

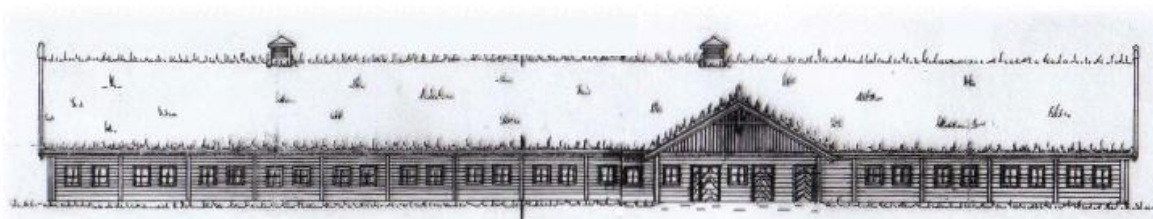


Tilbygg i tre med tradisjoner

Bacheloroppgave ved HIG

Øyvind Schiager

25.05.2010



Sammendrag

I rapporten "Tilbygg i tre med tradisjoner", er det sett på en del forhold rundt et tilbygg til en driftsbygning på et mjølkeproduksjonsbruk. Tilbygget skal bygges inntil en gammel bygning fra 1846 bestående av tømmer og steinmurer. I denne sammenhengen er det vektlagt å komme fram til et bygg som står godt til den gamle driftsbygningen og som skal være med å bære dennes tradisjoner videre. For å komme fram til en løsning er det i sett på en del driftsbygninger bygget den senere tid for å se hva som kunne hentes fram av ideer til dette tilbygget. Det ble da valgt ut bygg som i størst mulig grad består av tre, men som samtidig er forskjellige i byggemåte.

Plassering av bygget er diskutert i oppgaven, og det er forsøkt å plassere dette slik at faktorer som estetikk, logistikk og menneskers og dyrs velferd blir ivaretatt.

Som veggmateriale ble det valgt en form for slippluft. Slippluft er en laftemetode som er blitt en del benyttet i senere tid. Her er denne metoden forsøkt utviklet litt videre og det er skissert en veggtype med en isolert kjerne i den delen av bygget som trenger å være isolert. Dette er rom for mjølking, kontor, dusj/wc, mjølkerom og et inngangsparti med smittesluse. I den delen som skal inneholde plass for foring av mjølkeku ble det benyttet en åpen løsning. Det vil si en løsning med tak uten vegger.

Til bærekonstruksjon er det i det vesentligste valgt en limtrekonstruksjon. Dette ble valgt selv om det var et ønske om å bruke egen gårdssag og materialer fra egen skog. Slippluftkonstruksjonen gjorde at senteravstanden mellom takstoler ble tre meter. Dette vanskeliggjorde bruk av dimensjoner som er oppnåelig ved vanlig skurlast. Derimot er det sett på en løsning der saga kan benyttes til produksjon av lafteplanken.

Det er også vurdert faktorer som valg av materialer og overflatebehandling. Dette er vurdert ut fra ønske om å bruke av gårdens ressurser, hvilke overflater som er benyttet på tunets øvrige hus og gamle byggetradisjoner.

For å visualisere bygget er dette tegnet og presentert i et 3D program. Dette viser forhåpentligvis det ferdige bygget på en bedre måte enn vanlige 2D-tegninger.

Rapporten inneholder også en del med statiske beregninger på takkonstruksjonen.

Forord

Når jeg høsten 2009 skulle velge et tema for bacheloroppgaven var jeg rimelig sikker på at temaet skulle være relatert til bruk av tre i bygg. Det har med min interesse for tre og et ønske om at dette flotte materialet må bli enda mer brukt. At det videre ble en driftsbygning i landbruket som ble valgt, har mye med min bakgrunn å gjøre. Jeg har drevet som bonde og mjølkeprodusent i mange år. Selv om jeg valgte å avslutte denne produksjonen for å begynne på en ingeniørutdanning sommeren 2007, betyr ikke det at interessen for landbruket er over. I januar i år startet jeg opp ved Hedmark Landbruksrådgiving som bygningsplanlegger i landbruket. Dermed håper jeg at valget av problemstilling kan ha gitt meg lærdom som jeg kan bruke i min jobb videre.

Jeg synes oppgaven har vært lærerik og jeg vil benytte anledningen til å takke min veileder Liv Torjussen for mange gode råd underveis! Vi har hatt flere entusiastiske samtaler om bruk av tre som byggemateriale. Takk også til Lars Erik Ruud, Geno/Tine for veiledning i starten av oppgaven.

Biri, 20. mai 2010

Øyvind Schiager

Innhold

Sammendrag	2
Forord	3
1. Innledning.....	5
1.1 Bakgrunn.....	5
1.2 Denne rapporten	5
1.3 Mål.....	6
1.4 Hva skal besvares i rapporten	6
2 Metode	7
3 Teori.....	7
4 Hoveddel	8
4.1 Driftsbygningen	8
4.2 Tunet i dag.....	10
4.3 Planløsning	11
4.3.1 Kriterier for valg av planløsning	11
4.3.2 Drøfting og valg av planløsning	12
4.4 Valg av byggemåte/bruk av materialer	13
4.4.1 Litt historie	13
4.4.2 Drøfting av aktuelle byggemåter og materialvalg	15
4.4.3 Drøfting og valg av byggemåte og materialer	29
4.5 Tegninger av tilbygg	36
4.6 Dimensjonering	38
5 Sluttkommentarer	41
6 Litteratur/kilder	43
7 Vedlegg.....	45

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

De senere år har det foregått en betydelig strukturendring i norsk landbruk. I perioden fra 1998 – 2009 har antall bruk med mjølkeproduksjon gått ned fra ca 24 000 til ca 12 000 enheter. I samme periode har hver enhets kvote økt fra 75 000 til 130 000 liter. (Statens Landbruksforvaltning, 2010) For å møte denne utviklingen er det et stort behov for investering i driftsbygninger for de bruk som ønsker å satse videre på mjølkeproduksjon. Samtidig har det i samme periode vært en stram økonomisk situasjon i næringen, slik at muligheten for å investere i et nytt fjøs for mange ikke er mulig. Derfor er en utvidelse av produksjonen gjennom tilbygg og restaurering av det gamle fjøset ofte aktuelt. Dette er også en løsning som gjør at vi kan få beholde en del av våre "røde låver" som i stor grad preger våre landbruksområder. Mange av disse står i dag tomme uten noen form for produksjon, og manglende interesse, behov og økonomi gjør at mange av disse forfaller.

1.2 Denne rapporten

Denne rapporten tar for seg en ombygging gjennom tilbygg og restaurering av en gammel driftsbygning. Tilfellet det dreier seg om er en tømret driftsbygning fra midten av 1800-tallet oppført på en solid steinmur. Dette er en bygning lokale myndigheter ikke tillater å rive. Derfor vil en ved å velge å bygge nytt på en annen tomt på gården, også vil måtte slite med vedlikehold av denne som et tomt skall.

Det behøver ikke søkes for ombygging av den gamle driftsbygningen da dette ikke medfører noen eksteriørmessige endringer. Det må derimot søkes om å få sette opp et tilbygg. PBL's § 20-2 (Miljøverndepartementet, 2009) sier at oppføring av driftsbygning krever søknad, men brukeren kan selv være tiltakshaver. I ny forskrift om byggesak (§ 3-2) (Kommunal- og regionaldepartementet, 2010) gjeldende fra 1.juli 2010, er grensen for størrelse en driftsbygning kan ha med bonden som tiltakshaver satt til 1000m². I dette tilfellet hvor det snakkes om et tilbygg, er grensen 1000m² for det samlede areal av tilbygg og eksisterende bygg.

Utfordringen ved en slik ombygging er å få til en tilfredsstillende løsning på tross av det gamle byggets begrensninger. Dagens drift setter helt andre krav til eksempelvis takhøyder, frie spenn og logistikk. I denne rapporten skal det ikke gås inn på ombygging av eksisterende driftsbygning. Derimot skal søkelyset settes på tilbygget. Dette er et bygg som skal tilpasses det gamle, og sammen skal disse danne en vegg i et gårdstun som skal romme mye mer enn en produksjonsbedrift. Et gårdstun er en families arbeidsplass, barns lekeplass, familiens friområde, traktorer og lastebilers snuplass osv. Det er derfor mange faktorer som spiller inn

for å få dette til å bli en god og trygg plass, ikke minst bygningenes plassering og utforming. Her er det med andre ord viktig å få til en god planløsning samtidig som en har syn for det estetiske. Tunet består av en samling gamle hus, og det er viktig å se på materialvalg, farger, proporsjoner og utførelse som gjør at nybygget får en naturlig plass i omgivelsene.

1.3 Mål

Hovedmålet med prosjektet er å utforme et egnet tilbygg og prosjektere dette. Det skal inneholde foringsplass for mjølkeku, mjølkeavdeling, mjølkerom, kontor, dusj/wc og et inngangsparti med smittesluse.

1.4 Hva skal besvares i rapporten

Tilbygget skal bygges inntil en gammel tømmerlåve og skal sammen med gårdens øvrige gamle bebyggelse danne en helhet. Med dette som bakgrunn vil materialvalg, tradisjoner og estetikk være sentrale momenter i rapporten. Følgende kriterier ligger til grunn:

- Det søkes å komme fram til hensiktsmessig planløsning for tilbygget med hensyn på plassering og utforming.
- Valg av byggematerialer skal vurderes og begrunnes. Der det er akseptabelt å benytte treverk skal dette benyttes. Levetid, byggekostnader og muligheter for bruk av materialer fra egen skog er vesentlige momenter her. Gården har egen sag og det er ønskelig å bruke denne i framstillingen av materialer. Treslag og behandlingsmåter skal også vurderes og begrunnes.
- Det skal fokuseres på gamle og tradisjonsrike byggemetoder, samtidig som det vektlegges å tenke nytt. Dette for så å se hvordan disse metoder kan tilpasses nybygget.
- Det skal vurderes om løsninger fra tilsvarende bygg i utlandet kan benyttes. Det kan være særlig aktuelt å se til områder i Mellom-Europa som har et sammenlignbart klima. Blant annet har mange norske bønder besøkt Sveits for å studere deres byggetradisjoner.
- Visualisering av valgt løsning gjennom bruk av DAK.
- Det skal foretas statiske beregninger av bygget. Her vektlegges særlig vindstabilitet.

Det er en trend i tiden at mange bønder ønsker å bygge i tre, og det skjer mye på denne fronten. Nylig startet et toårig prosjekt med tema "Landbruksbygg i tre". (Norsk Landbruksråd, 2010) Her samarbeider trebransjen med en rekke organisasjoner i landbruket om økt bruk av tre i landbruksbygg. Det å finne gode og rimelige løsninger, som også framstår som miljøvennlige er vesentlig her. I forhold til ressursbruk og et CO₂-regnskap er det mye som taler for økt bruk av tre i bygg kontra løsninger i stål og betong. I en m³ tre i et bygg lagres 0,8 tonn CO₂. (Norsk Treteknisk Institutt, 2004)

2 Metode

For å kunne konkludere med valg av løsninger, bearbeidingsmetoder og byggematerialer skal det i rapporten gjøres både et tilbakeblikk i historien samtidig som det skal sees på ulike byggemetoder i dagens landbruk. Dette gjøres ved å plukke ut noen nyere driftsbygninger som har en utstrakt bruk av tre i konstruksjonen. Erfaringsmaterialet fra det historiske tilbakeblikk og de utvalgte byggenes egenskaper, skal så brukes til å utforme et bygg som skal fylle funksjonen denne gårdens tilbygg skal ha.

Videre skal dette bygget visualiseres gjennom tegning i et tredimensjonalt tegneprogram. Takkonstruksjonen skal gjennom beregninger dimensjoneres for snø- og vindlaster.

Rapporten har flere problemstillinger der konklusjonen på en del må foreligge før drøfting kan starte på neste del. Derfor vil drøfting og konklusjon for hver enkelt del komme under hoveddelen.

3 Teori

For valg av byggematerialer og bearbeidingsmetoder står faget Materiallære fra første året i byggingeniørutdanningen med Treteknisk sin perm Fokus på tre (Norsk Treteknisk Institutt, 2007) sentralt. Til utregning av u-verdier benyttes metode beskrevet i boka Bygningsfysikk av Knut Jonas Espedal. (Espedal, 2002) Arbeidet med å komme fram til en estetisk og helhetlig løsning bygger for en stor del på egen erfaring som mjølkebonde gjennom mange år, samt interesse for byggeskikk og historie. Som bakgrunns litteratur er nevnte Fokus på tre benyttet, samt boka Gamle Trehus. (Drange, Aanesen og Brænne, 1994)

Tegning for å visualisere bygget skal foretas i tegneprogrammet Archi-CAD 13. Dette er et av de mest brukte program for dette formål.

Statiske beregninger av snø- og vindlaster er foretatt etter Eurocode 1 NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009 (Eurocode 1, 2009) og beregning av trekonstruksjoner er utført etter Eurocode 5 NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2009 (Eurocode 5, 2009).

4 Hoveddel

4.1 Driftsbygningen

Eksisterende driftsbygning er oppført i 1846. Denne måler 11x35m. Under fjøset er det gjødselkjeller bestående av steinmurer med en tykkelse på nærmere 1,5m. Også i fjøsveggene over er det tykke steinmurer. Disse er murt opp med naturstein med et hulrom i midten som ble jordfylt. Dette gjør at isolasjonsevnen er relativt god. Mot tunet er fjøsplanet i nivå med bakkeplanet. På baksiden er bakkenivå noe lavere, med en kjellerport midt på langsiden. Over fjøset er det en tømret låvedel. Denne har tidligere vært brukt til høylager, men er ikke i bruk i dag. Den kan nås med en låvebro i enden av bygget, men med dagens traktorer er det ikke aktuelt å kjøre inn på låven. Taket var opprinnelig tekket med flis, men dette ble på 50- tallet erstattet med bølgeblekk. Dette er malt svart. Tilstanden på bygget er relativt god.



Figur 1 Byggherrens signatur: EK 1846



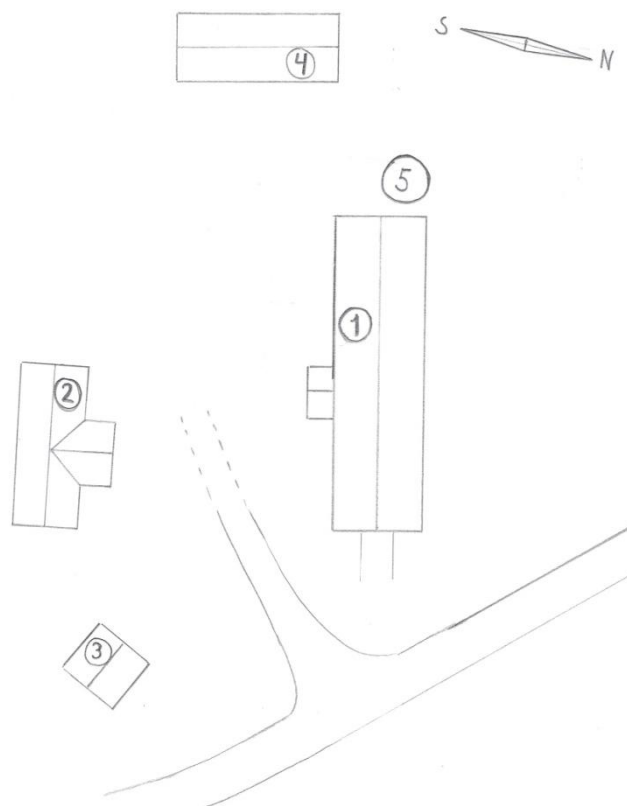
Figur 2 Tykke fjøsvegger

Fjøset rommer i dag et båsfjøs med plass til 18 mjølkekyr i tillegg til ungdyr. Gårdens mjølkekvote er på 110tonn, men på grunn av at eier ønsker å leie en nabokvote på 80tonn er det nødvendig med en utvidelse av fjøset. Eier har derfor to alternativer, enten å bygge nytt eller utvide det gamle gjennom å bygge på et nødvendig areal. Eier har vært i kontakt med lokale myndigheter for å forhøre seg om muligheten for å få rivingstillatelse, men disse mener at bygget har en verneverdi etter kulturminneloven slik at en søknad om riving trolig vil bli avslått. Hvis det derfor velges å bygge nytt, må dette bygges på en annen tomt og den gamle driftsbygningen vil bli liggende ubrukt. Likevel vil denne kreve utvendig vedlikehold i åra framover. Denne gamle bygningen danner også en historisk vegg i tunet med sitt nesten uendrede ytre gjennom 160år. Dette sammen med gårdens øvrige bebyggelse som består av gjennomgående gamle hus.

Det er ikke i eiers ønske å tømme bygget for dets funksjoner, og eier vil derfor gå for en løsning med å bygge på et tilbygg for å romme den økte aktiviteten. Det gamle fjøset har en lav takhøyde og en løsning med mange bærende stolper innvendig. Dette gjør at det er vanskelig å få til en god løsning med blant annet mekanisert foring. Ved nybygg/større ombygging kreves det at det velges løsdrift. (Landbruks- og matdepartementet, 2004) Dette er også en løsning som krever mer plass pr dyr. Det velges derfor en løsning hvor gamlefjøset rommer liggeareal til dyrene, mens foring og mjølking flyttes ut i et nybygg.

I tilknytning til fjøset er det bygget en stålsilo til surfor. Denne ble satt opp i 1992. Denne ruver godt med sin høyde på 20m og har en farge som skiller seg ut fra gårdens bebyggelse for øvrig. Denne er imidlertid fortsatt i bruk og vil være det med den nye løsningen også.

4.2 Tunet i dag



1. Låvebygning med fjøs fra 1846 (se beskrivelse over)
2. Hovedbygning, tømmer med malt lys grå panel, sort betongtakstein, 1700-tallet
3. Stabbur, tømmer, panelt og rødmalt som låven, tegl på tak, byggeår ca 1750
4. Redskapshus, bindingsverk, sort platetak, byggeår 1985
5. Silo i stål 6x18m byggeår 1992

Figur 3 Nåværende tunløsning



Figur 4 Låvebygning før tilbygg



Hovedbygning og stabbur

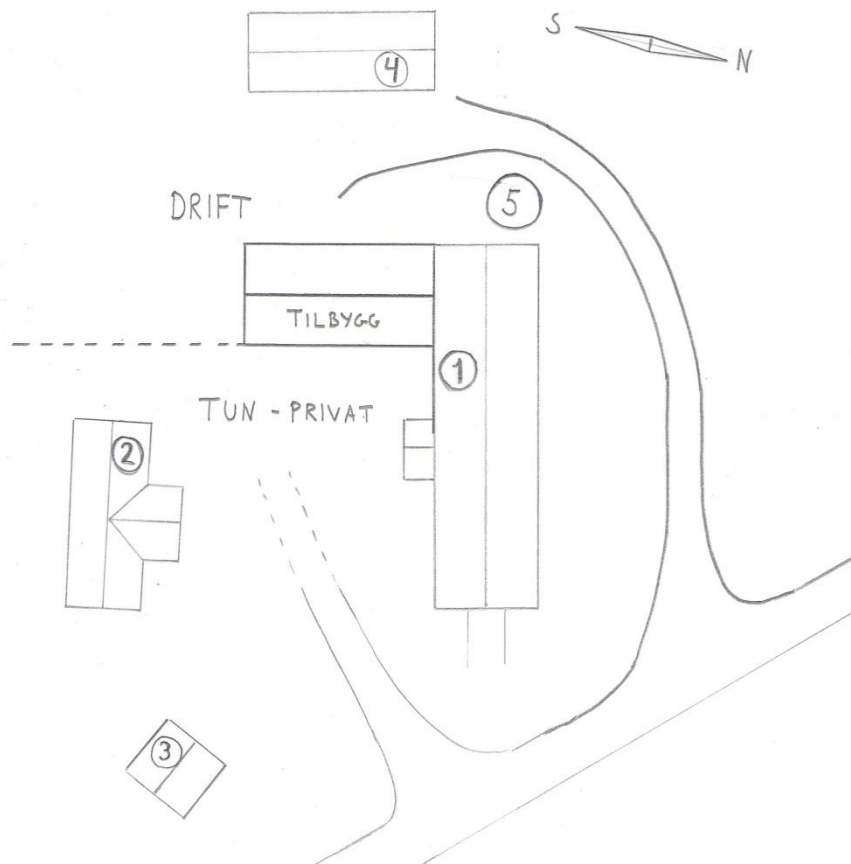
4.3 Planløsning

4.3.1 Kriterier for valg av planløsning

Når en skal tenke en ny løsning er det viktig å se på en helhet. For valg av løsning vektlegges at:

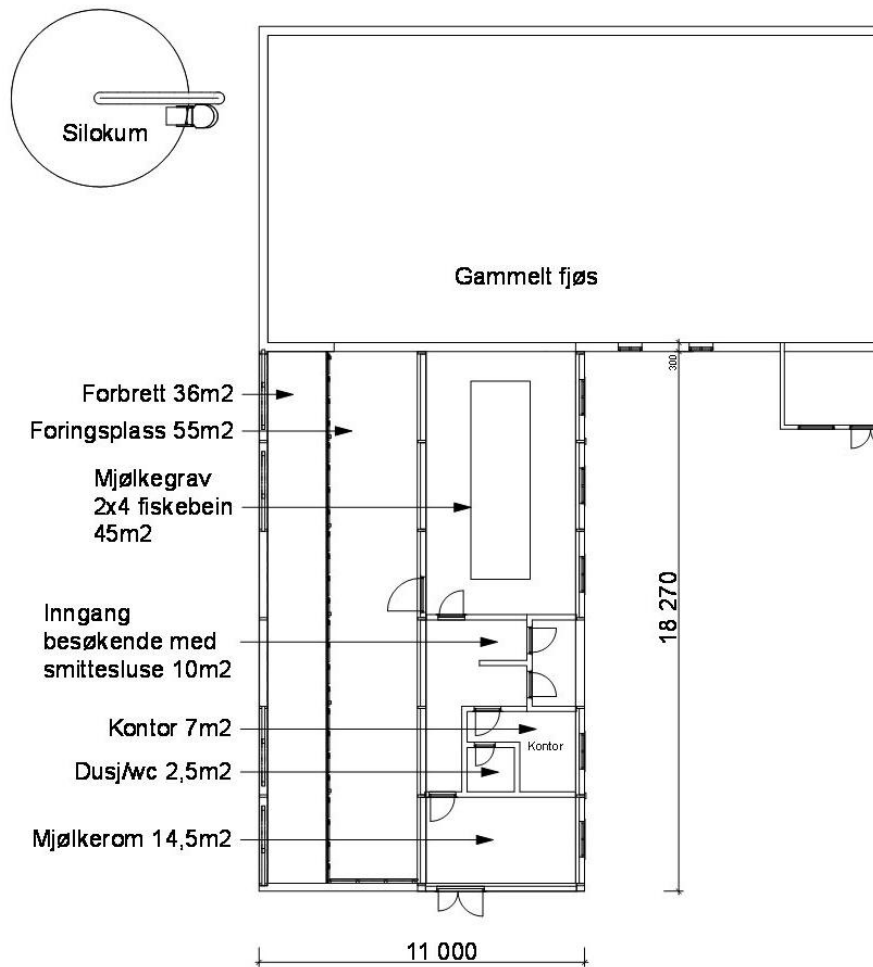
- Løsningen skal gi et tun som i størst mulig grad skal skjermes for gårdsdriftens aktivitet.
- Tilbygget skal stå godt til den gamle driftsbygningen og gårdens øvrige bebyggelse.
- Planløsningen må inneholde en løsning som gir en god dyrevelferd og en praktisk hverdag for bruker.
- Løsningen gir en god infrastruktur rundt bygget.

4.3.2 Drøfting og valg av planløsning



Overfor vises tilbygget plassert mot sør i fjøsets vestlige ende. Tidligere har tunet vært en del av gårdsdriftens arena. Transport av mjølk, dyr og varer har gått over tunet. Nå forsøkes det å skjerme tunet som en privat del av gården. Her vil tilbygget danne en vegg i dette skillet. Samtidig anlegges det en ny adkomstveg på baksiden av driftsbygningen som benyttes både til intern og ekstern transport. For å forsterke denne delingen settes det opp et gjerde i forlengelsen av tilbygget. Tilbygget vil også skjerme innsyn til driftsdelen. På denne siden vil det være aktuelt å lagre driftsmidler som redskap, rundballer osv. Dette vil dermed ikke prege tunet i den grad som det gjør i dag.

Dette vil gi tryggere tun, ikke minst for unger ved at transporten legges om. Samtidig settes det krav til utførelsen av tilbygget for å forsterke inntrykket av et ryddig, trygt og estetisk tilpasset tun.



Figur 5 viser valgt planløsning for tilbygget

4.4 Valg av byggemåte/bruk av materialer

4.4.1 Litt historie

Norge har en lang tradisjon med bruk av tre til bygg. Dette kommer nok av vår rike forekomst av tømmer. Dette i motsetning til de mer sentrale deler av Europa der bruk av stein som byggemateriale var mye mer utbredt. Av den eldste trehusbebyggelsen som er bevart har vi våre stavkirker. De eldste av disse nærmer seg nå 1000 år. Flere av disse har greid seg bra gjennom århundre og har fortsatt mye av de opprinnelige byggematerialene inntakt. Dette sier litt om treverkets muligheter forutsatt god kjennskap til materialet.

Disse stavkirkene er i prinsippet bygd på samme måte som de gamle stavløer (grindbygg). Dette kunne være enkle bygg med 4 hjørnestolper eller det kunne være lange bygg med mange parvise stolper. (langhus – kjent fra steinalderen). Disse ble ofte gravd ned i bakken uten noen form for mur. Derfor var levetiden for disse bygg kort. Denne byggemåten har

røtter tilbake til stein- og bronsealderen, og det er funnet spor etter slike bygg satt opp for ca 3000 år siden. (Grindbygg, 2010)



Figur 6 Kopi av gammel grindbygd løe (bilde Grindbygg)

Ved å sette stolpene på steiner eller en ringmur forlenges levetiden betraktelig. En videreutvikling av denne byggemåten er stolpekonstruksjonen som er beskrevet i et senere avsnitt. Dette er en aktuell konstruksjon til enkle, gjerne uisolerte bygg med begrenset bredde.

Laftemetoden er en nyere byggemåte. Dette med å legge stokkene horisontalt med knuter i hjørnene var en metode som kom fra de skogrike områdene i Øst-Europa i vikingtiden og ble etter hvert dominerende, særlig på Østlandet. Stavbyggene dominerte fortsatt på Vestlandet. Tømmertilgangen var mindre her. Laftehusene med sine massive tømmervegger krevde mye mer tømmer. Dette gjorde at laftebyggene ble bedre isolert enn stavbyggene, noe som også var nødvendig i et kaldere klima som innlandet hadde. (Bugge, 1994)

Det at det finnes mange gamle hus som fortsatt står godt etter flere århundrer, samtidig som mange hus ikke overlever mer enn noen tiår, kan lære oss mye om valg av materialer. Et eksempel er taket på Garmo stavkirke på Maihaugen. Denne kirka kommer opprinnelig fra Garmo i Lom og ble gjenreist på Maihaugen i 1921. For få år siden ble taket skiftet ut på denne etter ca 80 års levetid. (NRK Hedmark og Oppland, 2005) For et tak bestående av kun trematerialer høres ikke dette så verst ut, men til sammenligning ble mønekammene på Lom stavkirke skiftet ut på samme tid. Disse hadde overlevd på taket siden middelalderen, kanskje så lenge som 900 år! (Steder i Norge: Lom) Dette sier litt om trekunnskapen våre fedre satt inne med. De visste å velge ut de beste materialene til de mest utsatte stedene. Takspenen som ble satt på Garmokirken i 1921 besto av skåret spon. På denne måten blir trefibrene kuttet og dette åpner for vanninntrenging inn i sponen. Opprinnelig ble sponen

kløvd, noe som gjorde at overflaten fulgte fibrene. Ved samtidig å velge ut et materiale bestående av tettvokst malmefuru, kan et slikt tak ligge i flere hundre år.

Bindingsverk kom på 1800-tallet og i driftsbygninger relativt vanlig fra siste halvdel av 1800-tallet. Det var da gjerne snakk om grove dimensjoner. Rundt 6" i firkant skåret eller tilhugget med øks. Som bunn- og toppsvill ble det gjerne benyttet to slike stokker. Alle sammenføyninger sirlig sammenbundet ved hjelp av tapper. Et par eksempler på en slik byggemåte er to bygg på egen gård fra rundt 1890.

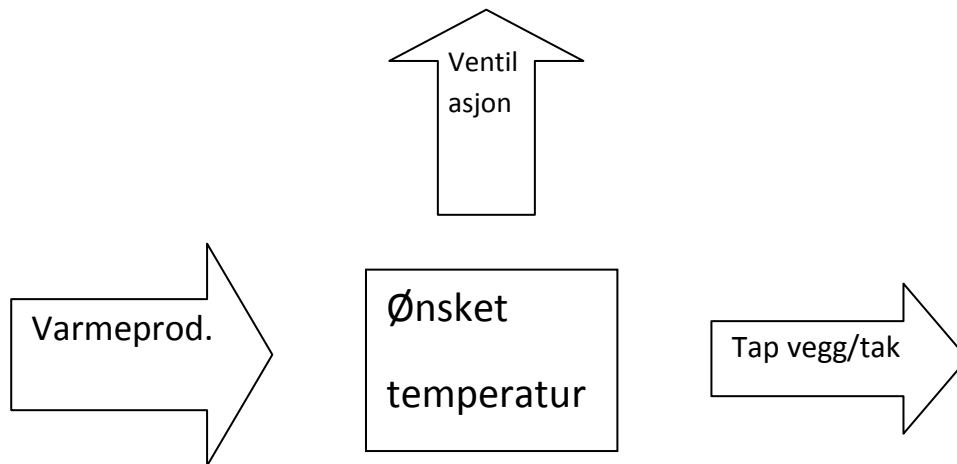
4.4.2 Drøfting av aktuelle byggemåter og materialvalg

Det er mange problemstillinger rundt valg av fjøsløsning. Eksempler på valg som må tas kan være:

- gjødselkjeller under dyrerom eller utvendig gjødsellager
- uisolert eller isolert løsning
- båsfjøs eller løsdrift (båsfjøs kun aktuelt ved mindre ombygging, ikke nybygg)
- et system med dyr på talle eller liggebås og gjødselskraper

Dette er vesentlige valg som må tas i utgangspunktet, men i denne oppgaven er det allerede valgt et system med liggebåser i det eksisterende fjøset. Dette er et isolert fjøs med gjødselkjeller under. Dermed er problemstillingene rundt de ovenstående eksemplene for det meste uaktuelle og vil derfor ikke behandles her. Tilbygget skal inneholde arealer til foring, mjølking, kontor og sanitærrom. Her må det gjøres et valg om foringsplassen skal bygges isolert eller uisolert. Det er et valg som vil bli behandlet senere.

Tidligere var det lite aktuelt å bygge et uisolert fjøs. Dyra er avhengig vann, og vann fryser som kjent ved 0°C. Systemer med frostfrie drikkekar har kommet og fungerer bra selv i streng kulde. Det har også vært en oppfatning av at dyra ikke har godt av kulde, men forskning viser at dyra tåler kulda godt forutsatt at de har en tørr og trekkfri liggeplass. (Lars Erik Ruud m.flere, 2005) De siste 20 år har det blitt bygget en del uisolerte mjølkefjøs. Hovedgrunnen til dette er nok sparte byggekostnader. Det største problemet med kaldfjøsene er utgjødsling. Ved streng kulde kan gjødsla fryse fast til golvet slik at gjødseltrekket ikke greier å skrape den løs. Når det gjelder mjølking, så har denne avdelingen ofte blitt bygget i en egen isolert del av fjøset. Ved bruk av mjølkegrav og manuell mjølking er dette nødvendig. Robotmjølking kan fungere i kaldfjøs forutsatt strålevarme mot deler av roboten. I husdyrrom er det kun varmen fra dyra som holder temperaturen oppe. Dyra produserer også mye fuktighet, slik at det må ventileres godt for å holde en god luftkvalitet. Skal temperaturen holdes over 0°C, må det til en varmeproduksjon som står i forhold til varmetap gjennom bygningskonstruksjonen og ventilert luft.



Varmeproduksjon og tap gjennom bygningskonstruksjon er gitt, slik at hvis vi ved en kuldeperiode ønsker en temperatur i fjøset på 5°C er det kun ventilasjonen vi kan bruke til å styre denne. Ventileres det lite, vil luftfuktigheten øke.

Som en forutsetning for valg av byggematerialer i denne oppgaven ligger en utstrakt bruk av tre. Dette er naturlig sett i forhold til husene ellers på gården, som alle er bygd av tømmer på en mur av stein. Derfor utelukkes bruk av stål og betong til bærekonstruksjon over mur i denne oppgaven. I det videre arbeidet med å komme fram til metoder og materialer i dette aktuelle bygg er det sett på eksempler på fjøsbygninger som er satt opp i tre den senere tid. Fire byggemetoder er behandlet. Den mest vanlige måten å bygge driftsbygning i tre har vært med tradisjonelt isolert bindingsverk. Dette er en velkjent måte brukt til mange typer bygg, men er ikke viet videre oppmerksomhet her. Byggemetodene som er behandlet videre er:

1. Stolpebygg
2. Limtre/Massivtre
3. Slippluft
4. Fjøs fra Sveits

1. Stolpebygg

Dette er gammel byggemåte som har sine røtter tilbake til de gamle stavløene. Den har vært mye benyttet til enkle og uisolerte bygg. I landbruket har det blitt bygget mange slike til redskapshus, forlager etc. De har i mindre grad blitt benyttet til fjøs for mjølkeproduksjon, men som ly for utegående husdyr er det blitt satt opp en del slike hus. Disse kan være satt opp av gamle telefonstolper. Stolpene er ofte gravd ned i bakken, eller satt ned i tomme oljefat som igjen fylles med betong. Resultatet er et enkelt og rimelig hus.

En masteroppgave utført av to studenter fra Universitetet for miljø- og biovitenskap på Ås i 2007, omhandlet bærekonstruksjon i rundtømmer til landbruksbygg. (Tine medlem) Disse studentene ønsket å utvikle et selvbyggerfjøs som skulle være enkel og rimelig i sin konstruksjon. En forutsetning var at dette bygget skulle kunne settes opp av en selvbygger uten noen form for fagkunnskap.

Normalt skjæres stokken på en sag før det benyttes som byggemateriale. Ved å kante tømmeret ødelegges en del av styrken i stokken. Derfor valgte disse studentene å bruke rundtømmer. I knutepunktene benyttet de innslissede stålplater. Dette i likhet med den metoden limtreindustrien utviklet i forbindelse med OL-utbyggingen tidlig på 90-tallet. Denne måten gir en mye penere konstruksjon enn med utenpåliggende beslag. Et vel så viktig argument for denne løsningen er brann sikkerheten. Ved at treverket ligger utenpå stålplatene, beskytter dette stålet mot brann og en vil oppnå at bygget står lengre under en brann.

Rammene har en bredde på opptil 18m, og med en senteravstand i byggets lengderetning på 3,6m. Det er nødvendig med stolperækker innvendig da en slik konstruksjon ikke lar seg bygge selvbærende i slike bredder som kreves i en moderne driftsbygning.

Det har de siste åra blitt satt opp flere slike fjøs. De er stort sett uisolerte. Det å velge rundtømmer i konstruksjonen viste seg å være arbeidskrevende. Ingen tømmerstokker er like pga diameter, avsmalning og krok. Dette elimineres gjennom bearbeiding på saga. Ved å bruke stakkene ubearbeidet vil det kreve mye arbeid med oppretting under tak- og veggkledning. Sammenføyningen i knutepunktene vanskeligjøres også noe ved å velge rundtømmer. Derfor vil en spare en del tid ved å kante tømmeret på en sag, men som nevnt vil dette svekke styrken i stokken. (Landbygg AS, 2010)

Pluss:

- Enkel konstruksjon med mulighet for stor egeninnsats og bruk av eget tømmer
- Byggemåte med en lang tradisjon
- Med bruk av innslissede stålplater i knutepunktene, har denne konstruksjonen en god evne til å motstå brann
- Valgfrihet til å bruke forskjellige løsninger i feltene mellom rammene. Det kan være alt fra vindbremseduk til isolert vegg

Minus:

- Lang byggetid i forhold til limtre og stål
- Krever innvendige stolperækker
- Har større begrensninger i bredde i forhold til limtre og stål



Figur 7 Skien 2009 Foto: Landbygg



Figur 8: Randaberg 2009 Foto: Landbygg AS



Figur 9 Detalj avstiving mellom tak-vegg Foto: Landbygg AS



Figur 10 Detalj, innslissede stålplater Foto: Landbygg AS

2. Limtre/Massivtre

En annen trebasert byggemetode som er vurdert er en konstruksjon med limtre bæresystem, og massivtre-elementer i tak og vegg. Her er det sett til et fjøs satt opp av Fjøsssystemer hos Ola Tollefsrud på Bøverbru i Vestre Toten.

Dette fjøset måler 18x42m. Det er valgt å bruke 2 innvendige stolperekker, noe som gjør at en kan velge et slankere og rimeligere bæresystem. Limtre i bæresystem til fjøs ble lite brukt før midten av 90-tallet. Overgang fra bås fjøs til løsdrift krever større bredde og dette gjorde sitt til at nye bærekonstruksjoner kom på banen. Sammen med limtrebæresystemet har det

vært mest vanlig å benytte vanlig bindingsverk, enten isolert eller uisolert. Her er det i stedet valgt å bruke 60mm massivtreplater i vegg og tak. Disse består av 3 lag 20mm limte krysslagte bord. Det er ikke isolert ytterligere. En slik konstruksjon vil ha en begrenset isolasjonsevne. Med en densitet på 500kg/m^3 og en tykkelse på 60mm vil denne ha en U-verdi på 2,17.¹ En kan her benytte seg av en dårlig kvalitet i det midtre lag, og luftlommer pga vankant og kvisthull vil kunne gi en isolerende effekt. En slik konstruksjon gir en mellomting mellom kald- og varmfjøs. Her har brukeren satt som mål å kunne holde temperaturen så vidt over 0°C på de kaldeste dagene. Erfaringen fra vinteren 09/10 som hadde en lengre og svært kald periode, var at dette fungerte bra ned til -15°C . Når temperaturen sank ytterligere, måtte det ventileres mindre og luftfuktigheten i fjøset ble høy. Dette ga noe svertesopp på treverket.

På taket er det lagt stålplater, men bortsett fra dette framstår det som et heltrefjøs. Lysåpninger i forbindelse med ventilasjon i mønet, samt store vinduer i gavl og langvegger gjør at dette blir et lyst og trivelig fjøs. Utvendig vil de store vinduene og de glatte platene gi et moderne og kanskje litt kjedelig preg.

Pluss:

- Rask byggetid
- Utstrakt bruk av tre gir et miljøvennlig bygg
- Trivelig preg innvendig
- Åpninger som dører og vinduer kan plasseres hvor en vil. Massivtreelementene er ikke bærende, slik at motorsaga kan brukes hvis en ønsker en åpning.

Minus

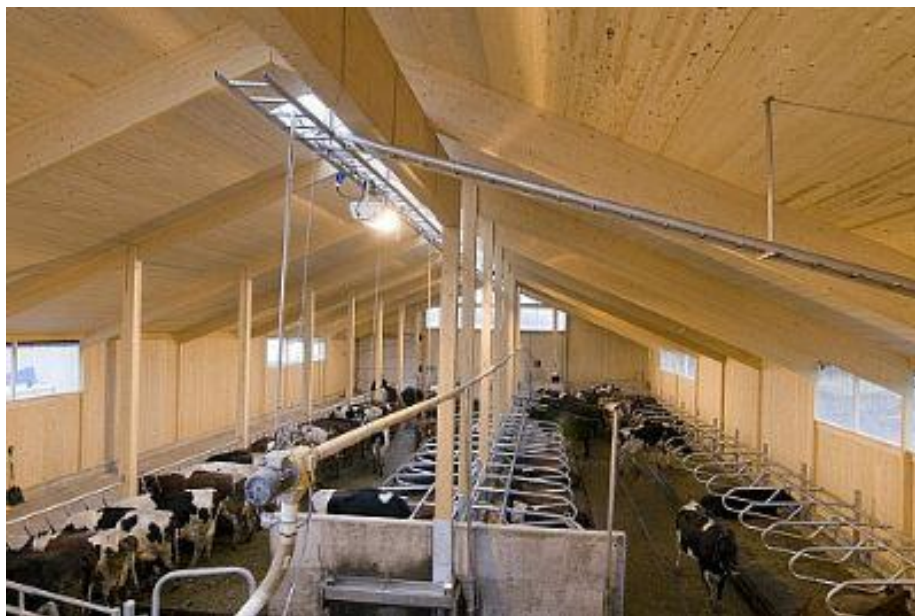
- Dårlig isolasjonsevne, kan føre til en del svertesopp innvendig. Dette kan elimineres ved å velge tykkere elementer, men bygget vil da bli kostbart.
- Typisk entreprenørbygg, liten mulighet for egeninnsats og bruk av eget tømmer

¹ ved en λ på $0,12\text{W/mK}$



Figur 11 Fjøs i massivtre/limtre hos Ola Tollefsrud; Bøverbru

"Nye trefjøs kan redusere CO₂-utslipp." Overskrift i tidsskriftet Skogeieren i des 2009 der dette fjøset omtales. (Eggum, 2009)



Figur 12 Lyst og trivelig innvendig

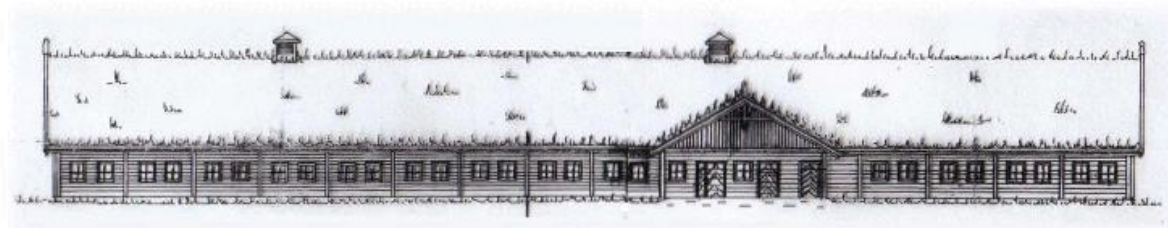


Figur 13 Med motorsag kan døråpninger lett lages

3. Slippluft

Tradisjonell lafting med lafteknuter (nov) vil være en arbeidskrevende og kostbar løsning i et fjøs. Derfor er denne løsningen lite aktuell i et nytt bygg. Den har også vært lite brukt i fjøsbygninger de siste 100 år. Derimot har det dukket opp en laftemetode de senere år som også har blitt benyttet til driftsbygninger. Dette er slippluft, som er en variant med vertikale søyler i knutepunktene i stedet for lafteknuter. Laftestokkene er her lagt ned i et spor mellom to søyler. Her er det sett på tre fjøs hvor denne metoden er brukt, alle med litt forskjellige detaljer.

Hotell Dagros i Engerdal.



<http://www.hotell-dagros.no/>

Dette fjøset ble bygd i 2005/2006 av fire bønder i samdrift og har 70 liggebåser for kyr i tillegg til ungdyr. Det måler 22,5x65,5m og har en bærekonstruksjon av stålbuere.

Senteravstand er 4m. Mellom disse buene er det lagt 6"x8" laftetømmer i både tak og vegger. En massiv 6" vegg vil ha en U-verdi på ca 0,85.² Dette er akseptabelt, og det bør derfor ikke være noe problem å holde et godt klima inne også ved lave temperaturer.

Til bygget har det gått med 900m³ tømmer og det er høvlet 12000m lafteplank. (Hotell Dagros)



Figur 14 Her sees hvordan laftestokkene er lagt ned i spor i stålbuene



Figur 15 Det ferdige resultat før torv er lagt

Lafta vegger, torvtak, småruta vinduer og profilert kledning utenpå stålsøylene er detaljer som i sum gir et flott og noe uvanlig preg på en fjøsbygning. Kledningen utenpå stålet gjør at

² ved en λ på 0,12W/mK

det utvendig ikke er synlig at bygget bæres av stålbuer. På taket er det lagt torv etter at disse bildene er tatt.

Fjellmjølk DA, Vingelen

Dette fjøset er under bygging og skal ferdigstilles sommeren 2010. Det måler 30x85m og skal romme totalt 300dyr. I følge byggherren er dette verdens største trefjøs og det har totalt gått med vel 2000m³ tømmer i dette bygget. (Jahren, 2010). Her benyttes limtre som bæreramme. Innvendig er det 4 søylerekker og senteravstand mellom rammene er 4,20m. Det er benyttet 6" tømmer i vegg og tak. Også her skal det legges torv på taket som totalt er ca 3da. Løsningen med limtre i søyler og ramme gir et massivt preg. I tverrendene skal det benyttes mye glass. Det er totalt 150m² glassareal. Her benyttes Aerogel som er et superlett men kostbart materiale. Dette materialet har en u-verdi på 0,75 og har dermed en minst like god isoleringsevne som tømmerveggene. (Grue, 2010) Disse faktorene sammen med en stor takhøyde gir assosiasjoner til en katedral.



Figur 16 "Katedral"



Figur 17 Vegg fra utside

Vegger og takkonstruksjon er skrudd sammen i seksjoner med 12mm gjengestang. Det er to stenger for hvert element og sammenskruingen foregår før montering på bygget. Veggelementetene ligger i spor i kraftige limtresøyler, mens takelementene ligger oppå en påskrudd bæreplank mellom sperrene.



Figur 18 6" takelementer nedfelt mellom sperrer



Figur 19 Løs fjær i innfreste spor

Her er det benyttet en løs not i innfreste spor. Et spørsmål er om fuktpåvirkning fra inn- eller utside kan trenge ned i dette sporet og forårsake råte over tid. Et fjøs bør tåle spyling av vegger, selv om det her er valgt en løsning slik at ingen dyr kommer inntil veggen. Det vil gjøre sitt til at veggene holdes renere. Innsiden av veggene er glatte, slik at de ikke får noe laftepreg, men renhold lettes.

Ola Stensrud, Vestre Gausdal

Dette er et fjøs for ammeku og måler 23x48m. Det er mye likt fjøset ovenfor, men her er det valgt å bruke en fagverkskonstruksjon i taket. Dette er en noe rimeligere løsning enn limtre, men gir en konstruksjon som bygger mer i høyden. Dette vil også gi en dårligere brannsikkerhet da flammene får en større overflate å virke på. Taket er støttet opp av to innvendige søylerekker. Som på de andre slipplafthjøsene er det 6" tømmer i vegg. Også her er veggene sammenskrudd på samme måte som fjøset ovenfor. I taket er det ikke elementer, men det er her benyttet 2x6" vrakplank. Denne er spikret massivt på høykant. Dette er en relativt arbeidskrevende metode med mye spikring. Totalt vil dette si ca 27000m plank.



Figur 20 Lafteplankens profil

Her sees profilen som er benyttet på denne vegg. Den har en leppe som beskytter mot fuktinntrenging fra begge sider. Dette gir en litt dårligere utnyttelse av høyden på stokken, men en god forsikring mot råte. Også her er veggelementene sammenskrudd med 12mm gjengestag. (Sørli, 2009)

Pluss (for slipplafthmetoden generelt):

- Utstrakt bruk av tre gir et miljøvennlig bygg. Binder store mengder CO₂
- Tradisjonspreget og estetisk pent å se på
- Ferdige vegg- og takelementer på markedet gir en relativt rask byggetid
- Flexibilitet i forhold til plassering av åpninger i veggelementene

Minus:

- Kjøp av limtre eller stål bæresystem og prefabrikkerte elementer gir mindre mulighet for egeninnsats.
- Elementer kan produseres på gården, men er arbeidskrevende
- Begrenset isolasjonsevne

4. Fjøs fra Sveits

Sveits er på mange måter sammenlignbart med Norge. Gårdene er gjerne små, landskapet er kupert og klimaet er ikke ulikt vårt. Her er vinter med minusgrader og snø. Likevel bygges det i Sveits mange kaldfjøs. Dette er gjerne åpne fjøs med tre vegger og et tak. Dette gir lave byggekostnader og for dyra en god løsning forutsatt at de har en tørr og trekkfri liggeplass. Bildet under er et eksempel på et slikt fjøs. (Meier, 2007) Liggeplassen består av tre vegger og tak og det benyttes halmtalle som liggeunderlag. Mellom liggeplass og eteplass er det et åpent areal uten tak. Sveits har en stor andel økologisk landbruk og der som her er det et krav om lufting utendørs for dyra. Med en slik løsning kan dette kravet innfris innenfor arealet som dyra disponerer til vanlig.



Figur 21 Fjøsløsning fra Sveits

Mange norske gårdbrukere reiser til Sveits for å se på deres fjøsløsninger. I Inderøy i Nord-Trøndelag er det nylig tatt i bruk et oksefjøs som bygger på dette prinsippet.



Figur 22 Oksefjøs Inderøy

Til høyre er det et tett, men uisolert bygg med liggebåser til oksene. For å komme over til foringsplassen til venstre må et åpent areal passeres. Bygget er oppført i bindingsverk og for en stor del av materialer skåret på egen sag.



Figur 23 Vindbremseduk over veggkledning

I stedet for å føre veggen helt opp under taket på liggeavdelingen, er det montert en vindbremseduk. Dermed slippes mye lys inn samtidig som vinden bremses. Store luftåpninger gjør ventilasjonsvifter unødvendig. Her er det naturlig ventilasjon.



Figur 24 Vindsikring

Hullband er montert for å sikre mot vindkreftene. Store åpne takflater gjør bygget utsatt for vind.

4.4.3 Drøfting og valg av byggemåte og materialer

På bakgrunn av kartleggingen ovenfor er det gjort en vurdering og konklusjon på byggemåte og materialvalg som skal benyttes til tilbygget.

I denne sammenheng er det valgt å se på bygget fra to sider. Mot tunet er det lagt vekt på at bygget skal framstå harmonisk sammen med det gamle fjøset, mens en på baksiden kan ta mer praktiske hensyn og lage en løsning som fungerer godt for folk og dyr.

Mot baksiden:

Dyr har godt av lufting. Det kan nevnes at i økologisk landbruk er regelmessig lufting anbefalt og til dels påkrevd i følge økologiforskriften. (Mattilsynet, 2005) Det velges derfor i dette tilfellet å lage en åpen løsning til foring. Her hentes mye fra eksempelet fra Sveits som er omtalt ovenfor. For dyra vil dette være en god løsning. De kan bevege seg fritt mellom isolert liggeavdeling og en luftig foringsplass. Mellom kald og varm sone monteres plaststrimler for å tette noe mot trekk inne i fjøset. Det må installeres et gjødseltrekk som skyver gjødsel inn i kjelleren i gamlefjøset. Her velges det et kjettingtrekk som er robust ved frossen gjødsel. Dette vil også bli en rimelig løsning.

Mot tunet:

Låvedelen over gamlefjøset er laftet. For å ta igjen denne vegg i tilbygget velges en vegg av slippluft her. Denne vil naturlig nok ha et noe annet preg enn den gamle vegg, men det antas at disse vil stå seg godt sammen. Tilbygget vil komme mot vest sett fra tunet. For å kunne beholde kveldssola er det viktig å unngå å bygge for høyt. Derfor velges en relativt slak takvinkel.

Valg av veggmateriale mot tunet

Mot tunet er det mjølkerom, kontor, dusj/wc og inngangsparti med smittesluse. Dette er rom som skal holde en god temperatur og krever isolasjon. Tidligere er det beskrevet to typer veggelementer som vurderes brukt. Dette er massivtreelementer og slippluft. Den massivtreeveggen som er beskrevet er 60mm tykk. Denne har en U-verdi på 2,17. Dette gir en for dårlig isolasjonsevne i dette tilfellet. Skal denne benyttes må tykkelsen økes. I en massivtreevegg kan det benyttes dårlige trekvaliteter i midtre deler. Dette kan være vankant og kvisthull. Dette vil være med på å gi luftlommer i vegg og er positivt for isolasjonsevnen. Et 250mm tykt veggelement med 35mm trefiberplate gir i følge Holz100 en U-verdi på 0,29 og er akseptabelt her. (Holz100) Et annet alternativ er å velge et tynnere veggelement og tilleggsisolere. Imidlertid er det to forhold som gjør at valget ikke faller på en massivtreevegg. En slik vegg har en glatt utside, og kan/bør paneles. Den mister dermed litt av det massive trepreget som er ønsket på vegg sett fra tunet. Det er heller ikke aktuelt å benytte gårdssaga og på den måten bruke av gårdens treressurser, og mindre muligheter for reduserte kostnader gjennom egeninnsats.

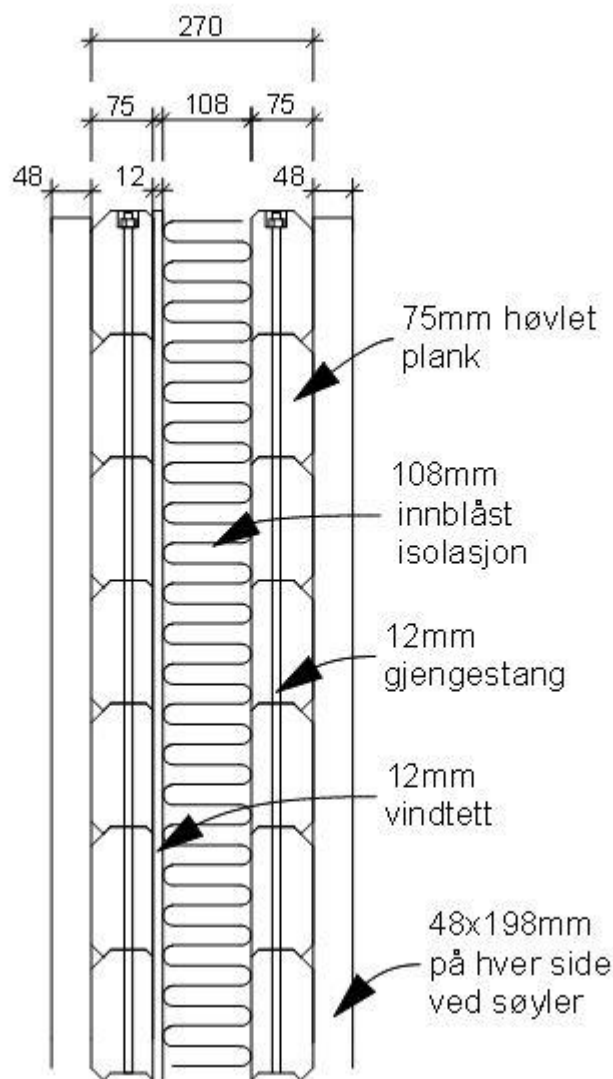
For å utnytte saga og muligheten for egeninnsats velges det å gå for en slippluftløsning. Heller ikke denne har isolasjonsevne som konkurrerer med for eksempel en 20cm vegg med mineralull. En slik vegg har en U-verdi på 0,20-0,25 litt avhengig av utførelse, mens slippluftveggen ligger på 0,85.

Det benyttes derfor en dobbel laftevegg med en kjerne av ca 10cm isolasjon. Isolasjonen blåses inn etter at den er satt opp. Veggens består av to lag 3" plank. Til søyler benyttes limtre. Dette er en relativt arbeidskrevende vegg. Ønske om bruk av saga og stor egeninnsats på bygget, kan likevel gjøre at løsningen kommer rimelig ut i direkte utlegg. Innblåst isolasjon kommer ifølge Norsk Husisolering AS (Norsk Husisolering AS, 2010) rimeligere ut enn innlagte isolasjonsmatter. Begrensningen er minimum 5cm spalteåpning og muligheter for å komme til alle steder. I en ny bindingsverksvegg vil dette være vanskelig, men i denne vegg kan blåsing foregå fra toppen av veggelementet. Dermed kan i prinsippet et helt felt som i dette tilfellet er 2,7x3,0m blåses inn fra en spalte i toppen. I praksis vil vindusåpninger gjøre at en får flere innblåsningspunkter og en må passe på å blåse inn isolasjonen før vinduer settes inn for å komme til under disse.

Selv om denne veggkonstruksjonen er arbeidskrevende, antas den å være raskere enn tradisjonell laft ved at en her unngår lafteknutene. Tradisjonelt laft er et håndverk som krever kompetanse og erfaring. Det er viktig å bruke godt nedtørkede stokker. Krymping vil forekomme etter at bygget er satt opp. Iflg Byggforskblad 523.291 (Byggforsk, 2006) om laftede vegger vil en ved 20 % fuktighet måtte regne med 3 % krymp. Dette er ikke bare pga nedtørring, men i like stor grad grunnet sammenpressing over tid. Det antas at denne krympingen vil være vesentlig mindre i en slippluftvegg. Her blir stokkene skrudd sammen i elementer vha gjennomgående gjengestag. Samtidig vil søylene ta opp vekten av taket og

veggelementene forblir ubelastet. Søylar og veggelementer vil derfor trolig følge hverandre bra. Dette er en utfordring ved tradisjonell laft. Ved 3 % synk vil en vegg på 2,70m krympe vel 8 cm, mens en søyle vil ha et minimalt krymp. Dette er forhold som må tas hensyn til under bygging, også ved vindus- og døråpninger.

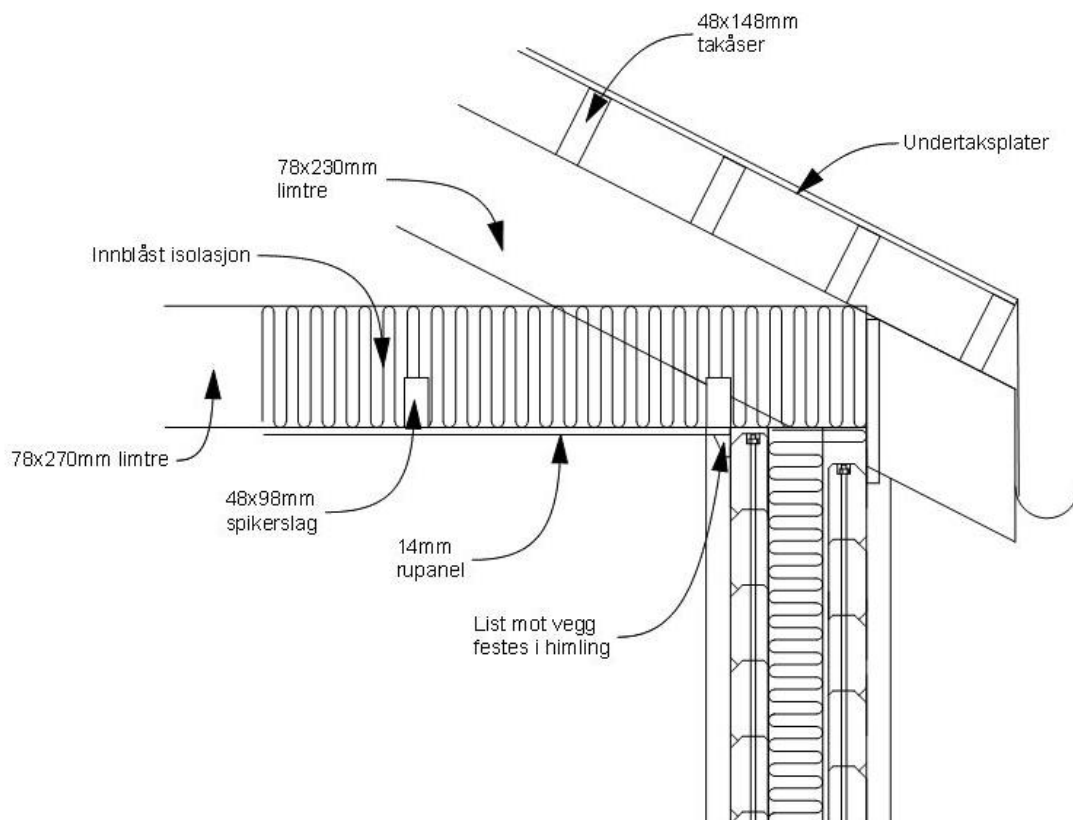
En løsning med dobbel laft gir mulighet for innlegging av kabler og visse tekniske føringer skjult inne i veggen. Skal vannledninger legges her forutsettes det at disse legges inntil innerveggelementet pga faren for frost. I et fjøs er det kanskje ikke noe stort poeng å legge kabler skjult, men en slik byggemåte kan også være aktuelt til andre typer bygg. En kabel spikret utenpå en tømmervegg tar seg ikke veldig godt ut.



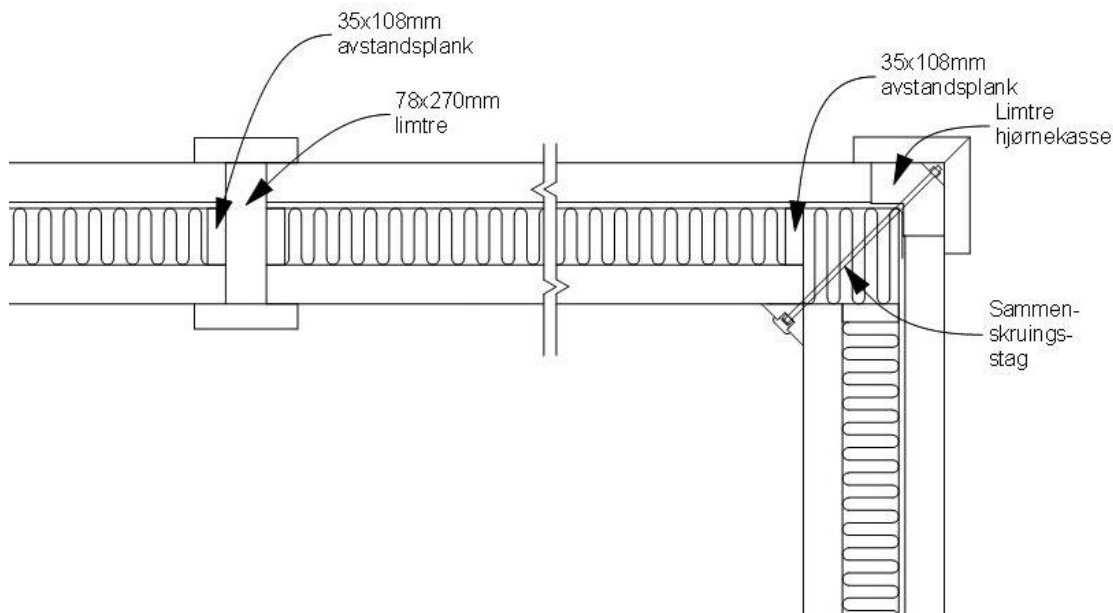
Figur 25 viser snitt gjennom veggen. Veggplankene høvles med profil som gjør at disse passer godt i hverandre. Profilen er utført slik at den hindrer vann å trenge inn.

Materiale (fra ytterst)	Tykkelse D (m)	Varmekonduktivitet W/mK	Varmemotstand $R_T = m^2K/W$
75mm massiv tre	0,075	0,120	0,625
12mm porøs plate	0,0012		0,240
108mm innblåst isolasjon	0,108	0,039	2,769
75mm massiv tre	0,075	0,120	0,625
			4,259

U-verdi = $1/R_T = 1/4,259 = \mathbf{0,23}$



Figur 26 viser snitt gjennom vegg og tak. Søylen i vegg bærer takkonstruksjonen, slik at veggelementene har mulighet til å bevege seg uavhengig av bærekonstruksjonen. Himlingen isoleres også med innblåst isolasjon.



Figur 27 viser veggskjenn sett ovenfra med hjørne- og veggspøyle.

Valg av treslag

I en slik vegg-løsning er det tradisjonelt brukt gran eller furu. Malm furu er nok det mest holdbare. Denne er ferdig impregnert fra naturens side. Furu finnes ikke på denne gården. Her er det grana som rår. Valget står dermed mellom innkjøpt furu eller gran fra egen skog. Forutsatt at veggen ligger godt beskyttet mot fukt fra grunnen og at det brukes en egnet overflatebehandling, er ikke grana noe dårlig alternativ. Derfor faller valget på gran. Gården har en del skog i et høyereliggende område. Her bruker grana 100 år på å nå hogstmoden alder, i motsetning til skogen nede ved gården som når denne ved 50 år. Det vil dermed lønne seg å bruke materialer fra denne gamle skogen. Her er årringene tette og hardheten god.

Valg av takmateriale

På gården er det forskjellig takmateriale på de fleste hus. Låven og redskapshuset har sorte stålplater, hovedbygningen sort takstein og stabburet rød teglstein. Det er med andre ord ingen taktype som utpeker seg å være det rette valg på nybygget.

I eksempel-fjøsen som er behandlet ovenfor er det brukt enten torv eller stålplater på taket. Torv er et tradisjonsprodukt som har hatt sin renessanse de senere år pga hyttemarkedet. På denne gården vil et torvtak bli et fremmedelement. Selv om torv isolert sett ville kledt bygget godt, synes dette ikke å være rett sett i sammenheng med husene rundt. Torvtaket har en del vedlikehold over tid skal det holde seg pent. Det er også en tung løsning som gjør at takkonstruksjonen må dimensjoneres for større egenlast enn ved for eksempel plater.

På låvebygningen er det sorte stålplater, og slik sett kan dette gå godt på tilbygget også. Tilbygget er mye lavere enn låven, slik at taket i større grad blir et blikfang her. Et

stålplatetak har sine klare praktiske fordeler som vekt, pris og vedlikeholdsfritt. Likevel velges dette ikke her da det ville ødelegge litt for byggets øvrige uttrykk.

På samme måten som torv, vil et tretak bli et fremmedelement i og med at det er takstein og stålplater på husene rundt. Likevel vil et tretak på dette bygget som er mye lavere enn de andre bygg på tunet framheve trebruken i veggene og gi tilbygget en fin helhet. Under del 3.1.2 Historie, er det nevnt litt om stavkirkenes spontak. Med riktige materialer og utførelse er dette holdbare tak. Bakdelen er at det er arbeidskrevende og kostbart. Gårdssaga er ikke egnet til dette formål, slik at det nærmest er en forutsetning å kjøpe sponen ferdig. Få produsenter og krevende framstilling gjør m²-prisen svært høy. Et alternativ til spon er bordtak. Impregnerte bord lagt med over og underligger finnes som handelsvare og er vesentlig rimeligere og raskere å legge enn spon.

Et annet moment i valget av takmateriale er at hovedbygningens sorte betongtakstein er i en dårlig forfatning. Denne har ligget i 40 år, produsert av dårlig betong og blakk i fargen. Det vil være nødvendig å skifte denne i løpet av de nærmeste år. Denne bygningen ville tatt seg godt ut med et teglsteinstak. Ved å bruke dette på tilbygget også ville en oppnå en god samling av takene. Tegl er et gammelt og tradisjonsrikt materiale, laget av brent leire. Det har en pris som er noe over betongtakstein, men er lett og sterk. Bruk av teglstein er forsøkt simulert i tegneprogrammet, men det synes som det å velge forskjellig farge på låve og tilbygg ikke er en god løsning. Derfor havner til slutt valget på et sort tak, men i stedet for plater velges takstein.

Valg av bærekonstruksjon

Til bærekonstruksjon er det alt valgt limtre søyler i veggene der det er laft. Her kreves det bred stolpe på grunn av den doble veggen. Denne måler 78x270 som vil kreve store tømmerdimensjoner hvis en skal benytte vanlig skurlast. Dimensjoner utover 223mm høyde inngår ikke i noe standardsortiment. Derfor benyttes limtre. Det benyttes også limtre i takstoler. Dette er begrunnet i kapittel 3.6.

Behandling av treverket

Utvendig vegger males med samme farge som låvens tømmervegger. Dette vil gi den beste tilpassingen til låven. Spørsmålet er mer hva slags malingstype som skal velges.

Uansett hvilken typemaling som velges er det nødvendig med et grunningsstrøk og toppstrøk. Grunningen skal beskytte treverket mot fukt og soppangrep, samtidig som det gir en bedre heft for toppstrøket. Toppstrøket skal beskytte mot sollys. UV-stråler bryter ned ligninet i treverket som er limet i veden. Malingen skal også beskytte mot fuktopptak og gi veggen et pent utseende. (Byggforsk, 2009)

Tjære er av de eldste former for beskyttelse av treverk. Denne er utvunnet av tyri og metoden er kjent siden 1100-tallet. Denne er ikke aktuell som overflatebehandling da den

gir en mørk brun farge. Også linoljemaling har flere århundres historie som et trebeskyttende middel. Den var fra 1600-tallet og fram til ca 1960 den mest brukte malingen til panel. (Gamle trehus, 2007) I den senere tid har denne måtte vike plassen for moderne alkyd og akrylmalinger. Likevel finnes fortsatt linoljemaling i handelen. Dette er et miljøvennlig produkt med lite løsemidler. Den trenger godt inn i veden og gjør denne vannavvisende. Den kan gi et litt matt og skjoldete utseende. På bart trevirke kan linoljen varmes opp før den påføres. Dette vil gjøre at den trenger enda bedre inn i trevirket. Den kan også blandes med white spirit ved bruk som grunning.

Riksantikvaren anbefaler i sin publikasjon 3.9.13 Utvendig maling av trebygninger (Riksantikvaren, 1996), å benytte en linolje- eller komposisjonsmaling på bygninger der dette er brukt før. Komposisjonsmaling er en like gammel malingstype som linoljemaling. Denne ble mye brukt på låver og kjennetegnes på at den ikke flasser, men pulveriseres. Den gir dårligere beskyttelse mot fukt enn linoljemaling.

Linoljemaling velges i dette tilfellet. Det er viktig å benytte en maling som gir god beskyttelse mot fukt siden muren er lav og treveggen ligger lavt i terrenget. Den er noe dyrere enn alkydmaling, men er drøy i bruk slik at pris ikke utgjør noen stor forskjell. Dette er en maling som har bevist sin styrke i århundrer og er på den måten en tradisjonsbærer.

Bruk av gårdssag

Gården har som nevnt en Logosol M7 sag. Dette er ei svenskprodusert sag. Det finnes flere lignende sagbruk på markedet. Disse er enkle, lette å transportere og relativt rimelige i innkjøp. De benytter sagkjede som enten er drevet av ei motorsag eller en elektrisk motor. Saga kan utstyres med en laftefres som kan brukes til å frese lafteprofilen på stokkene. Bruk av sagkjede forutsetter rent tømmer da forurensninger lettere sløver kjedet enn det gjør med båndsag eller sirkelsag. Kvast kjede er en forutsetning for at saga skal fungere optimalt og gi presise dimensjoner.



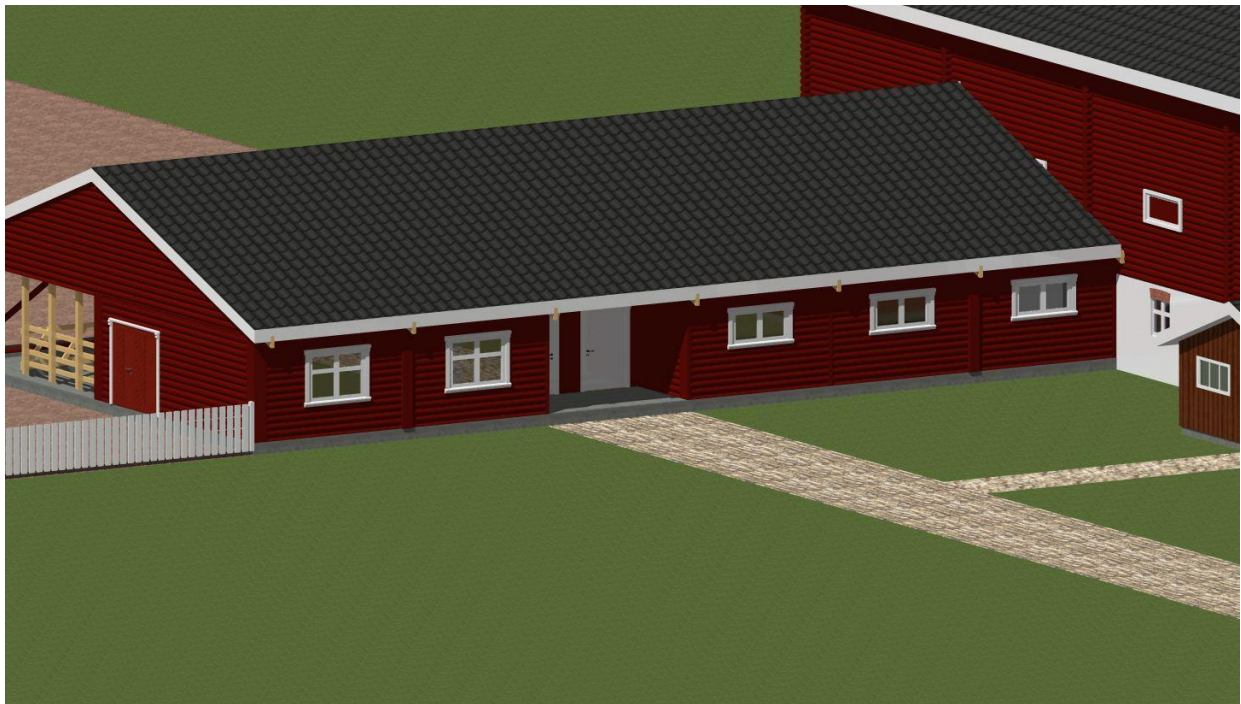
Figur 28 Logosol M7

Å skjære tømmer og lage planken til veggene i tilbygget vil være relativt arbeidskrevende. Til ytterveggenes laftevegger går det med ca 17m^3 materialer. Med et skurutbytte på 50 % som er normalt på et sagbruk (Norsk institutt for skog og landskap, 2006) vil det dermed gå med rundt 34m^3 tømmer. En kan kanskje anta at en ved et gårdssagbruk har mulighet til å vurdere stokken annerledes enn ved en industrialisert tømmerlinje, slik at skurandelen økes noe. En normal kapasitet på ei slik sag er ifølge forhandler $2\text{-}4\text{m}^3$ på en arbeidsdag. Går vi ut fra 30m^3 skjæring og $3\text{m}^3/\text{dag}$, vil to uker gå med til dette. I tillegg kommer høvling og produksjon av elementer. Det er derfor nødvendig at brukeren vurderer hvor stor arbeidsinnsats han kan bruke til dette.

4.5 Tegninger av tilbygg



Figur 29 Tilbygg på plass



Figur 30 Mot tun



Figur 31 Bakside. Treinnredning til kua

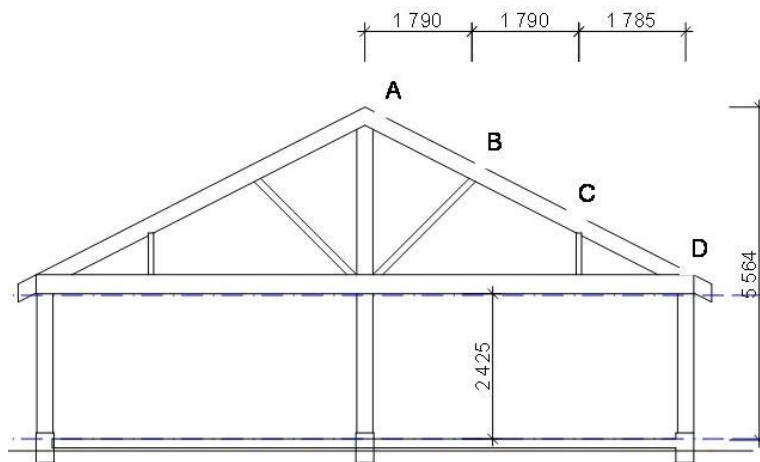
4.6 Dimensjonering

Det søkes å velge materialer av egen skog som er skåret på gårdens sag. Dette er dermed materialer som ikke er NS-merket. Et materiales styrke klassifiseres i 4 klasser. Disse er C14, C18, C24 og C30. Dette klassifiseringssystemet baseres på forholdet mellom densitet og årringbredde (NS-INSTA 142). Det er ikke noe krav at konstruksjonsmaterialer skal være NS-stemplet, men det må dokumenteres at trelasten holder kravene til klasse som dimensjonering er utført i henhold til. Dette må da dokumenteres ut fra NS-INSTA 142, Nordiske regler for visuell styrkesortering av trelast. På spørsmål rettet til Treteknisk, opplyses det at det er ulik praksis fra kommune til kommune hvordan dette håndteres. En vanlig løsning på dette er at ansvarlig prosjekterende også står for kontrollen av konstruksjonsvirket. Dette bygget har en senteravstand mellom takstoler på 3,0m. Dette gjør at vanlig trelast ikke holder i takkonstruksjonen. Derfor benyttes limtre. Som søyler i laftedelen benyttes også limtre på grunn av at nødvendig bredde er 270mm. Det benyttes egne materialer til takåser. Det er dermed kun disse som må klassifiseres. Lafteveggene bærer ikke noe av konstruksjonen over.

Beregning av laster

Noen forutsetninger:

- Bygningen befinner seg i Gjøvik kommune. Hoh=200m. Dette gir en karakteristisk snølast (s_k) på $4,5\text{kN/m}^2$, μ (formfaktor)=0,8
- Pålitelighetsklasse 1, lastfaktor = $1,5 \cdot 0,9 = 1,35$
- Stedets referansevind ($v_{b,0}$) er 22m/s. Terrengruhetsklasse 2. Dette gir en $k_w=1,3$.
- Ψ -faktor vind = 0,6
- Takvinkel er 27° .
- Senteravstand sperrer er 3m
- Egenvekt av takkonstruksjon er $0,8\text{kN/m}^2$
- Klimaklasse 1, halvårslast ($s_{n\emptyset}$), $k_{mod}=0,8$
- γ_M limtre=1,25, γ_M massivtre=1,3
- Beregninger utført etter Eurocode 1 og 5 (Eurocode 1, 2009) (Eurocode 5, 2009)



Utrekninger finnes under vedlegg

Dimensjonering av overgurt

Overgurten avlastes gjennom stavene B og C som deler denne opp i tre like deler.

Som overgurt velges:

Limtre GL36C 78x270mm

Dimensjonering av undergurt

Undergurten dimensjoneres ut fra punktlasten fra stav C, samt konstruksjonens egenvekt.

Som undergurt velges:

2 stk limtre GL36C 78x270

Denne legges på hver side av overgurt, stav B og C og midtre stolpe. Det benyttes bolt og bulldogforbindelser.

Dimensjonering av stav B og C

Det benyttes også her limtre med bredde 78mm. Nødvendig høyde til stav B er 95mm og stav C 70mm. Dette er ikke standard limtredimensjoner. Siden den øvrige konstruksjon består av 78x270mm, kan samme dimensjon benyttes ved å splitte opp denne på en sag. Eksempelvis vil en 2,5m lengde kunne gi to stk stav B og to stk stav C.

Bruker limtre GL36c 78x95 til stav B og 78x70 til stav C

Takkonstruksjonen produseres på stedet og midtre stolpe er hel fra mønet til betongfundament. Skjøt mellom overgurt og midtre stolpe, stav B og C forbindes med hullplater. Sammen med veggskivene av lafteplank vil dette bli en stiv konstruksjon. Lafteplankene er skrudd sammen, men det må tas hensyn til at veggen kan krympe og at den

dermed mister noe av sin stabilitet (skruer blir slakke). Snø som blåser over taket vil gi en skjevbelastning som igjen gir en kraft i skråstag B mot midtstolpe. Derfor legges det avstivere oppå undergurten som tar opp sideveis krefter ut til låvevegg på ene siden og ned gjennom vegg til betongfundament på andre siden. Den ene avstiveren må forskyves noe for å unngå kollisjon med døråpning i endevegg.



Figur 32 viser avstivere (sorte) over undergurt

Dimensjonering av takåser

Her brukes egne materialer. Kvalitet settes til C24. Senteravstand er 30cm. For øvrig benyttes samme forutsetninger som under dimensjonering av sperrer, men lastbredde endres til 0,3m.

Til åser benyttes 48x148mm c/c = 300mm

Oppå åsene legges su-takplater. Det legges så sløyfer og lekter på disse før takstein legges.

Vinddimensjonering og forankring av åpen del.

Delen av bygget som er åpent vil være mer utsatt for vindkrefter enn den tette delen. Denne delen må derfor forankres tilstrekkelig. Det kan under vind oppstå et trykk oppunder takflaten innvendig samtidig med et sug over taket. Summen av krefter som overstiger

takets egenvekt må sikres gjennom forankring. Takets egenvekt med takstein er $0,8\text{kN/m}^2$. Skulle det i framtiden være aktuelt å bytte denne med lette plater vil kanskje egenvekten halveres. Det vil være naturlig å tenke at en reduksjon av vekt ikke svekker konstruksjonen. I forhold til vindlast fra undersiden er ikke dette riktig. For å ta høyde for dette settes egenvekten ned til $0,4\text{kN/m}^2$ under dimensjonering av forankring. Det er vind mot byggets kortsida som gir den største belastningen.

Ved møne vil hullplatene ta opp tilstrekkelig av kreftene som oppstår ved vind. Ved raft sikres forbindelsen med $2 \times 25\text{mm}$ hullbånd på hver side av sperre og stolpe. 2 stk $4,0 \times 40\text{mm}$ riflet spiker i hver ende. Denne sikringen tar $6,0\text{kN}$. (Sintef Byggforsk Kunnskapssystemer, 1993) Maks belastning er beregnet til $4,3\text{kN}$.

Det er viktig at denne forankring fullføres videre ned i konstruksjonen og ned i betongen. Ved svill benyttes $10 \times 60\text{mm}$ ekspansjonsbolt ved hver stolpe. Denne skrues gjennom et vinkelbeslag mellom stolpe og svill.

5 Sluttkommentarer

Til slutt noen kommentarer til noe av rapportens besvarelse av problemstillingen i innledningens punkt 1.4:

- Valg av byggematerialer skal vurderes og begrunnes. Der det er akseptabelt å benytte treverk skal dette benyttes. Levetid, byggekostnader og muligheter for bruk av materialer fra egen skog er vesentlige momenter her. Gården har egen sag og det er ønskelig å bruke denne i framstillingen av materialer. Treslag og behandlingsmåter skal også vurderes og begrunnes

Så langt det har vært praktisk og estetisk mulig har det vært forsøkt å benytte tre i konstruksjonen. Det er benyttet betong i betongplata under bygget. Her er det vanskelig å tenke seg bruk av noe annet materiale, da betong er alene om å inneha de egenskapene som kreves her. Derimot kunne det nok vært benyttet et tremateriale på taket i stedet for betongtaksteinen som ble valgt. Med dataprogrammet ble forskjellige farger og utførelse av taket prøvd, og det var liten tvil om at det å bruke et sort materiale passet helheten best. Selv om dette i utgangspunktet ikke var det mest ønskelige valget, synes valget å være langt bedre estetisk og tradisjonsriktig enn sortlakkert stål.

Det ble relativt raskt konkludert med bruk av gran som treslag. Dette var ut fra ønsket om å bruke materialer fra egen skog. Dette ble veid opp mot bruk av furu. Det finnes mange andre spennende trematerialer, og kanskje burde noen av disse vært vurdert. Dette er igjen et spørsmål om pris, og da lauvtre som byggemateriale er kostbart må det nok konkluderes med at dette tross alt er en driftsbygning. I limtrekonstruksjonen var imidlertid valget enkelt, da det kun er gran og furu som kan velges her og grana faller klart rimeligst ut.

Som et lite miljøargument kan nevnes dette byggets evne til å lagre CO₂. Innledningsvis er det nevnt at hver m³ tremateriale binder 0,8tonn CO₂. (Norsk Treteknisk Institutt, 2004) Anslagsvis inneholder dette bygget ca 30m³ gran. Det vil si at det binder 24tonn CO₂, eller like mye som en bil med 120g utslipp/km slipper ut etter 200 000km. Ser en til fjøset i Vingelen som anslagsvis inneholder 1000m³ trematerialer, blir tallene formidable.

- Det skal fokuseres på gamle og tradisjonsrike byggemetoder, samtidig som det vektlegges å tenke nytt. Dette for så å se hvordan disse metoder kan tilpasses nybygget.

Valget av en løsning med dobbel laft og isolert kjerne kan synes unødvendig i et slikt bygg. Det gir en vesentlig bedre u-verdi enn tradisjonelt laft, 0,23 mot 0,85. Likevel skal en nok være klar over at det er ikke i veggene vi har det største varmetapet, men i golv og himling. Eksempelvis vil et større fjøs på 20x50m og 3m vegghøyde ha et veggareal på 336m², mens himlingen utgjør 1000m². Likevel synes denne løsningen å være spennende, og kanskje har den mer for seg i en hytte eller en bolig. Brukt slik kunne denne løsningen vært interessant å forske videre på. Den er på ingen måte ferdigutviklet, og skissene som er vist må sees på som skisser i en idefase.

Etter at denne veggen er beskrevet i rapporten har jeg registrert at den finnes en patent på en lignende løsning. Denne avviker noe i konstruksjonen, særlig i forhold til hvordan isolasjonen er lagt. Informasjon om denne veggen var lagt ut på en nettside med adresse <http://www.termolaft.no>, men i skrivende stund ser det ut til at denne siden er ute av funksjon.

- Det skal foretas statiske beregninger av bygget. Her vektlegges særlig vindstabilitet

Her er det kun foretatt manuelle utregninger. Det er klart at dette kan gi feil pga regnefeil eller feiltolkning. Det viste seg at det var nødvendig å bruke limtre i takkonstruksjonen på grunn av avstanden på tre meter mellom takstoler. Den største overraskelsen var kraften fra stav C. Avlastningen av overgurten gjennom bruk av stav B og C gjør at en får relativt beskjedne moment og skjærkrefter i denne, men undergurten får et kraftig spark fra stav C. Dette resulterer i et stort moment og det brukes derfor dobbel undergurt for å kunne ta opp dette momentet. Det er mulig det kunne vært en annen og bedre utførelse av takstolene, slik at en kunne unngå en så stor enkeltbelastning.

6 Litteratur/kilder

Bugge, M. (1994). *Stavkirker*. Grøndahl og Dreyers Forlag.

Byggforsk. (2006, 01). *Sintef Byggforsk Kunnskapssystemer*. Hentet 04 25, 2010 fra <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=365>

Byggforsk. (2009, 03). *Sintef Byggforsk Kunnskapssystemer*. Hentet 05 18, 2010 fra <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=482>

Drange, Aanesen og Brønne. (1994). *Gamle trehus*. Universitetsforlaget.

Eggum, E. T. (2009, 12). *Norsk-Skogbruk*. Hentet 04 10, 2010 fra http://www.norsk-skogbruk.no/asset/2884/1/2884_1.pdf

Espedal, K. J. (2002). *Bygningsfysikk*. Byggenæringens Forlag AS.

Eurocode 1. (2009, 09 01). NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009. *Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster - Vindlaster*.

Eurocode 5. (2009, 07 01). NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2009. *Prosjektering av trekonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger*.

Gamle trehus. (2007, 06 10). *Gamle hus - utvendig maling*. Hentet 05 18, 2010 fra <http://www.gamletrehus.no/articles.php?id=20>

Grindbygg. (2010). *Grindbygg*. Hentet 05 10, 2010 fra <http://www.grindbygg.com>

Grue, J. I. (2010, 04 19). *Østlendingen*. Hentet 05 20, 2010 fra <http://www.ostlendingen.no/nyheter/nord-sterdal/sa-ble-det-lyst-br-i-vingelsdomen-1.5182831?localLinksEnabled=false>

Holz100. (u.d.). *Holz100*. Hentet 05 20, 2010 fra http://www.holz100norge.com/nedlasting/03_Produktfakta.pdf

Hotell Dagros. (u.d.). Hentet 05 20, 2010 fra <http://www.hotell-dagros.no/>

Jahren, I. (2010, 04). Planlegg og bygg i tre. *Skogeieren*, ss. 18-19.

Kommunal- og regionaldepartementet. (2010, 07 01). *Lovdata*. Hentet 05 19, 2010 fra <http://www.lovdata.no/ltavd1/filer/sf-20100326-0488.html#3-2>

Landbruks- og matdepartementet. (2004, 04 22). *Forskrift om hold av storfe (paragraf 7)*. Hentet 05 19, 2010 fra <http://www.lovdata.no/for/sf/ld/td-20040422-0665-002.html#7>

Landbygg AS. (2010). *Landbygg*. Hentet 04 15, 2010 fra <http://www.landbygg.no>

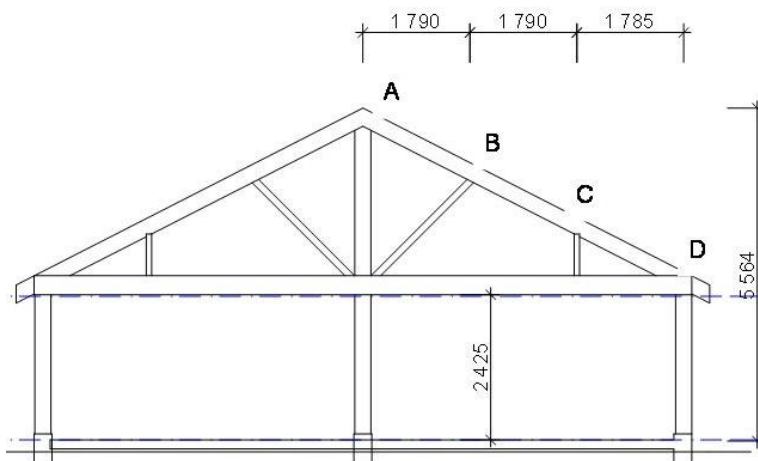
- Lars Erik Ruud m.flere. (2005). *Hus for storfe*. Helsetjenesten for storfe.
- Mattilsynet. (2005, 10 04). *Debio*. Hentet 05 20, 2010 fra http://debio.no/_upl/veileder_b.pdf
- Meier, V. S. (2007, 1). Mit Beton, Eisen, Holz oder Sand. *Landfreund*, ss. 23-24.
- Miljøverndepartementet. (2009, 07 01). *Lovdata*. Hentet 10 04, 2010 fra <http://www.lovdata.no/all/nl-20080627-071.html>
- Norsk Husisolering AS. (2010). *Norsk Hussolering*. Hentet 04 10, 2010 fra <http://www.norskhuisolering.no/>
- Norsk institutt for skog og landskap. (2006, 02). Hentet 05 10, 2010 fra http://skogoglandskap.pdc.no/index.php?t=V&seks_id=46
- Norsk Landbruksrådgiving. (2010). *Landbruksbygg i tre*. Hentet 05 02, 2010 fra <http://trefjos.lr.no/>
- Norsk Treteknisk Institutt. (2004). Tre og Miljø. *Fokus på tre nr.8*.
- Norsk Treteknisk Institutt. (2007). *Fokus på tre*.
- Norsk Treteknisk Institutt. (2007). *Mekaniske treforbindelser*.
- NRK Hedmark og Oppland. (2005, 05 04). *NRK Hedmark og Oppland*. Hentet 04 15, 2010 fra http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/nrk_hedmark_og_oppland/4721992.html
- NS-INSTA 142. (u.d.). Nordisk standard for visuell styrkesortering.
- Riksantikvaren. (1996, 09). *3.9.13 Utvendig maling av trebygninger*. Hentet 05 19, 2010 fra <http://www.kulturminnesok.no/?module=Webshop;action=Product.publicOpen;id=85;template=webshop>
- Sintef Byggforsk Kunnskapssystemer. (1993, 02). *Byggforskblad 520.241*. Hentet 05 14, 2010 fra <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=310>
- Statens Landbruksforvaltning. (2010). Hentet 03 20, 2010 fra http://www.slf.dep.no/portal/page?_pageid=53,2544043&_dad=portal&_schema=PORTAL
- Steder i Norge: Lom. (u.d.). *Nytt tak på Garmo stavkirke - Maihaugen*. Hentet 02 15, 2010 fra <http://www.webby.no/norskesteder/?/170/Lom/>
- Sørli, T. J. (2009, 09 24). Bygger stort laftefjøs til ammekyrne. *Bondebladet*, ss. 14-15.
- Tine medlem. (u.d.). Hentet 04 14, 2010 fra <https://medlem.tine.no/trm/tp/binary?id=14478>

7 Vedlegg

Beregning av laster

Noen forutsetninger:

- Bygningen befinner seg i Gjøvik kommune. Hoh=200m. Dette gir en karakteristisk snølast (s_k) på $4,5\text{kN/m}^2$, μ (formfaktor)=0,8
- Pålitelighetsklasse 1, lastfaktor = $1,5*0,9 = 1,35$
- Stedets referansevind ($v_{b,0}$) er 22m/s. Terrengruhetsklasse 2. Dette gir en $k_w=1,3$.
- Ψ -faktor vind = 0,6
- Takvinkel er 27° .
- Senteravstand sperrer er 3m
- Egenvekt av takkonstruksjon er $0,8\text{kN/m}^2$
- Klimaklasse 1, halvårslast (snø), $k_{mod}=0,8$
- γ_M limtre=1,25, γ_M massivtre=1,3



Laster gjøres om til horisontale laster

$$q_d^{EV} = (0,8\text{kN/m}^2 * 1,2 * 3\text{m}) / \cos 27 = 3,23\text{kN/m}$$

$$q_d^{SN\emptyset} = 4,5\text{kN/m}^2 * 0,8 * 1,35 * 3\text{m} = 14,58\text{kN/m}$$

$$q_d = 3,23 + 14,58 = \underline{17,8\text{kN/m}}$$

Dimensjonering av overgurt

Maks moment opptrer over støtte B og C. Tilnærmet lik horisontal avstand mellom opplagspunkter gjør at formelen $\frac{1}{10}q_d l^2$ brukes.

$$M_{Ed} = 1/10 * 17,8 * 1,79^2 = \underline{5,7\text{kNm}}$$

Dette gir følgende skjærkrefter:

$$A=(17,8*1,79)/2 - (5,7/1,79)= 12,7\text{kN}$$

$$B_V=(17,8*1,79)/2 + (5,7/1,79)= 19,1\text{kN}$$

$$B_H=(17,8*1,79)/2= 15,9\text{kN}$$

$$C_V=(17,8*1,79)/2= 15,9\text{kN}$$

$$C_H=(17,8*1,79)/2 + (5,7/1,79)= 19,1\text{kN}$$

$$D=(17,8*1,79)/2 - (5,7/1,79)= 12,7\text{kN}$$

Takstolens overgurt dimensjoneres dermed ut fra $M_{Ed}=5,7\text{kNm}$ og $V_{Ed}=19,0\text{kN}$

Det benyttes limtre med kvalitet GL36C. Denne har en

$$f_{m,y,d} = f_{m,k} * k_{mod} / \gamma_M = 36 * 0,8 / 1,25 = 23,04 \text{N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} * k_{mod} / \gamma_M = 3,0 * 0,8 / 1,25 = 1,92 \text{N/mm}^2$$

$$W_{min} = 5,7 * 10^6 / 23,04 = 247\,396 \text{mm}^3$$

$$A_{min} = 9/4 * 19100 / 1,92 = 22\,383 \text{mm}^2$$

Ut fra skjær tilsier dette å måtte bruke en bjelke på 78x315, men Eurocode5 gir oss mulighet for å bruke redusert skjær. Prøver om 78x270 kan benyttes:

$$V_{Ed}^{Red} = V_{Ed} - q_d * h = 19,1 - 17,8 * 0,270 = 14,29 \text{kN}$$

$$\text{Dette gir } A_{min} = 9/4 * 14290 / 1,92 = 16\,751 \text{mm}^2$$

Som overgurt velges:

Limtre GL36C 78x270

Dimensjonering av undergurt

Undergurten dimensjoneres ut fra punktlasten fra stav C, samt konstruksjonens egenvekt. Egenvekt settes til 0,2kN/m inkl. lastfaktor. Dette er egenvekten av bjelken i tillegg av 48x98mm spikerslag c/c 0,6m innfelt mellom undergurtene og 20mm rupanel. I forhold til punktlast C er egenvekten nærmest neglisjerbar. Stav C har en stavkraft på 19,1+15,9=35,0kN

Dette gir maks skjær ved opplager D:

$$V_{Ed} = (0,2 * 5,37 / 2) + 35,0 * 2 / 3 = 23,9 \text{kN}$$

Maks moment opptrer ved punktlast

$$M_{Ed} = 23,9 * 1,79 - 0,2 * 1,79 * 1,79 / 2 = 42,4 \text{ kNm}$$

$$W_{min} = 42,4 * 10^6 / 23,04 = 1841 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{min} = 9/4 * 23900 / 1,92 = 28\ 008 \text{ mm}^2$$

Som undergurt velges:

2 stk limtre GL36C 78x270

Denne legges på hver side av overgurt, stav B og C og midtre stolpe. Det benyttes bolt og bulldogforbindelser.

Dimensjonering av stav B og C

Stav B har en stavkraft på: $(19,1 + 15,9) / \cos 45 = 49,5 \text{ kN} = N_{Ed}$

Lengde er 2,30m. Denne må dimensjoneres for utknekking. Prøver limtre GL36c med bredde 78mm:

$$\text{Knekk lengde } (l_k) = 2,30 \text{ m}, \quad f_{c,0,k} = 29 \text{ N/mm}^2, \quad f_{c,0,d} = 18,56 \text{ N/mm}^2, \quad E_{0,05} = 11900 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_z = l_k / i = 2300 / 0,289 * 78 = 102,0$$

$$\lambda_{rel,z} = 102,0 / \pi * \sqrt{29 / 11900} = 1,6033$$

$$k_z = 0,5(0,97 + 0,1 * 1,6033 + 1,6033^2) = 1,8504$$

$$k_c = 1 / (1,8504 + \sqrt{(1,8504^2) - (1,6033^2)}) = 0,3605$$

$$A_{min} = 49500 / (0,4682 * 18,56) = 7399 \text{ mm}^2$$

Nødvendig høyde på tverrsnitt: $7399 / 78 = 95 \text{ mm}$

Stav C har en knekk lengde på 0,7m og $N_{Ed} = 35,0 \text{ kN}$. Her er det tilstrekkelig å bruke limtre med $b = 78 \text{ mm}$ og $h = 70 \text{ mm}$.

Bruker limtre GL36c 78x95 til stav B og 78x70 til stav C

Takkonstruksjonen produseres på stedet og midtre stolpe er hel fra overgurt til betongfundament. Skjøt mellom overgurt og midtre stolpe/stav B og C forbindes med hullplater. Sammen med veggskivene av lafteplank vil dette bli en stiv konstruksjon. Lafteplankene er skrudd sammen, men det må tas hensyn til at veggen kan krympe og at den dermed mister noe av sin stabilitet. Derfor legges det avstivere oppå undergurten som tar

opp sideveis krefter ut til låvevegg på ene siden og ned i betongfundament på andre siden. Den ene avstiveren må forskyves noe for å unngå kollisjon med døråpning i endevegg.

Dimensjonering av takåser

Her brukes egne materialer. Kvalitet settes til C24, $f_{md} = 14,77$ og $f_{vd} = 1,54$. Senteravstand er 30cm. For øvrig benyttes samme forutsetninger som under dimensjonering av sperrer, men lastbredde endres til 0,3m.

$$q_d^{EV} = (0,8 \text{ kN/m}^2 * 1,2 * 0,3 \text{ m}) / \cos 27 = \mathbf{0,32 \text{ kN/m}}$$

$$q_d^{SN\emptyset} = 4,5 \text{ kN/m}^2 * 0,8 * 1,35 * 0,3 \text{ m} = \mathbf{1,46 \text{ kN/m}}$$

$$q_d^{\text{åser}} = 0,32 + 1,46 = \mathbf{1,78 \text{ kN/m}}$$

$$M_{Ed}^{\text{åser}} = 1/8 * 1,78 * 3^2 = \mathbf{2,0 \text{ kNm}}$$

$$V_{Ed}^{\text{åser}} = (2,0 * 3) / 2 = \mathbf{2,67 \text{ kN}}$$

$$W_{\min} = 2,0 * 10^6 / 14,77 = 135\,410 \text{ mm}^3$$

$$A_{\min} = 9/4 * 2670 / 1,54 = 3900 \text{ mm}^2$$

Til åser benyttes 48x148mm c/c = 300mm

Oppå åsene legges su-takplater. Det legges så sløyfer og lekter på disse før takstein legges.

Vinddimensjonering og forankring av åpen del.

Delen av bygget som er åpent vil være mer utsatt for vindkrefter enn den tette delen. Denne delen må derfor forankres tilstrekkelig. Det kan under vind oppstå et trykk oppunder takflaten innvendig samtidig med et sug over taket. Summen av krefter som overstiger takets egenvekt må sikres gjennom forankring. Takets egenvekt med takstein er $0,8 \text{ kN/m}^2$. Skulle det i framtiden være aktuelt å bytte denne med lette plater vil kanskje egenvekten halveres. Det vil være naturlig å tenke at en reduksjon av vekt ikke svekker konstruksjonen. I forhold til vindlast fra undersiden er ikke dette riktig. For å ta høyde for dette settes egenvekten ned til $0,4 \text{ kN/m}^2$ under dimensjonering av forankring. Formfaktorer i utregningene er hentet fra NS-EN 1991-1-4 (Vind-standard)

Det er vind mot byggets kortside som gir den største belastningen. Siden bygget er åpent og vinden virker på hele takflaten, brukes formfaktor $C_{pe,10}$.

$$q_p(z) = (\text{referansevind} * kW) 22^2 * 1,3 = 629 \text{ N} \approx \underline{\underline{0,63 \text{ kN/m}^2}}$$

Underside

Ved vind mot den åpne delen vil alle innvendige flater komme i D-sone. Vind mot kortsiden gir et h/d forhold lik $5,8/18 = 0,32$.

D-sone har formfaktor på 0,7:

Overside

$$e = \min \begin{cases} b = 11m \\ 2h = 11,6 \end{cases} \quad e = 11m \quad e/10 = 1,1m \quad e/2 = 5,5m \quad e/4 = 2,9m$$

Gir følgende formfaktorer:

F- sone har formfaktor 1,1

G-sone har formfaktor 1,4

H-sone har formfaktor 0,8

I-sone har formfaktor 0,5

D-sone virker sammen med alle de andre sonene slik at eksempelvis sum formfaktor for F-sone blir $0,7+1,1=1,8$. Som motvekt har vi takets egenvekt som er satt til $0,4\text{kN/m}^2$. Dette gir følgende sonebelastning:

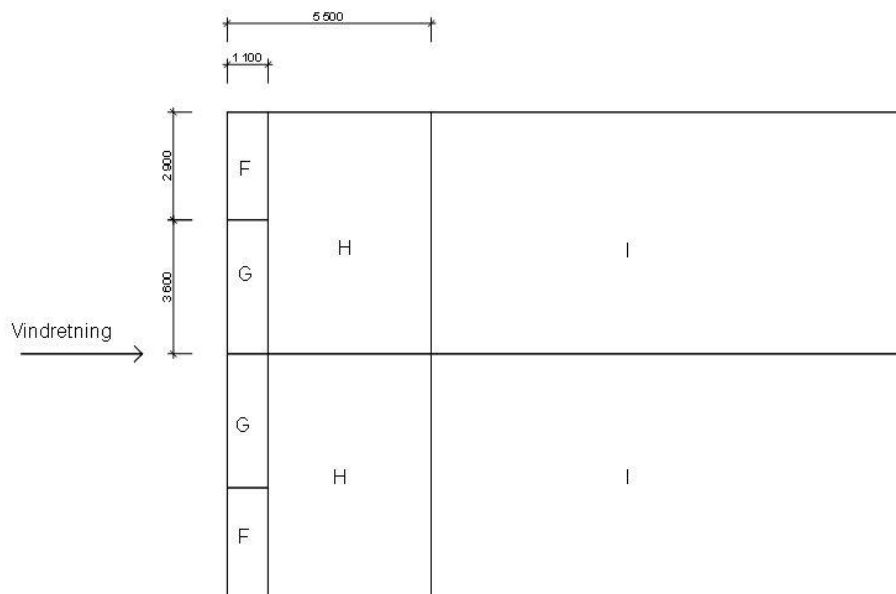
Formfaktor * $q_p(z)$ * lastfaktor * ψ – egenvekt

F-sone: $(0,7+1,1)*0,63*1,35*0,6 - 0,4 = \underline{0,52\text{kN/m}^2}$

G-sone: $(0,7+1,4)*0,63*1,35*0,6 - 0,4 = \underline{0,67\text{kN/m}^2}$

H-sone: $(0,7+0,8)*0,63*1,35*0,6 - 0,4 = \underline{0,37\text{kN/m}^2}$

I-sone: $(0,7+0,5)*0,63*1,35*0,6 - 0,4 = \underline{0,21\text{kN/m}^2}$



Åsene har lengde 6m slik at det er en skjøt for annen hver sperre, men neglisjerer momentet som oppstår her. Imidlertid er momentet i ende mot takutstikk (0,3m) medtatt.

Gjennom sone F og H:

$$M_A = 0,52 * 0,3 * \frac{0,3}{2} = 0,023 \text{ kNm}$$

$$A_1 = 0,52 * 0,3 + \frac{0,37 * 3}{2} + 0,15 * 0,8 * \frac{2,6}{3} + \frac{0,023}{3} = \underline{0,82 \text{ kN/m}}$$

$$B_{V1} = \frac{0,37 * 3}{2} + 0,15 * 0,8 * \frac{0,4}{3} - \frac{0,023}{3} = \underline{0,56 \text{ kN/m}}$$

Gjennom sone G og H:

$$M_A = 0,67 * 0,3 * \frac{0,3}{2} = 0,030 \text{ kNm}$$

$$A_2 = 0,67 * 0,3 + \frac{0,37 * 3}{2} + 0,30 * 0,8 * \frac{2,6}{3} + \frac{0,030}{3} = \underline{0,97 \text{ kN/m}}$$

$$B_{V2} = \frac{0,37 * 3}{2} + 0,30 * 0,8 * \frac{0,4}{3} - \frac{0,030}{3} = \underline{0,58 \text{ kN/m}}$$

Gjennom sone H og I:

$$B_H = \frac{0,21 * 3}{2} + 0,16 * 2,2 * \frac{1,9}{3} = \underline{0,54 \text{ kN/m}}$$

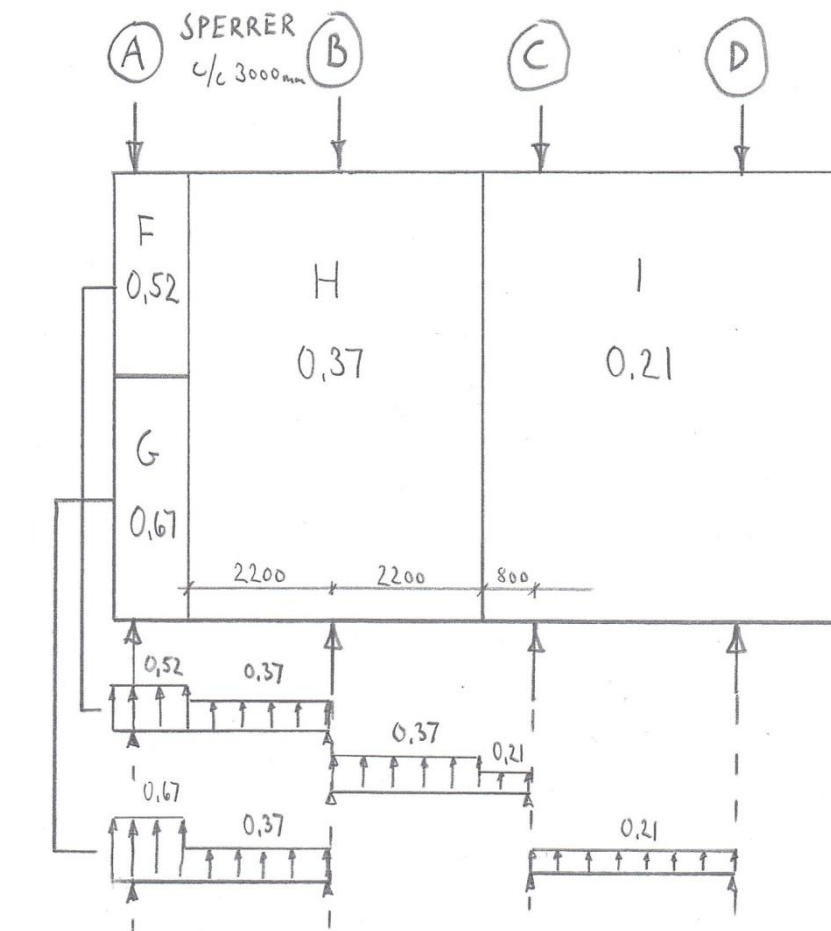
$$C_V = \frac{0,21 \cdot 3}{2} + 0,16 \cdot 2,2 \cdot \frac{1,1}{3} = \underline{0,44 \text{ kN/m}}$$

Gjennom sone I:

$$C_H = \frac{0,21 \cdot 3}{2} = \underline{0,32 \text{ kN/m}}$$

$$D = \frac{0,21 \cdot 3}{2} = \underline{0,32 \text{ kN/m}}$$

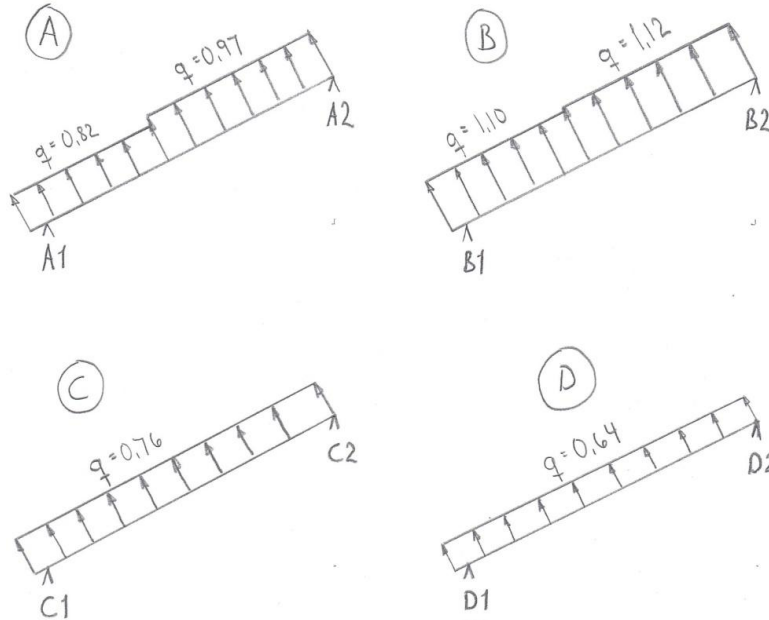
Takåser i sone F og H får dermed følgende spenningsbilde:



Den mest belastede takås har ved A_1 en belastning på $0,97 \text{ kN/m}$. Med en lastbredde på $0,3 \text{ m}$ blir det ved enden en belastning på: $0,97 \text{ kN/m} \cdot 0,3 \text{ m} = 0,29 \text{ kN}$. Ved å benytte 2 stk spiker $3,4 \times 95 \text{ mm}$ vil disse ta opp denne kraften med godt monn. I følge tabell 3.8 i Mekaniske treforbindelser (Norsk Treteknisk Institutt, 2007) er kapasiteten pr spiker ca $1,0 \text{ kN}$. Det må i følge punkt 3.2.2 i samme håndbok alltid brukes minst 2 stk spiker ved en slik forbindelse. Avstand til ende må overstige $5d = 17 \text{ mm}$

Det stikkspikres med to stk $3,4 \times 95 \text{ mm}$ spiker ved hver forbindelse mellom ås og sperre.

Da senteravstanden mellom takåsene er kun 0,3m velges det å se på dette som jamnt fordelt last, da det i praksis gir samme resultat. Sperre A-D får følgende lastbilde:



De øvrige sperrer får belastning lik sperre D

$$M_A = 0,82 * 0,3 * 0,15 = 0,04 \text{ kNm}$$

$$M_B = 1,10 * 0,3 * 0,15 = 0,05 \text{ kNm}$$

$$M_C = 0,76 * 0,3 * 0,15 = 0,03 \text{ kNm}$$

$$M_D = 0,64 * 0,3 * 0,15 = 0,03 \text{ kNm}$$

Nødvendig forankring av forbindelse ved

$$A1: (0,82 * 0,3 + \frac{0,82 * 6,2}{2} + 0,15 * 3,6 * \frac{1,8}{6,2} + 0,04) / \cos 27 = \underline{\underline{3,35 \text{ kN}}}$$

$$A2: (\frac{0,82 * 6,2}{2} + 0,15 * 3,6 * \frac{4,4}{6,2} - 0,04) / \cos 27 = \underline{\underline{3,24 \text{ kN}}}$$

$$B1: (1,10 * 0,3 + \frac{1,10 * 6,2}{2} + 0,02 * 3,6 * \frac{1,8}{6,2} + 0,05) / \cos 27 = \underline{\underline{4,28 \text{ kN}}}$$

$$B2: (\frac{1,10 * 6,2}{2} + 0,02 * 3,6 * \frac{4,4}{6,2} - 0,05) / \cos 27 = \underline{\underline{3,83 \text{ kN}}}$$

$$C1: (0,76 * 0,3 + \frac{0,76 * 6,2}{2} + 0,03) / \cos 27 = \underline{\underline{2,93 \text{ kN}}}$$

$$C2: \left(\frac{0,76 \cdot 6,2}{2} - 0,03\right) / \cos 27 = \underline{\underline{2,61 \text{ kN}}}$$

$$D1: \left(0,64 \cdot 0,3 + \frac{0,64 \cdot 6,2}{2} + 0,03\right) / \cos 27 = \underline{\underline{2,48 \text{ kN}}}$$

$$D2: \left(\frac{0,64 \cdot 6,2}{2} - 0,03\right) / \cos 27 = \underline{\underline{2,19 \text{ kN}}}$$

Prosjektplan

Bacheloroppgave ved HiG

Tilbygg til driftsbygning

Prosjektering av bygg til foring og mjølking av mjølkeku,
der utstrakt bruk av tre og
gamle byggetradisjoner
skal vektlegges

Innhold

1. Mål og rammer	55
2. Omfang	56
3. Prosjektorganisering.....	57
4. Planlegging, oppfølging og rapportering.....	57
5. Risikoevaluering	58
6. Kvalitetssikring	59
7. Godkjenning av prosjektplan.....	59

1. Mål og rammer

1.1 Bakgrunn

Landbruk er ei næring i endring. Antall bruk med mjølkeproduksjon har gått ned, og antall dyr pr enhet har økt. Samtidig går trenden mot løsdrift med robotmjølking som erstatning for det tradisjonelle bås fjøset. Løsdrift krever større areal pr dyr. Derfor vil dette sammen med økt dyretall gi et økt arealbehov i fjøset. Dette resulterer da ofte i et behov for et nybygg eller som det denne oppgaven skal omhandle, et påbygg til et eksisterende fjøs.

Dette er en vanlig situasjon i norsk landbruk, og slik sett ikke særlig spesiell. Imidlertid er situasjonen ulik på hvert enkelt bruk og noen standardløsning finnes ikke. Særlig gjelder dette tilpasningen til en eksisterende bygning. Det er mange forhold som må være på plass for at en driftsbygning skal fungere optimalt. Dyrevelferd, funksjonalitet og HMS er vesentlige momenter. I tillegg til investeringskostnaden, er disse punktene viktige for gårdens totaløkonomi.

Et gårdstun består ofte av en samling gamle hus, og ved en ombygging er det viktig å ta vare på gårdens estetiske uttrykk. Det er mange eksempler på at en stålplatehall erstatter en gammel bygning som ikke fyller dagens krav. Dette kan være en praktisk og rimelig løsning, men neppe noen forskjønnelse av miljøet.

Denne oppgaven skal som nevnt omhandle et tilbygg til en eksisterende driftsbygning. Tilbygget skal inneholde foringsplass, mjølkeavdeling og mjølkerom, mens liggebåser for kyr og ungdyr skal være inne i det gamle fjøset.

Noe av grunnen til at jeg har valgt en slik oppgave er min bakgrunn som mjølkebonde, og det at jeg som utdannet byggingeniør fra sommeren 2010 skal jobbe som bygningsplanlegger i landbruket. Derfor håper jeg at erfaringen denne oppgaven gir meg kan være til nytte både for min arbeidsgiver og meg selv.

1.2 Prosjektmål

Hovedmål for prosjektet:

- Hovedmål for prosjektet er å prosjektere et tilbygg som rommer foringsplass for mjølkekyr og ungdyr, mjølkeavdeling og mjølkerom.

Delmål for prosjektet:

- Treverk skal brukes i størst mulig grad. Det skal ses på muligheter for bruk av tre også i bygningsdeler og konstruksjoner hvor det ofte benyttes stål og betong.
- Det skal fokuseres på gamle og tradisjonsrike byggemetoder, for så å se hvordan disse kan tilpasses nybygget.
- I tillegg til å fokusere på tradisjonsrike byggemetoder skal det ses til andre deler av verden for om mulig hente løsninger herfra.

1.3 Rammer

Prosjektet skal gjennomføres i tidsrommet 15. januar – 3. juni.

2. Omfang

2.1 Oppgavespesifikasjon

Følgende punkter skal besvares i prosjektet:

- Valg av byggematerialer skal vurderes og begrunnes. Der det er akseptabelt å benytte treverk skal dette benyttes. Levetid og byggekostnader er vesentlige momenter her. Treslag og behandlingsmåter skal også vurderes og begrunnes.
- Det skal dokumenteres at tilbygget dimensjoneres etter aktuelle Eurocode -standarder. Særlig skal byggets vindstabilitet vurderes etter Eurocode 1.
- Nybygget skal tegnes i et 3D-program for å visualisere hvordan denne vil framstå i forhold til eksisterende bygning.
- Det skal vurderes om elementer fra gamle norske byggetradisjoner kan benyttes. Dette gjelder både byggemåter og materialbruk.
- Gjennom bruk av internasjonal litteratur vurderes det om løsninger fra tilsvarende bygg i utlandet kan benyttes. Det kan være særlig aktuelt å se til områder i Mellom-Europa som har et sammenlignbart klima.

Avgrensning:

- Oppgaven skal ikke omhandle ombyggingen av eksisterende bygg.

3. *Prosjektorganisering*

3.1 Ansvarsorganisering

Prosjektansvarlig (PA) er høgskolen i Gjøvik v/Liv Torjussen (veileder)

Ekstern veileder er Lars Erik Ruud, Geno/Tine

Prosjektleder (PL) er Øyvind Schiager

PA skal godkjenne prosjektplan og veilede prosjektet

PL skal gjennomføre prosjektet og har ansvar for at tidsrammer blir fulgt.

4. *Planlegging, oppfølging og rapportering*

4.1 Hovedinndeling av prosjektet

Prosjektplanen gjelder for hele prosjektet. Prosjektet er delt i 4 faser, der fase 1, initiering er gjennomført. Frister for de neste faser er:

Fase 2: Utarbeidelse av prosjektplan/forskningsskisse og nettside

- Uke 3 – 5: Planarbeide
- Uke 5: Levering av prosjektplan innen 5. februar og nettside innen 7. februar.

Fase 3: Gjennomføring av rapporten skjer i tidsrommet fra uke 5 – 21

- Uke 5 – 9: Denne perioden skal det samles stoff til oppgaven.
- Uke 8 – 17: Rapporten skrives og en foreløpig versjon skal være ferdig til 1. mai.
- Uke 18 – 21: Justeringer, korrektur og ferdigstilling av rapporten.
- Uke 20 – 22: En PowerPoint til presentasjon 3. juni utarbeides.
- Uke 21: Plakat utarbeides og leveres innen 28. mai.

Fase 4: Avslutning av prosjektet med presentasjon for medstudenter og lærere torsdag 3. juni.

Gantt-skjema

Måned	Januar			Februar			Mars			April			Mai			Ju							
Uke	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Prosjektplanarbeide			■	■	■																		
Godkj. prosjektplan					■																		
Etablering av nettside				■	■																		
Innsamling av stoff					■	■	■	■	■	■													
Oppgaveskriving								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Ferdigstilling/korr.																		■	■	■	■		
Ppt-presentasjon																					■	■	■
Innlevering/Plakat																							■
Presentasjon																							■

5. Risikoevaluering

5.1 Kritiske suksessfaktorer

Momenter som er vesentlige for suksess:

- Aktiv bruk av veileder, ekstern veileder og andre ressurspersoner underveis.
- Være i forkant i forhold til gjøremål. Ikke alltid like lett å beregne tidsbruk, slik at en buffer i forhold til tidsramme er viktig.
- Å skrive oppgave alene kan gjøre en ekstra sårbar hvis uforutsette hendelser skjer, f. eks sykdom. Overfor nevnte punkt ekstra viktig.
- Viktig å besvare de problemstillinger som er beskrevet i pkt 2.1. Disse må aktivt brukes under prosessen for korrigerings. Det er også viktig å begrense seg til disse punktene og heller gå i dybden framfor å utvide med nye problemstillinger.

5.2 Risikoevaluering

Bevissthet i forhold til punktene i 5.1 vil øke mulighetene for å nå målet.

6. *Kvalitetssikring*

6.1 Organisering av kvalitetssikring

Under fase 3 skal PA og PL ha jevnlig møter. Tirsdager kl. 15.15 avsettes til disse møtene, men avtales fra gang til gang ut fra behov. Ekstern veileder brukes ved behov, og særlig ved spørsmål som er spesielle ved landbruksbygg.

7. *Godkjenning av prosjektplan*

Underskrifter