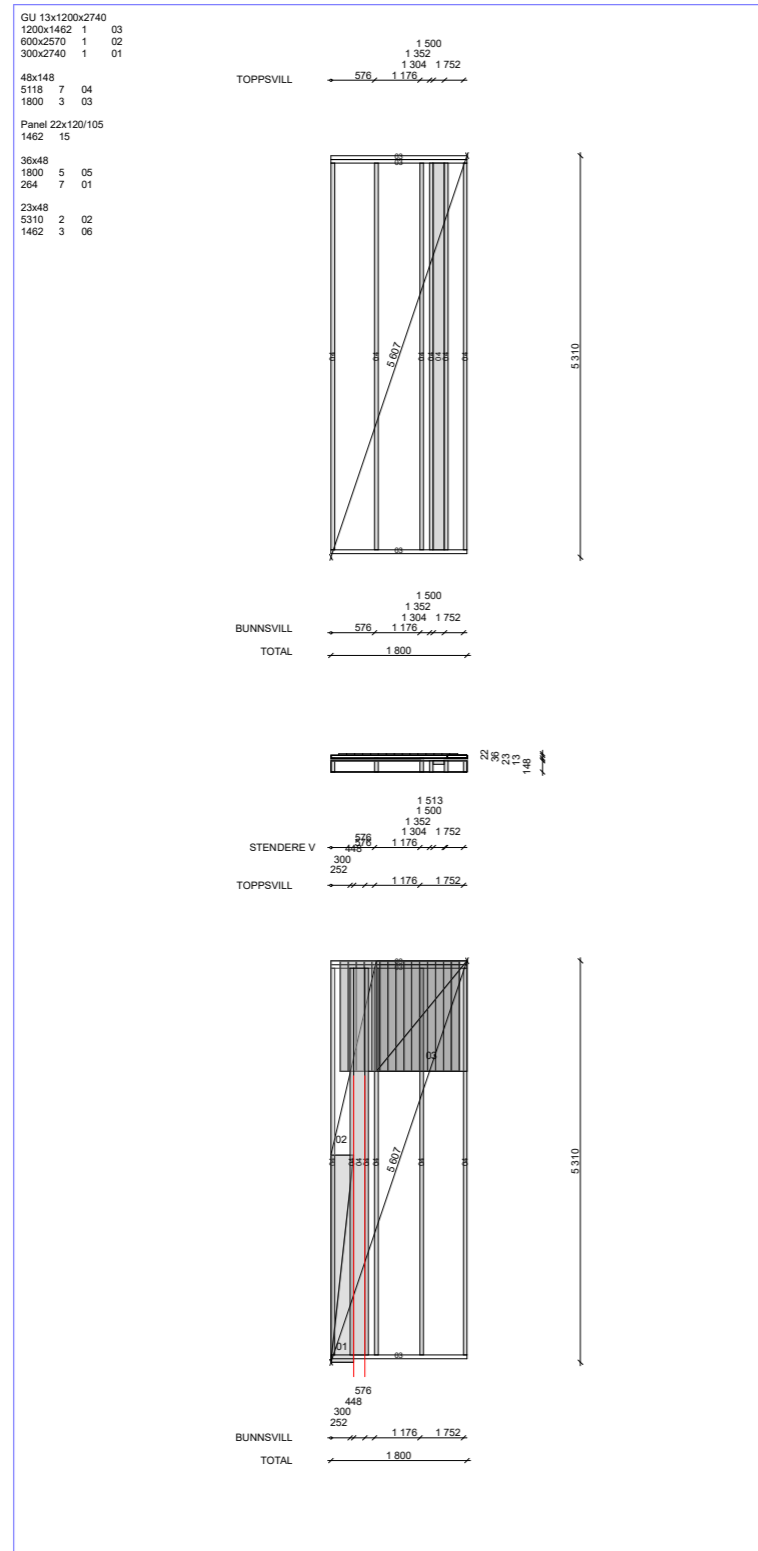
Dato:  
**14.05.2019**

Tegning:  
**E01 E02**

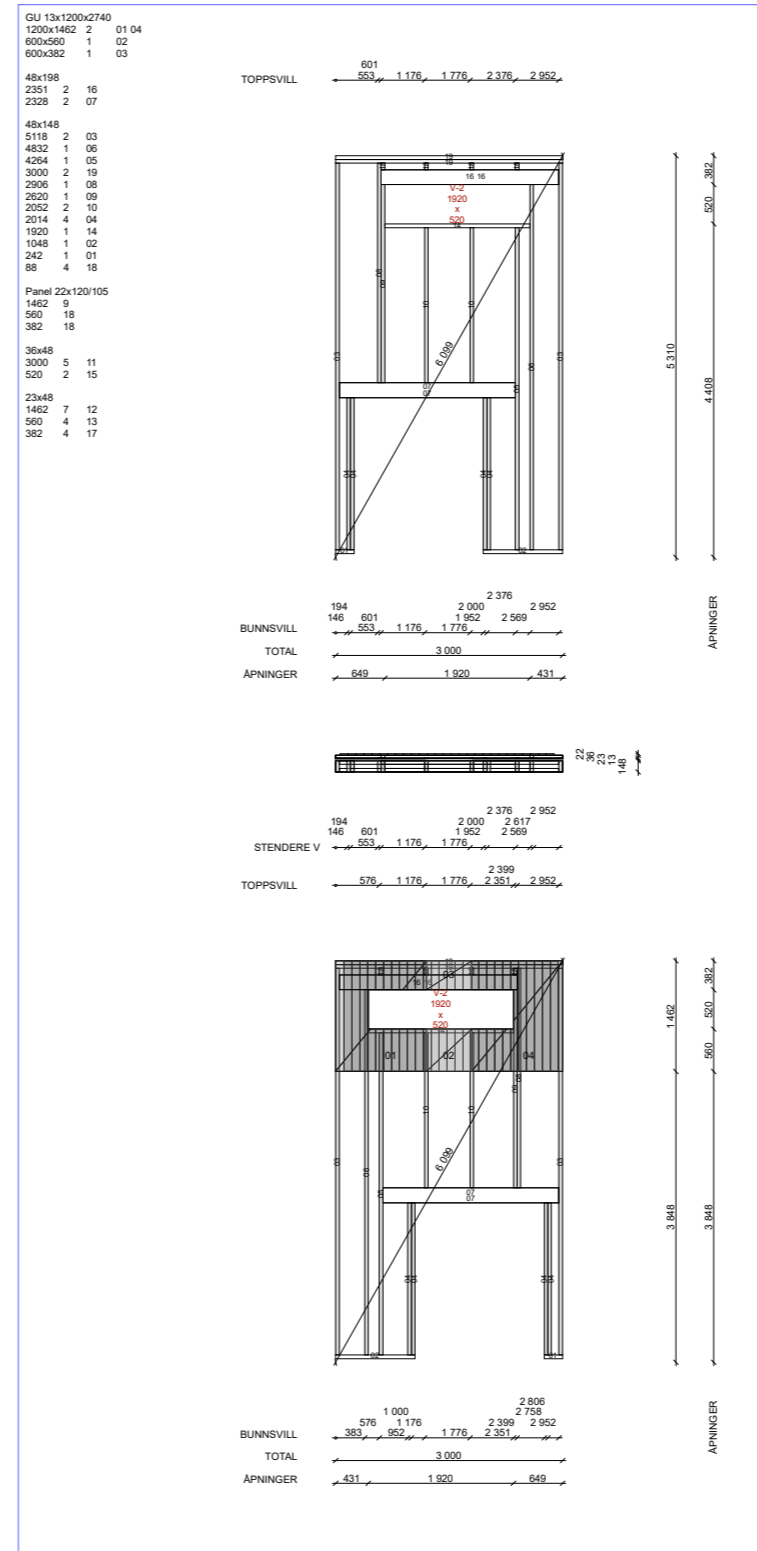
Målestokk:  
**1:100**

Tegningsnr.:  
**2.1**

Markering av tilstøtende vegg, utbygg.

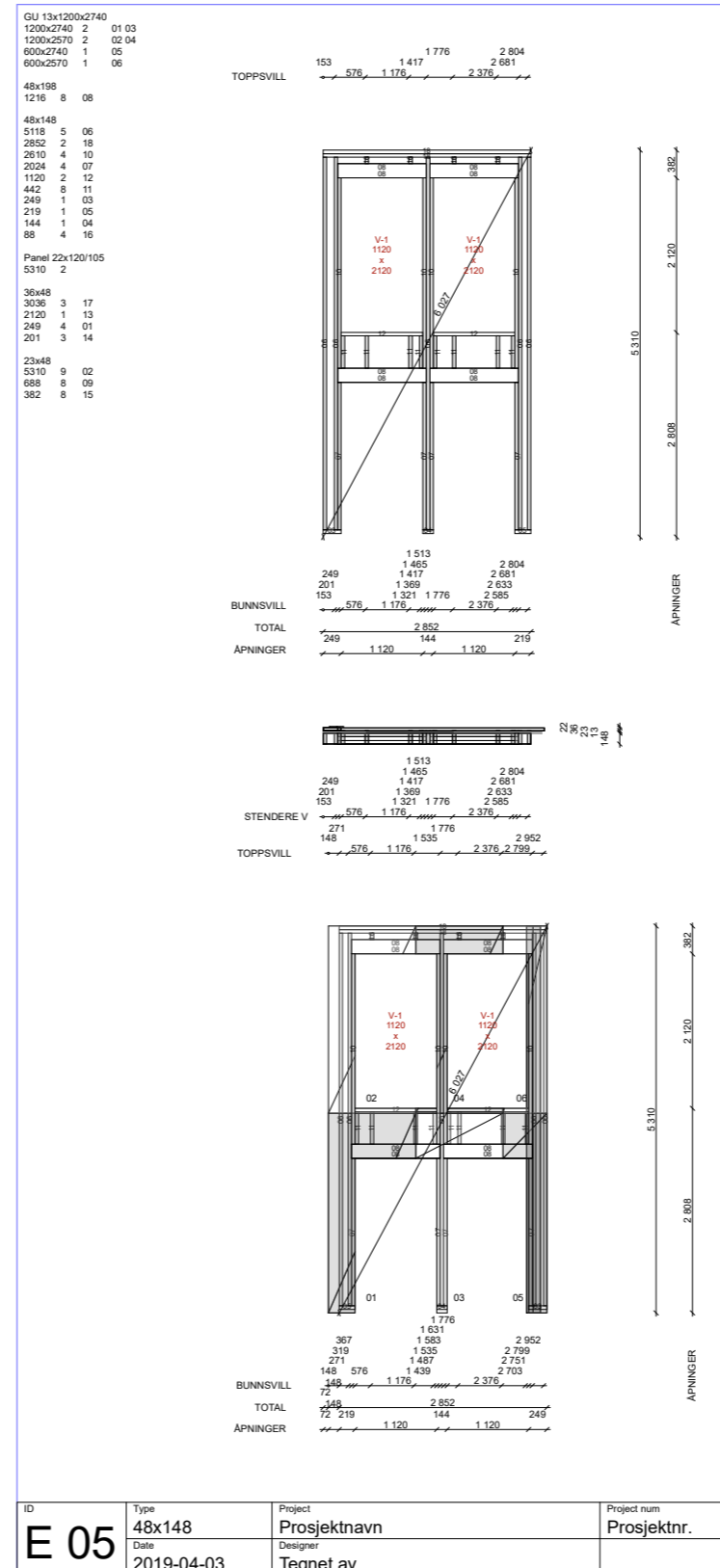


ID	Type	Project	Project num
<b>E 04</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
Date	2019-04-03	Designer	Tegnet av



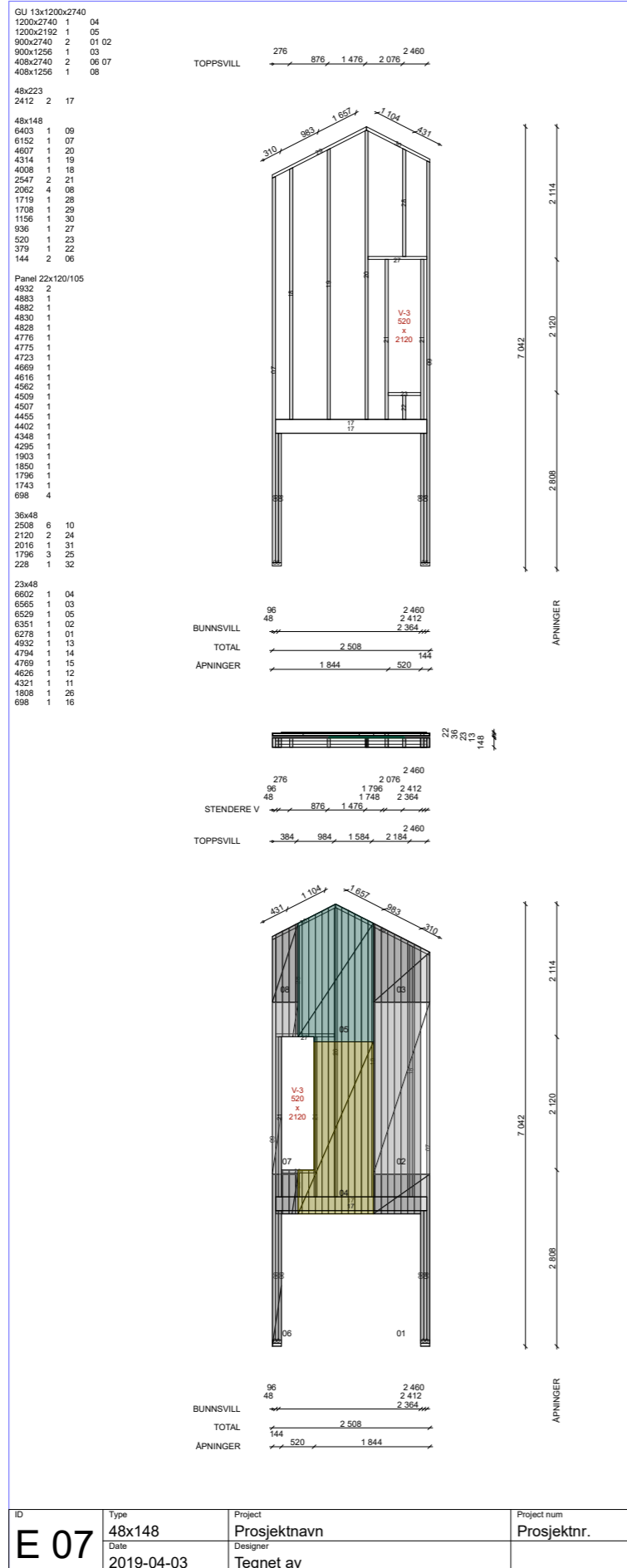
ID	Type	Project	Project num
<b>E 03</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
Date	2019-04-03	Designer	Tegnet av

Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Sørvegg</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E03 E04</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>2.2</b>

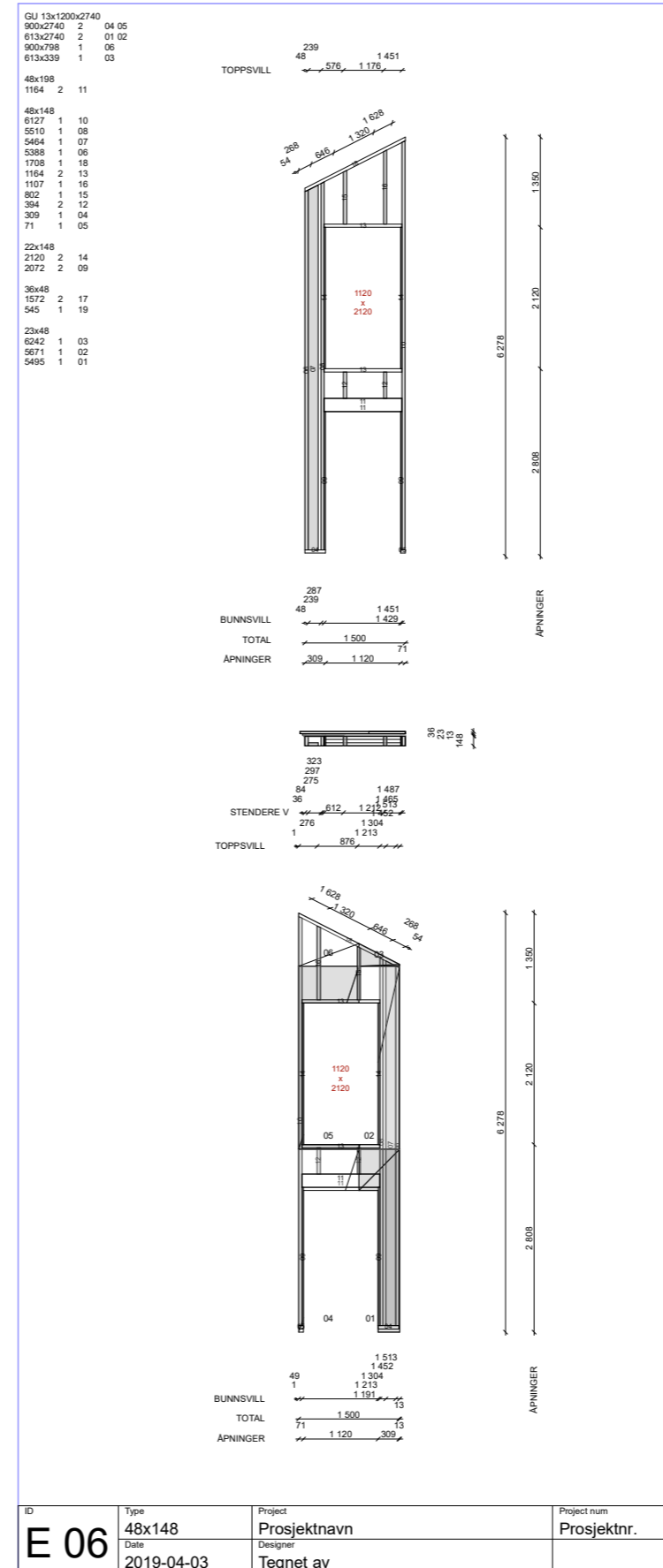


Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Sørvegg</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E05</b>	Målestokk: <b>1:100</b> Tegningsnr.: <b>2.3</b>

ID	Type	Project	Project num
<b>E 05</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	

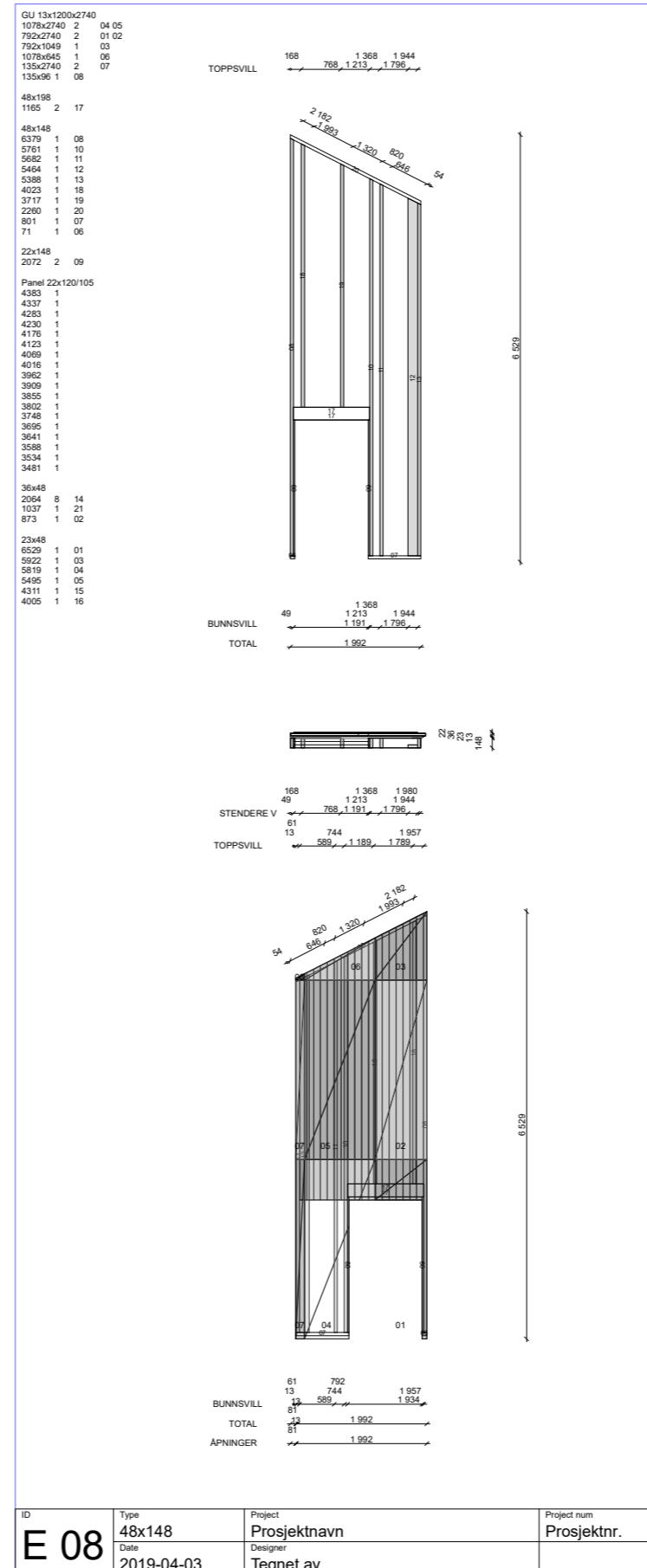


ID	Type	Project	Project num
<b>E 07</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	



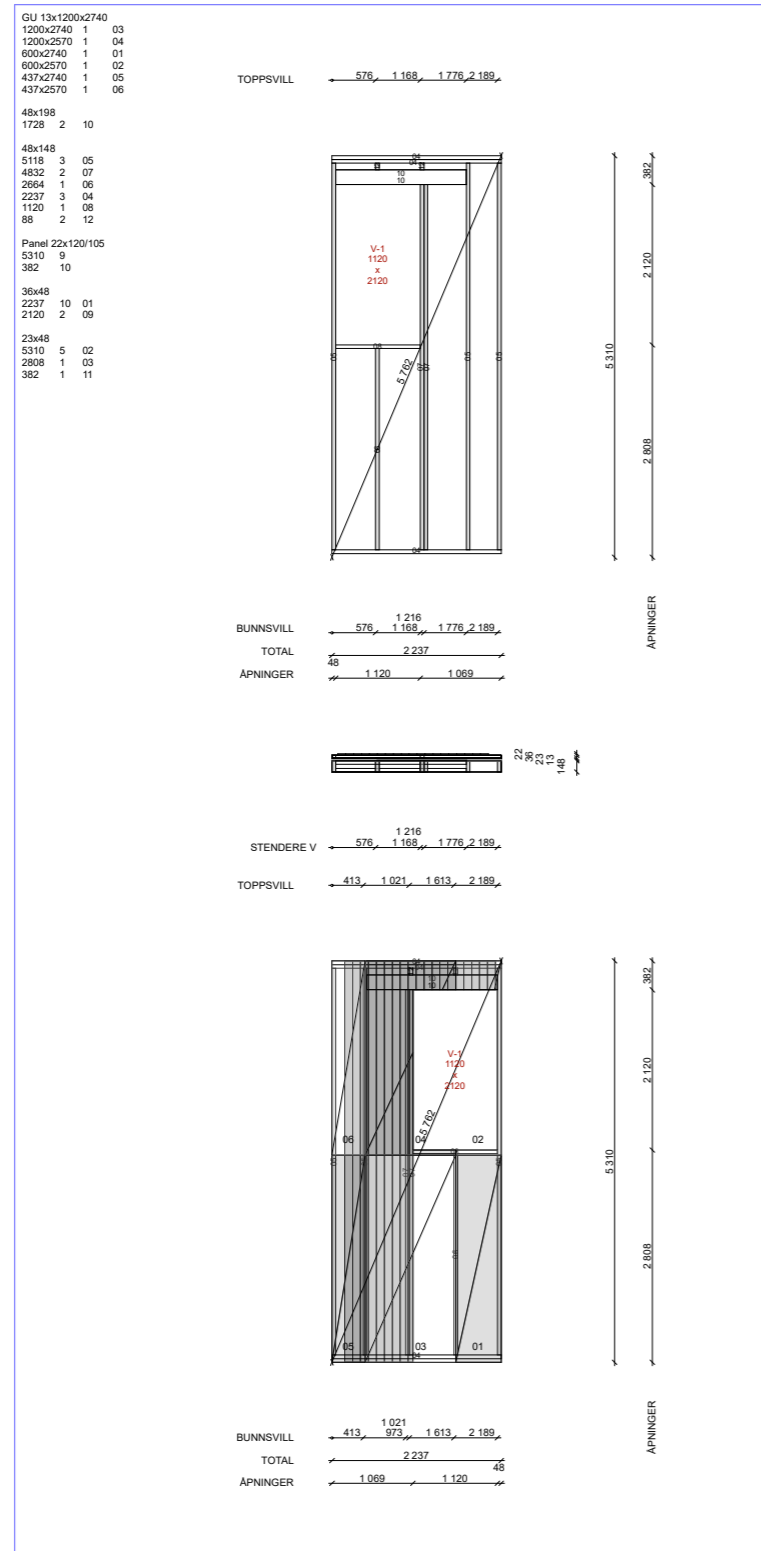
ID	Type	Project	Project num
<b>E 06</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	

Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Vestvegg</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E06 E07</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>2.4</b>

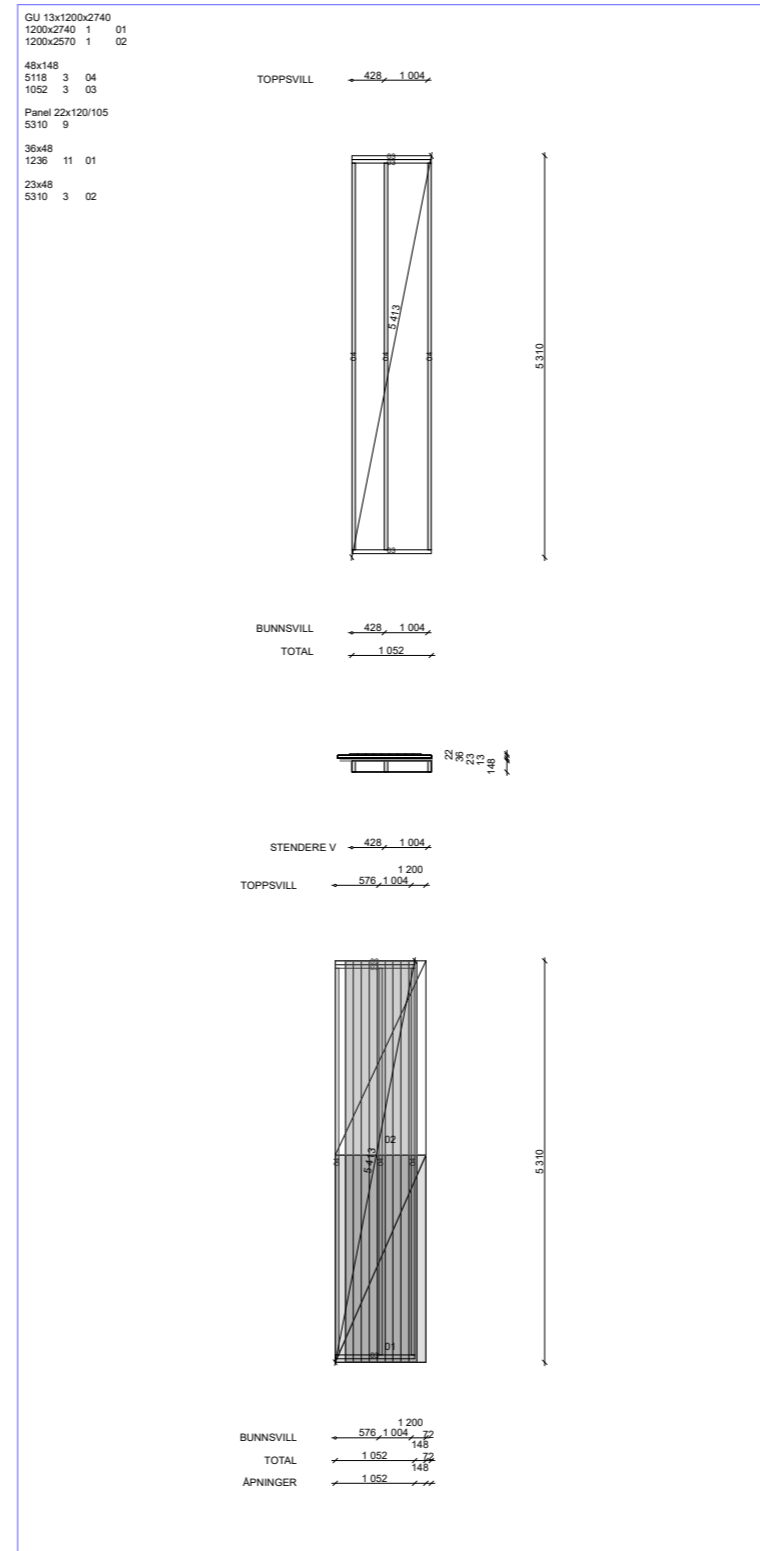


Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Vestvegg</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E08</b>	Målestokk: <b>1:100</b> Tegningsnr.: <b>2.5</b>

ID	Type	Project	Project num
<b>E 08</b>	<b>48x148</b>	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	

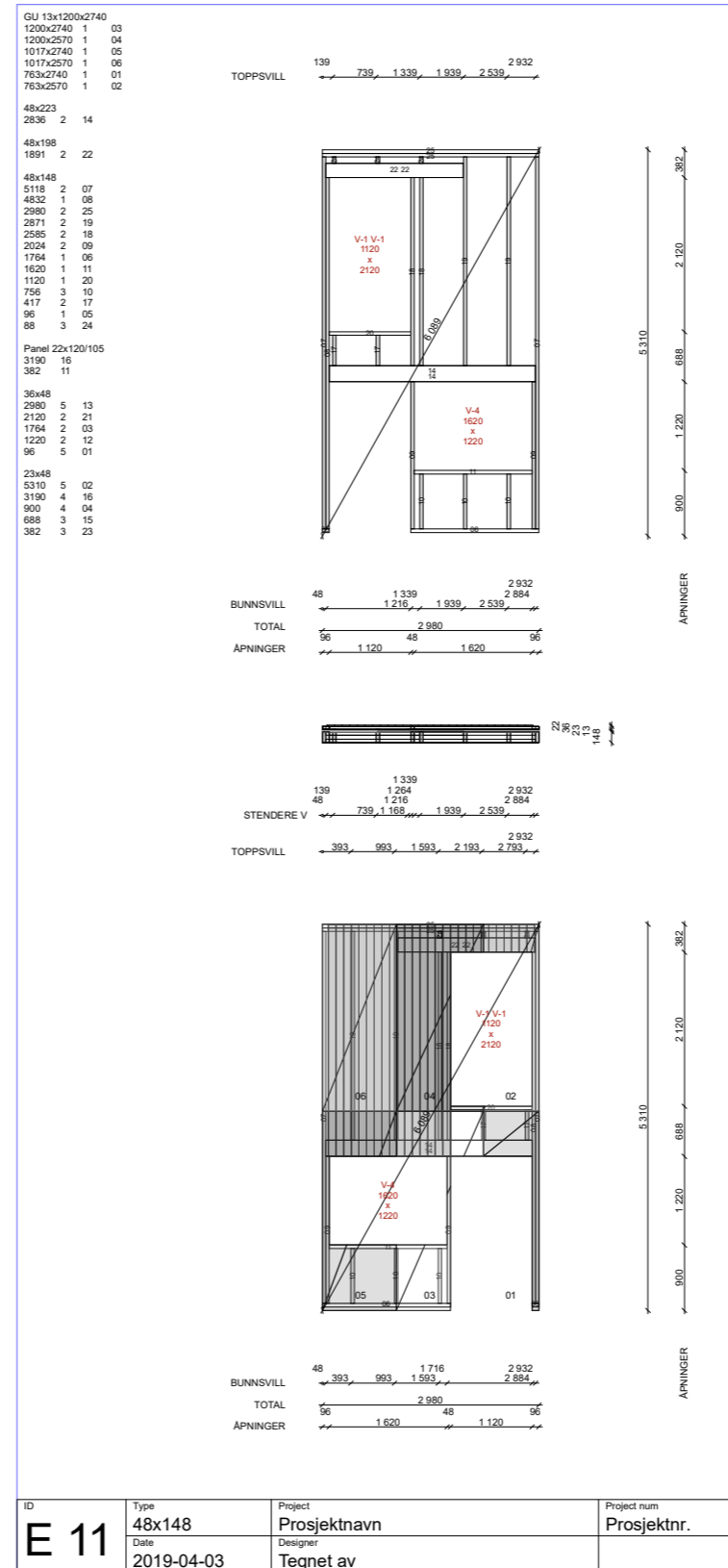
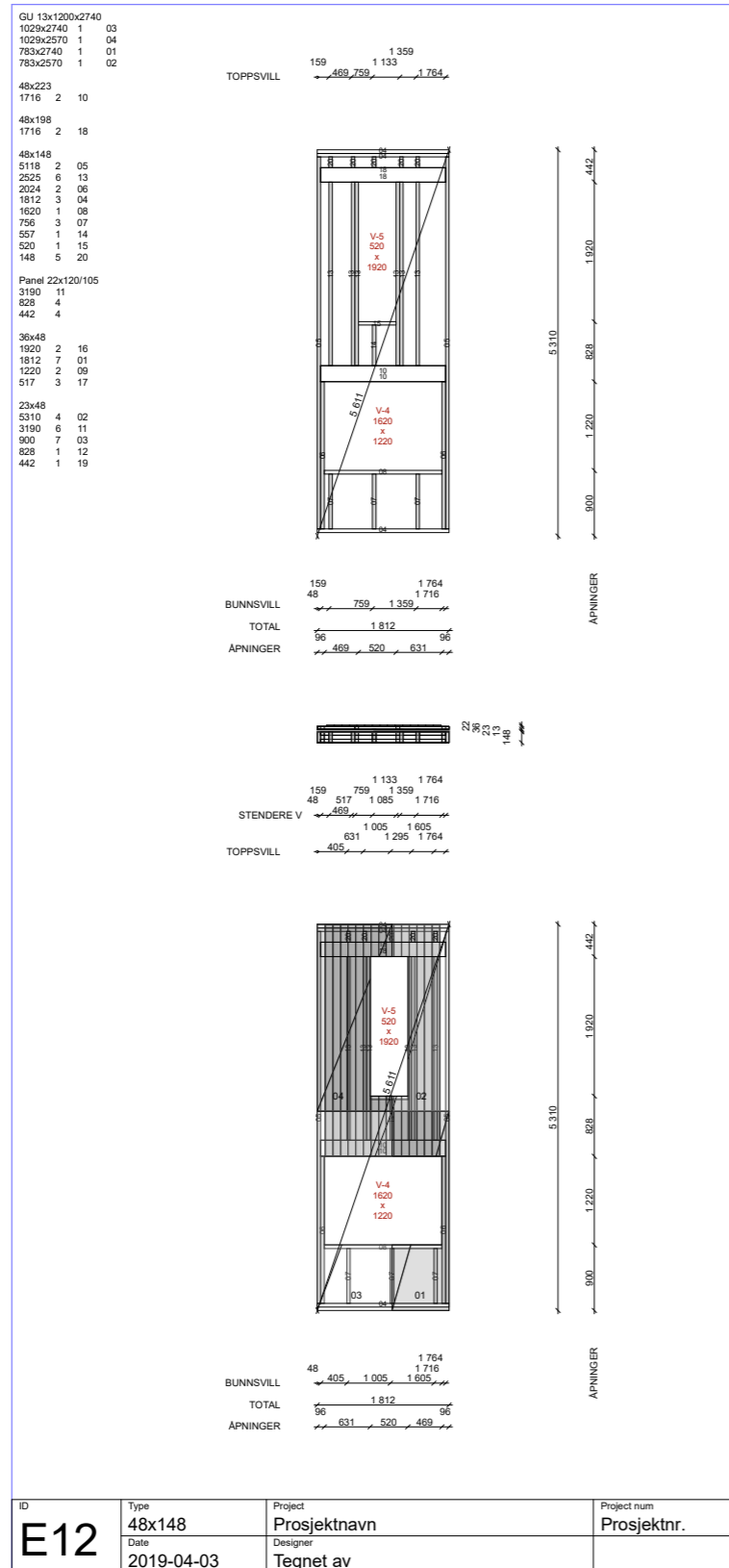


ID	Type	Project	Project num
<b>E 10</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
Date	2019-04-03	Designer	Tegnet av



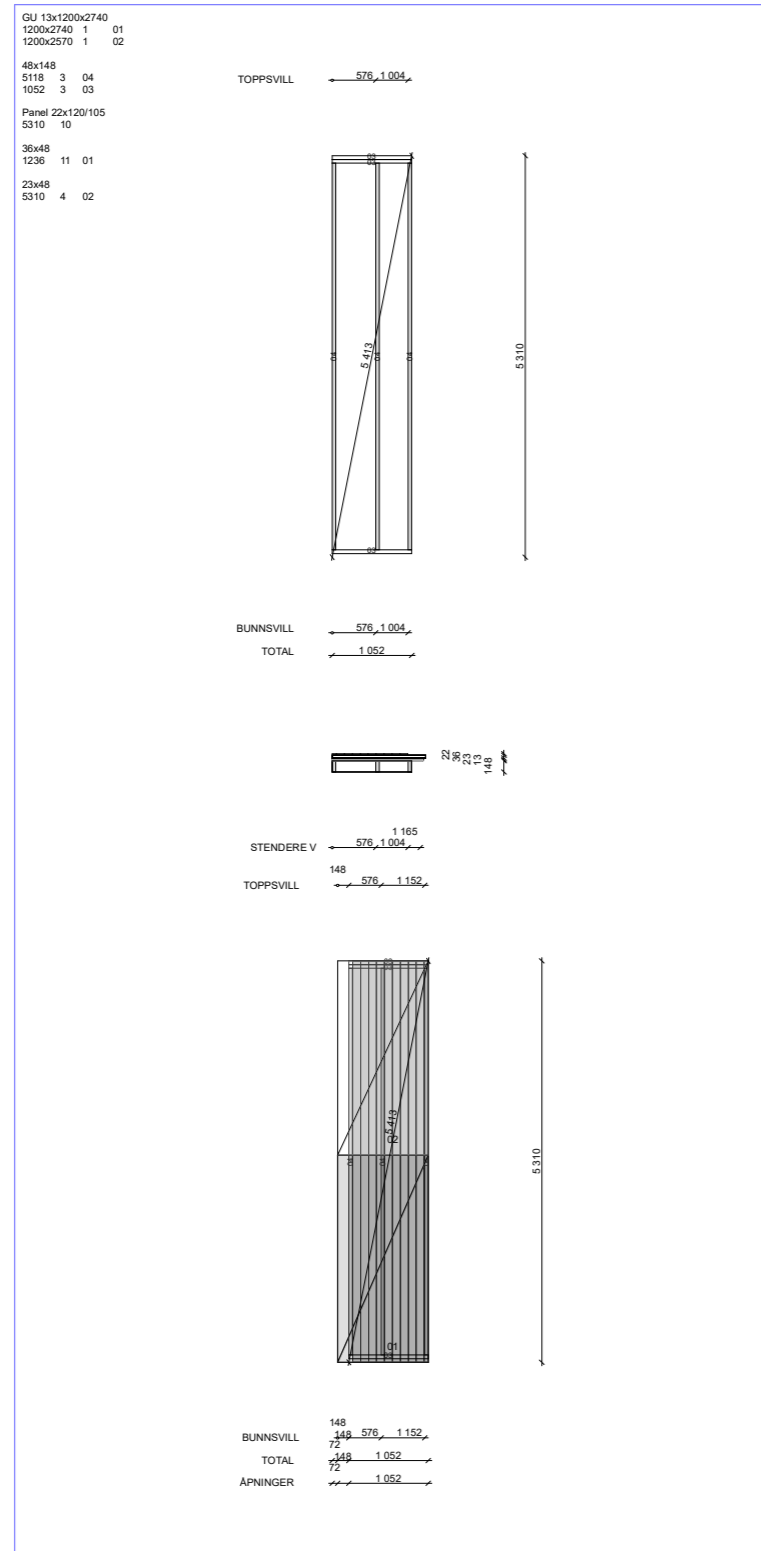
ID	Type	Project	Project num
<b>E 09</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
Date	2019-04-03	Designer	Tegnet av

Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Nordvegg</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E09 E10</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>2.6</b>

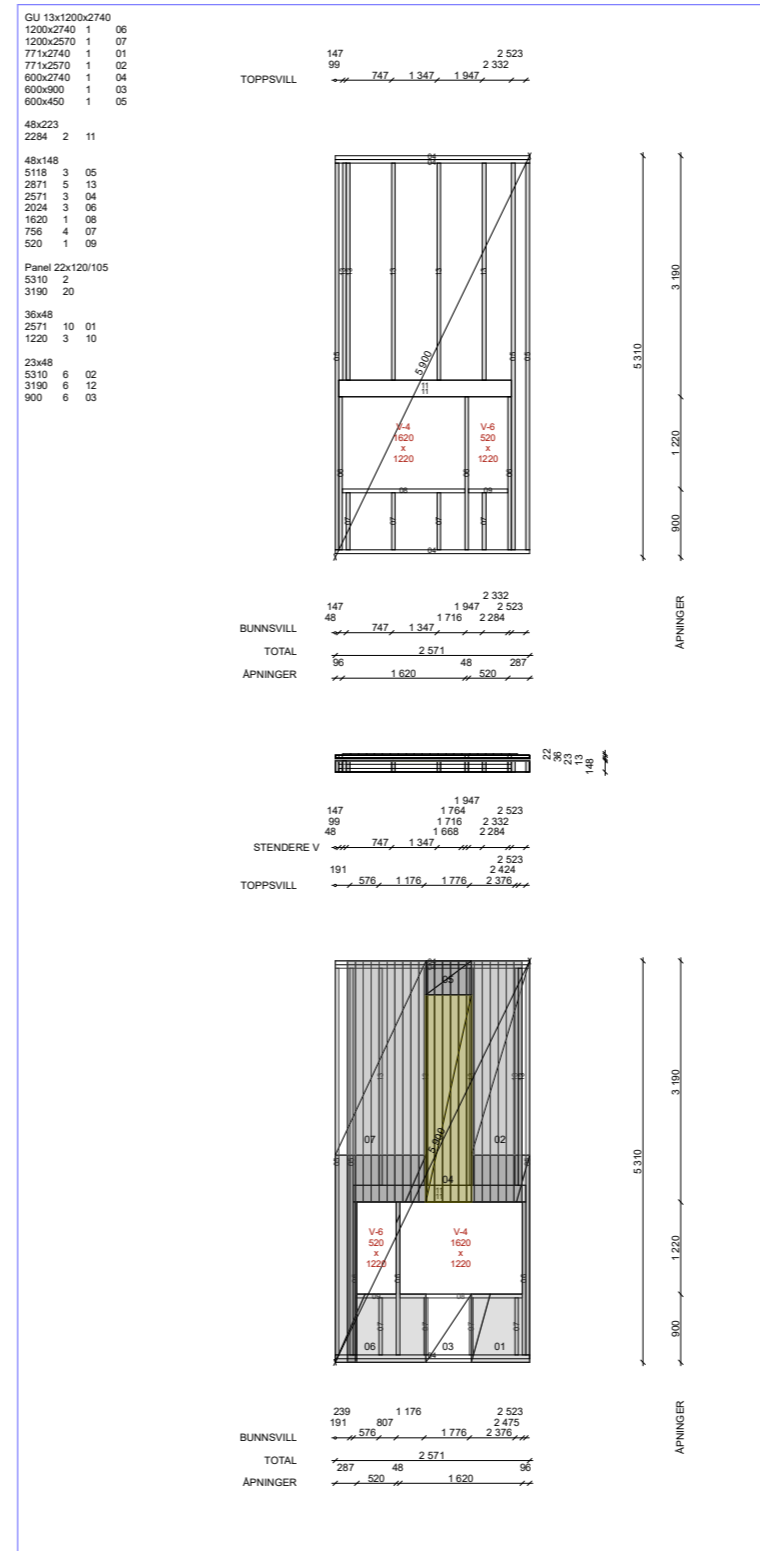


Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Nordvegg</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E11 E12</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>2.7</b>



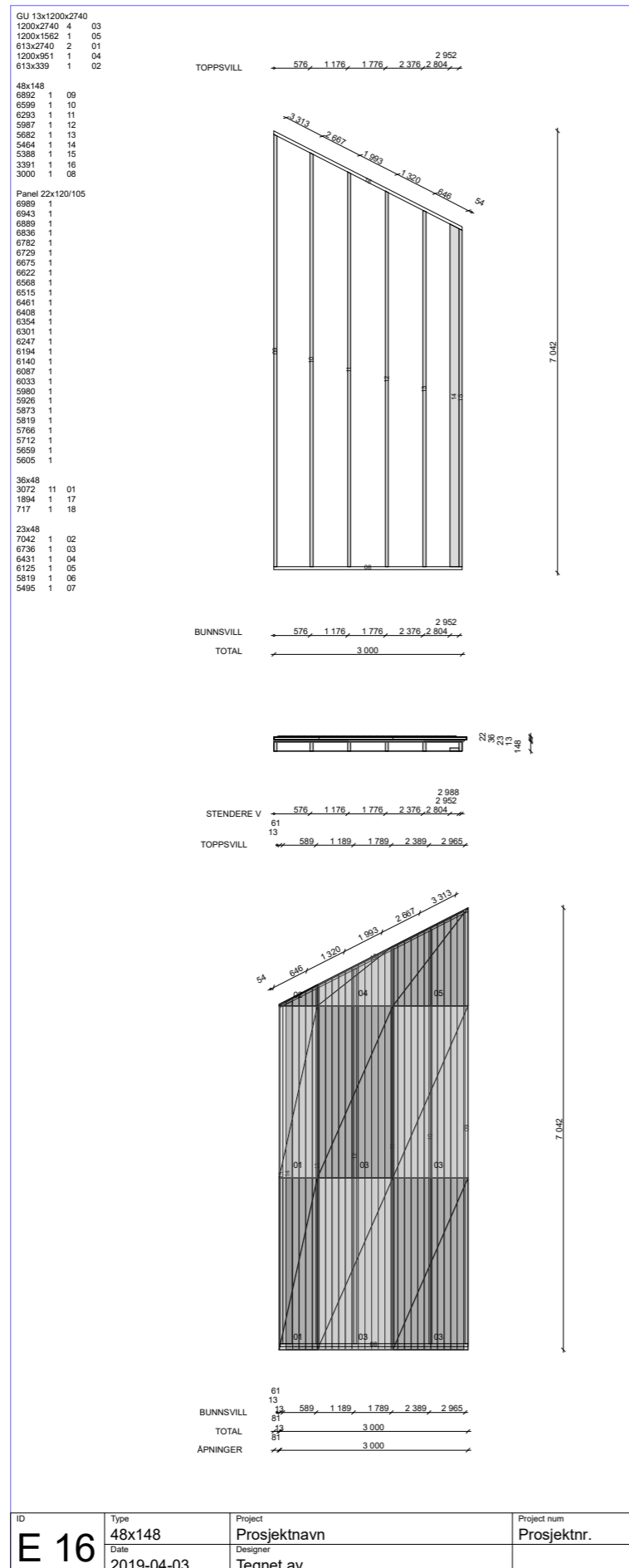


ID	Type	Project	Project num
<b>E 14</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
Date	2019-04-03	Designer	Tegnet av

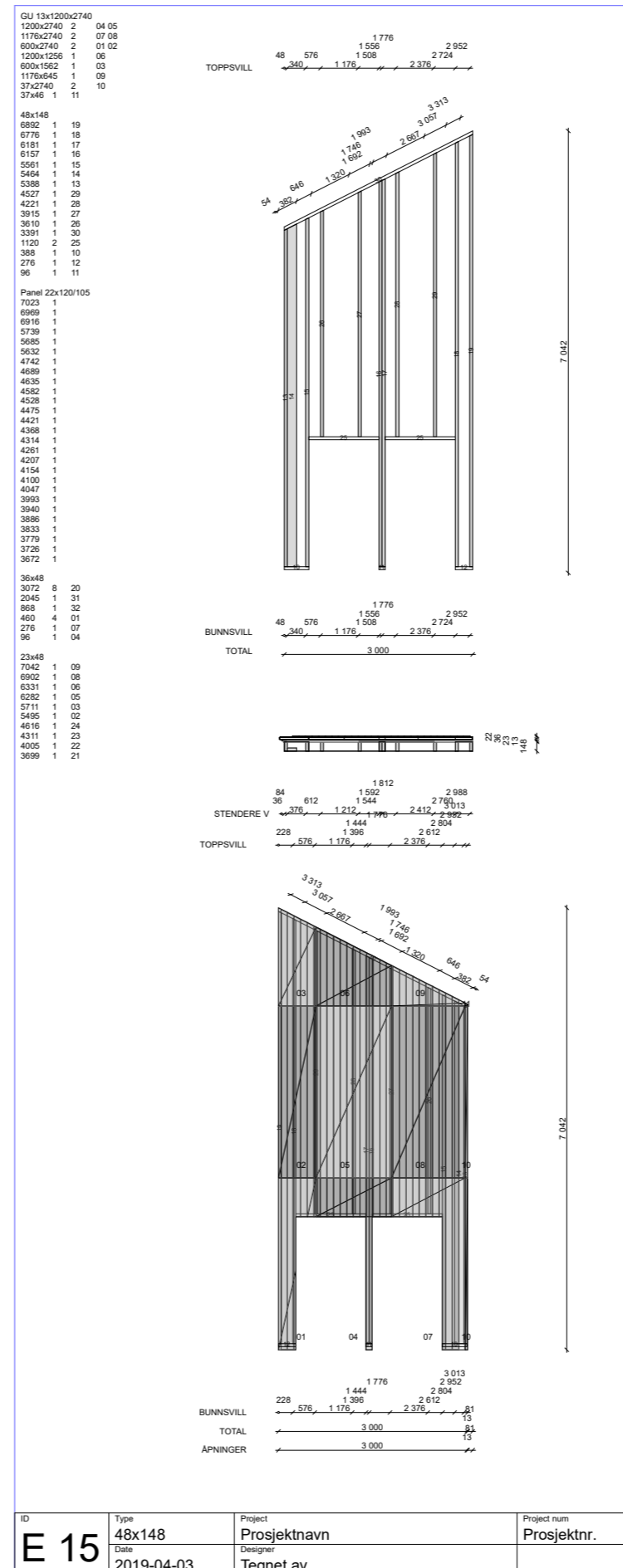


ID	Type	Project	Project num
<b>E 13</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
Date	2019-04-03	Designer	Tegnet av

Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Nordvegg</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E13 E14</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>2.8</b>

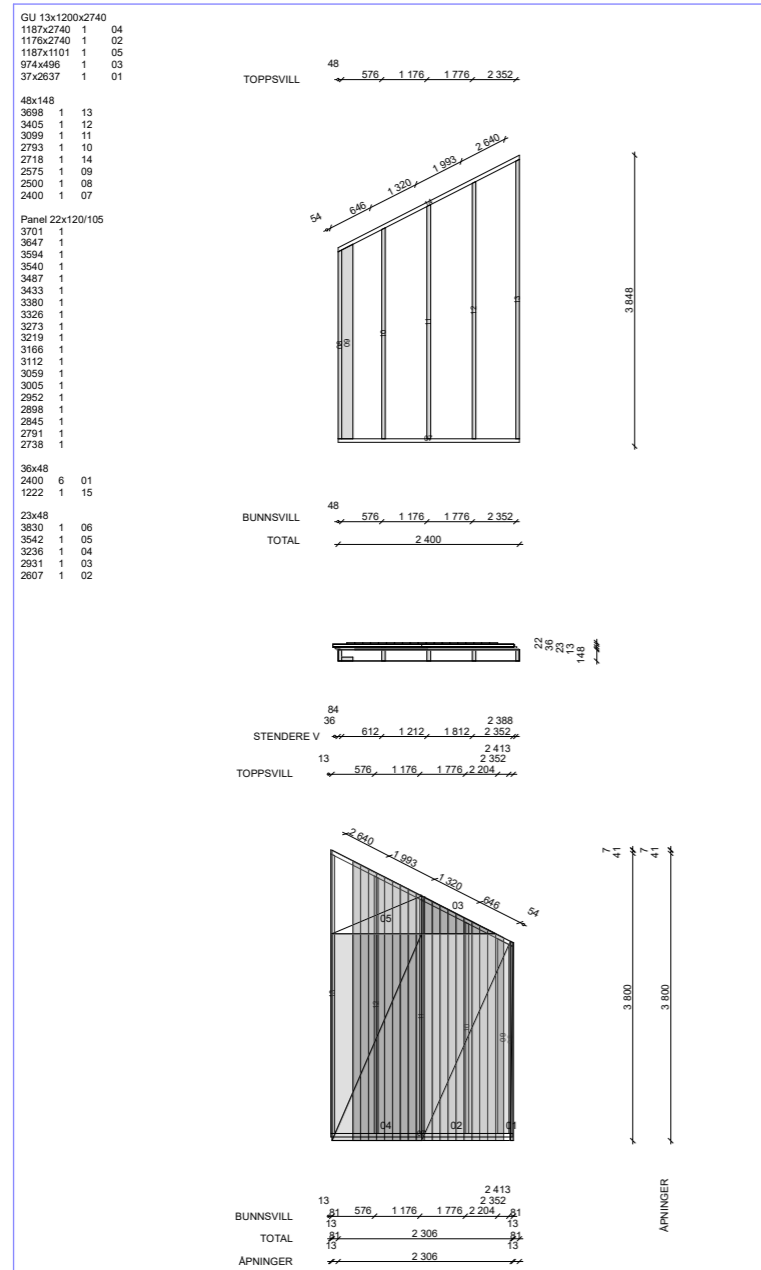


ID	Type	Project	Project num
<b>E 16</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
Date	Designer		
2019-04-03	Tegnet av		

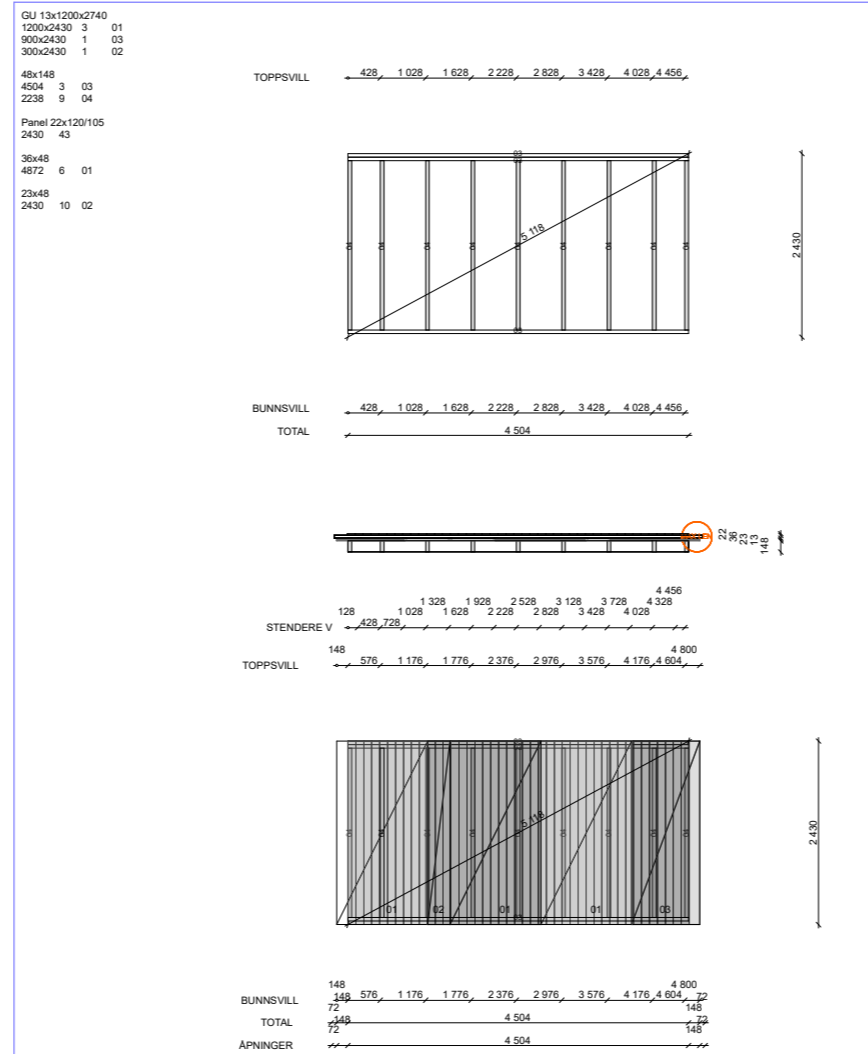


ID	Type	Project	Project num
<b>E 15</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
Date	Designer		
2019-04-03	Tegnet av		

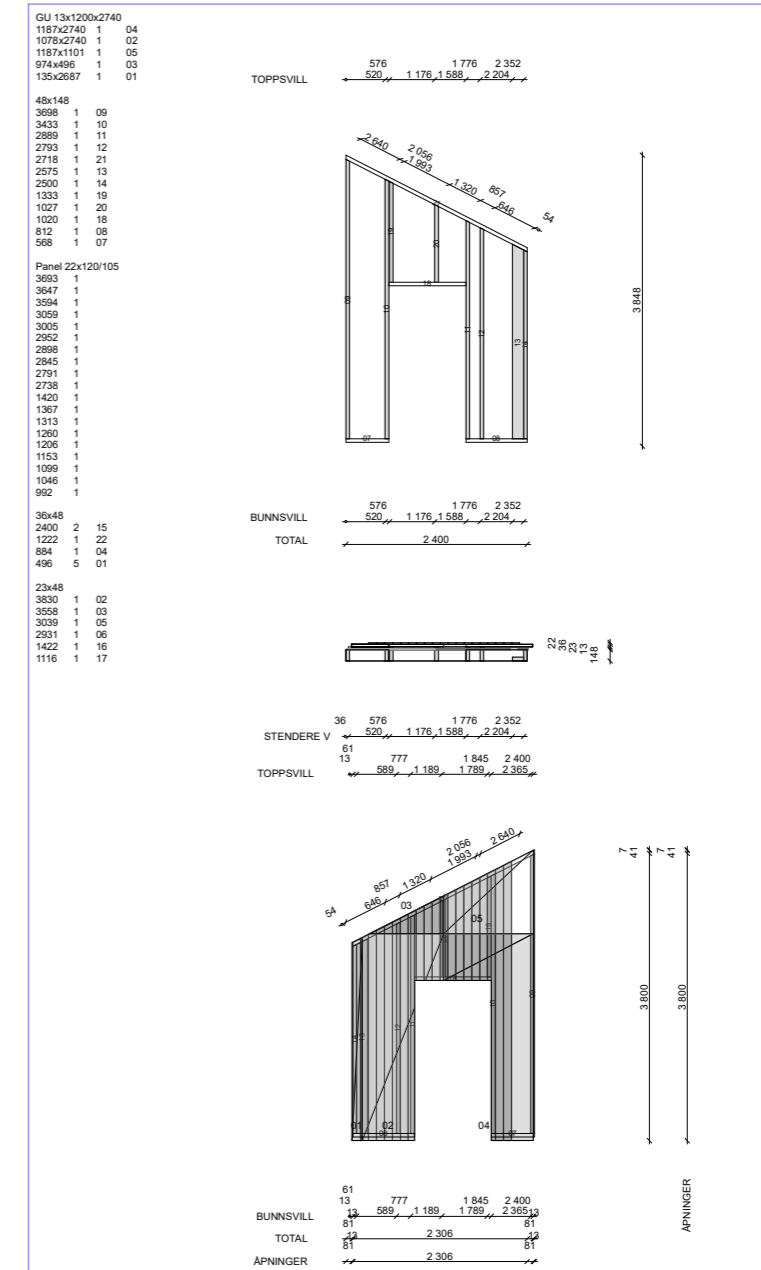
Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Østvegg</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E15 E16</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>2.9</b>



ID	Type	Project	Project num
<b>E 19</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	

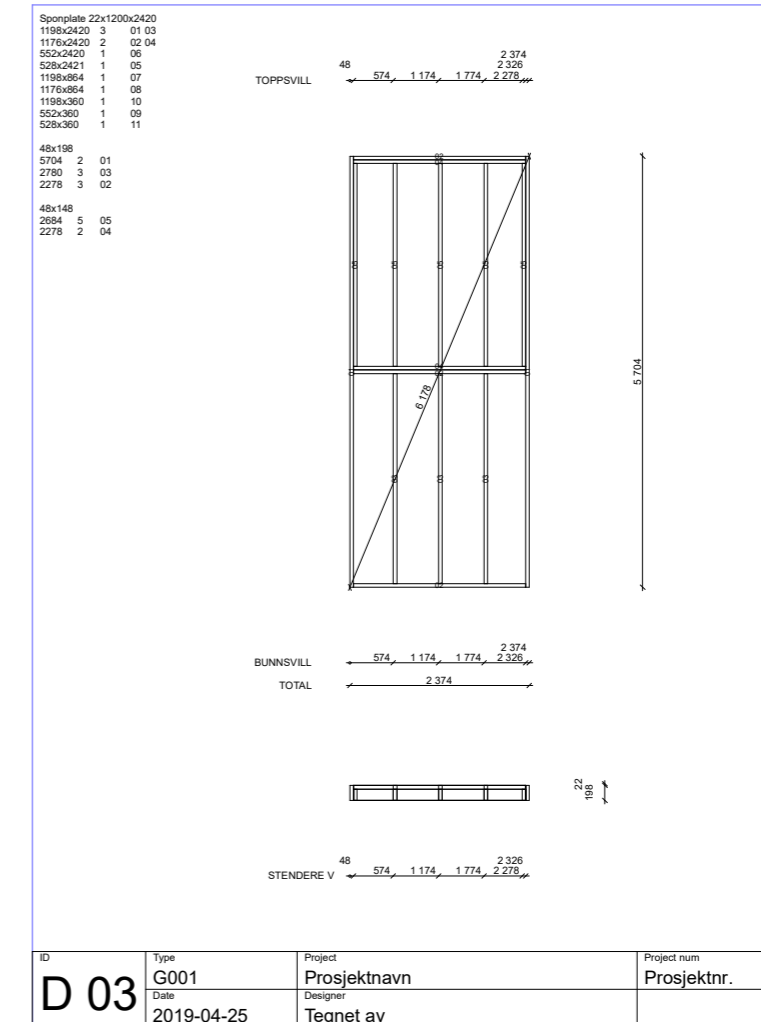
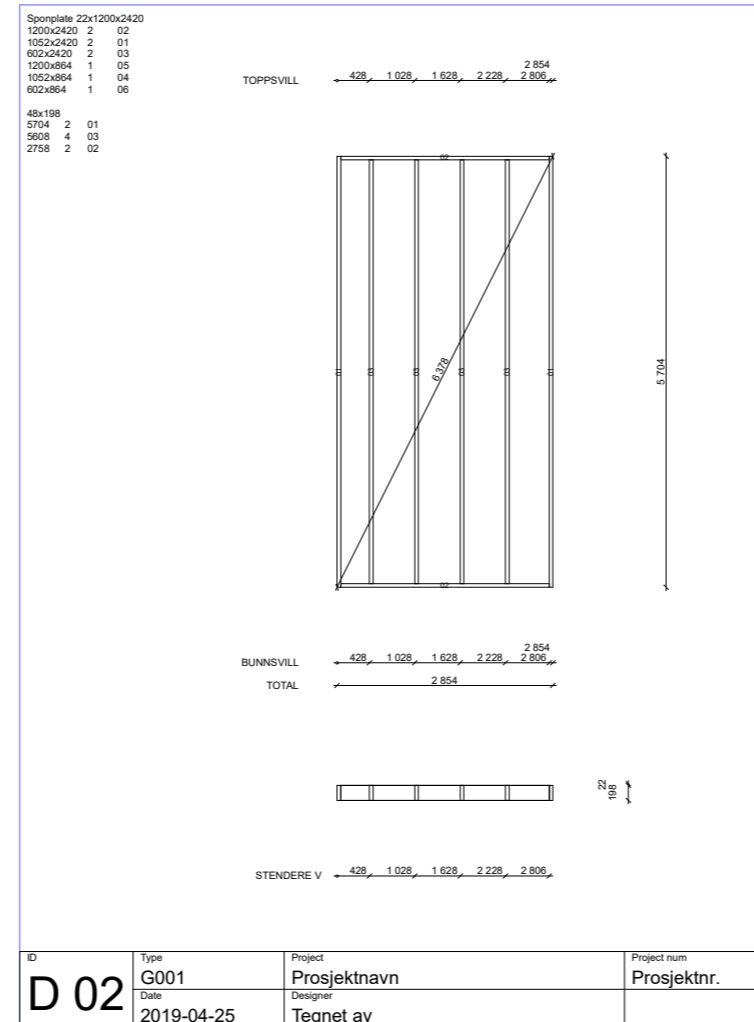
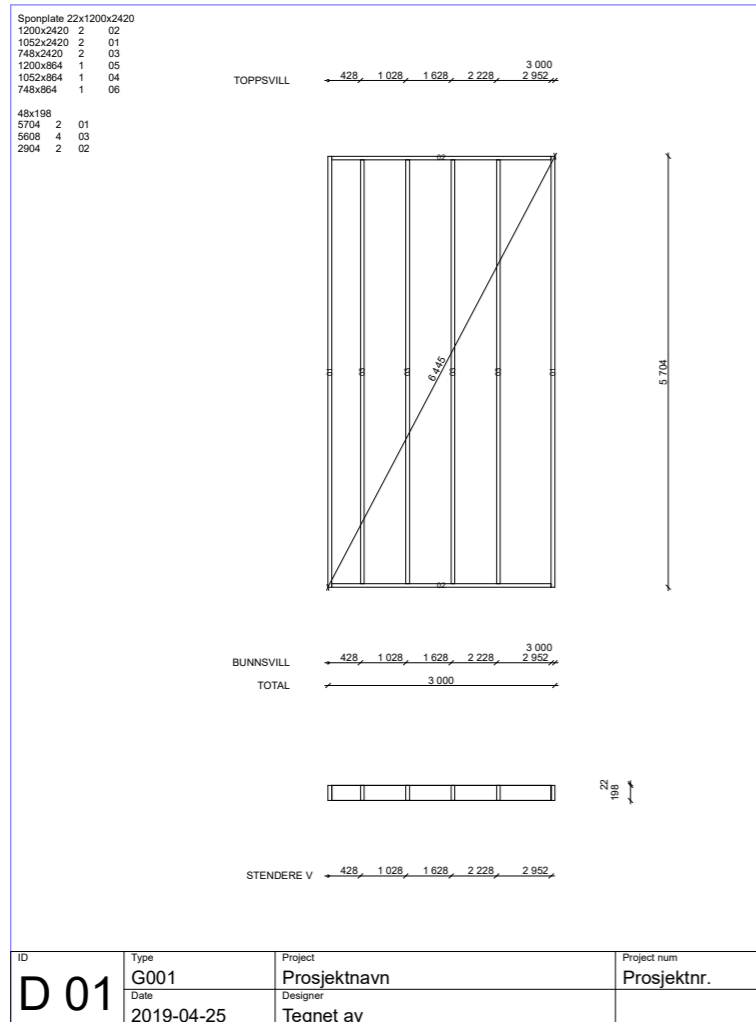


ID	Type	Project	Project num
<b>E 18</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	

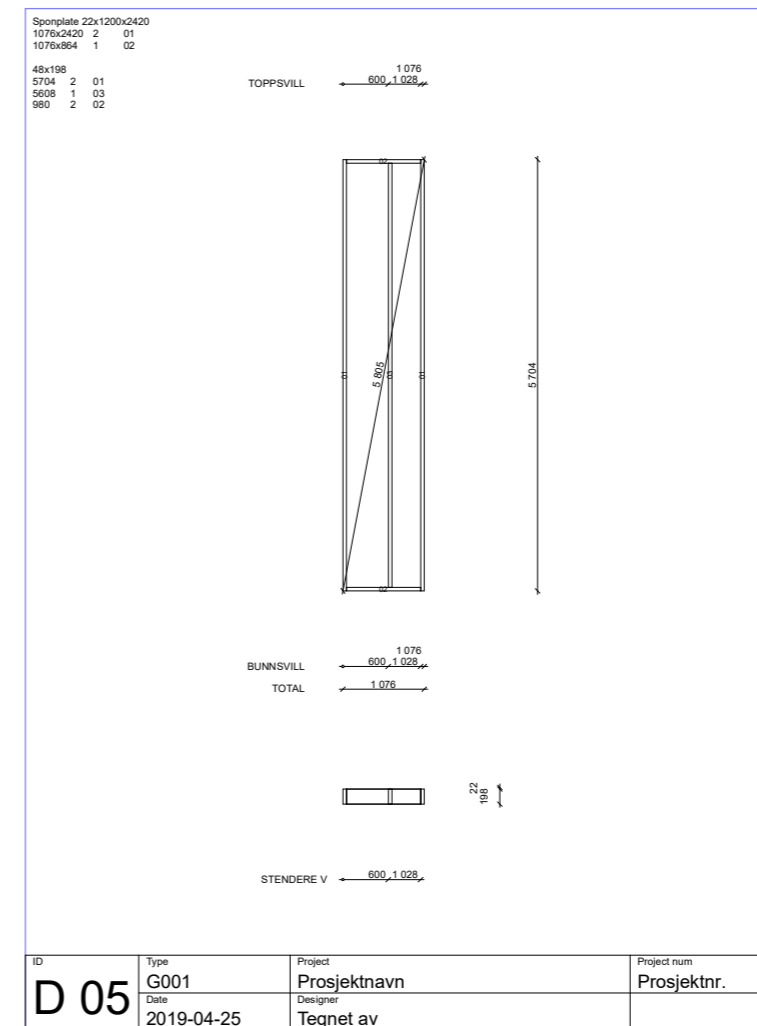
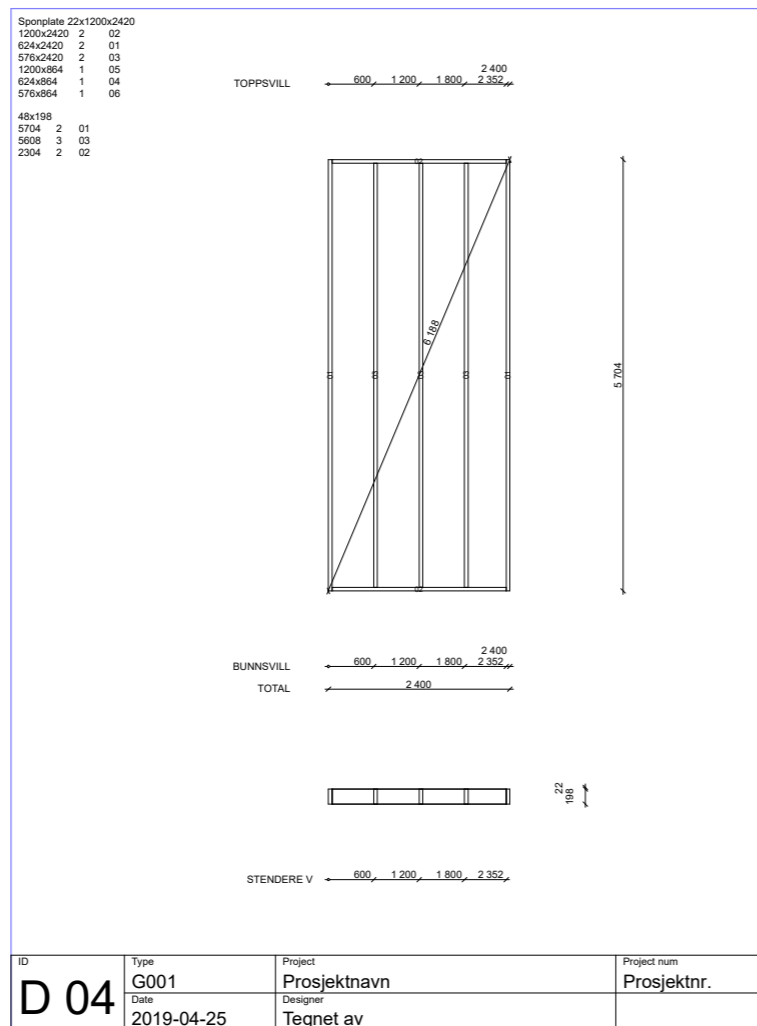


ID	Type	Project	Project num
<b>E 17</b>	48x148	Prosjektnavn	Prosjektnr.
	Date	Designer	
	2019-04-03	Tegnet av	

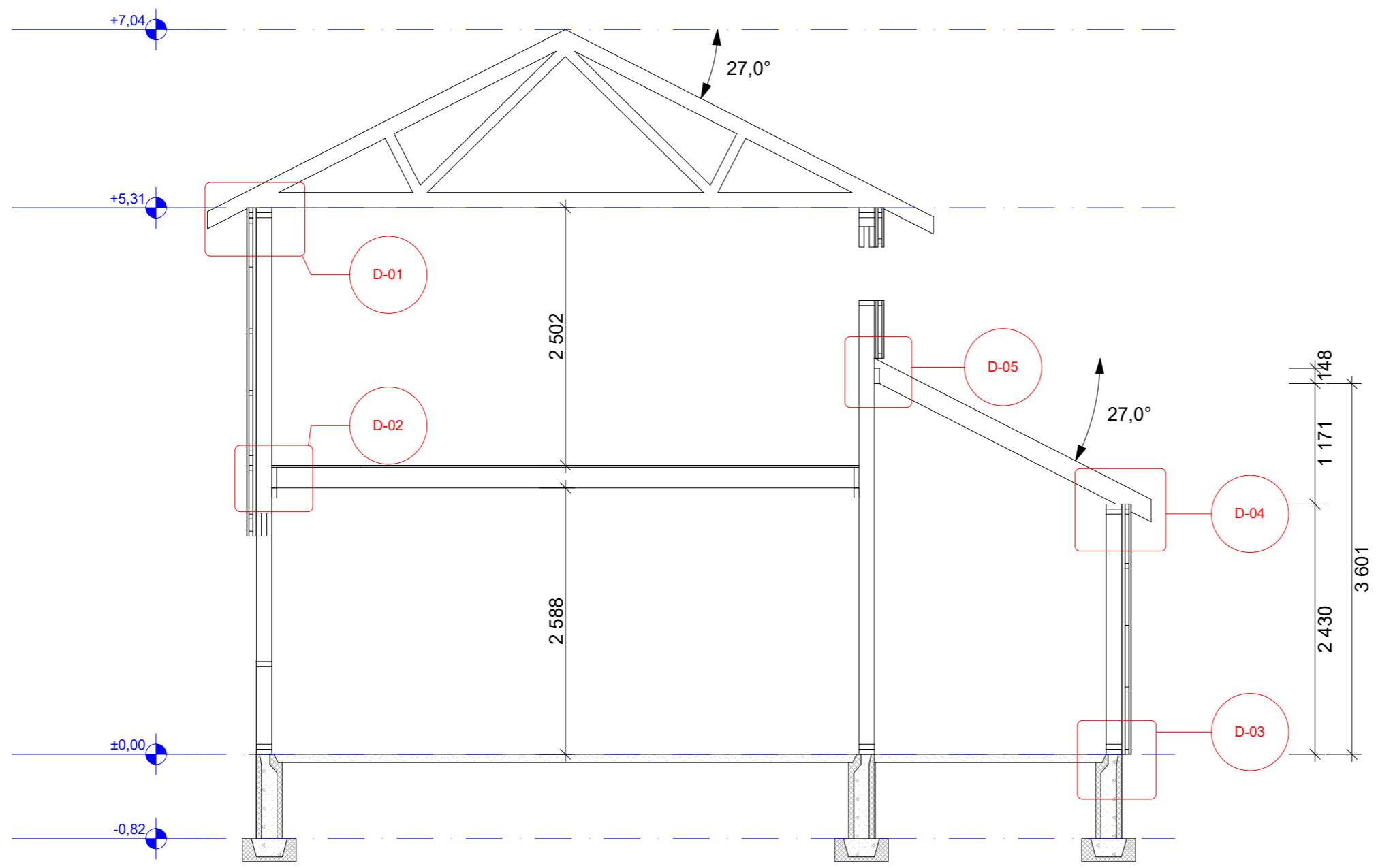
Prosjekt: <b>Elementer Dråpen Vindfang</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>E17 E18 E19</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>2.10</b>



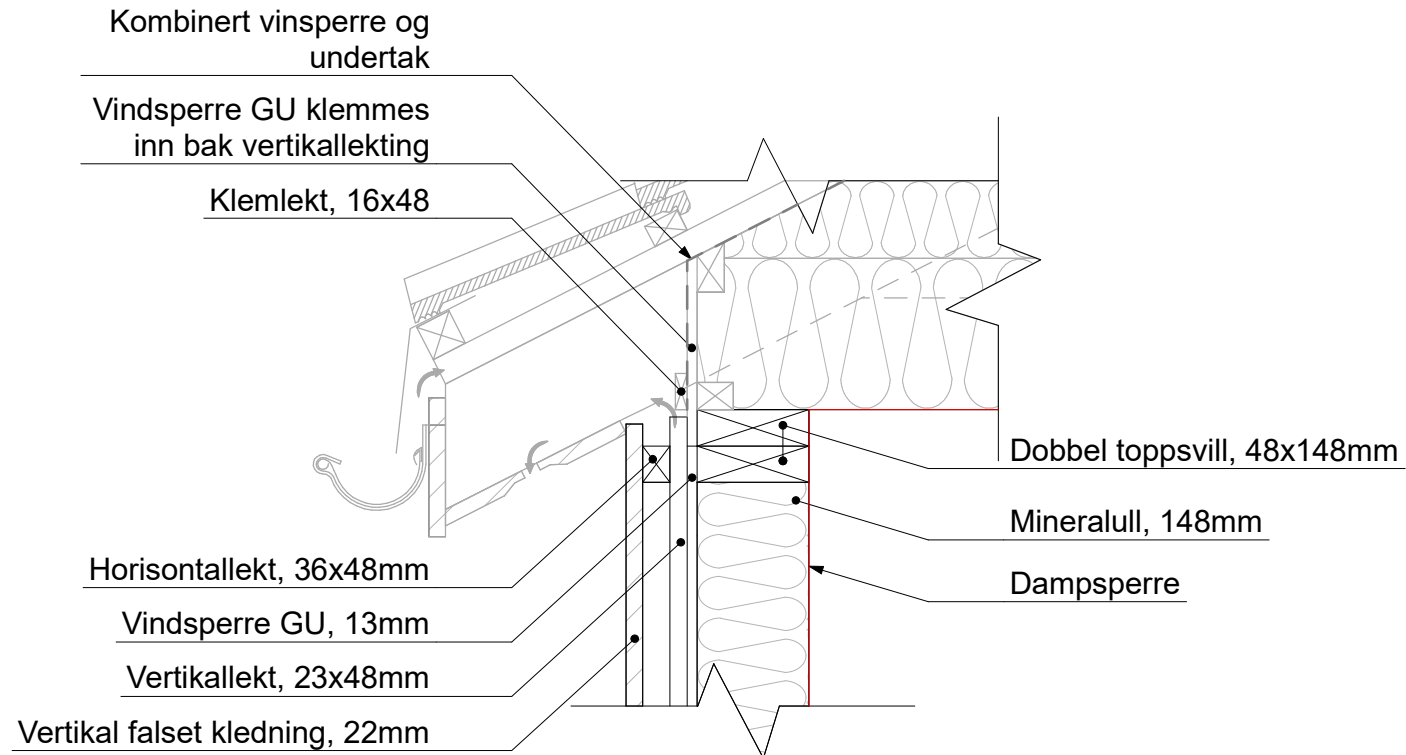
Prosjekt: <b>Bjelkelagselementer Dråpen</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>D01 D02 D03</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>3.1</b>



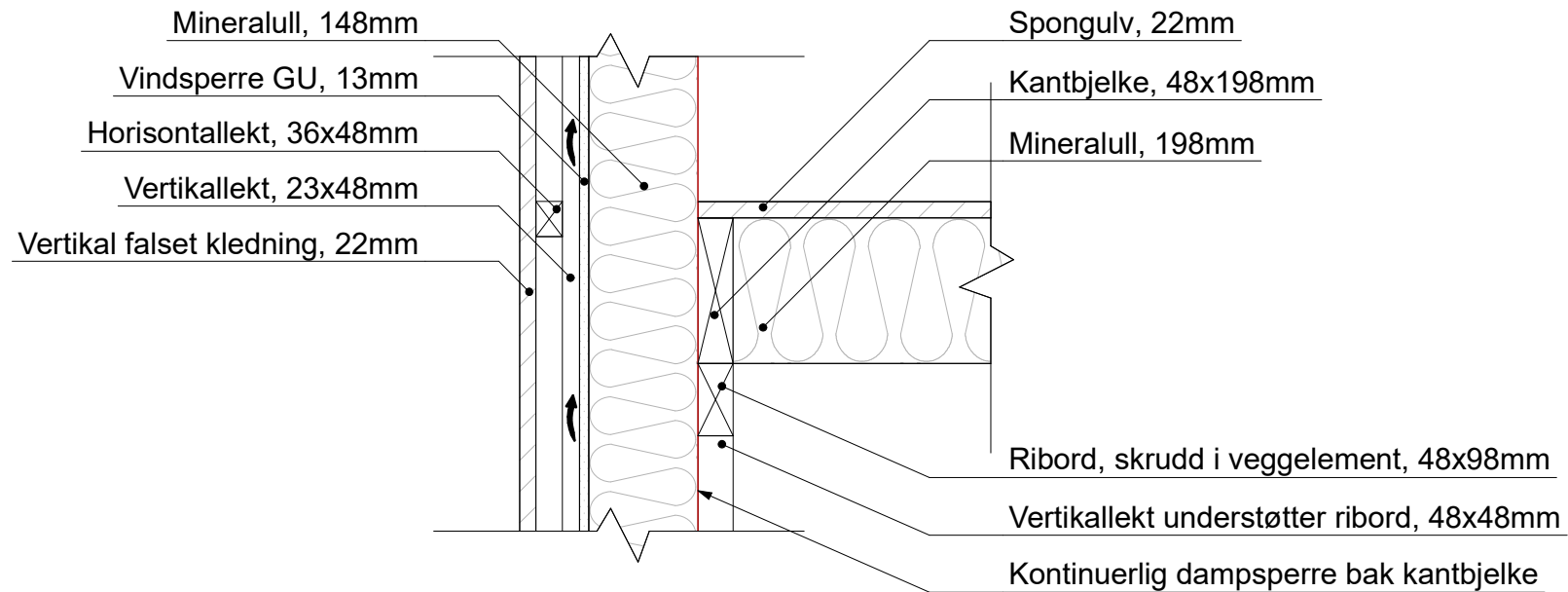
Prosjekt: <b>Bjelkelagselementer Dråpen</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>D04 D05</b>	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>3.2</b>



Prosjekt: <b>Elementer Dråpen</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Snitt A</b>	Målestokk: <b>1:50</b> Tegningsnr.: <b>4.1</b>



Prosjekt: <b>Elementer Dråpen</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>D-01</b>	Målestokk: <b>1:10</b> Tegningsnr.: <b>5.1</b>



Prosjekt:

**Elementer Dråpen**

Tiltakshaver:

**Norgeshus AS**  
Per Bortens vei 3  
7224 Melhus

Prosjekterende:

**Gruppe 16**  
Arkitekt Christies gate 2  
7012 Trondheim

Dato:

**14.05.2019**

Tegning:

**D-02**

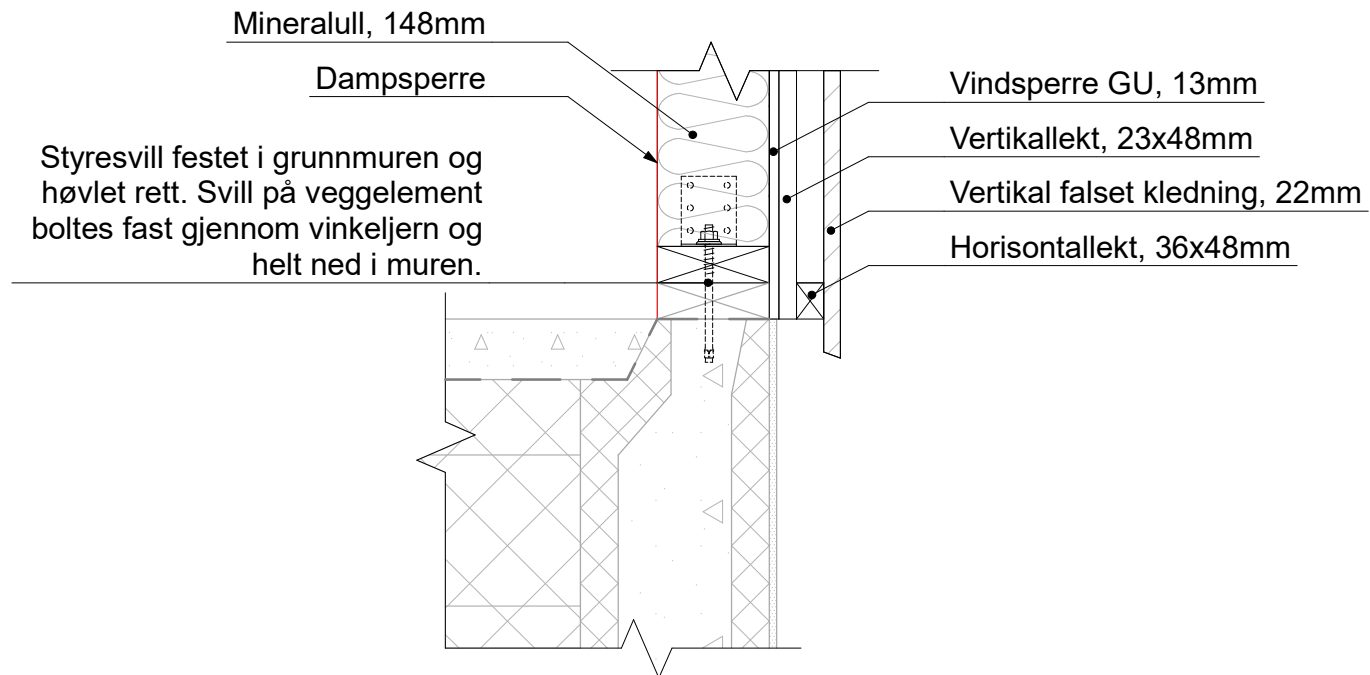
Målestokk:

**1:10**

Tegningsnr.:

**5.2**





Prosjekt:

**Elementer Dråpen**

Tiltakshaver:

**Norgeshus AS**  
Per Bortens vei 3  
7224 Melhus

Prosjekterende:

**Gruppe 16**  
Arkitekt Christies gate 2  
7012 Trondheim

Dato:

**14.05.2019**

Tegning:

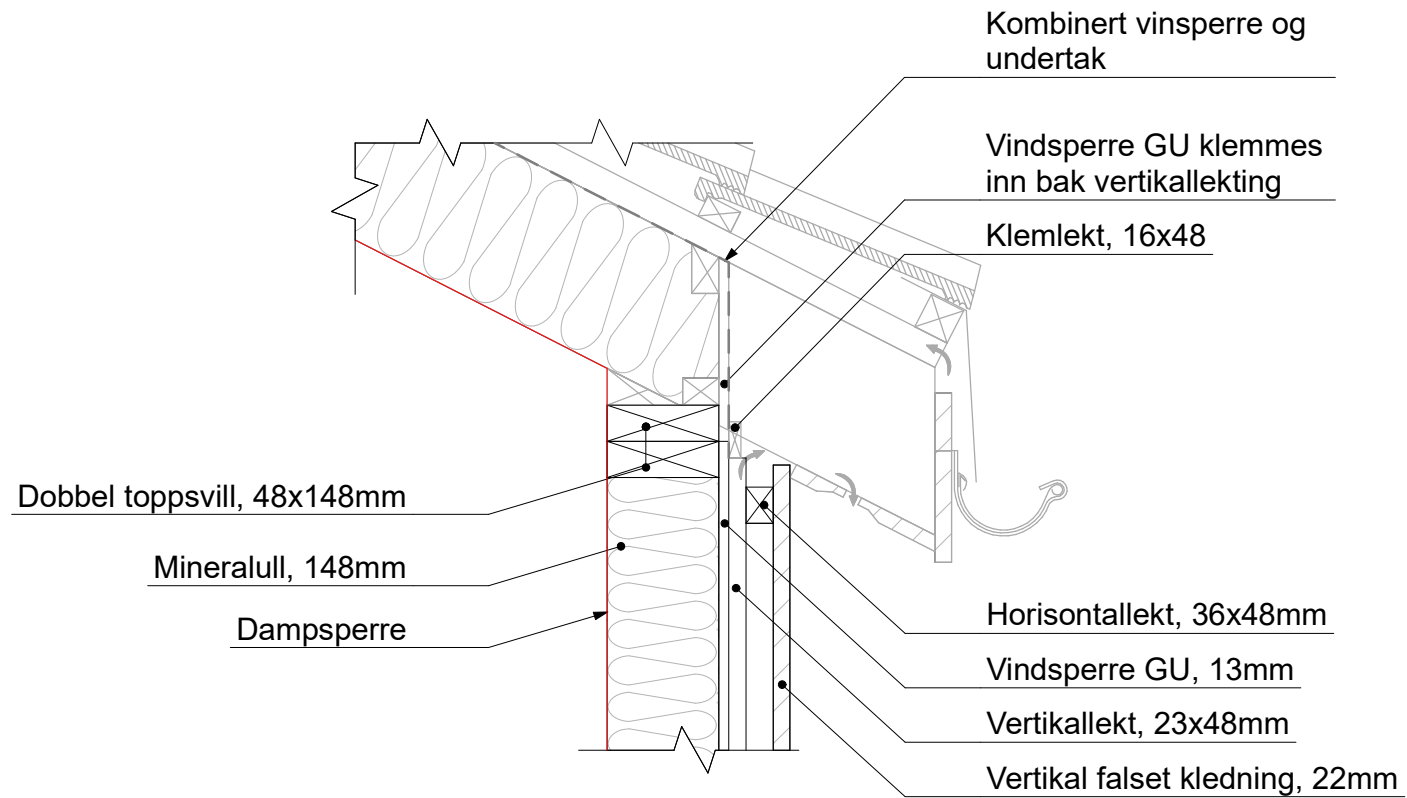
**D-03**

Målestokk:

**1:10**

Tegningsnr.:

**5.3**



Prosjekt:

**Elementer Dråpen**

Tiltakshaver:

**Norgeshus AS**  
Per Bortens vei 3  
7224 Melhus

Prosjekterende:

**Gruppe 16**  
Arkitekt Christies gate 2  
7012 Trondheim

Tegning:

**D-04**

Dato:

**14.05.2019**

Målestokk:

**1:10**

Tegningsnr.:

**5.4**

Nederste del av sløyfelekter må ikke festes, for å kunne tre vindsperreduk, undertak og beslag inn bak GU for å klemme dem med lekt mellom sløyfene

Skunking mellom stendere, 30x198 + 30x98mm, monteres ute på plass

Mineralull, 148mm

Kantbjelke, 48x148mm, monteres ute på plass

Skunking mellom stendere, for å gi anlegg for klemming og fortsettelse av dampsperre

Kledning og nederste lekt må monteres etter overgangen er ferdig tettet

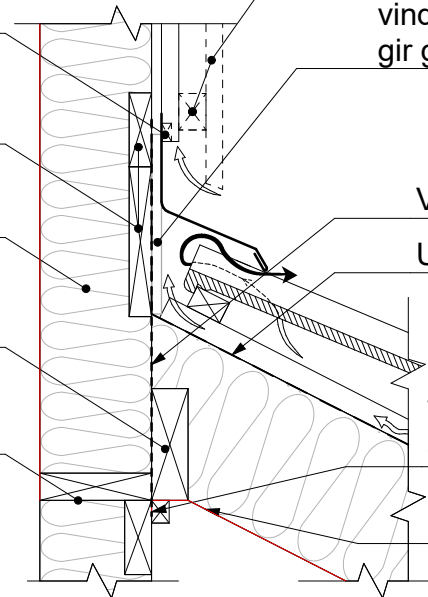
Vindsperre GU legges inn utenpå vindsperre-duk og undertak, samt den gir godt anlegg for blikk beslag

Vindsperreduk

Undertak

Vindsperreduk og dampsperre klemmes

Dampsperre



Prosjekt:

**Elementer Dråpen**

Tiltakshaver:

**Norgeshus AS**  
Per Bortens vei 3  
7224 Melhus

Prosjekterende:

**Gruppe 16**  
Arkitekt Christies gate 2  
7012 Trondheim

Dato:

**14.05.2019**

Tegning:

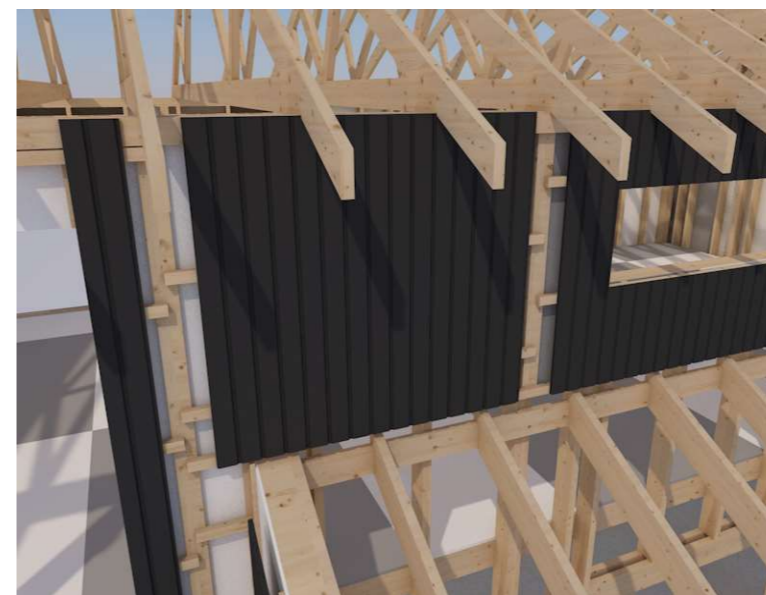
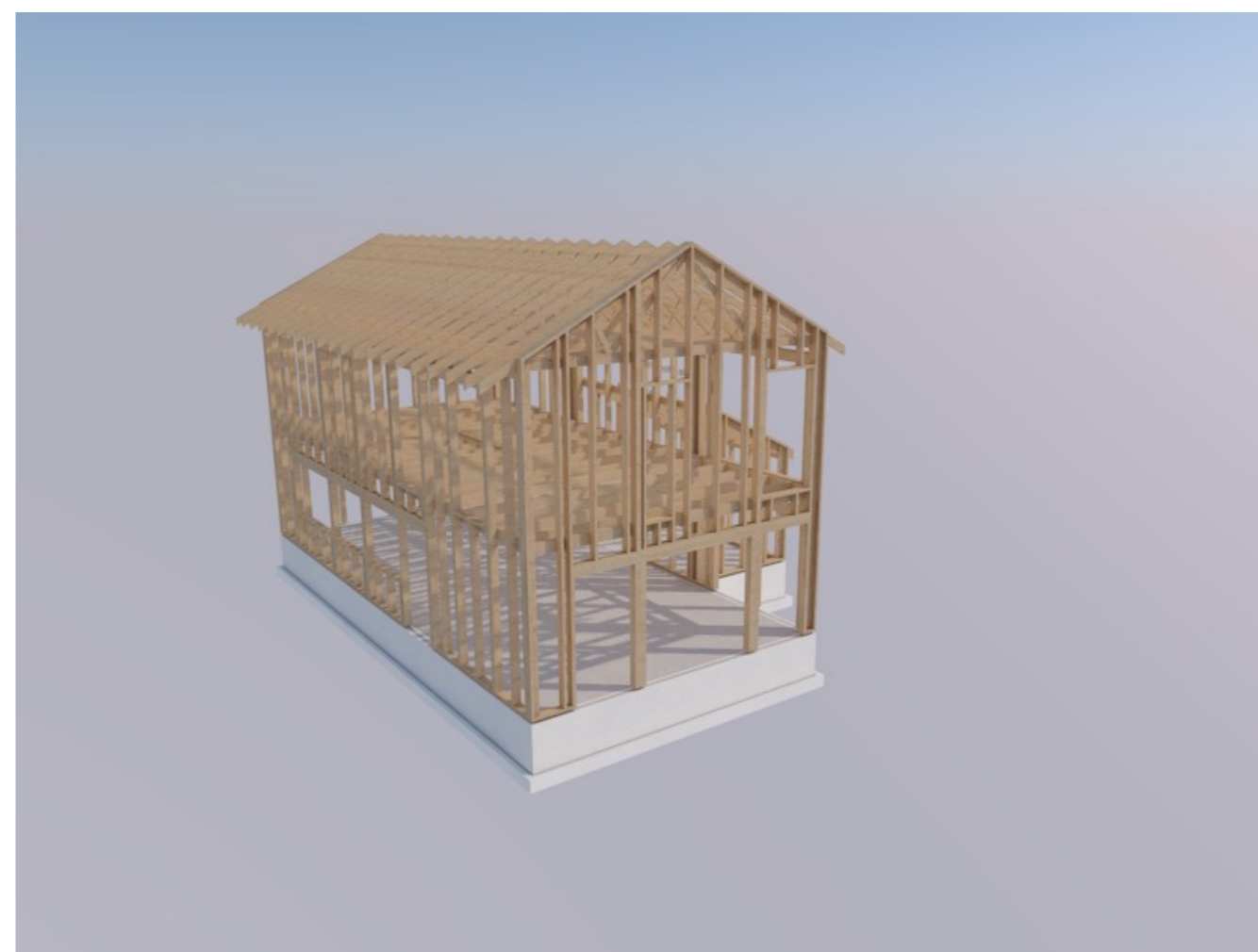
**D-05**

Målestokk:

**1:10**

Tegningsnr.:

**5.5**



Prosjekt: <b>Elementer Dråpen</b>	
Tiltakshaver: <b>Norgeshus AS</b> Per Bortens vei 3 7224 Melhus	
Prosjekterende: <b>Gruppe 16</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>14.05.2019</b>
Tegning: <b>Aksonometri</b>	Målestokk: Tegningsnr.: <b>6.1</b>

## Offer

VELA AS  
Hakon den godes gate 34  
7600 Levanger  
NORWEGEN

Date : 06.08.2013 / DIM

For further questions quote  
Offer number : 090514  
Customer : VELA  
Machine number : 0-630-09-0514

---

Customer number : 12328  
Your reference date : 30.07.2013  
Competent person : M. Diebold

### NORWEGIAN 1A

DEAR SIRs,

thank you very much for your inquiry and your interest in our products.

In the following you will find our corresponding offer.

M.0101	Machine number	0-396-09-0137	
	<u>OPTIMAT WEK120/10R</u>		
	Weinmann Combi wall system - WEK120		
			285.925,00 EUR
M.0102	Machine number	0-394-09-0640	
	<u>OPTIMAT WHM100/12DK</u>		
		Weinmann	
	Handling system - WHM100/DK		
		<i>optional</i>	14.502,00 EUR

Date : 06.08.2013 Type : NORWEGIAN 1  
 Page : 2  
 Machine number : 0-630-09-0514 Customer : VELA  
 Offer number : 090514



**Telefon:** +49 7122 8294-0 Gesellschaft mit beschränkter Haftung mit Sitz in D-72813 St. Johann-Lonsingen  
**Telefax:** +49 7122 8294-52066 Amtsgericht Stuttgart HRB 360644  
**E-Mail:** info@weinmann-partner.de Geschäftsführer: Hansbert Ott, Karl Weinmann

	<b>Banken</b>	<b>Biz</b>	<b>Kto</b>	<b>SWIFT</b>	<b>IBAN</b>
<b>Internet:</b> <a href="http://www.weinmann-partner.de">http://www.weinmann-partner.de</a>	Kreissparkasse Reutlingen	640 500 00	518750	SOLA DE S1 REU	DE76 6405 0000 0000 5187 50
<b>Ust-IDNr:</b> DE 147166021	Volksbank Metzingen-Bad Urach	640 912 00	49792008	GENO DE S1 MTZ	DE97 6409 1200 0049 7920 08
<b>Steuernr.:</b> 89078 / 13148	Deutsche Bank AG, Stuttgart	600 700 70	0525006	DEUT DE SS 602	DE80 6007 0070 0052 5006 00
	Commerzbank Villingen	694 400 07	1585520	COBA DE FF 694	DE07 6944 0007 0158 5520 00
	BW-Bank	600 501 01	4901442	SOLA DE ST	DE66 6005 0101 0004 9014 42

M.0103	Machine number	0-391-09-2282		
	<u>PROFI WTX300/10</u>			
	Weinmann Wall Table - WTX300			
				45.440,00 EUR
M.0104	Machine number	0-394-09-0641		
	<u>OPTIMAT WHM100/14DK</u>			
	Weinmann Handling system - WHM100/DK			
			<i>optional</i>	16.413,00 EUR
M.0105	Machine number	0-391-09-2283		
	<u>OPTIMAT WTV100/7C12</u>			
	Weinmann Variotec - WTV100			
			<i>optional</i>	29.400,00 EUR
M.0106	Machine number	0-390-09-0375		
	<u>OPTIMAT WBS120/06</u>			
	Weinmann High Speed Sawing Machine - WBS120			
				144.520,00 EUR

<b>Price machine</b>	<b>464.130,00</b>
	<b>EUR</b>
<b>Price service / merchandise</b>	<b>** 11.755,00 EUR</b>
<b>Amount of all positions</b>	<b>475.885,00</b>
	<b>EUR</b>
<b>Packaging</b>	<b>8.561,00 EUR</b>
<b>Assembly</b>	<b>43.700,00 EUR</b>
<b>Projectmanagement</b>	<b>11.898,00 EUR</b>
<b>Total price</b>	<b>540.044,00</b>
	<b>EUR</b>



# production line 1a → v ≈ 0,13 m/min

with a WEK 120



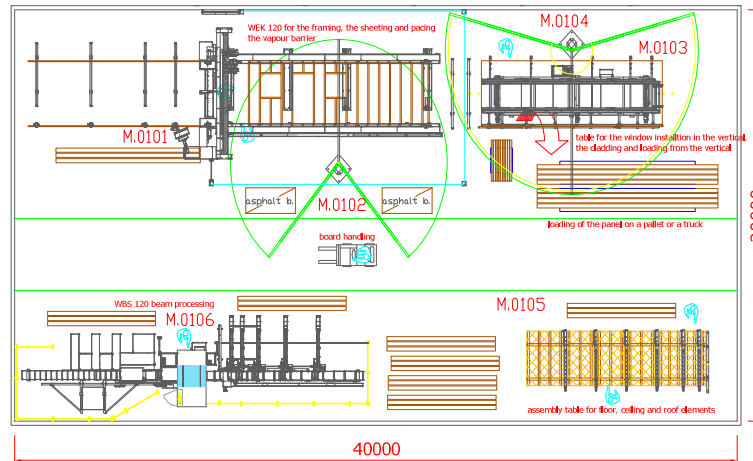
M.0101 – sheeting



M.0103 – cladding



M.0101 – framework construction



M.0103 – window installation

**Offer**

VELA AS  
Hakon den godes gate 34  
7600 Levanger  
NORWEGEN

Date : 06.08.2013 / DIM

For further questions quote  
Offer number : 090518  
Customer : VELA  
Machine number : 0-630-09-0518

---

Customer number : 12328  
Your reference date : 30.07.2013  
Competent person : M. Diebold

**NORWEGIAN 2**DEAR SIRs,

thank you very much for your inquiry and your  
interest in our products.

In the following you will find our  
corresponding offer.

M.0301	Machine number	0-396-09-0139	
	<u>OPTIMAT WEK120/10R</u>		
	Weinmann Combi wall system - WEK120		
			<hr/>
			283.255,00 EUR
M.0302	Machine number	0-394-09-0644	
	<u>OPTIMAT WHM100/12DK</u>		
			<hr/>
	Handling system - WHM100/DK	Weinmann	
		<i>optional</i>	14.502,00 EUR



Date : 06.08.2013 Type : NORWEGIAN 2  
 Page : 2  
 Machine number : 0-630-09-0518 Customer : VELA  
 Offer number : 090518



**Telefon:** +49 7122 8294-0 Gesellschaft mit beschränkter Haftung mit Sitz in D-72813 St. Johann-Lonsingen  
**Telefax:** +49 7122 8294-52066 Amtsgericht Stuttgart HRB 360644  
**E-Mail:** info@weinmann-partner.de Geschäftsführer: Hansbert Ott, Karl Weinmann

	<b>Banken</b>	<b>Blz</b>	<b>Kto</b>	<b>SWIFT</b>	<b>IBAN</b>
<b>Internet:</b> <a href="http://www.weinmann-partner.de">http://www.weinmann-partner.de</a>	Kreissparkasse Reutlingen	640 500 00	518750	SOLA DE S1 REU	DE76 6405 0000 0000 5187 50
<b>Ust-IDNr:</b> DE 147166021	Volksbank Metzingen-Bad Urach	640 912 00	49792008	GENO DE S1 MTZ	DE97 6409 1200 0049 7920 08
<b>Steuernr.:</b> 89078 / 13148	Deutsche Bank AG, Stuttgart	600 700 70	0525006	DEUT DE SS 602	DE80 6007 0070 0052 5006 00
	Commerzbank Villingen	694 400 07	1585520	COBA DE FF 694	DE07 6944 0007 0158 5520 00
	BW-Bank	600 501 01	4901442	SOLA DE ST	DE66 6005 0101 0004 9014 42

M.0303 Machine number 0-391-09-2289  
PROFI WTX300/10  
 Weinmann Wall Table - WTX300  
 \_\_\_\_\_  
 45.440,00 EUR

M.0304 Machine number 0-394-09-0645  
OPTIMAT WHM100/10FL  
 Weinmann Handling system - WHM100/FL  
 \_\_\_\_\_  
*optional* 40.100,00 EUR

M.0305 Machine number 0-391-09-2291  
OPTIMAT WTW120/10  
 Weinmann Wall Table - WTW120  
 \_\_\_\_\_  
 45.630,00 EUR

M.0306 Machine number 0-392-09-0504  
PROFI WMS150  
 \_\_\_\_\_ Weinmann  
 Multi-function bridge - WMS150  
 238.361,00 EUR

M.0307 Machine number 0-391-09-2292  
OPTIMAT WTW120/03ZW  
 Weinmann Intermediate Transfer - WTW120/ZW  
 \_\_\_\_\_  
 16.310,00 EUR

M.0308 Machine number 0-391-09-2293  
PROFI WTW150/10  
 \_\_\_\_\_  
 57.300,00 EUR

M.0309 Machine number 0-391-09-2294  
OPTIMAT WTV100/7C12  
 \_\_\_\_\_ Weinmann  
 Variotec - WTV100  
 \_\_\_\_\_  
*optional* 14.700,00 EUR

M.0310 Machine number 0-391-09-2290

Date : 06.08.2013 Type : NORWEGIAN 2  
Page : 3  
Machine number : 0-630-09-0518 Customer : VELA  
Offer number : 090518



OPTIMAT WTV100/7C12  
Weinmann Variotec - WTV100

---

*optional* 29.400,00 EUR

---

M.0311 Machine number 0-390-09-0379  
OPTIMAT WBS120/06  
Weinmann High Speed Sawing Machine - WBS120

---

148.720,00 EUR

M.0312 Machine number 0-394-09-0646  
OPTIMAT WHP120/06  
Weinmann feeding portal - WHP120/L

---

*optional* 140.700,00 EUR

---

<b>Price machine</b>	<b>818.146,00</b>
	<b>EUR</b>
<b>Price service / merchandise</b>	<b>** 16.870,00 EUR</b>
<b>Amount of all positions</b>	<b>835.016,00</b>
	<b>EUR</b>
<b>Packaging</b>	<b>12.154,00 EUR</b>
<b>Assembly</b>	<b>85.200,00 EUR</b>
<b>Projectmanagment</b>	<b>20.878,00 EUR</b>
<b>Total price</b>	<b>953.248,00</b>
	<b>EUR</b>

---

---

# production line 2 → v ≈ 0,22 m/min



M.0301 – framework construction



M.0301 – sheeting



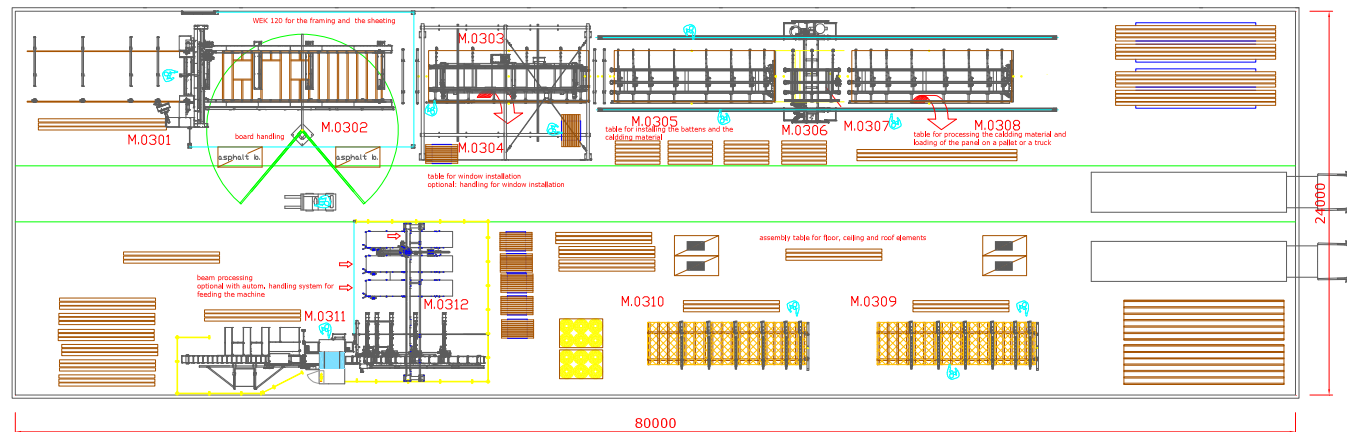
M.0303–windows



M.0305 + M.0307 – cladding



M.0311+M.0312 – beam processing + handling



## Offer

VELA AS  
Hakon den godes gate 34  
7600 Levanger  
NORWEGEN

Date : 07.08.2013 / DIM

For further questions quote  
Offer number : 090519  
Customer : VELA  
Machine number : 0-630-09-0519

---

Customer number : 12328  
Your reference date : 30.07.2013  
Competent person : M. Diebold

### NORWEGIAN 3

DEAR SIRS,

thank you very much for your inquiry and your interest in our products.

In the following you will find our corresponding offer.

M.0401	Machine number	0-396-09-0140	
	<u>PROFI WEM150/10R</u>		
	Weinmann Framing Station - WEM150		
			244.435,00 EUR
M.0402	Machine number	0-391-09-2301	
	<u>OPTIMAT WTW120/10</u>		
		Weinmann	
	Wall Table - WTW120		45.630,00 EUR

Date : 07.08.2013 Type : NORWEGIAN 3  
 Page : 2  
 Machine number : 0-630-09-0519 Customer : VELA  
 Offer number : 090519



Telefon: +49 7122 8294-0 Gesellschaft mit beschränkter Haftung mit Sitz in D-72813 St. Johann-Lonsingen  
 Telefax: +49 7122 8294-52066 Amtsgericht Stuttgart HRB 360644  
 E-Mail: info@weinmann-partner.de Geschäftsführer: Hansbert Ott, Karl Weinmann

Internet: <http://www.weinmann-partner.de> Kreissparkasse Reutlingen  
 Banken Blz Kto SWIFT IBAN  
 640 500 00 518750 SOLA DE S1 REU DE76 6405 0000 0000 5187 50

Ust-IDNr: DE 147166021 Volksbank Metzingen-Bad Urach 640 912 00 49792008 GENO DE S1 MTZ DE97 6409 1200 0049 7920 08  
 Steuernr.:89078 / 13148 Deutsche Bank AG, Stuttgart 600 700 70 0525006 DEUT DE SS 602 DE80 6007 0070 0052 5006 00  
 Commerzbank Villingen 694 400 07 1585520 COBA DE FF 694 DE07 6944 0007 0158 5520 00  
 BW-Bank 600 501 01 4901442 SOLA DE ST DE66 6005 0101 0004 9014 42

- M.0403 Machine number 0-394-09-0647  
OPTIMAT WHM100/12DK  
 Weinmann Handling system - WHM100/DK  
 \_\_\_\_\_  
 optional 14.502,00 EUR
- M.0404 Machine number 0-392-09-0506  
OPTIMAT WMS100/S  
 Weinmann Multi-function bridge - WMS100  
 \_\_\_\_\_  
 205.295,00 EUR
- M.0405 Machine number 0-391-09-2302  
OPTIMAT WTW120/03ZW  
 Weinmann Intermediate Transfer - WTW120/ZW  
 \_\_\_\_\_  
 16.310,00 EUR
- M.0406 Machine number 0-391-09-2295  
PROFI WTX300/10  
 Weinmann Wall Table - WTX300  
 \_\_\_\_\_  
 45.440,00 EUR
- M.0407 Machine number 0-394-09-0648  
OPTIMAT WHM100/10FL  
 Weinmann Handling system - WHM100/FL  
 \_\_\_\_\_  
 optional 40.100,00 EUR
- M.0408 Machine number 0-391-09-2296  
OPTIMAT WTW120/10  
 Weinmann Wall Table - WTW120  
 \_\_\_\_\_  
 45.630,00 EUR
- M.0409 Machine number 0-392-09-0505  
PROFI WMS150  
 Weinmann Multi-function bridge - WMS150  
 \_\_\_\_\_  
 238.361,00 EUR
- M.0410 Machine number 0-391-09-2297  
OPTIMAT WTW120/03ZW  
 Weinmann Intermediate Transfer - WTW120/ZW  
 \_\_\_\_\_  
 16.310,00 EUR

Date : 07.08.2013 Type : NORWEGIAN 3  
Page : 3  
Machine number : 0-630-09-0519 Customer : VELA  
Offer number : 090519



M.0411	Machine number	0-391-09-2298	
	<u>PROFI WTW150/10</u>		
	Weinmann Wall Table - WTW150		
			57.300,00 EUR
M.0412	Machine number	0-391-09-2304	
	<u>OPTIMAT WTW120/03ZW</u>		
	Weinmann Intermediate Transfer - WTW120/ZW		
			16.310,00 EUR
	<i>optional</i>		
M.0413	Machine number	0-391-09-2303	
	<u>PROFI WTW150/10</u>		
	Weinmann Wall Table - WTW150		
			57.865,00 EUR
	<i>optional</i>		
M.0414	Machine number	0-393-09-0355	
	<u>PROFI WLX300/10</u>		
	Stacking and loading device		
			74.000,00 EUR
	<i>optional</i>		
M.0415	Machine number	0-393-09-0356	
	<u>PROFI WLX300/10</u>		
	WLX300		
			23.000,00 EUR
	<i>optional</i>		
M.0416	Machine number	0-391-09-2299	
	<u>PROFI WTD170/10NC</u>		
	Weinmann Roof and floor table - WTD170/NC		
			106.330,00 EUR
M.0417	Machine number	0-392-09-0507	
	<u>OPTIMAT WMS120</u>		
	Weinmann Multi-function bridge - WMS120		
			267.781,00 EUR
	<i>optional</i>		
M.0418	Machine number	0-391-09-2300	
	<u>PROFI WTD170/10NC</u>		
			106.330,00 EUR
M.0419	Machine number	0-390-09-0380	
	<u>OPTIMAT WBS120/06</u>		
	Weinmann High Speed Sawing Machine - WBS120		
			148.720,00 EUR
M.0420	Machine number	0-394-09-0649	

Date : 07.08.2013 Type : NORWEGIAN 3  
Page : 4  
Machine number : 0-630-09-0519 Customer : VELA  
Offer number : 090519  
OPTIMAT WHP120/06  
Weinmann feeding portal - WHP120/L



---

140.700,00 EUR

---

<b>Price machine</b>	<b>1.394.806,00 EUR</b>
<b>Price service / merchandise</b>	<b>** 21.985,00</b>
	<b>EUR</b>
<b>Amount of all positions</b>	<b>1.416.791,00 EUR</b>
<b>Packaging</b>	<b>17.975,00 EUR</b>
<b>Assembly</b>	<b>118.700,00 EUR</b>
<b>Project management</b>	<b>35.425,00 EUR</b>
<b>Total price</b>	<b>1.588.891,00 EUR</b>

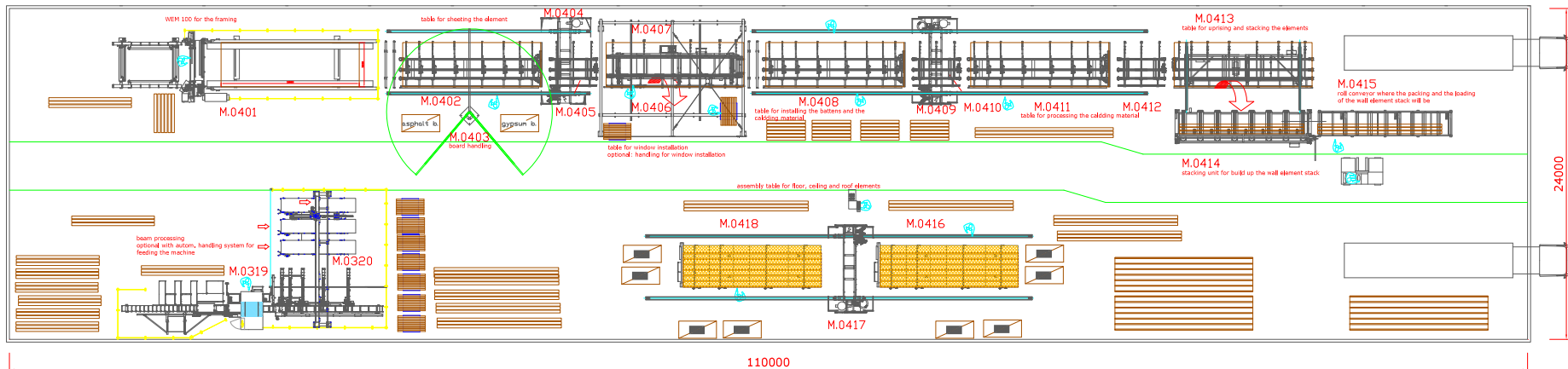
---

---

# production line 3 → v ≈ 0,36 m/min



M.0401 framework    M.0402– sheeting    M.0406–window    M.0408+M.0411–cladding    M.0413-M.0415 – stacking





<b>Tilbud 1</b>	<b>Enkel produksjonslinje 40m lang</b>	
<b>Kode</b>	<b>Merke/type</b>	<b>Funksjon</b>
M.0101	Optimat WEK 120/10R	Rammestasjon for bindingsverksvegger
M.0102	Optimat WHM 100/12DK	Løfteanordning med vakuumpunksjon for løfting av plater og lignende
M.0103	Profi WTX 300/10	Vegg-bord for vindusinnsetting med 85° vipping
M.0104	Optimat WHM 100/14DK	Løfteanordning med vakuumpunksjon for plater og vindu
M.0105	Optimat WTV 100/7c12	Montasjebord for manuelle arbeider. F.eks bjelkelag
M.0106	Optimat WBS 120/06	Sagesenter med sagblad og fres
Totalpris (maskiner, montasje og opplæring inkl prisjustering til 2019):		<b>6 341 427,26</b> NOK

<b>Tilbud 2</b>	<b>Middels stor produksjonslinje 80m lang</b>	
<b>Kode</b>	<b>Merke/type</b>	<b>Funksjon</b>
M.0301	Optimat WEK 120/10R	Rammestasjon for bindingsverksvegger
M.0302	Optimat WHM 100/12DK	Løfteanordning med vakuumpunksjon for løfting av plater og lignende
M.0303	Profi WTX 300/10	Vegg-bord for vindusinnsetting med 85° vipping
M.0304	Optimat WHM 100/10FL	Løfteanordning med vakuumpunksjon, flyttbar langs linja
M.0305	Optimat WTW 120/10	Arbeidsbord for ytterkledning
M.0306	Profi WMS 150	Multifunksjonshode, kan utstyres med fres, sag og spikerpistol
M.0307	Optimat WTW 120/03zW	Transportbord
M.0308	Profi WTW 150/10	Fastholdingssystem for stående elementer
M.0309	Optimat WTV 100/7c12	Montasjebord for manuelle arbeider. F.eks bjelkelag
M.0310	Optimat WTV 100/7c12	Montasjebord for manuelle arbeider. F.eks bjelkelag
M.0311	Optimat WBS 120/06	Sagesenter med sagblad og fres
M.0312	Optimat WHP 120/06	Mating av råmateriale til kappanlegg
Totalpris (maskiner, montasje og opplæring inkl prisjustering til 2019):		<b>11 193 456,83</b> NOK

<b>Tilbud 3</b>	<b>Stor produksjonslinje 110m lang</b>	
<b>Kode</b>	<b>Merke/type</b>	<b>Funksjon</b>
M.0401	Profi WEM 150/10R	Rammestasjon for bindingsverksvegger
M.0402	Optimat WTW 120/10	Arbeidsbord for platekledning
M.0403	Optimat WHM 100/12DK	Løfteanordning med vakuumsfunksjon for løfting av plater og lignende
M.0404	Optimat WMS 100/S	Multifunksjonshode, kan utstyres med fres, sag og spikerpistol
M.0405	Optimat WTW 120/03zW	Transportbord
M.0406	Profi WTX 300/10	Vegg-bord for vindusinnsetting med 85° vipping
M.0407	Optimat WHM 100/10FL	Løfteanordning med vakuumsfunksjon, flyttbar langs linja
M.0408	Optimat WTW 120/10	Arbeidsbord for ytterkledning
M.0409	Profi WMS 150	Multifunksjonshode, kan utstyres med fres, sag og spikerpistol
M.0410	Optimat WTW 120/03zW	Transportbord
M.0411	Profi WTW 150/10	Arbeidsbord for ytterkledning
M.0412	Optimat WTW 120/03zW	Transportbord
M.0413	Profi WTW 150/10	Vippebord for å reise opp elementer
M.0414	Profi WLX 300/10	Stabling av stående elementer på vogner for pakking og frakt
M.0415	Profi WLX 300/10	Stabling av stående elementer på vogner for pakking og frakt
M.0416	Profi WDT 170/10NC	Montasjebord for manuelle arbeider. F.eks bjelkelag
M.0417	Optimat WMS 120	Multifunksjonshode, kan utstyres med fres, sag og spikerpistol
M.0418	Profi WDT 170/10NC	Montasjebord for manuelle arbeider. F.eks bjelkelag
M.0419	Optimat WBS 120/06	Sagesenter med sagblad og fres
M.0420	Optimat WHP 120/06	Mating av råmateriale til kappanlegg
Totalpris (maskiner, montasje og opplæring inkl prisjustering til 2019):		<b>18 657 436,63</b> NOK

**Møte nr.1 Møte med ekstern veileder**

Møtedato: 05.12.18

Tid, sted: 10.00, Norgeshus Melhus

Til stede: Lars Ellevold, Ari Magnus Hammer, Snorre Bjørkum, Jan Tore Tangstad

Lengde: 60min

Referent: Ari

## Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Valgte tema industriell elementproduksjon fra Norgeshus	
2	Generelt orientering om oppgaven	
Neste møte	Ikke avklart	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

**Møte nr.2 Gruppemøte**

Møtedato: 31.01.19

Tid, sted: 08.00, E307 Arkitekt Christies gate 2

Til stede: Ari M Hammer, Lars Ellevold

Lengde: 180min

Referent: Ari

## Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Gjennomgang av mottatt tegningsunderlag	
2	Gjennomgang av nesten ferdig forprosjekt	
3	Diskusjon angående situasjon med usikkerhet rundt interne veiledere, Bozena eller Jomar	
Neste møte	01.02.19, Arkitekt Christies gate 2	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

### Møte nr.3 Gruppemøte

Møtedato: 01.02.19  
Tid, sted: 08.00, E307 Arkitekt Christies gate 2  
Til stede: Lars Ellevold, Ari Magnus Hammer  
Lengde: 180min

Referent: Ari

Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Ferdigstilling av fremdriftsplan	
2	Ferdigstilling av hovedaktiviteter	
3	Diskusjoner rundt hva som gjenstod i forprosjektet, og hvordan gruppa skulle gjennomføre disse oppgavene	
Neste møte	Ikke avklart	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

### Møte nr.4 Møte med ekstern veileder

Møtedato: 15.02.19  
Tid, sted: 10.00, Norgeshus Melhus  
Til stede: Lars Ellevold, Ari Magnus Hammer, Snorre Bjørkum  
Lengde: 60 min

Referent: Ari

Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Diskusjon vedrørende forprosjektet, og vinklingen så langt	
2	Snakket om diverse produsenter som kunne vært aktuelle å intervju, for å få innblikk i temaet	
3	Diskuterte usikkerheten rundt interne veiledere, og hvordan dette påvirket framdriften	
4	Diskuterte problemer med lisenser til ArchiFrame	
Neste møte	Ikke avklart	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

**Møte nr.5 Første møte med intern veileder**

Møtedato: 26.02.19

Tid, sted: 11.00, E327 Arkitekt Christies gate 2

Til stede: Lars Ellevold, Ari Magnus Hammer, Jomar Tørset

Lengde: 100 min

Referent: Ari

Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Diskusjon rundt problemstillingen generelt, og hva som hadde blitt gjort i forprosjektet	
2	Fikk evalueringen av forprosjektet, da han hadde lest det i forkant av møtet	
3	Diskusjon rundt framgangsmåte ved innhenting av informasjon og hvordan intervjuer kunne gjennomføres	
Neste møte	Ikke avklart	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

**Møte nr.6 Gruppemøte**

Møtedato: 28.02.19

Tid, sted: 08.00, E307 Arkitekt Cristiens gate 2

Til stede: Ari Magnus Hammer, Lars Ellevold

Lengde: 180 min

Referent: Lars

Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Ringerunde til aktuelle elementprodusenter, Gauldal bygg, Oppdal bygg og Snøhetta element	
2	Diskusjon rundt hva intervjuene skulle inneholde	
3	Gjennomgang av hittil tegnede utkast på konstruksjonsgjennomgang av Dråpen	
Neste møte:	Ikke avklart	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

**Møte nr.7 Ekskursjon til Dombås**

Møtedato: 11.03.19  
Tid, sted: Heldag, Dombås  
Til stede: Ari Magnus Hammer, Lars Ellevold, John Sneve  
Lengde: 600 min  
Referent: Lars  
Fotograf: Ari  
Saksliste:

Sak: <i>nr</i>	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Intervju av John Sneve, daglig leder ved Snøhetta element As i Dombås	
2	Befaring og omvisning av produksjonen og lokalene deres	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

**Møte nr.8 Ekskursjon til Oppdal**

Møtedato: 12.03.2019  
Tid, sted: Heldag, Oppdal  
Til stede: Lars Ellevold, Ari Magnus Hammer, Malvin Solberg  
Lengde: 600 min  
Referent: Lars  
Fotograf: Ari  
Saksliste:

Sak: <i>nr</i>	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Intervju av Malvin Solberg, ansvarlig element ved Oppdal bygg AS i Oppdal	
2	Befaring og omvisning av produksjonen og lokalene deres	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

**Møte nr.9 Møte med intern veileder**

Møtedato: 08.04.2019

Tid, sted: 10.00, E327 Arkitekt Christies gate 2

Til stede: Lars Ellevold, Ari Magnus Hammer, Jomar Tørset

Lengde: 90 min

Referent: Lars

Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Fremdrift i oppgaven generelt, resultat av intervjuer og veien videre	
2	Diskusjon om lisensproblematikken ved ArchiFrame, og hvordan dette gikk utover fremdriftsplanen	
Neste møte	Ikke avklart	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

**Møte nr.10 Møte med ekstern veileder**

Møtedato: 11.04.19

Tid, sted: 11.00, Norghus Melhus

Til stede: Ari Magnus Hammer, Lars Ellevold, Snorre Bjørkum

Lengde: 60 min

Referent: Ari

Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Siste innsnevring av oppgaven, og da veien videre mot ferdigstilling av oppgaven	
2	Status på lisensproblematikken, og enighet om å kun tegne i studentlisens for å illustrere, kan dessverre ikke levere inn arbeidsfilene	
3	Gjort avtale om at gruppa da skal lage et mer detaljert «gjennomføringsforslag» til Norgeshus samarbeidspartnere	
Neste møte	Ikke avklart	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold

**Møte nr.1 Møte med intern veileder**

Møtedato: 09.05.2019

Tid, sted: 12.00, E203 Arkitekt Christies gate 2

Til stede: Ari Magnus Hammer, Lars Ellevold, Jomar Tørset

Lengde: 60 min

Referent: Ari

Saksliste:

Sak: nr	Sak:	Ansvarlig/merknad:
1	Rask gjennomgang av oppsett og grovt innhold i oppgaven	
2	Oppsummering av oppstartsmanualen(«gjennomføringsforslaget»)	
3	Noe diskusjon rundt utforming av artikkel og plakat	
Neste møte	Ikke avklart	

NTNU, Trondheim

Ari Magnus Hammer og Lars Ellevold



## Avvikslogg

- **Manglende ArchiFrame lisenser:**

Fra og med 04.03.19 hadde gruppa problemer med å få lisensene opp og gå. Det stopper opp på at Norgeshus sannsynligvis må legge inn godkjenning på at gruppa skal kunne få benytte seg av deres lisensfiler.

Dette avviket har ført til at gruppa har måttet snudd på den planlagte framdriften. Dette var til dels uproblematisk, da vi fremdeles kunne bruke den oppsatte fremdriftsplanen, men at vi bare forskyver aktivitetene. Det ble derfor ikke utarbeidet en ny fremdriftsplan.

- **08.04.19:** Gruppa har fremdeles ikke fått lisensene opp og gå. Men vi klarte å anskaffe studentlisenser som vi kunne benytte oss av for å gjøre oss kjente med programvaren i forkant av tegningsproduksjon og utvikling av mal og oppsett.
- På grunn av lisensproblematikken ved ArchiFrame har vi ikke klart å produsere en mal-fil som Norgeshus kunne bruke til å bygge videre på, som opprinnelig avtalt. I stedet kom gruppa og ekstern veileder til en enighet om å ikke produsere mal-fil, men heller fokusere på tilbakemelding og “veiledning” i programmet. Tegninger ble produsert uten å “legge for mye til rette” for programmet. Tegningene som er blitt produsert viser da tilnærmet det “automatiske” resultatet man oppnår ved å følge manual og opplæringsvideoer.
- Som resultat av betraktelig ventetid og usikkerhet i forhold til lisenser og fremdrift. Har fremdriftsplanen blitt “snudd på hodet”. På grunn av den lange ventetiden i tidsperioden starten av mars – midten av april, har da ikke fremdriftsplanen blitt revidert.

## Liste over figurer fra byggforsk

Gruppen har innhentet skriftlig tillatelse til gjenbruk av følgende figurer og tabeller fra byggforskserien.

<b>Blad:</b>	<b>Figur nr./kapittel:</b>	<b>URL:</b>	<b>Figur/tabell i rapporten</b>
471.015	v/0 Generelt	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/213/kuldebroer_konsekvenser_og_dokumentasjon_av_energibruk">https://www.byggforsk.no/dokument/213/kuldebroer_konsekvenser_og_dokumentasjon_av_energibruk</a>	Figur 5
471.010	v/0 Generelt	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivit_og_varmemotstand_for_bygningsmaterialer">https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivit_og_varmemotstand_for_bygningsmaterialer</a>	Figur 6
520.401	Fig.11/0 Generelt	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/4110/lufttetting_av_bygninger_framgangsmaate_for_aa_oppnaa_lavt_lekkasjetall">https://www.byggforsk.no/dokument/4110/lufttetting_av_bygninger_framgangsmaate_for_aa_oppnaa_lavt_lekkasjetall</a>	Figur 7
473.101	Tab.32/32 Krav	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav_til_bygninger_oversikt">https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav_til_bygninger_oversikt</a>	Tabell 3
473.101	Tab.4/4 Min. Krav til energieffektivitet	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav_til_bygninger_oversikt">https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav_til_bygninger_oversikt</a>	Tabell 1
473.102	Tab. 121/12 Krav til netto energibehov	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/5164/energikrav_til_bygninger_energirammer">https://www.byggforsk.no/dokument/5164/energikrav_til_bygninger_energirammer</a>	Tabell 2
471.014	Tab. 33a/Nødvendig iso. I gulv	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/1536/u-verdier_gulv_paa_grunnen_og_vegger_mot_terreng">https://www.byggforsk.no/dokument/1536/u-verdier_gulv_paa_grunnen_og_vegger_mot_terreng</a>	Tabell 8
471.013	Tab. 22/Kaldt loft med takstoler	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak">https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak</a>	Tabell 6
471.013	Tab. 32/Skråtak av sperrer i konstruksjonsvirke	<a href="https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak">https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak</a>	Tabell 7

### Gruppemedlemmer:

Lars Ellevold og Ari M. Hammer

## Liste over egenproduserte illustrasjoner

(Figurene/tabellene i denne listen er egenproduserte til denne oppgaven)

Figur/Tabell nr.	Merknad:	Verktøy benyttet:
Figur 1	Bilde tatt under befaring hos Oppdal bygg AS	Kamera
Figur 2	Bilde tatt under befaring hos Snøhetta Element AS	Kamera
Figur 3	Bilde tatt under befaring hos Oppdal bygg AS	Kamera
Figur 4	Skisse	ArchiCad
Figur 8	Detalj, opphengt bjelkelag	ArchiCad
Figur 9	Detalj, tradisjonelt bjelkelag	ArchiCad
Figur 10	Bilde tatt under befaring hos Snøhetta Element AS	Kamera
Figur 11	Bilde tatt under befaring hos Snøhetta Element AS	Kamera
Figur 12	Bilde tatt under befaring hos Snøhetta Element AS	Kamera
Figur 13	Bilde tatt under befaring hos Oppdal bygg AS	Kamera
Figur 14	Bilde tatt under befaring hos Oppdal bygg AS	Kamera
Figur 15	Sperretak med mønedrager	ArchiCad
Figur 16	Takkonstruksjon W-takstoler	ArchiCad
Tabell 4	Prosentandel treverk i yttervegger.	Kalkulator og tegningsgrunnlag
Tabell 5	Beregning av U-verdi	Therm 7.5
Tabell 9	Simulering 1	TEK-sjekk
Tabell 10	Simulering 2	TEK-sjekk
Figur 17	Overgang sperretak-yttervegg	ArchiCad
Figur 18	Fjernede bor i elementskjøt	ArchiFrame
Figur 20	Delt produksjon og lager	ArchiCad
Figur 21	Smale elementer	ArchiCad
Figur 22	Skisse hurtiglås	ArchiCad
Figur 23	Klikksvill og hurtiglås i samspill	ArchiCad
Figur 24	Innfelt bjelkelag	ArchiCad
Figur 25	Feil på lektefunksjon	ArchiFrame