

Magne Kleiveland, student nr. 260047

Tradisjonelle grindabygg

- Ein handverkar-analyse av kapasitet, dimensjonering og styrke.

Traditional trestle-frame buildings

- A craftsman's analysis of capacity, material dimensions and strength.

Trondheim/Målselv, 15.11.2019

Rettleia av Trond Oalann (NTNU) og Kåre Løvoll (eksternt)





**FAKULTET FOR ARKITEKTUR
OG DESIGN**

***Institutt for arkitektur
og teknologi***

7491 Trondheim

Besøksadresse: Alfred Getz vei 3

RAPPORT BACHELOROPPGAVE

Tittel/title

Tradisjonelle grindabygg

-Ein handverkar-analyse av kapasitet, dimensjonering og styrke.

Traditional trestle-frame buildings

-A craftsman's analysis of capacity, material dimensions and strength.

Prosjektnr.

4-2019

Forfatter(e)

Magne Kleiveland

Oppdragsgiver(e) eksternt

Dato levert
15.11.2019

Besvarelsen består hvor
mange del-rapporter?

2 vedlegg

Veileder(e) internt

Trond Oalann

Rapporten er ÅPEN / ~~LUKKET~~
(stryk ut det som ikke gjelder)

Stikkord fra prosjektet

Grindabygg, grindbygg, stavbygg, løe, oppmåling, handverksforsøk, simulering, snølast, styrke, kapasitet, dimensjonering.

Magne Kleiveland, student nr 260047

Tradisjonelle grindabygg

- Ein handverkar-analyse av kapasitet, dimensjonering og styrke.

Traditional trestle-frame buildings

- A craftsman's analysis of capacity, material dimensions and strength.

Trondheim/Målselv, 15.11.2019

Rettleia av Trond Oalann (NTNU) og Kåre Løvoll (eksternt)



Lia-løa på Haugo. Utløe som Jørund Vevle eig i dag.

Samandrag

Denne studien undersøker ut frå eit handverkar-perspektiv dimensjoneringa, styrken og kapasiteten til grindabygget, ein stavkonstruksjon frå Osterøy. Byggjemåten var nære einerådande i uthus og løer på Osterøy i perioden studien omhandlar, slutten av 1800-talet og

byrjinga av 1900-talet. Beresystemet i grindabygget er statisk ubestemt, og let seg dermed ikkje styrkerekena med vanleg konstruksjonsmekanikk og statikk.

Det vart valt ein todelt metode der ein først gjorde oppmålingar og handverksanalysar av ni gamle bygg som er oppførte i tradisjonen. Deretter vart det gjort eit handverksforsøk i skala 1:1, som gjekk ut på å byggja ei ny grindløe etter dimensjonane frå tradisjonsbygg. Så vart denne løa knust i ei praktisk simulering av snølast. Taklasta og nokre av dei viktigaste kreftene vart målte, loggførte og samanhaldne med informasjon frå høghastighetsfilm, med handverksdetaljane og med knusingsskadane når bygget til slutt totalt kollapsa.

Resultata frå oppmålingane syner korleis tømrarane planla dimensjoneringa og utføringa av 9 gamle grindabygg i ulik storleik: Mellom anna at det var vanleg å nytta stavar med rektangulært i staden for kvadratisk tverrsnitt, og at betahovuda kan halda godt sjølv om dei er korte.

Resultata frå handverksforsøket syner at ved høg taklast kan stavleia verta kløyvd av sperrene, og at fullt brot i stavleia kan gje total kollaps i heile strukturen. Skrevinga (at stavarne lutar vekk frå loddet) bidreg til å halda grindabygget saman på tvers. Handverksforsøket gjev indikasjonar på kva som er viktigaste punkta i konstruksjonen og handverksdetaljane dersom ein ønskjer å auka styrken til systemet.

Abstract

This study examines from a craftsman's perspective the dimensions, strength and capacity of the «grindabygg», a trestle-frame building from Osterøy. During the period that the study deals with from the late 19th to the early 20th century the grindabygg was the predominant form of construction for outbuildings in this region.

As the load bearing structure in the grindabygg is statically indeterminate it is not possible to calculate its strength with the usual construction mechanics and statics.

Therefore a two-pronged method was chosen in which measurements were taken from nine different buildings and the hand techniques used in their traditional construction were analysed. The houses still standing from this period were looked upon as a big «laboratory» where the buildings have been tested over time.

Then a bespoke test model on a scale of 1:1 was made using averaged figures from the buildings surveyed and employing the expertise and knowledge of local craftsmen. The roof of the structure was then loaded with gravel until it collapsed in a practical simulation of snow loading. The roof loads and some of the most important forces were measured and logged during the process and then compared with information from high-speed films, the technical details of the handcrafted joints and with the crushing damage when the total collapse of the building.

The results of the original surveys show how the carpenters planned the design and construction of the nine old grindabygg buildings of different sizes: For example, it was common to use rectangular posts instead of square cross-section, and that the heads of the tie beams can hold well even if they are short.

The results of the craft experiment show that at high roof loads, the wall plate can be cleaved by the rafters, and that full breakage in the wall plate can cause total collapse in the entire load bearing system. «Skreving» (that the top of the posts lean in from true vertical) helps to hold the grindabygget together laterally.

The experiment gave indications of what the most critical points in the design are and how the details of the handcrafted elements affect the system if you want to increase its strength.

Føreord

Det er spennande å finna ut meir om kva dei gamle konstruksjonsmåtane er gode for, og grindabygget har interessert meg sidan ungdomsåra. Eg hugsar godt Svein Hatløy sine forklaringar om grindabygget som strekk-konstruksjon, og delte hans fascinasjon for korleis det fungerer og vert sterkare og stivare dess meir last som kjem på taket. Det har noko enkelt og genialt over seg, samstundes som det er gjennomtenkt og komplisert. Denne oppgåva har vore eit flott høve til gå inn i kva som ligg bak alt dette.

Den franske kokken vår Van frå Vietnam må først få ein takk for innsatsen. Han ofra nesten ein peikefinger i samband med hakking av salat, dette syner kor helsefarleg salat kan vera.

Denne oppgåva vart lagt på eit ambisiøst nivå både når det gjaldt innhenting av data frå dei gamle bygga og gjennomføring av handverksforsøk. Det ville ikkje vore råd å få til utan mange gode hjelparar, som alle fortener ein stor takk for det dei har bidrege med. Oversikta over arbeidstida i innspurten, likna meir på stilkarakterar i skihopp enn dei likna timelister.

Elles må eg fort hoppa til å takka den dyktige og kunnskapsrike handverkaren og tradisjonsberaren Rune Revheim for å ha sådd interessa mi for grindabygget og for å ha vore ein inspirator og diskusjonspartner i mange år.

Alle involverte på NTNU vil eg gjerne også takka. Spesielt vil eg nemna rettleiarane Trond Oalann og Kåre Løvoll, og også Roald Renmælmo som alle 3 har ytt god hjelp i prosjektet. Per Berntsen vil eg gjerne også retta ein stor takk til, for sine svært gode og inspirerende førelesingar i konstruksjonslære. I tillegg alle medstudentane som har gjeve inspirasjon og gode innspel, spesielt grekaren frå Førde, Georgios Sokorelis, og suldølane frå Suldal, Sven Hoftun og Kjell Gunnar Haraldseid.

Midt-Troms Museum og Sør-Troms Museum har bidrege mykje, takk for all velvilje og hjelp.

I det praktiske arbeidet har mange bidrege med stort og smått: Takk til Forsvarsstaben og Ingeniørbataljonen, Eik Senteret Andslimoen, Bjørn Brandsegg og Plate og sveiseservice, Guttorm Lamo og Lamo sagbruk, Håvard Nordgård og Fanskare, Harry Hillestad, Morten Tomter, Hallvard Myreng, Elin Myreng, Grethe Heimdal, Tarjei Vestjord, Gunnar Prestbakk, John-Christer Myre, John Myre, Brødrene Kihl og Ole Nordmo & Sønn. Og ikkje minst utrøyttleige Van Hong og Malo Claudin.

Takk til alle dei velvillige og interesserte grunneigarane, inkludert Lindås kommune som endåtil begynte å svara telefonen på søndagar. Elles grunneigarane Geir Inge Fotland, Vidar Rinde, Rolf M Kleiveland, Håvard Haga Kleiveland, Jørund Vevle, Arnbjørn Vevle og Eirik Edvardsdal.

Espen Prestbakmo med familie fortener ein spesiell takk for sin alltid positive velvilje.

Tusen takk for gode innspel, støtte og hjelp frå Silje Osnes, Elin og Geir Kleiveland, Karen M. Bøe, Ove Kleiveland, Sveinung H. Vaskinn, Eirik Njåstad, Alexander Sjøberg,

Benjamin Kehlet, Kjetil Monstad, Eivinn Revheim, Arne J. Holmin, Ola Storsletten, Kari Lyngstad, Jon O Vevle, Peter Henriksson, Anette Drage Samnøy, Rolf Kleiveland, Berta og Agnar Vevle, James Henry Alexander Chaplin og Oddmund Vevle.

Dette arbeidet hadde aldri komme i mål utan Pål Sneve Prestbakk; medstudent, praktisk og teknisk virtuos på uvanleg mange fagfelt. Den liflege brumminga av ein Land-cruiser 61 i kjømda, berga både humøret og prosjektet mange gongar. Pål fortener ei stor takk.

Altevatnet, 27.10.2019

Magne Kleiveland

Innholdsliste:

1. Innleiing	10
1.1. Bakgrunn	10
1.1.1. Bacheloroppgåva og arbeidsform	10
1.1.2. Historie	11
1.1.3. Utbreiingsområde og kjenneteikn	12
1.2. Nemningar, faguttrykk og einingar	13
1.2.1. Dei viktigaste begrepa	13
1.2.2. Liste over namn, omgrep og uttrykk	15
1.2.3. Einingar	24
1.3. Målsetjing	25
1.4. Problemstilling	25
1.4.1. Bakgrunn problemstilling	25
1.4.2. Problemstilling	26
1.4.3. Forskingsspørsmål	26
1.5. Svakheiter ved studien	27
1.6. Kunnskapsbehov	28
1.6.1. Generelt	28
1.6.2. Handverkarar	28
1.6.3. Forvaltninga	29
1.6.4. Utdanning	30
1.6.5. Samfunnet	30
1.7. Forsking på grindabygget /pågåande undersøkingar	31
2. Metode	32
2.1. Material og empirisk fundament	32
2.1.1. Utgangspunkt. «Det store laboratoriet»:	32
2.1.2. Utval av lær	33
2.1.3. Oversyn litteratur og kjelder	35
2.2. Metode oppsummert	35
2.2.1. Metode utdjupa	36
2.2.2. Teorigrunnlag handverksforsøk og metode	38
2.2.3. Registrering av data (og utstyret me nytta)	40
2.2.4. Handverksforsøk generelt; snølast-simulering (og utstyret me nytta) ...	43
2.2.5. Handverksforsøk måling av strekk i beten (og utstyret me nytta)	45
2.2.6. Handverksforsøk måling av taklast (og utstyret me nytta)	46
2.2.7. Oppsett i handverksforsøket	47
2.3. Avgrensing	49
2.3.1. Generell avgrensing	49
2.3.2. Tidsperiode oppmålingar	49
2.3.3. Område oppmålingar	49
2.3.4. Treslag oppmålingar	49
2.3.5. Ikkje med svoler	49
2.3.6. Avgrensingar og val i handverksforsøket	49
3. Resultat	50
3.1. Resultat frå oppmålingane	50
3.1.1. Takvinklar og skreving	51
3.1.2. Golvlengd og betahovud i høve til breidda på huset	51

3.1.3. Rotorientering stavar	52
3.1.4. Tverrsnitt stavar	53
3.1.5. Storleik og lengd betahovud	53
3.1.6. Forholdstal i knuten	54
3.1.7. Dimensjon og proporsjonar stavleier og betar.....	54
3.1.8. Lengder og vinklar snedband	54
3.2. Resultat frå handverksforsøket	56
3.2.1. Aktuell brotstyrke.....	56
3.2.2. Knuten: Stavsøyre, betahals og betahovud	56
3.2.3. Sperrene	56
3.2.4. Snedband og naglar	56
3.2.5. Strekkspenning i beten	56
3.2.6. Starten på brotet	57
3.2.7. Skøyten på stavleia	57
3.2.8. Sperrehakka i stavleia	57
3.2.9. Skrevinga og samanhengen med snedband og utspenn	58
3.2.10. Single point of failure.....	58
4. Drøfting av resultat	59
4.1. Drøfting av resultat oppmålingar	59
4.1.1. Takvinklar og skreving.....	59
4.1.2. Golvlengd og betahovud i høve til breidda på huset	61
4.1.3. Rotorientering stavar	61
4.1.4. Tverrsnitt stavar	62
4.1.5. Storleik og lengd betahovud	64
4.1.6. Forholdstal i knuten	65
4.1.7. Dimensjon og proporsjonar stavleier og betar.....	66
4.1.8. Lengder og vinklar på snedband.....	67
4.2. Drøfting av resultat handverksforsøk	68
4.2.1. Aktuell brotstyrke.....	69
4.2.2. Knuten: Stavsøyre, betahals og betahovud	70
4.2.3. Sperrene	71
4.2.4. Snedband og naglar	71
4.2.5. Strekkspenning i beten	71
4.2.6. Starten på brotet	74
4.2.7. Skøyten på stavleia	75
4.2.8. Sperrehakka i stavleia	76
4.2.9. Skrevinga og samanhengen med snedband og utspenn	78
4.2.10 Single point of failure.....	81
5. Konklusjon.....	82
6. Forslag til vidareføring av arbeidet	84
6.1. Oppmåling.....	84
6.2. Handverksforsøk, testing og simuleringar.....	85
7. Litteratur, kjelder og vedlegg	85
7.1. Litteratur	85
7.2. Kjelder	86
7.3 Vedlegg.....	86

Tradisjonelle grindabygg

1. Innleiing

1.1. Bakgrunn

Etter å ha vore ute or dansen ein del år, har grindabygget gjort comeback i byggjebansjen dei siste tiåra. Interessa for konstruksjonen ser ut til å vera aukande, både i Noreg og utanfor landegrensene våre, og grindabygget teiknar til å ikkje berre har ei fortid, men også ei framtid. Skål me kunna nytta dette raffinerte konstruksjonsprinsippet i nye samanhengar, må me finna ut meir om kva det faktisk toler av påkjenningar og korleis det fungerer. Denne studien er meint som eit bidrag i den samanhengen.



Fig. 1. Nybygd grindabygg, lagerhall Fenne på Voss.

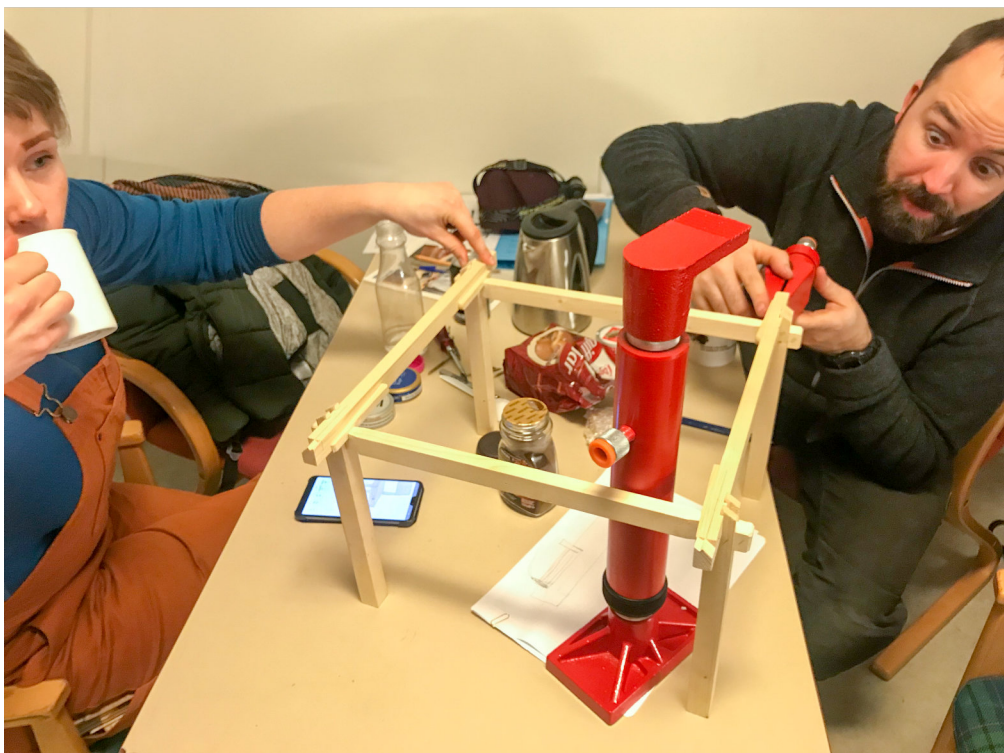
Løer på Vestlandet (og spesielt utløer) er ein truga art. Det har vore svært mange av dei, men no forsvinn løene jamt og trutt i høgt tempo, når dei ikkje lengre er nyttige i gardsdrifta. Skål me berga desse viktige kulturminna, må me auka og spreia kunnskapen om dei.

1.1.1. Bacheloroppgåva og arbeidsform

Denne oppgåva vart gjort i samarbeid med student Pål Sneve Prestbakk. Me valde liknande metode innanfor konstruksjonlære, der mi oppgåve handla om grindabygg frå Osterøy, og hans oppgåve handla om tradisjonelle laminerte dragarar.

Me samarbeidde om oppmålingar, materialuttak i skogen, handverksforsøk o.a. Derfor skriv eg «me» og «eg» alt etter dette.

Kapittel 2.1.1. er skriva i samarbeid med Pål Prestbakk.



*Fig. 2.
Anette Drage
Samnøy og
Pål Sneve
Prestbakk på
verkstaden til
Midt-Troms
Museum med
modell av
grindabygg
framom seg, i
skala 1:10,
stavar, betar
og stavleier.*

1.1.2. Historie

Kor gammalt grindabygget er, veit ein ikkje sikkert. Dei eldste daterte grindabygga er frå 1500-talet. Til dømes er Lidtun-løa som Øystein Lidtun eig, frå 1558 (Osterøy, gnr. 35/bnr. 1, datert av Hordaland Fylkeskommune; Oalann, 2019, liste over daterte grindløer.)

Om systemet har funnest før 1500-talet er ikkje godt å sei, men løene frå denne tida som enno er originale, ser ut som dei høyrer til ein ganske gjennomarbeidd byggjemåte. Dei har elles mange likskapar med dei løene som vart bygde 400 år seinare, sjølv om der også er viktige skilnader.

Jon B. Godal skriv at «Eldste grindverk-liknande konstruksjon som vi har vore borti, er klokkestolen i Selbu kyrkje frå ca. 1200.» (Godal et al., 2009, s. 307).

Grindabygg-konstruksjonen har gjennomgått ei utvikling frå dei eldste typane som er dokumenterte og fram til dei som vart bygde i nyare tid. Den nyaste løa som eg veit om på Osterøy, er bygd av Sigurd Revheim i 1948.

Grindabygde hus vart brukte i uthus: Løer, utløer, naust, skytjer, turkehus, kvernhus og anna.



Fig. 3. Typisk interiør i grindabygg. Heimeløa på Rolf M. Kleiveland sitt bruk på Kleiveland.

1.1.3. Utbreiingsområde og kjenneteikn

Utbreiingsområdet til grindabygget reknar ein for å vera Vestlandet, frå sørøst delen av Rogaland i sør, til Romsdalen i nord (Schjelderup og Storsletten et al., 1999). Grindabygget er ein bukkekonstruksjon der bukkar som står på tvers av møneretningen held huset oppe. Nokre viktige kjenneteikn med grindabygget: Beten (samhaldet) går gjennom ei klauv i toppen av staven. Beten har eit hovud utom staven, som fangar opp kreftene frå taket som vil pressa langveggane ut. Det vert strekk i beten. Stavleia (raftstokken) ligg oppå beten og ei hylle i staven. Denne måten å løysa det på, gjer at stavleia vert liggjande litt inntrekt mot midten av bygget, mot mønet, og ikkje midt oppå staven. Generelt fungerer konstruksjonen slik at taklasta låser bygningsdelane saman, og dess meir taklast, dess sterkare vert han mot vindlast.

Desse grunnleggjande kjenneteikna må antakeleg vera på plass om ein skal kunna kalla eit hus for eit grindabygg, men det finst mange variasjonar og lokale tilpassingar. Til dømes har sunnmøringane mykje snø, og dei har tatt noko krefter frå taklasta ned til staven via beten og snedbanda. Område med mykje vind har til dømes tilpassingar når det gjeld

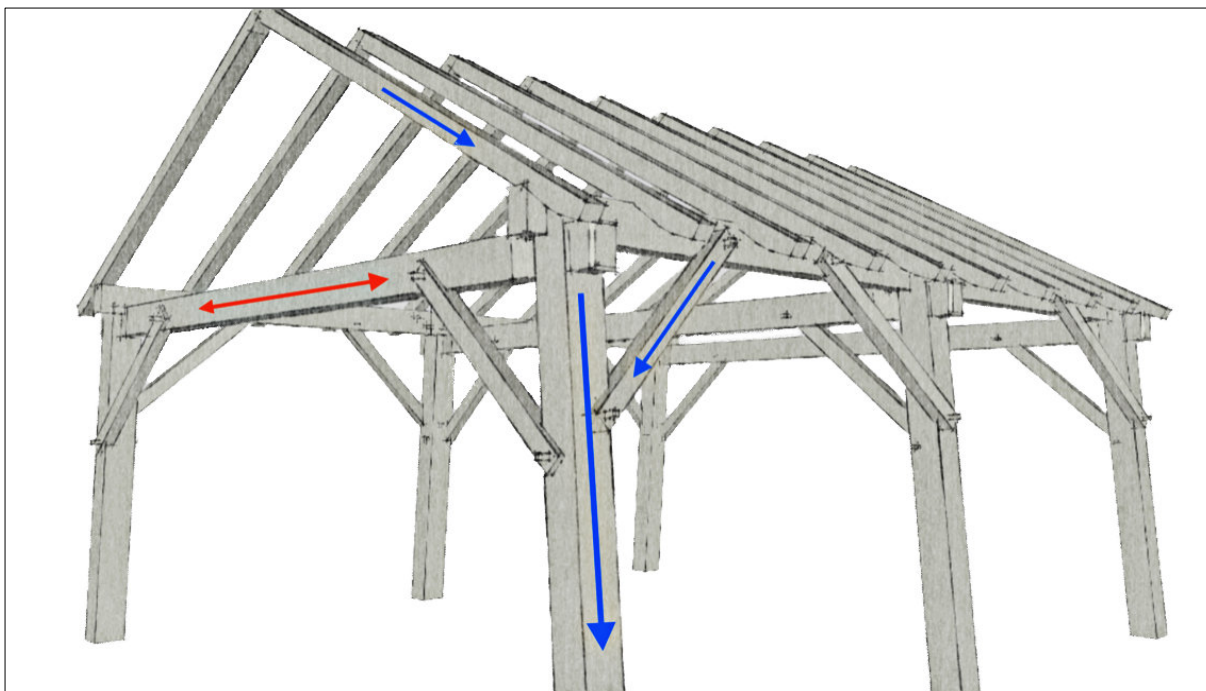


Fig 4. Grinda i grindabygget med dei viktigaste lastvegane og strekket i beten innteikna.

snedbanda og innfesting av sperrene. I randsonene for grindabygg-området ser ein at prinsipp frå andre system er blanda inn.

Eit anna kjenneteikn med grindabygget er at det ikkje har rame, syll, i botnen. Dette kjenneteiknet er likevel ikkje absolutt. Det finst konstruksjonar med rame i botnen som likevel må kallast grindabygg, slik som til dømes løa på Håheller i Lysefjorden og korntørka i Viga i Hjelmeland (Hoftun 2019, pers. samtale.)

1.2. Nemningar, faguttrykk og einingar

1.2.1. Dei viktigaste begrepa

Ulike kjelder oppgjev forskjellige nemningar på konstruksjonen. Det uttrykket eg er van med frå dialekten og har høyrst mest på Osterøy er «grindabygg», og derfor brukar eg denne forma. Det kan sjå ut som at uttrykka «stavabygg/stavbygg» og «stavløa» var vanlegare i dialekten tidlegare, og byggmeister Rune Revheim nyttar til dømes denne forma. I filmen «Stavbygging og Brakekledning» som er basert på byggmeister Sjur Hartveit sine kunnskapar, nyttar dei både «stavbyggjing», «stavbinding» og «grindbyggjing» om arbeidet (Statens filmsentral 1972).

Jon O Vevle har nemningar etter bestefaren sin John J Vevle som var bygningsmann. «Han far reiste mykje rundt og bygde løer. Han nytta «stavløa» om heile huset, og «grind» om eitt stav-par som var sett saman med ein bete. Dette ordet «grindbygg» er kome inn i dialekten seinare» (Vevle 2019, pers. samtale).

Jon B Godal nyttar «grindverk», men eg har ikkje funne belegg for dette omgrepet i noko dialektform nokon stad, eg forstår det slik på Godal at han har laga dette begrepet sjølv: «Vi vel her å kalle dette grindverk for ikkje å forveksle det med grindhus.» (Godal et al., 2009, s. 140).

Ola Tveiten presiserer at «Til grindi høyrde stavar, betar, stavlegja og sperr, som alt måtte vera av gode og myndige materialar.» (Tveiten, 1953, s 70.) Denne tydinga av «grinda», altså heile beresystemet eller skjelettet/beingrinda, er den eg nyttar.

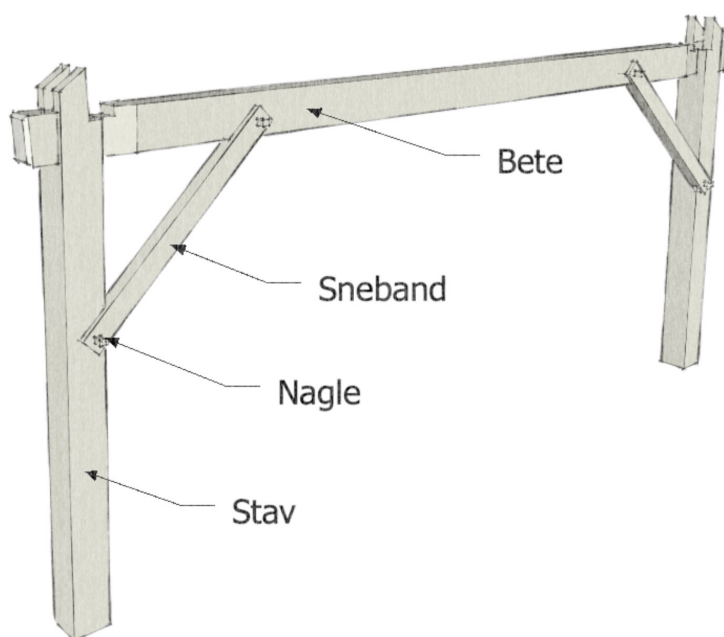


Fig. 5. Eitt stavapar, som også kan heita «stavalag» eller «grind».

Etter Rune Revheim

nyttar eg tre andre viktige begrep slik: «Krakken» om grinda utanom sperrene. «Stavapar» om den tverrgåande bukken som består av to stavar, to snedband og ein bete. (Synonym i dialekten er «stavalag».) «Knuten» nyttar eg slik Rune Revheim gjer det, om samanføyinga der bete, stavleie og stav møtest.

(Revheim 2018, pers. samtale) «Golv» nyttar eg for målet på avstanden i møneretningen mellom to stavapar. (Revheim 2016, pers. samtale). «Golv» er eit gammalt uttrykk for «avstand» i visse samanhengar, som ein mellom anna finn att i avstanden mellom to staurar i ei hesje. «Rom» (utt. rubm) er synonym for «golv» i Osterøydialekten, og det same er «betalag» (Statens filmsentral, 1972 og Revheim 2016, pers. samtale).

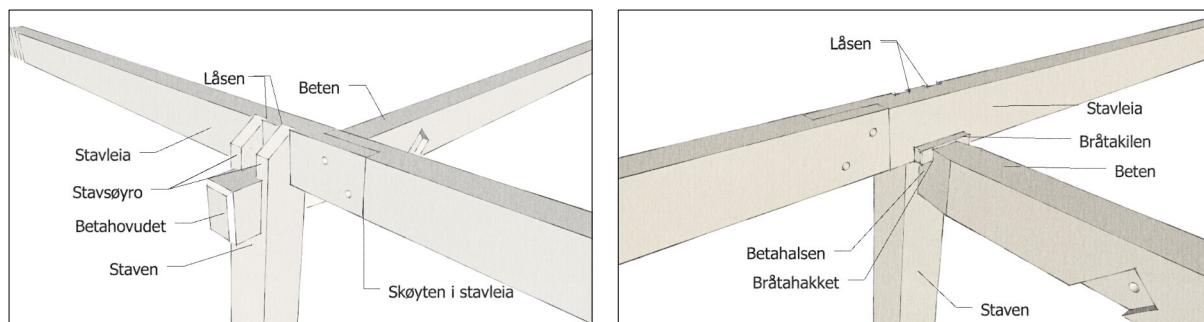


Fig 6. Knuten sett frå utsida (venstre), og sett frå innsida (høgre).

Nemningane «Skot og sval/svol» synest å verta brukt noko om ein annan i dag, kanskje fordi me ikkje har fått med oss i traderinga kva som var kva, kanskje er det dialektskilnader. «Skot er i endane på husa, på sidene heiter det sval eller svol, svoler i fleirtal. Svol er Osterøyform. Svoler er utom opplengjene, som eit tilbygg. Svola er ikkje avstanden frå stavane og ut til opplengjene.» (Revheim, 2019, notat om stavbygg, s. 2). Ola Tveiten er ikkje einig i dette: «På gamle løebygnader gjekk ikkje alltid grindi ut i heile breiddi. Utanfor grindi var det då ei sval av standarverk, og sperri var nedfelte både i stavlegja og i hovudstykkjet som låg oppå standarane (Tveiten 1953, s 72). Eg nyttar nemningane for skot og svol slik som Rune Revheim og Ola Tveiten skildrar det - alt etter samanhengen - og eg har valt å nytta Osterøy-forma «svol».

Nemninga «skip» har å gjera med korleis bygget vert delt inn ved at stavane lagar avgrensingar inne i bygget, og «skip» i denne samanhengen er truleg i slekt med måten ordet vert brukt på i skipet i ei kyrkje. Eg nyttar «skip» slik som Rune Revheim forklarar det: «Eg har aldri sett løer med 2 skip, det var 1 eller 3. Står stavane i veggen, har løa 1 skip. Er det avstand mellom stavane og kledning, har ho 3. Løene på Osterøy var til vanleg 3-skipa.»

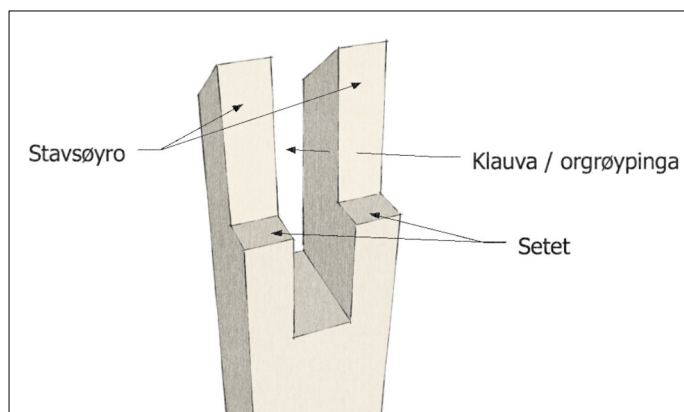


Fig 7. Toppen av staven, med nemningane i fellingane.

(Revheim 2019, notat om stavbygg, s.2).

1.2.2. Liste over namn, omgrep og uttrykk

Denne lista inneheld uttrykk, namn på bygningsdelar og verktøy

m.m. frå Osterøy-dialekten. Mykje er etter Rune Revheim, noko etter Jon O Vevle og noko etter Rolf M Kleiveland (Revheim 2016, pers. samtale og Revheim 2019, notat om stavbygg, Vevle 2016 og 2019, pers. samtale, Kleiveland 2018, pers. samtale). Sjølve ordet i lista er skrive slik ein uttalar det på dialekt, medan bøyinga er skriven på normert nynorsk. Uttrykk og forklaringar i hermeteikn er etter Rune Revheim (eller etter nokon som han har det etter att), Rolf M Kleiveland, Jon O Vevle og filmen «Stavbygging og brakekledning» frå 1972, og er skrivne slik det vert sagt på dialekt. Ordlista inneheld både ord frå grindabygging/stavbygging og frå hyvebygging (lafting), og ein del ord som er generelle i bygningssamanheng i Osterøy-dialekten. I denne lista brukar eg ordet «stavbygg» fordi Rune Revheim held seg til det. Det er synonym for «grindabygg» som eg brukar i resten av oppgåva.

al (alved) m1	al – alen – alar – alane <i>(Ikkje brukt i ub. og b. f. fleirtal, men er lista som m1 i Nynorskordboka.)</i> <i>«Ala ved; stokkjen va godt ala.»</i>
bandakniv m1	bandakniv – bandakniven – bandaknivar – bandaknivane <i>Liknar hyvekniven, sakseslipt, men med egga motsett og utan krok. Til å forma stokkane med.</i>
bandahakk n1	hakk – hakket – hakk – hakka Hakket for snedbandet i stavleia, bete eller stav. I stavbygg.
beitsji (bekksji) f1	beitski – beitskia – beitskier – beitskiene <i>Beitskiene vart brukte i dør- og vindaugsopningar i hyvebygg (lafta bygg). Dei var nota inn i tømmeret i opninga, og tappa i tømmeret oppe og nede.</i>
betahals m1	betahals – betahalsen – betahalsar – betahalsane <i>Avsmalninga ut mot betahovudet i kvar ende av beten i stavbygg. Ligg i orgrøypinga på staven. Betahalsen er like tjukk som avstanden/opningen mellom stavsøyro.</i>
betahove n1	betahovud – betahovudet – betahovude – betahovuda <i>Hovudet i enden av betane i stavbygg.</i>
betalag n1	betalag – betalaget – betalag – betalaga <i>Synonym for rom/'rubm', i stavbygg.</i>
bete m1	bete – beten – betar – betane <i>Har truleg å gjera med å 'bita' eller 'bitta', dvs. å binda saman. Eit samhald på tvers av huset, helst i stavbygg.</i>
bila f2	bile – bila – biler – bilene <i>Stor øks til å skanta med.</i>
bjødnarygg m., m1	bjørnarygg – bjørnaryggen – bjørnaryggar(-er) – bjørnaryggane(-ene) <i>Mønsås. I hyvebygg (lafta bygg) eller andre konstruksjonar; finst ikkje i stavbygg.</i>
brakakledning m1., f3	brakakledning – brakakledningen – brakakledningar – brakakledningane brakakledning – brakakledninga – brakakledningar – brakakledningane

	<i>Vanleg kledning på stavbygg i eldre tider, består av fletta brake (einer). «Ein god brakakledning vara i rundt 100 år.»</i>
brøste' (røste') n1	brøst – brøstet – brøst – brøsta <i>Øvste delen av veggen i gavlen, generelt både stavbygg og andre hus.</i>
bråtahakk n1	bråtahakk – bråtahakket – bråtahakk – bråtahakka <i>«Bråtahakket er eit hakk for stavleggja i beten i stavbygg. Dette hakket utgjer ei opning der ein kiler stavleia ut mot stavspyro med 'bråtakjilen'.»</i>
bråtakile m1	bråtakile – bråtakilen – bråtakilar – bråtakilane <i>Kile til å setja i bråtahakket slik at stavleia vart klemd ut mot stavspyra, ev. mellom bråtalasken/klampen og stavleia. I stavbygg.</i>
bråtalasje m1	bråtalaske – bråtalasken – bråtalaskar – bråtalaskane <i>«Va beten for tunn til bråtahakk, la dei ein lasje so dei spikra eller nagla fast på oppsia tå beten. Kunne også berre kallast 'lasje'.» I stavbygg.</i>
bråtanagle m1	bråtanagle – bråtanaglen – bråtanaglar – bråtanaglane <i>«Sume stader (t.d. i Hardanger) brukte dei ein trenagle i staden fø bråtalasje. Naglen va 5/4 tommar tjukk, og sto i et hòl i beten.» I stavbygg.</i>
'byggje e halt' duk m1	<i>Brukt om stavbygg der stavane i eine langveggen er kortare enn i andre.</i> duk – duken – dukar – dukane <i>Brannmuren i stova i våningshuset.</i>
dumling (dubling) m1	dum\ling/(dub~) – dum\lingen/(dub~) – dum\lingar/(dub~) – dum\lingane/(dub~) <i>Nagle mellom laftestokkane til å styra stokkane mellom novene, i laftahus-/hyvebygg.</i>
dør f1	dør – døra – dører – dørene <i>Rommet mellom stova og bua i eit våningshus. «Kjøkene va 'ut i døra'.»</i>
døytla v	å døytla – døytlar – døytla – har døytla <i>Synonym med 'å dora'. «Døytla spikrane.»</i>
døytnagel (-nagle) m1	døytnagle – døytnaglen – døytnaglar – døytnaglane <i>Dore til å senka spikarhovuda med.</i>
feder m1	feder – federen – fedrar – fedrane <i>'Rekt' vart også brukt, det same som 'sløyfe' i bokmål. Gjerne liten dimensjon, 1/2 tomme og mindre. Brukt til å laga avstand mellom sutak og lekter. Brukt liknande som 'fjør', særleg i arbeid med tak.</i>
flor m1	flor – floren – florar – florane <i>'Kjellaren' av stein som dyra budde i. Stavbygget stod oppå florsmurane. Same ordet som i engelsk 'floor'.</i>
fjør f1	fjør – fjøra – fjører – fjørene <i>List til å leggja i nota på kilskorne golvbord eller mellom laftestokkar som var strokne i strykebenk. Brukt på liknande måte som 'feder'.</i>
gauk m1	gauk – gauken – gaukar – gaukane <i>Steinen som låg på skorsteinshella for å halda ho på plass. Det var ei ære å ha fin gauk. «E jekk i tre daga å lette ette gauk, men då hadde dei aller sett slek gauk». Herme etter Johannes O. Teigland. «Han Joans på Kleivæ».</i>
gaukjen m1	Sjå bøying ovanfor. <i>Øvste trekanten heilt øvst i ramen vart òg kalla gauken. Generelt både stavbygg og andre hus.</i>
gaupe f2	gaupe – gaupa – gauper – gaupene

	<i>Planken eller stokken over beitskiene i døropninga, helst i hyvebygg. «Dør-gaupå va ofte laga te høgare på midten.»</i>
geita (geitved) f2	geita – geita – geiter – geitene <i>«'Splintved' kunne dei òg seia, men 'geita' va da vanlega.»</i> <i>(Ikkje brukt i ub.og b. f. fleirtal.)</i>
golv n1	golv – golvet – golv – golva <i>Det same som rubm (rom). I stavbygg.</i>
greft f1	greft – grefta – grefter – greftene <i>Bedarlag. Bygdene var inndelte i grefter. Ei greft måtte vera so stor at der var folk nok som kunne hjelpe til i gravferder. Laga og bera kista, hysa til-reisande o.a.</i>
grind f1	grind – grinda – grinder – grindene <i>Anten: Stavpara reiste med stavlæggjer og snedband, jf. beingrind.</i> <i>Eller: Stavpara reiste med stavlæggjer, snedband og sperr.</i> <i>Eller: Eitt stavpar med dei to tilhøyrande snedbanda og beten.</i>
grind(a)bygg n1	grind(a)bygg – grind(a)bygget – grind(a)bygg – grind(a)bygga <i>Nyare synonym for 'stav(a)bygg'.</i>
haringahedla f2	hardingahella – hardingahella – hardingaheller – hardingahellene <i>Skiferheller frå Sollesnes i Jondal.</i>
hempingastong f	hempingastong – hempingastonga – hempingastenger – hempingastengene <i>Hjelpemiddel til å reisa stavpara med.</i>
hovestykkje n1	hovudstykke – hovudstykket – hovudstykke – hovudstykkja <i>Ramma mellom opplengjer og sperr.</i>
hyvebyggja v	å hyvebyggja – hyvebyggjer – hyvebygde – har hyvebygd/-t <i>Å lafta med grop i overstokken og møne i understokken.</i>
hyvekniv el. krok m1	hyvekniv – hyvekniven – hyveknivar – hyveknivane krok – kroken – krokar – krokane <i>Kniv eller krok til å grøypa or undersida i laftestokken. Sakseslipt med egga motsett veg samanlikna med bandakniven.</i>
kana sperr v	å kana sperr – kanar sperr – kana sperr – har kana sperr <i>Skjera sperrene saman i mønet. «Å kana sperr.» Generelt både stavbygg og andre hus.</i>
kane m1	kane – kanen – kanar – kanane <i>Kanten av sutaket eller taket mot gavlen. «Me reinskjer i kan'n.» Generelt både stavbygg og andre hus.</i>
kanehedla f2	kanehella – kanehella – kaneheller – kanehellene <i>Halvannansteinane til eit lappskifertak. Gavlsteinane til raste- eller røysa-tak. Vert òg kalla 'kanestein'. Generelt både stavbygg og andre hus.</i>
kanesperr f2	kanesperre – kanesperra – kanesperrer – kanesperrene <i>Gavlsperrene. Generelt både stavbygg og andre hus.</i>
kanestein m1	kanestein – kanesteinen – kanesteinar – kanesteinane <i>Steinar som låg på kanen og møtte torva eller heldt torva på plass. Ge-nerelt både stavbygg og andre hus.</i>
kilskorne bord n1	kilskorne bord – (det) kilskorne bordet – kilskorne bord – kilskorne borda <i>Bord med ujamn breidde, skorne etter breidda på stokken. «Handlaga golv-bord va kilskorne. Dei hadde not på båe sie med laus fjør eller feder also, slik at dei kunne endevendast.»</i>
kjetting m1	kjetting – kjettingen – kjettingar – kjettingane

klamp m1

Sagkjede til motorsag-
/kjedesag.

klamp – klampen –
klampar – klampane

Det same som 'bråta-
lasje' i stavbygg. «Da va
klamp dei sa på øynæ.»

klau f1

klauv – klauva – klauver
– klauvene

Orgrøypinga som beten
vert tredd nedi mellom
stavsøyro i toppen av
staven i stavbygg.

klau f1

klauv – klauva – klauver – klauvene

Orgrøypinga i eine sperra der ho møter tappen i mønet. Generelt både
stavbygg og andre hus.

klemhakje m1

klemhake – klemhaken – klemhakar – klemhakane

Stålstong med hake i kvar ende til å halda stokkane på plass. Det same som
'haldhake'.

kledning m., f3

kledning – kledningen – kledningar – kledningane

kledning – kledninga – kledningar – kledningane

Det ein kler huset med. Som regel nytta om bordkledning, men òg som
kortform for 'brakakledning'.

knute m1

knute – knuten – knutar – knutane

Samanføringane i stavbygg der bete, stavleie og stav møtest. «Dei la gjed-
na skøytn på stavleia i knut'n. Midt på staven elle litt te si'es.»

krabba v

krabba – krabbar – krabba – har krabba

Tilpassa (t.d. eit bord eller ei list) innåt ei ujamn flate, t.d. ein gråsteinsmur.
«Me krabba vindskia opp mot hedl'na.»

krakk m1

krakk – krakken – krakkar – krakkane

Stavpara reiste, og med stavleier og snedband komne på plass, kalla dei
'krakkjen'. Berre brukt i b.f. eintal.

krøkja v

å krøkja – krøkjer – krøkte – krøkt

Slå flat/bøya spikar som er lang og går gjennom emnet for å halda begge
vegar. «Me lyt krøkja spikrane på baksiå.»

lask m1

lask – lasken – laskar – laskane

Påspikra trestykke, gjerne i samband med skøyting.

laskaskøyt m1

laskeskøyt – laskeskøyten – laskeskøytar – laskeskøytane

Skøyt på halv ved. «Dei brukte gjedna ein ståande laskaskøyt.»

loddstokk m1

loddstokk – loddstokken – loddstokkar – loddstokkane

Ei fjøl med loddenor tillaga for å lodda vegger eller anna.

løa f2

løe – løa – løer – løene

Omgrepet 'løe' på lokal dialekt inneber heile huset med flor (fjøs) i ein murt
kjellar (1. etg.), og stavbygget oppå murane, der dei lagra høy og oftast
korn (2. etg.).

låv-ask m1

låv-ask – låv-asken – låv-askar – låv-askane

8-10 tommer breie bord til karmar ståande opp rundt låven. «Me sa oftast
berre 'askane', men me kudne òg seia 'låv-asjen'.»

låve/tresjelåve m1

treskelåve – treskelåven – treskelåvar – treskelåvane



Fig. 8. Klamp (bråtalaske) på beten i Bullaløa på
Valestrand. I denne løa ser det ikkje ut til å vera
noko oppatt-brukt material.

	<i>«Midt i løa låg tresjelåven. Om lag 4 alner long og 3 alner brei. Dar trekste dei kodne.»</i>
lås m1	lås – låsen – låsar – låsane <i>Dei to loddrette hakka i stavleia som stavspyrene vert låste fast i, øyrehakka i stavleia. I stavbygg.</i>
mantel m	mantel – mantelen – mantlar – mantlane <i>Stokken som bar steinane i skorsteinsopninga i grua. Kunne òg vera stein.</i>
me v	å meda – medar – meda – har meda <i>Mål. «Ta me tå noke.» (Ta mål av noko.)</i>
me n1 (medrag)	med – medet – med – meda <i>Ordet er inkjekjønn på normert nynorsk, men hankjønn på dialekt. Jern til å merkja samanfellinga av laftestokkane.</i>
nakkje m1	nakke – nakken – nakkar – nakkane <i>Kapp eller skre. «Bygningsfolk vart kalla nakkatjuvar. Dei tok kappe (nakkane) me heim te ved. Ostringane på bygningsarbeid i bydn va gjedna nakkatjuva.»</i>
nedferd f1	nedferd – nedferda – nedferder – nedferdene <i>Fallet. Som regel i samband med lafting.</i>
nova v	å nova – novar – nova – har nova <i>Fella saman ei nov. «Å nova et hus.»</i>
nagle (nagel) m1	nagle – naglen – naglar – naglane <i>Stor trespikar, som regel nytta i $\frac{5}{4}$ tommars tjuknad i stavbygg. Snedbanda er festa med naglar, og som regel står det ein nagle i knuten, gjennom stavspyro og betahalsen. Av norrønt 'nagli', i slekt med 'nagl' og engelsk 'nail'. Vert òg nytta i andre samanhengar.</i>
opplengja f2	opplengje – opplengja – opplengjer – opplengjene <i>Ståande 4–5 tommars dimensjon til å festa bordkledning eller brakakledning; brukt både i tømmerhus og stavbygg, same som standar. «Opplengjena va ofta oksa berre på utsida og innsida te et tømmerhus. Når dei va oksa på alle fira sie, sa dei gjedna 'standar'.»</i>
orgrøyping f3	orgrøyping – orgrøypinga – orgrøypingar – orgrøypingane <i>Plassen/opninga i staven for betahalsen i stavbygg.</i>
plattlodd n1	plattlodd – plattloddet – plattlodd – plattlodda <i>Bly som er mura inn i skorsteinen til å tetta utover på taket.</i>
ram m1	ram – ramen – ramar – ramane <i>Gavlen, eller øvste delen av gavlen. («Me må ha stedling oppi ramen.») Generelt både stavbygg og andre hus. Sjeldan brukt i andre former enn b.f. eintal.</i>
ranås m1	ranås – ranåsen – ranåsar – ranåsane <i>«Skjæringane hong i ranåsen so va murte inn på tvers i skorstein'n øve gruå. Dei stakk ranås'n inn frå eina sida, dar dei hadde laga te ein laus stein, og øve te hi sida, dar dei hadde laga ei hydla. So stakk dei den lause stein'n idn att og tetta.»</i>
rastatak n1	rastatak – rastataket – rastatak – rastataka <i>Skifertak med hogne, rektangulære (av og til kvadratiske) heller lagde i raster. Generelt både stavbygg og andre hus.</i>
rema f2	reme – rema – remer – remene <i>Tynn stong av tre, t.d. om stengene som brakakledningen er trædd om. «Remena va rotne i endane, so me laut skifta dei òg når me tok kledningen.» (brakakledningen). 'Rema-golv', golv som dyra gjekk på, av lekter som var lagde inntil einannan, men med litt avstand.</i>
redna f1	renne – renna – renner – rennene

	<i>Takrenne.</i>
ribord n1	ribord – ribordet – ribord – riborda <i>Bord innfelt i opplengjer til å leggja bjelkane på. Kan òg vera dei berande borda på ei stelling, eller bordet som er spikra på veggen for å halda golv-borda. Generelt både stavbygg og andre hus.</i>
rote (rotet) n1	rot – rotet – rote – rota <i>Volumet innandørs øvst under sperrene, helst i våningshuset, i hus med open himling. Det hang ofte kjøt til turk i rotet. Basta-Nils-visa: «Då renskt han rote for lår og bogen».</i>
rubm (rom) n1	rom – romet – rom – roma / rubm – rubmet – rubm – rubma <i>Avstanden mellom to stavpar (rom) i stavbygg. Sjå 'golv'.</i>
rygg m.,m1	rygg – ryggen – ryggar(-er) – ryggane(-ene) <i>Oversida av laftestokken. Som regel berre nytta i b.f. eintal: 'ryggjen'.</i>
røysatak n1	røysatak – røysataket – røysatak – røysataka <i>Tak av uhogne heller. «Ofte låg da rastetak på framsida og røysatak på baksida.» Generelt både stavbygg og andre hus.</i>
sete n1	sete – setet – sete – seta <i>Hakket/anlegget i staven, som stavlægja kviler på i stavbygg.</i>
skant m1	skant – skanten – skantar – skantane <i>Mal, oftast laga av treverk. «Me får laga oss ein skant.»</i>
skanta v	å skanta – skantar – skanta – har skanta <i>Å hogga ein stokk slett på sida, eller ta av vyrket. «Me får skanta av staven litt her.» Synonym for 'telja' eller 'ry'.</i>
skip (skjep) n1	skip – skipet – skip – skipa <i>Inndeling innvendig i stavbygg som kjem av plasseringa av stavane i høve til veggen, altså om stavane står trekte inn frå veggen eller ikkje. «Løå ha berre ett skjep.» Er kan henda i slekt med 'skapnad'.</i>
skjøvel m1	skjøvel – skjøvelen – skjøvlar – skjøvlane <i>Pjål med to handtak.</i>
skora f1	skora – skora – skorer – skorene <i>Synonym: 'sprøysa'. Også brukt om liten steinkile i ein mur.</i>
skora v	å skora – skorar – skora – har skora <i>Stiva av, 'skraskora'. Brukt som 'å sprøysa', stiva opp. Også brukt om 'å skora mellom steinane' i ein mur – dvs. bruka små flate steinar til å kila dei større steinane fast med.</i>
skorsteinshedla f2	skorsteinshelle – skorsteinshella – skorsteinsheller – skorsteinshellene <i>Hella som låg på stabbar over skorsteinen.</i>
skot n1	skot – skotet – skot – skota <i>Tilbygg i enden av grinda/huset. Både i tømmerhus og stavbygg.</i>
skreving f3	skreving – skrevinga <i>(Ikkje brukt i fleirtal.)</i> <i>Skildrar at stavane luter innover mot mønet i stavbygg. «Stavane skrevar.»</i>
sliss m1 og tapp m1	sliss – slissen – slissar – slissane tapp – tappen – tappar – tappane <i>Samanfellinga av sperrene i mønet, eller andre samanhengar. «Noken kunne seia 'ei slissa', at orde va hokjønn.»</i>
slissa v	å slissa – slissar – slissa – har slissa <i>Å dela t.d. eit bord eller ein planke på langs. «Me slissar bordet i to.»</i>

snedband n1	snedband – snedbandet – snedband – snedbanda <i>Skråband som stivar av stav og bete i tverretninga, og stav og stavlægja i møneretninga. I stavbygg. «Her treng me ikkje snedband.»</i>
sole m1	sole – solen – solar – solane <i>Ramma under opplengjene. Same som 'svidla'.</i>
spedn n1	spenn – spennet. (Ikkje brukt i fleirtal.) <i>Synonym for 'skreving'.</i>
sperr f1 eller n1	sperr – sperra – sperrer – sperrene sperr – sperret – sperr – sperra <i>Ligg frå stavlægja til mønet. Kjem av å sperra av/stiva. Slik det òg er brukt i samband med å vera gangsperr(a) eller å ha gangsperr.</i>
sperrehakk n1	sperrehakk – sperrehakket – sperrehakk – sperrehakka <i>Uttaket i stavlægja som sperra kviler i.</i>
spriking f1	spriking – sprikinga (Ikkje brukt i fleirtal.) <i>Synonym for 'skreving'.</i>
sprøysa v	å sprøysa – sprøyser – sprøyste – har sprøyst <i>Ein kunne sprøysa mellombels eller permanent.</i>
sprøysa f1	sprøysa – sprøysa – sprøyser – sprøysene <i>Skora til å stiva av med.</i>
stav m1	stav – staven – stavar – stavane <i>Dei ståande delane i stavbygg.</i>
stav(a)bygg n1	stav(a)bygg – stav(a)bygget – stav(a)bygg – stav(a)bygga <i>Synonym for 'grind(a)bygg'.</i>
stavalag n1	stavalag – stavalaget – stavalag – stavalaga <i>Same som 'stavapar' i stavbygg.</i>
stavapar n1	stavapar – stavaparet – stavapar – stavapara <i>To stavar med bete og snedband i stavbygg.</i>
stavlægja (stavleia) f1	stavlægje – stavlægja – stavlægjer – stavlægjene stavleie – stavleia – stavleier – stavleiene <i>Bjelken som ligg over betane/stavane i møneretninga i stavbygg. «Stavlægja kvile på betane og stavsete. I stavlægja e sperrehakkjæ. Taktungdæ pressa stavlægja ut mot stavsvørna.»</i>
stavsøyra n., n1	stavsøyra – stavsøyra – stavsøyro – stavsøyro stavsøyre – stavsøyret – stavsøyre – stavsøyra <i>To oppståande øyre øvst i staven som held stavleia inne. I stavbygg.</i>
stedling f3	stelling – stellinga – stellingar – stellingane <i>Stillas.</i>
stikkøks f1, f3	stikkøks – stikkøkse – stikkøkser(-ar) – stikkøkse(-ane) <i>Ein type stort stemjern. «Betjedn.»</i>
strykebenk m., m1	benk – benken – benkar(-er) – benkane(-ene) <i>Benk til å retta/stryka stukkane i når dei brukte not og fjør. I samband med generell husbygging, mindre aktuelt i stavbygg.</i>
strykehøvel m	høvel – høvelen – høvlar – høvlane <i>Stor okshøvel med land som låg mot strykebenken. Som regel ein 'tviheiding', som har to sett med handtak.</i>
stubord/-brett n1	stubord/-brett – stubordet/-brettet – stubord/-brett – stuborda/-bretta <i>Kjem truleg av stubb-bord. Bord som er kapp mellom bjelkane.</i>



Fig 9. Stikk-øks frå verktøykista til Johannes A Røsland (1844–1930). Originalen er stempla «M. A. Tøsse», Magne Askildssen Tøsse, kopien er smidd av Jon Dahlmo i 2018. Tøsse vart kalla «Tyssesmeden», var fødd i 1839 og voks opp i Hesjedalen ved Stamnes. Han tok etternamnet «Tøsse» då han kom til Tysså, truleg like etter at mylna der var starta i 1866, og dermed er stikk-øksa smidd ein gong mellom 1866 og 1907 då han døydde.

stugolv n1	stugolv – stugolv – stugolv – stugolva Underkledning mellom bjelkane, laga av stubord. «Når dei isolerte me turka leira, låg ho på stugolv mydlå bjelkane.» Ikkje/sjeldan aktuelt i stavbygg.
sutak n1	sutak – sutaket – sutak – sutaka Taktro. Som regel liggjande kant i kant på sperrene, men òg montert sua i nokre tilfelle. Generelt både stavbygg og andre hus.
sval(svol) f1	sval – svala – svaler – svalene svol – svola – svoler – svolene Gang/tilbygg på sida av grinda i stavbygg, utom veggen. Brukt på same måten i samband med bustadhus og andre hus.
svansspor n1	svansspor – svanssporet – svansspor – svansspora Velehakk for snedbanda i stavar, betar eller stavlæggjer. Kunne òg vera hakkar (velehakar). Synonym for 'svalehaleforbindelse' i bokmål.
svidla f2	sville – svilla – sviller – svillene «Niste stokkjen i ein tømmervegg (svidlstokkjen). Ramå unda og øve opplengjena (botts- og toppsvidle). Svidl kadla dei òg ramå unda bjelkane. Jf. Basta-Nils-visa: 'På Hauagarden hass hus sku vera. Dar va ei svidla so han sku bera, or Hatlandsmarkjæ på børatog. Han brukte just ikkje hest å drog, han brukte just ikkje hest å drog.'»
tapp m1 og klau f1	tapp – tappen – tappar – tappane klauv – klauva – klauver – klauvene Same som 'sliss og tapp': Samanføyinga i toppen av sperrene, der eine sperra har klau, (ho) og hi sperra har tapp (han). Generelt både stavbygg og andre hus.
tele n1	tile – tilet – tile – tila Golv. «Trampa i tele.» «Lø-tele.»
telås m1	telås – telåsen – telåsar – telåsane Golvbjelkar.
tenal m1	tenal – tenalen (Ikkje brukt i ub. og b. f. fleirtal.) «Da kunne vera mykje tenal i ein stokk, viss ein såg i rota på han at årringane va skeive og vaksne mykje på ei sia.» «Stokkjen er fudl i tenal.»

toka, tekkjingsveitla f2	toke – toka – toker – tokene <i>Dugnad på takarbeid. Til ei toka vart oftast dei same folka kalla inn som høyrde til ei greft. «Dei va me når husæ sku tekkjast, frå nyo elle om att. Arbeie måtte gjerast på éin dag.»</i>
todl/todlepinne m1	toll – tollen – tollar – tollane tollepinne – tollepinnen – tollepinnar – tollepinnane <i>«Same som bråtanagl'n. Todlepinne stødde dei stavlæggjene me i Hardanger. Da va ein dårleg måte. Eg har sett fleire døme på vridde stavleggje av di tollepidnane va mottetne og brotna. T.d. i Mundheim. Dar vrei stavlæggjene seg so mykje at sperrena møste takje i hakkjæ.» I stavbygg.</i>
torvhadl n1	torvhald – torvhaldet – torvhald – torvhalda <i>«Stokk so møtte torvå på ufsæ (heldt torva). På store tak kunne da vera fleire torvhadl. Måtte vera særs go alfura.»</i>
torvhadlskrok m1	torvhaldskrok – torvhaldskroken – torvhaldskrokar – torvhaldskrokane <i>Krokar festa i sperrene. Dei held torvhaldstokkane. «Torvhadlskrokane kan vera tå brakje, elle smidde tå jedn. Nevvæ gjekk øve krokane.»</i>
trabm m	tram – trammen – trammar – trammane <i>Tram – dørstokk.</i>
tro f	tro – troa – troer – troene <i>Troene i brakakledning, stengene som braken (eineren) vert trædd om. Same ordet vert brukt til dømes i 'ei fiskatro'. «Dei kunne òg sei tro om sutak, viss da låg innte einan'n, men ikkje viss da va sua.»</i>
ufsekrokar m1	ufsekrok – ufsekroken – ufsekrokar – ufsekrokane <i>Det same som torvhaldskrokar.</i>
vågamat m1	vågamat – vågamaten <i>(Ikkje brukt i ub. og b. f. fleirtal.) Stein eller kubbe til å ha under spettet og bryta mot. «Me må ha meira vågamat.»</i>
yfse (ypse, ufse) n1	yfse/ypse/ufse – yfset/ypset/ufset – yfse/ypse/ufse – yfsene/ypsene/ufsene <i>Raftet, utstikket på taket i breidda. (Ufs.)</i>
yfsedropen m1	drope – dropen – dropar – dropane <i>Takdropen.</i>

1.2.3. Einingar

Det er naturleg i denne studien å nytta tommar i ein del samanhengar, der 3 tommar til dømes har notasjon: 3". Eit døme på dette er når det vert tale om «kor mange tommar langt» eit betahovud typisk var tradisjonelt. Eg har inntrykk av at det går litt om einannan med britiske tommar (inch) og dansk/norske tommar i slike samanhengar. Når den norske alna og tommen vart revidert i samband med innføringa av SI-systemet i 1875, var ein dansk/norsk tomme fastsett til å vera 2,614 mm, og 24 slike tommar var ei alen, som då var 62,74 centimeter lang. Den dansk/norske tommen – og med det alna – var definert å vera ørlite lengre enn dette frå 1824 og fram til 1875 (Salmonsens 1915). Dermed er denne dansk/norske tommen relevant innanfor mi tidsavgrensing. Men britisk tomme (inch) og

centimeter kom også i bruk, og det er ikkje godt å seia når kvar enkelt bygningsmann tok i bruk inch og SI-einingane millimeter/centimeter/meter. Ein inch er 2,54 millimeter.

Eg har ikkje gått nærare inn i dette, anna enn at eg overflatisk beit meg merke i at ein del materialdimensjonar og tilhøve gjekk opp i dansk/norske tommar og alen, og ein del gjekk opp i inch, centimeter og meter. Eg reknar det for å vera på sida av hovudtemaet for denne studien å analysa dette nærmare. Vidare vart alle mål me tok i samband med oppmålingane, tekne i millimeter/centimeter/meter og i grader.

1.3. Målsetjing

Målsetjinga med oppgåva er å auka forståinga for grindabygg-konstruksjonen, og utgjera starten på eit grunnlag til å kunna prosjektera større grindabygg enn dei ein finn i tradisjonen.

1.4. Problemstilling

1.4.1. Bakgrunn problemstilling

Grindabygget på Strilandet har grunnleggjande sett hatt relativt eins utforming i minst 400 år. Det har overlevd mange slag svingingar i samfunnet gjennom denne tida. Når konstruksjonsprinsippet har overlevd så lenge og såpass uforandra, lyt ein tru at det har vore ein føremålstenleg byggjemåte. Byggjetradisjonen kan i ein viss mon fungera som ein slags evolusjon: små endringar for kvar generasjon over lang tid gjev ei optimalisering når det gjeld materialbruk og arbeidsinnsats ut frå det tilfanget av ressursar ein hadde.

Når ein første gongen går inn og ser på konstruksjonen i eit grindabygg på Strilandet, vil dimensjoneringa av det berande systemet først framstå som underleg for ein bygningskyndig person. Stavane ser for det første overdimensjonerte ut. Sperrene på si side ser ynkjeleg smekre ut. Og kvifor går ikkje snedbanda ned til botnen av staven? I langveggane der dei ikkje kjem i vegen for noko, ville dette gjeve mykje større stivheit? Og kva med stavane nede? Hadde det ikkje vore enklare og hatt ei bein rame i botnen som alle stavane var festa i?

Svara på ein del av desse spørsmåla finn ein nok i teknologiutvikling, politisk situasjon, tilgang på vyrke og andre kulturelle tilhøve.



Fig. 10. Løa til Rolf M. Kleiveland på Kleiveland. Legg merke til den underlege, men enno – meir eller mindre – fungerande skøyten på stavleia nesten heilt ute mot gavlen. Dei gamle tømrrarane kvidde seg ikkje med å vera praktiske viss det var nødvendig.

Men mykje av svaret på kvifor bereverket i grindabygget ser ut som det gjer, botnar i ei djuptgripande forståing forfedrane våre hadde for konstruksjonsmekanikk og material, og dette er temaet for oppgåva mi. Betahovudet held til sjuande og sist huset saman på tvers, men er det dermed automatisk denne «krumtappen» som er svakaste punktet?

1.4.2. Problemstilling

Korleis føregår kraftspelet i beresystemet til eit tradisjonelt grindabygg, korleis samverkar bygningsdelane og kva kapasitet har konstruksjonen i høve til vindlast og snølast?

1.4.3. Forskingsspørsmål

- Kva er typiske materialdimensjonar i grindabygget innanfor mi avgrensing?
- Korleis tenkte dei gamle tømrrarane dimensjonering og konstruksjon?
- Kva val tok dei gamle tømrrarane med omsyn til handverksmessig utforming, dimensjonstilhøve i fellingane og andre detaljar i konstruksjonen og handverket?
- Kva er det svakaste punktet i eit typisk, tradisjonelt grindabygg?
- Kor mykje av utoverkreftene frå taket går til betahovudet?

- Kor mykje av utoverkreftene frå taket vert til strekkspenning i beten?
- Korleis påverkar skrevinga kapasiteten til bygget?
- Kor stor sikkerheitsfaktor har tradisjonen lagt inn i dei ulike delane i grindabygget, og i konstruksjonen som heilheit?

1.5. Svakheiter ved studien

Når det gjeld dei bygga me målte opp, har studien berre delvis stort nok datamateriale for å trekkja sikre konklusjonar på empirisk grunnlag. Alt etter kva resultat eg har vore ute etter, er det nokre samanhengar der datagrunnlaget er stort nok, medan det i andre samanhengar er for lite.

Det er også ei svakheit ved studien at ikkje alle resultata frå oppmålingane har gjennomgått skikkelege analysar i høve til signifikans. (Når det gjeld handverksforsøket er derimot signifikans ikkje relevant.)

Å nytta handverksforsøk i staden for testing har i utgangspunktet den svakheita at dei vala ein er nøydd å ta, kan påverka resultata mykje i absolutte tal, utan at ein har moglegheit for å vita at det skjer. Det valet i handverksforsøket som truleg gjev mest uvisse i min studie, er takvinkelen.

Handverksforsøket er i tillegg lett for å mistolka som testing, både av meg sjølv og av andre. Det er freistande å trekkja konklusjonar frå handverksforsøket som ein eigentleg ikkje kan trekkja utan testing. Nokre av forskningsspørsmåla i studien hadde vore eigna for testing, og det er ei svakheit ved studien at det ikkje har vorte gjennomført testing i tillegg til handverksforsøk; ved testing ville ein også fått pålitelege verdiar i absolutte tal.



Fig. 11. Eit kort betahovud får utløa i Myrane på Haugo, det er ned mot ein tomme langt øvst. Nok eit døme på at dei gamle tømrrane ikkje kvitte seg med å vera praktiske. Emnet var antakeleg for kort, dei andre betahovuda i denne løa er meir normal lengde på. Betahovudet står for øvrig ikkje i kontakt med stavsøyro.

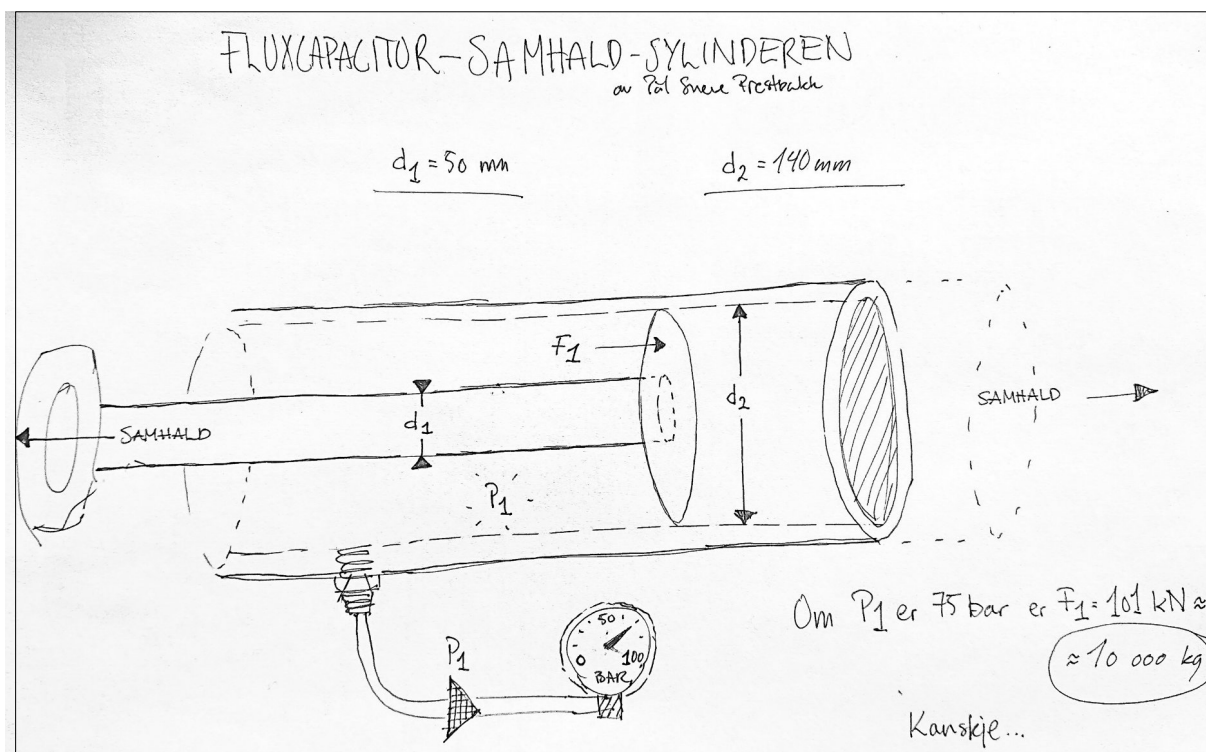


Fig. 12. Første skissa av ein strekkmålar som ikkje påverkar konstruksjonen, til å måla strekk-kreftene i beten. Signert Pål Sneve Prestbakk, tømrarane kvitte seg ikkje med å vera praktiske i våre dagar heller.

Ei anna svakheit er at kalkulering av forholdstal vil kanskje kunna verta feil når ein gjer desse ut frå gjennomsnittsverdiar. Ein burde sett nøyare på forholdstal også for kvar enkelt bygningsdel.

1.6. Kunnskapsbehov

1.6.1. Generelt

Grindabygg-konstruksjonen har tent eit føremål som beresystem i små og store hus langt attende i tida. Det er eit raffinert og materialeffektivt system som er raskt å byggja. Å utvida forståinga for korleis denne konstruksjonen fungerer, vil vera viktig både for å ta vare på kulturminna frå eldre tider, og for å kunna sikra byggjemåten vidare bruk og liv inn i framtida.

1.6.2. Handverkarar

For å kunna arbeida godt med restaurering av grindabygg, må ein forstå kva som er tanken bak dei vala som vart gjorde då huset vart bygd. Under dette høyrer handverksmessig

utføring som til dømes nøyaktighetsnivå og kva veg eller retning materialane er snudde-/brukte i bygget.

Like viktig er forståinga av materialval og treslag, tilhøvet mellom takvinklar og golvlengd, golvlengd og breidde på huset, skreving/forspenning og dimensjonering. Denne informasjonen ligg i dei ståande grindabygga, og også med tilpassingar til lokale klimatilhøve og andre lokale premiss. Difor er det viktig å samla inn data om dei ståande bygga i så store mengder at det kan gje oss noko generell kunnskap om konstruksjonsprinsippet.

I samband med at grindabygg vert nytta i nye bygg, er denne kunnskapen også svært viktig. Sidan grindabygget er eit statisk ubestemt system, og ein dermed ikkje utan vidare kan berekna kva kapasitet det har (Berntsen 2017, pers. samtale), må ein som utgangspunkt nytta tradisjonen som rettesnor for teikning og prosjektering av nye bygg. For mindre bygg er nøyaktige data frå oppmålingar av gamle bygg brukande når ein skal byggja nytt, på lik linje med ein dimensjoneringstabell. I mindre bygg er det stor sikkerheitsfaktor.

Siste åra har grindabygget komme attende i bruk også i større bygg, sidan det har synt seg konkurransedyktig samanlikna med bygg i stål eller betong. I større bygg minkar sikkerheitsfaktoren, og dersom ein går ut over tradisjonen, veit ein strengt tatt ikkje nøyaktig kva som hender med beresystemet. Vidare utvikling av større grindabygg i framtida må truleg skje i samarbeid mellom fleire fagfelt, og truleg må det involvera kombinasjonen av dyktige handverkarar med god materialkunnskap, datasimuleringar og praktiske testar. Eit slikt arbeid er også avhengig av at me hentar inn mange og gode data frå tradisjonen.

1.6.3. Forvaltninga

Det er ei viss interesse for -og ein viss kunnskap om- grindabygg i forvaltninga og academia. Litteraturen om feltet inneheld likevel ikkje mykje detaljert informasjon om dimensjonering og materialval. Årsaka trur eg ligg i at det er handverkaren som først og fremst har djupare interesse for dette temaet, og handverkarar har ikkje nokon utprega tendens til å uttrykkja seg i skriftlege publikasjonar.

Derfor er meir kunnskap og forskning viktig for å auka forståinga i forvaltninga. Både fredingsvedtak og vedtak om tildeling av tilskott til restaurering kan då i større grad fattast

på grunnlag av handverksmessige verneverdiar, i tillegg til dei verneverdiane som vert vektlagde i dag.

Dette er viktig for å hindra at gamle bygg som fortel oss mykje, går tapt, og dermed at kunnskapen dei inneheld også vert borte.

1.6.4. Utdanning

For å spreia kunnskap om grindabygget, er utdanningssystemet for handverkarar sjølvsagt viktig. For å kunna ta denne kunnskapen inn i pensum, krevst nærmare generell kjennskap til korleis konstruksjonsprinsippet fungerer og fleire publikasjonar om grindabygget.

I tillegg har grindabygget ei utforming som på ein pedagogisk og intuitiv måte illustrerer korleis ein kan få eit hus til å stå stramt og sterkt utan bruk av moderne festemiddel. Grindabygget er derfor allereie i dag på ute på turné i skuleverket i form av byggjesett.

Som ein tilleggseffekt av denne studien håpar me at sjølve metoden vår kan vera nytenkjande, slik at metodebruken i seg sjølv kan tilføra fagfeltet noko. Dette handlar om måten å analysa ein konstruksjon på i eit handverksperspektiv, og me har gjort oss nokre tankar og erfaringar om dette.

1.6.5. Samfunnet

Både grindabygg og andre tradisjonelle konstruksjonstypar kan nyttast i større grad enn dei vert i dag. Generelt er bygging i tre bra for klimaet, sidan treverket lagrar karbon. Tradisjonelle konstruksjonar er også generelt meir eigna for å få utnytta lokale skogressursar, og gje arbeidsplassar i distrikta. Små lokale sagbruk kan haldast i live ved å levera material, og skogeigarar kan få betre betalt for vyrket sitt ved å levera i nærområdet. Bygging i tradisjonelle konstruksjonar gjev mindre bruk av spesialprodukt som må fraktast langt og som gjerne er framstilt av plast og med mykje bruk av energi. Når det gjeld fundamentet under grindabygget, kan mange uthus også setjast opp med ingen – eller svært redusert – bruk av betong.

1.7. Forsking på grindabygget /pågåande undersøkingar

Grindabygget og tema knytte til grindabygget er det forska relativt mykje på innan fagområda arkitektur, arkitekturhistorie, kulturminneforskning, arkeologi, bygningshistorie, byggeskikk og innan handverksforskning.

Noko av forskingsmaterialet går inn på handverksmetodar i samband med bygging av grindabygg, utføring, materialval og metodar for reising.

Det har ikkje lukkast meg å finna forskning på konstruksjonsmekanikken og kapasiteten til bereverket i grindabygg, utover registreringar av geografiske skilnader og tilpassingar av konstruksjonen til lokale tilhøve. Slike registreringar kjem indirekte inn på temaet for mi oppgåve. Dei fortel om tilpassingar tradisjonen har måtta gjera for at konstruksjonen skulle tola til dømes meir vind, meir snølast, meir skadedyr, meir regn osb.

Arild Sætre er hausten 2019 igang med eit forskararbeid som handlar om det eldre systemet i grindabygga på Osterøy, det vil seia systemet som var før ombyggingane ved utskiftingane på 1800-talet. Han tek utgangspunkt i dei oppattbrukte materialane i ut-



Fig. 13. Frå løa til Håvard H. Kleiveland på Vedo. Oppe i venstre hjørna av bildet syner eit bandahakk etter eit flatare liggjande snedband. Stavleia er oppattbrukt, slike flatare hakk etter snedband er typiske å finna.

skiftingsløene, og studien hans er ei vidareføring av Johan Littlekaret og Trond Oalann si forskning på dette. Noko av målsetjinga er å avdekka korleis det eldre systemet såg ut, til samanlikning med det me typisk ser i ståande bygg i dag. Sætre sitt arbeid er m.a. interessant i høve til hypotesen om at svol på langveggane endrar konstruksjonen slik at det til dømes vart fornuftig å endra dimensjonane på stavleia. (Sjå òg kapittel 4.1.6.)

2. Metode

2.1. Material og empirisk fundament

2.1.1. Utgangspunkt. «Det store laboratoriet»:

I samråd med NTNU og rettleiar valde me som utgangspunkt å jamstilla resultat frå oppmålingar i dei gamle konstruksjonane med resultat ein ville fått frå testing i verkeleg storleik i eit vanleg laboratorium. I dette ligg det at konstruksjonane me gjorde oppmålingar av, har vore utprøvde i verkelegheita og over eit langt tidsrom, og dei har tolt dei påkjenningsane dei har vorte utsette for og var meinte å stå i mot. Med dette utgangspunktet vil resultat verta sikrare dess større talmateriale ein klarar å henta inn. Først og fremst var eg ute etter



Fig. 14. Døme på informasjon frå «det store laboratoriet». Plassering og utforming av laskeskøyt. Skøyten har klart seg fint i nokre hundre år. Frå løa til Håvard H. Kleiveland på Vedo.

resultat som knyter seg til påkjenningane frå vertikal last på taket, men også i ein viss mon vindlast.

I tillegg gjev målingane og registreringane ein peikepinn på korleis påkjenningar frå røtesopp, skadedyr, manglande vedlikehald og forskjellig bruk over lang tid påverkar konstruksjonane. Slike faktorar gjev berre ei testing i verkelegheita over lang tid god informasjon om.

Alle grindabygga me målte opp, har ein alder på over 100 år.

2.1.2. Utval av løer

Når det gjeld utvalet av løer, bestemte eg meg for å konsentrera meg tidsmessig om siste halvdel av 1800-talet og tidleg 1900-tal (byggjeår, gards/bruksnummer o.a. informasjon om kvar løe er å finna i vedlegg nr 1). Eg valde denne perioden fordi det er siste del av epoken der grindabygget var eit sjølv sagt val for dei som bygde, og fordi eg trur at systemet var på sitt mest utvikla og standardiserte då, i høve til rasjonalitet i byggjeprosessen og i høve til dimensjonering/utforming. Det interesserer meg også korleis industrialiseringa innverka på konstruksjonen, først og fremst ved at sirkelsaga material vart introdusert i denne tida.

Osterøy kommune valde eg som geografisk avgrensing, det er eit lite område i høve til heile utbreiinga av grindabygget. Det var eit poeng i studien å halda den geografiske avgrensinga relativt snever, fordi byggjesystemet endrar seg frå distrikt til distrikt. For då å få noko vetig ut av samanlikninga av mål og dimensjonar, burde systemet vera nokolunde einsarta innanfor avgrensinga. Løene valde eg elles ut frå storleik (med breidda som viktigaste kriterium), der eg tok med den største og den minste løa eg kunne finna. Elles plukka eg ut spreidde storleikar i utvalet.

Dagens eigar – og staden på Osterøy løa står i dag – er skrive etter parentesane:

Stor løe (omlag 11 m breidde og med hanebjelke og kjørebru på langs): Eirik Edvardsdal på Valestrand.

Mellomstor løe (omlag 8 m breidde og med hanebjelke): Geir Inge Fotland på Kleiveland.

Vanleg heimeløe (omlag 7,5 m breidde og med hanebjelke): Arnbjørn Vevle på Småland.

Vanleg heimeløe (omlag 7 m breidde): Vidar Rinde på Haugo.

Lita heimeløe (omlag 6,5 m breidde): Rolf M. Kleiveland på Kleiveland.



Fig. 15. Største løa som vart målt opp var «Bullaløa» på Valestrand. Løa var bygd av Ole Bull i 1869, og er i dag i Eirik Edwardsdal si eige. Ho er vel 44 meter lang, inkludert utviding med fleire stavapar utført av Rune Revheim i 2012 (til høgre i biletet).

Utløe Myrane (Omlag 5 m breidde): Jørund Vevle på Haugo.

Utløe Lia (Omlag 3 m breidde): Jørund Vevle på Haugo.

I tillegg målte me opp ei løe med opplysningar om høgare alder enn det dei andre hadde, og me målte opp ei løe utanfor Osterøy kommune, og som har stadfesta datering til 1651, altså lenge før tidsavgrensinga eg hadde valt (Alver-løa er i år (2019) 369 år gamal (1651, datering v. Hordaland Fylkeskommune)).

Den første av desse var Håvard H. Kleiveland si løe på Vedo. Denne løa er relativt lita (omlag 6 m breidde). Eg ville gjerne ta inn denne løa i registreringa for å sjå om resultat av dataa kunne gje indikasjonar på utvikling i utforminga over tid. Eg er kjend med vesentlege skilnader i konstruksjonen på dei nyare grindløene samanlikna med grindløene frå 1500- og 1600-talet. Løa på Vedo er truleg frå perioden etter desse eldste løene, men likevel frå ein periode tidlegare enn dei løene eg i utgangspunktet hadde i avgrensinga.

Siste løa, Alverløa frå 1651, tok eg med av mykje same grunnane som løa på Vedo, for å ha ei løe til å samanlikna med utanfor tidsavgrensinga, og også for å ha med ei løe litt utanfor den snevre geografiske avgrensinga eg hadde valt.

2.1.3. Oversyn litteratur og kjelder

- Helge Schjelderup, Per Gjærder, Halvor Vreim, Ola Storsletten, Ola Tveiten/Arne Berg og fleire har publisert bøker og artiklar om grindabygg generelt, og kjem inn på grindabygg frå Osterøy.

- Trond Oalann har vore stipendiat ved Norsk Håndverksutvikling, noverande Norsk Håndverksinstitutt, og har skrive artiklar om grindabygget.

- Temahefte frå NIKU nr 30 og 34 omhandlar grindabygg frå hele utbreiingsområdet til grindabygget, og kjem inn på grindabygg frå Osterøy.

- Så vidt eg veit, har ingen gått direkte inn på statikk-vurderingar eller andre former for meir detaljert konstruksjonsanalyse av grindabygget i noko publisert materiale, om ein ser bort frå eit interessant blogg-innlegg av Lars Olav Eilifsen på Oalanns blogg «Strilamaksel». Det er likevel truleg at statikarar har befatta seg med grindabygget i samband med nybygg, men det har ikkje lukkast meg å koma i kontakt med nokon av desse.

- Filmen «Stavbygging og brakekledning» som vart teken opp på Skjerping på Osterøy i 1972, syner arbeidsmåten med reising av tradisjonelt grindabygg, og er basert på byggmeister Sjur Hartveit sine kunnskapar.

- Tradisjonsberarane Rune Revheim, Trond Oalann, Kåre Løvoll og Sven Hoftun har eg hatt mykje munnleg og skriftleg korrespondanse med i samband med oppgåva.

2.2. Metode oppsummert

Me starta med å ta mål av dimensjonar og vinklar i 9 grindløer. Talmaterialet frå oppmålingane nytta eg deretter til å leita etter mønster og system i dimensjonering og prosjektering av dei gamle bygga. Kva tradisjonen ut frå dette talmaterialet kunne fortelja om dimensjonering og styrken på dei ulike delane av konstruksjonen, var dei første resultata eg var ute etter.

I tillegg ville me utføra handverksforsøk basert på talmaterialet. Eg nytta difor dataa frå oppmålingane til å teikna og dimensjonera eit nytt grindabygg, som me etterpå bygde i full storleik i tradisjon etter Sjur Hartveit, Kåre Hartveit, Rune Revheim m.fl.

Til slutt gjorde me ei stresstesting av denne konstruksjonen, der me simulerte snølast ved å lasta ned taket med sandsekkar og grus. Kreftene vart lesne av under kvar stav, og strekkspenninga i beten vart målt. Når bygget til slutt kollapsa heilt, analyserte me dei knuste bygningsdelane og samanheldt dette med film-materiale frå ei rekkje kamera.

2.2.1. Metode utdjupa

I «det store laboratoriet» gjorde me undersøkingar og henta inn mest mogleg data, først og fremst i form av å måla opp dimensjonar på bygningsdelane, avstandar, spennvidder og vinklar på takfall, snedband og skrevinga på stavane. Føremålet med dette var å auka forståinga vår for konstruksjonsmekanikken, kraftspelet og handverket i grindabygget.

Ein viktig ting til hjelp for denne forståinga, var bygging av modell. Me laga tidleg ein modell i skala 1:10, og denne hadde me veldig god nytte av gjennom heile prosessen.

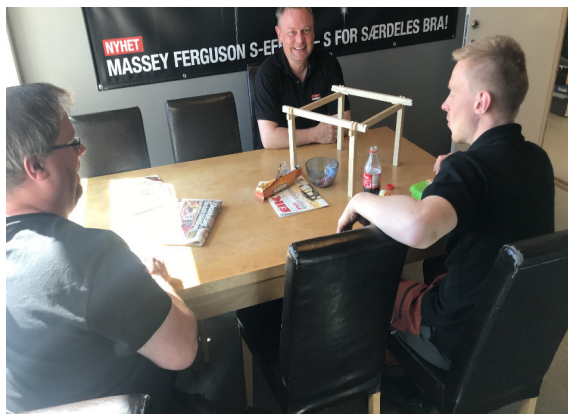


Fig. 16. Modellen var nyttig i samband med handverksforsøket. Her er han framme i samband med hyrdaulikkarbeidet, sveisearbeid og førebuingar til filmopptak til handverksforsøket.

Neste skritt var å gjera visualiseringar og enkle handverksforsøk der me knekte bygningsdelar i skala 1:1 frå grindbygget for å få ein peikepinn på om lag kva som var brot-grensetilstanden til nokre vitale delar.

Me gjorde først oppmålingar av 7 grindabygg på Osterøy i ulike storleikar. Desse løene var bygde innanfor ein periode på omlag 50 år frå 1869 til 1923.

Me målte deretter opp den eldre løa på Vedo på Osterøy som har litt uviss datering. Til slutt målte me opp løa på Alver som er daterert til 1651, i nabokommunen Lindås.

I snitt tok me omlag 35 mål pr knute, og 64 knutar vart målte opp til saman, slik at samla tok me rundt 2200 mål. Me målte dimensjon på 68 stavar i dei til saman 9 løene, og i tillegg målte me dimensjon på stavar i to bygg på Havråtunet. Me målte 4 stavar i «turkehuset ved bekkjen», og 6 stavar i «Noreløa» på Havrå.

Dataa frå oppmålingane gav oss grunnlag for å fokusera nærare på dei delane av konstruksjonsprinsippet som me vurderte som sentralt, slik at me kunne gjera eit val om korleis me skulle utføra vidare praktiske handverksforsøk / visualisering.

«Grindabygget er eit statisk ubestemt system, der det ikkje er råd å fullt ut føresjå retningen og storleiken på kreftene som verkar i konstruksjonen» (Berntsen 26.10. 2016, pers. samtale). Til liks med andre tradisjonelle konstruksjonar, er grindabygget statisk ubestemt m.a. fordi det har mange og samanfletta komponentar som er orienterte i mange retningar, og der desse komponentane påverkar kvarandre på ein dynamisk måte. I statisk ubestemte system er det ingen som veit heilt nøyaktig kva som føregår, og styrke-utrekningar får dermed berre begrensa verdi. Mellom anna derfor valde me å halda spørsmålsstillinga så open som råd, heilt til etter at oppmålingane var unnagjorde. Handsaminga av dataa etter



Fig. 17. Eit betahovud laga etter tradisjonelle mål har gått i brot.

oppmålingane kunne derimot gje ein retning til arbeidet vidare, slik at me fekk konkretisert spørsmålsstillinga/forskingsspørsmåla.

Eit døme på eit funn frå oppmålingane som kom overraskande, er at stavane i grindabygget viste seg ofte å ha rektangulært i staden for kvadratisk tverrsnitt, og at stavane jamt over er orienterte med lengste sida parallelt med mønet. Dette viste seg etter alle solemerke å vera eit medvite val av dei som har bygt desse husa. At dette igjen har innverknad for hovudtemaet for oppgåva – kapasiteten til grindabygget – (i dette tilfellet at bygget ville vore svakare dersom dei same stavane til dømes hadde vore monterte snudde 90°) er noko me ikkje kunne teke opp i problemstillinga eller forskingsspørsmåla på førehand, sidan me ikkje visste at rektangulære stavar var eit fenomen før etter at målingane var tekne og dataa var analyserte.

Hovudfokuset i handverksforsøka var å undersøkje korleis prinsippa i konstruksjonen, og ulike handverksmessige grep og variasjonar, innverkar på styrken og kapasiteten til beresystemet.

2.2.2. Teorigrunnlag handverksforsøk og metode

Eit handverksforsøk er ei praktisk utprøving som har til føremål å visa noko, og gje erfaring og resultat som ein berre kan få gjennom handverkaren si eiga utøving.

«Hantverksvetenskaplig kunskap är teoretisk i den meningen att syftet är förklaringar och förståelse för hantverksprocedurer och hantverksprocesser och praktisk därför att till både den utforskande metodiken och undersökningsresultaten hör att kunna utföra procedurerna och styra processerna (till skillnad från att veta hur de utförs eller styrs)» (Sjömar sitert av Almevik, Almevik et.al., 2017, s 8.)

«Det finns också en parallell till traditionell aktionsforskning i den meningen att forskningen inte skiljs från den praktiska verksamheten; tvärtom spelar praktiken en instrumentell roll som forskningsmetod.» (Almevik et.al., 2017, s 8.)

Slik teori er i slekt med den som høgare utdanning innan kunst-fag byggjer på, der logikken er at til dømes for å gjera god forskning på musikk, bør ein spela sjølv.

Slik vart innfallsvinklane til metode drøfta for min del:

Praktisering: Det ville ikkje gje gode nok resultat for å forstå konstruksjonen å berre byggja grindabygg.

Testing ville ikkje vera brukande, fordi det ligg i testinga sin natur at ein må avgrensa seg til eit snevert område for å få pålitelege testresultat. Dermed ville ikkje testresultat gje oss brukande kunnskap om konstruksjonen sin heilskap, og me ville vera like langt angående kraftspelet i heile konstruksjonen.

Statikk-analysar i vanleg forstand kjem til kort sidan grindabygget er statisk ubestemt (og dessutan er statikk på dette nivået utanfor dei fleste handverkarar sitt kompetanse-område).

Simuleringar med datamodellar av grindabygget var me inne på som ein mogleg innfallsvinkel, men med simuleringar har me det problemet at me ikkje veit kor nære verkelegheita dei hamnar, og resultata kan vera vanskelege å tolka. Treverk er eit materiale som det enno truleg ligg langt inne i framtida å klara å modellera og simulera eksakt. 3 veldig ulike eigenskapar i dei 3 aksane til treverket gjev for det første auka kompleksitet. Å få laga ein realistisk modell av ein trestokk er også vanskeleg. Homogene materialar med uniformt tverrsnitt er dessutan i dag ein føresetnad for å få til ei nokolunde god datasimulering som kan føreseia korleis materialet oppfører seg nært – og i – brotgrense-tilstanden, og som gjev allmenngyldige resultat. Sistnemnde, spesielt, kolliderer med handverket sin logikk, som ofte er stikk motsett: Kvar bygningsdel vert vald ut med meir eller mindre unike eigenskapar. Emne frå ulike stader i stokken (som dermed har ulike styrkeegenskapar) vert nytta på bestemte stader i konstruksjonen, kvistar vert plasserte med vilje i ein bygningsdel for å manipulera styrkeegenskapane, ulike treslag vert valde til ulike føremål osb. Alt slikt gjer at det ballar på seg med auka kompleksitet og dermed også usikkerheit i ei datasimulering. «Det er relativt greitt å estimera og føresjå lineær nedbøying med finite element-metode i trekonstruksjonar i dag, men det er spesielt brotmekanikk som er vanskeleg å modellera.» (Njåstad 2019, pers. samtale).

Vårt metodeval høvde berre delvis inn i etablerte teorigrunnlag for handverksforskning og for handverksforsøk, men det er mi overbevisning at me ville funne ut mindre om grindabygget om me hadde nytta vanlege metodar. For å forstå betre korleis kreftene vand-



Fig. 18. Her vert strekk-målar montert inn i beten.

rar, og korleis dei verkar i grindabygget, tok me i samråd med rettleiar inn nokre aktivitetar i handverksforsøket som liknar på testing, utan at det er testing.

Handverksforsøket vårt var ei praktisk utprøving som først og fremst vart ei sterk nok visualisering til at me ved hjelp av handverks-kunnskapane me har frå før, kunne forstå kva som føregjekk når konstruksjonen vart lasta.

2.2.3. Registrering av data (og utstyret me nytta)

Me fokuserte på å få gjort mange målingar og registreringar i «det store laboratoriet». I grindabygget fokuserte me mest på knuten mellom stav, stavleie og bete. For å få datamaterialet så stort som råd, valde me å utelata ein del detaljar som kunne vore registrerte nøgnare. Mellom det som er utelate, er nøgnare granskingar av treslag, materialkvalitet og arbeidsmåte for framstillinga av materialen. For å kunna vurdere kapasiteten til eit



Fig. 19. Døme på delar av bilde-serie, her er me inne i Bullaløa på Valestrand.

grindabygg fullt ut, må slike parameter også takast nøgnare med enn det me valde å gjera.

Me tok også systematiske seriar med bilete, der me gav kvar stav eit nummer som synte på biletet og stemde overeins med

nummerering på planskisser me laga for kvar løe, og med reknearket me nytta til oppmålingane.

For å kunna ta mange målingar på minst mogleg tid, måtte me finna ein måte å effektivisera sjølv oppmålingsarbeidet på. Her landa me på ei enkel løysing der me brukte ein Bosch digital avstandsmålar som me monterte på ein tømmerklave. Avstandsmålaren sende måla via blåtann direkte til eit rekneark på ein berbar pc. Også gradtal kunne sendast på denne måten. Systemet effektiviserte oppmålingane vesentleg.

Nøyaktigheita på måleustyret me brukte/laga, låg innom pluss/minus 1,5 millimeter på målingar av lengder/dimensjonar, og innanfor 0,2° på vinkelmål.

Avstandsmålaren heiter Bosch Professional GLM 50 C.

Tømmerklaven er ein Skogma tømmerklave i aluminium med plastikk-armar.

Registreringsskjemaet for grindabygg eg nytta (sjå vedlegg nr 2), vart først laga av underteikna og samarbeidspartnar Pål Sneve Prestbakk, og me fekk innspel frå rettleiaren vår Trond Oalann. (Pål laga eit liknande skjema for registrering av kammadragnarar.) Me prøvde

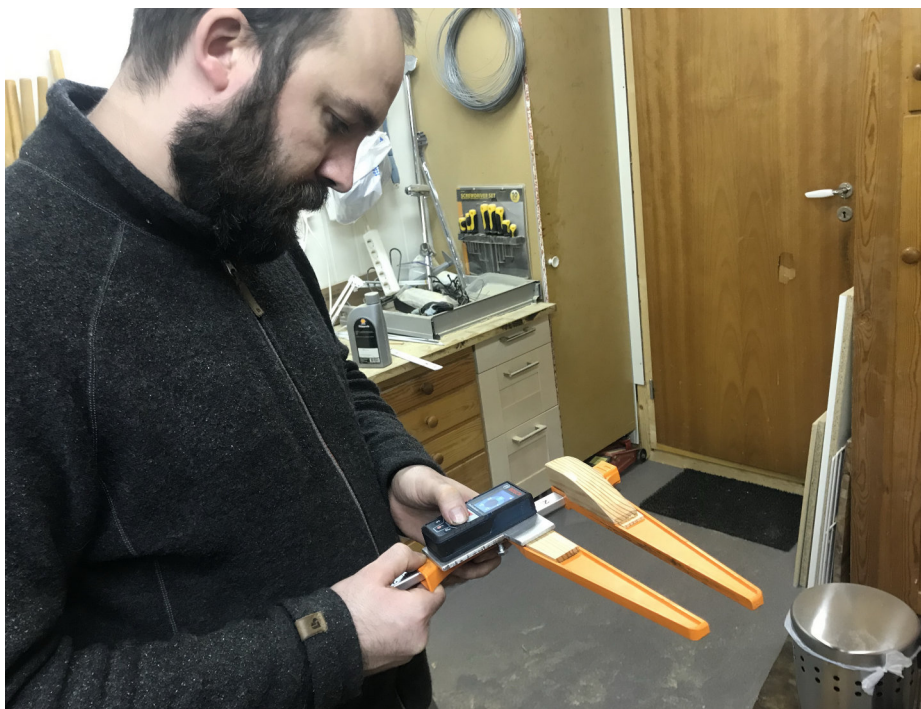


Fig. 20.
Pål Sneve Prestbakk
(til venstre) og
Clavicus Maximalis
(til høyre).

ut skjemaet på éi grindløe først. Deretter gjekk me gjennom resultata på nytt med Oalann, og gjorde nokre justeringar før me heldt fram med oppmålingar av fleire løer.



Fig. 21. Clavicus Maximalis i drift. Pål Sneve Prestbakk er klavefører.

Skjemaet tek føre seg måla me vurderte som viktigast å henta ut av bygga med omsyn til kapasitet og styrke på konstruksjonen. Målingar av materialdimensjonar og fellingar var sentralt, men dette må sjåast i samanheng med andre vitale mål og val som er gjorde i bygginga, slikt som golvlengd (avstanden mellom stava-para), lengd og vinkel på snedbanda, skreving på stavane (luting innover frå loddlina), samt breidde, høgde og takvinkel på bygget.

Dette målte me i kvart bygg, og me tok så mange mål som det var

praktisk råd å få til i kvart bygg. I tillegg gjorde me nokre enklare vurderingar av materialkvalitet, utføring, treslag, rot/topp-orientering på stavane, dimensjon på dublingar og kvistplassering.

For å sikra oss best mogleg mot feil i handsaminga av dataa, nytta me median-verdiar som referanse for alle gjennomsnittsverdiane me var ute etter å finna. Dersom reknearket synte stor skilnad mellom gjennomsnittsverdi og medianverdi, ville dette bety at der låg ein feil i tala. Slike feil kunne til dømes vera desimalfeil, tastefeil eller feil i blåtann-overføringa frå den digitale laser-målaren til reknearket.

2.2.4. Handverksforsøk generelt; snølast-simulering (og utstyret me nytta)

Målingane frå «det store laboratoriet» gav følgjande materialliste for eit bygg på 6,00 m breidde (målt frå innsida av betahovud til innsida av betahovud) og 7,05 m lengd (målt frå utsida av staven i eine gavlen, til utsida av staven i hin gavlen). Bygget hadde 2 golv, altså 3 stavapar.



Fig. 22. Skogsdrift plukkhogst.

Denne lista tok me med oss i skogen for å plukka rette dimensjonar og med liknande kvalitet som i originalbygga: (Dette er lengdemål på tømmeret, med overmål, ikkje på ferdige materialar.)

6 stk. stavar	L 3,0 m	Dim 9 × 10 "
4 stk. stavleier	L 4,0 m	Dim 6 × 10 "
3 stk. betar	L 6,5 m	Dim 7 × 10 "
20 stk. sperr	L 4,5 m	Dim 5 × 5 "
14 stk. snedband	L 1,8 m	Dim 4 × 5 "



Fig. 23. Plukkhogst ferdig med korrekte dimensjonar.

Me gjorde eit poeng av å plukka dimensjonar og materialkvalitet slik me hadde sett det på måle-turnéen, slik at til dømes sperrene var meir eller mindre runde i topp-enden etter at dei hadde gått gjennom sagbruket.



Fig. 24. Sperrene på sabruket og sperrene ferdig tillaga.

Med desse materialane bygde me deretter eit grindabygg i tradisjon etter Rune Revheim og Sjur Hartveit, men altså konsekvent med måla og dimensjonar frå målingane me hadde gjort. Eg la vinn på å nytta akkurat dei tilhøva i fellingane som oppmålingane hadde gjeve. Arbeidet med ihopfellinga vart gjort på Midt-Troms Museum sitt område i Sundlia i Målselv, og utført med motorsag, øks og stikkøks og elles vanleg tømrarverktøy.

Deretter flytta me materialane til eit grustak hjå Espen Prestbakmo (også i Målselv), og så lasta me ned taket med sandsekkar og grus, til dess det gjekk i totalt brot og kollaps. Å gjennomføra eit handverksforsøk som dette i full skala og i verkeleg storleik, er krevjande. Det involverte (i tillegg til underteikna og samarbeidspartnar Pål Sneve Prestbakk) 2 entreprenørbedrifter, 1 byggvarehus, 3 mekaniske verkstader, ekspertise på lastberekning, vege-celler og logging, ein kokk, filmteam, to ekstra tømrrarar, personell og utstyr frå Forsvaret, to grunneigarar, traktor, to sagbruk, gravemaskin, snøskutar, tre kranbilar, ein skogs-entreprenør og mange frivillige.



Fig. 25. Venstre: Stavane på 9x10 tommar er klare. Høgre: Eine langveggen er felt saman med stavleier, stavar og sneband. På Midt-Troms Museum sitt område i Sundlia i Målselv.

2.2.5. Handverksforsøk måling av strekk i beten (og utstyret me nytta)

Å måla kor mykje av lasta på taket som faktisk går til strekk i beten, såg me tidleg ville vera viktig for forståinga av konstruksjonen. Dette ville kunna seia mykje om kva som elles føregår i knuten.

Måling av strekk-krefter inni eit materiale som ikkje skal strekkjast til brot, er vanskeleg. Det finst ulike slag konvensjonelle strekkmålarar ein kunne brukt ved å kapp ut eit stykke av beten, og montert inn slike. Den eine typen strekkmålar er som ei fiskevekt eller kranvekt, er berekna på å hengja, og gjev dermed inga stivheit. Ein annan type er avhengig av å måla strekk-kreftene via ein wire. Problemet med å nytta konvensjonelle strekkmålarar er oppsummert at dei tillet mykje rørsle, og endrar og påverkar konstruksjonen så mykje at tala frå handverksforsøket ville fått liten verdi.



Fig. 26.
Strekkmålaren
under arbeid i
grusgruva til
Eспен
Prestbakmo i
Målselv. Pål
Sneve Prestbakk
(til venstre) og
Harry Hillestad.
I bakgrunnen er
grindabygget
komme opp,
t.o.m. krakken.

Me valde difor å kapp ut eit stykke av beten og setja inn ein grov hydraulisk sylinder i mellomrommet i staden. Sylindere sveisa me stiv og bolta fast slik at beten oppførte seg som ein vanleg bete i høve til vriding og styrke. Med sylindere, som var kopla til eit lukka hydraulisk system, kunne me måla trykkauken i olja på returen når stampelet ville prøva å verta drege ut av oljetrykket som strekk-kreftene gav.

Me vurderte att og fram saman med rettleiaren Oalann om dette inngrepet me ønskte å gjera i konstruksjonen, ville svekka dei andre resultata i handverksforsøket. Sidan beten ikkje ber noko ved bøying i den typen grindabygg som er tema for denne oppgåva, vurderer me det slik at inngrepet ikkje påverkar systemet i det heile teke, eller svært lite. Denne metoden for å måla strekk i beten ville ikkje vore god dersom det var eit grindabygg frå område der det kjem krefter frå taklasta ned via beten.

2.2.6. Handverksforsøk måling av taklast (og utstyret me nytta)

Til å ha kontroll på kor mykje bygget vart lasta, og kva bygget vog i seg sjølv, brukte me ei vege-celle under kvar stav, dvs. 6 vege-celler til saman. 5 av vege-cellene hadde 30 tonn kapasitet, medan ei hadde 100 tonn kapasitet. Dette meinte me skulle vera god margin. I tillegg brukte me ei vege-celle til å måla strekk, denne brukte me til å gjera ei ca. kalibrering av utstyret me hadde laga for å måla strekk-kreftene i beten. Dette gjorde me for å gje eit inntrykk av

kreftene, men for å få eksakte tal opna me sylinderen, målte arealet i den og rekna om oljetrykket til krefter.

Alle loggarane og vege-cellene var leverte og kalibrerte av Teo Teknisk AS på Nærbø, og dei er av merket AEP transducers.

2.2.7. Oppsett i handverksforsøket

Grunnen under bygget (omlag 30 meter tjukt lag med morene) vart planert og komprimert med platevibrator på same måten som det vert gjort i samband med bygging av bustadhus på denne typen massar. Fundamentet vart laga av treverk (C24 gran i dimensjon 48×198 mm) som vart fletta i fleire lag i to retningar, omlag som ein kryssfiner er bygd opp. Det vart dimensjonert for å fordela kreftene i massane utan å gje setningar. Me tok her utgangspunkt i at heile sulamitten kunne koma til å vega 100 tonn, noko me vurderte som god margin. Vege-cellene vart plasserte oppå fundamentet, på grove bjelkar i dimensjon 175×250 mm med lengder på 120 centimeter. Rundt vege-cellene vart

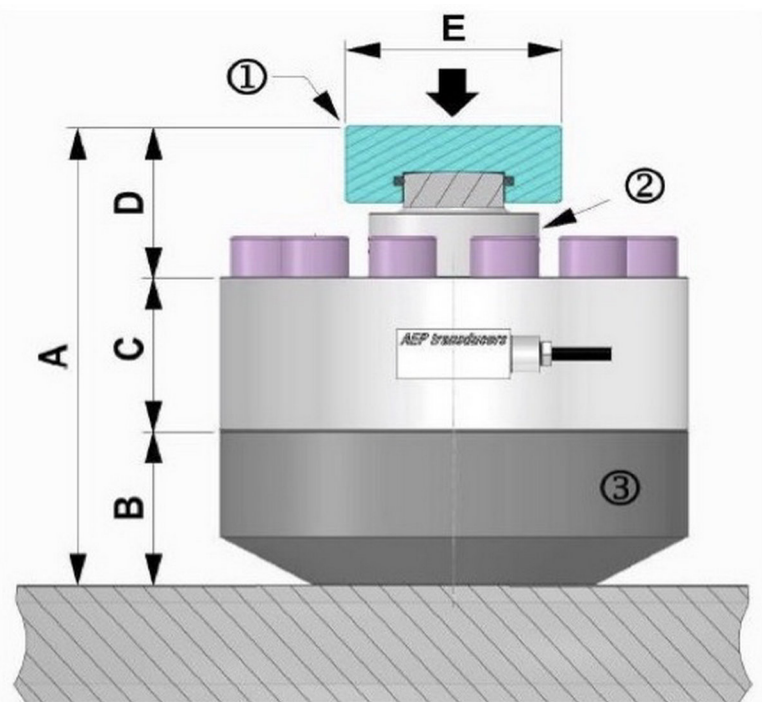


Fig. 27. Skisse som syner trykkmålarane/vegecellene me brukte



Fig. 28. Venstre: Målselv den 28.05.2019 klokka 01:15: Nattskift der tomte er ferdig planert og klar til komprimering. Høgre: Tre-fundamentet er starta på. Det gjekk med rett i overkant av 2,5 kilometer med konstruksjonsvirke.



Fig. 29.
Botnen av
staven med
stålplate,
kabling og
vegecelle (skjult
bakom vernet).

det laga eit vern slik at utstyret ikkje skulle ta skade, dette var i nivået under sjølve grindabygget slik at det ikkje påverka konstruksjonen. Me monterte ei stålplate med 10 millimeter tjuknad under heile tverrsnittet av kvar stav, som var den flata som støyte ned mot vege-cellene. Stavane var kappet i vater i botnen. Mellom stålplatene og vege-cellene var me klare over at me ville få eit friksjonstilhøve som ville avvika frå det ein har i gamle bygg der treverket i stavane står rett ned mot steinar. Noka gliding vart det ikkje i dette punktet før etter at konstruksjonen hadde kollapsa i toppen, slik at dette endra friksjonstilhøvet innverka truleg lite eller ikkje på resultata frå handverksforsøket.

Det vart strekt kablar frå vege-cellene ut or og godt unna bygget og bakom eit sikkerhetsnett der loggarar og berbar datamaskin var plasserte. Det same gjaldt hydraulikkslan- gar frå strekkmålarar som var montert i beten, og manometra til denne.

Me bygde ein voll av morene-massar ved sida av bygget for å få ein trygg stad å sitja i gravemaskina og lasta bygget. Sandsekkar vart brukte ved yfset for å halda på morenemas- sane, og desse vart lagde opp og murte i einannan for hand.

2.3. Avgrensing

2.3.1. Generell avgrensing

Me gjekk stort sett ikkje inn på konstruksjonsanalysar i form av ordinære statikk/konstruksjonsmekanikk-berekningar, og heller ikkje datasimuleringar i noka stor grad.

Me gjorde ingen testar. Større test-seriar av bygningsdelar kunne vore interessant, men me valde å gjera handverksforsøk i staden for testing, fordi me meinte det var meir verdfullt å visualisera korleis materialen reagerer i samanhengen sin, enn å gjennomføra lausrivne test-seriar. Handverksforsøket må ikkje forvekslast med testing.

2.3.2. Tidsperiode oppmålingar

Hovudmaterialet i oppmålingane er frå ein periode på omlag 50 år frå 1869 (Bullaløa) til 1923 (Geir Inge Fotland). I denne perioden heldt mange gardar utskiftingar på Osterøy, og løer frå denne perioden kallast derfor gjerne «utskiftingsløer».

2.3.3. Område oppmålingar

Geografisk avgrensing for målingane var Osterøy og omegn.

2.3.4. Treslag oppmålingar

Me såg fleire treslag, mykje furu, bjørk og ask, samt noko eik og andre treslag. Me gjorde ei avgrensing der treslag berre vart registrert overflatisk og ikkje like systematisk som med dimensjonane på materialane.

2.3.5. Ikkje med svoler

Løer med svoler (2 eller 3 skip) får mykje endra eigenskapar enn dei utan svoler. Me valde å halda løer med svoler utanfor.

2.3.6. Avgrensingar og val i handverksforsøket

I samband med bygginga av huset til handverksforsøket måtte me gjera mange val og avgrensingar.

– Rot-orientering stav: I oppmålingane fann me at 3 femtepartar av stavane stod med rota opp, og 2 femtepartar av dei stod med rota ned. I 2 av dei yngre løene stod alle stavane me registrerte med rota opp. I dei to eldste løene stod alle dei registrerte stavane med rota ned. Me hadde opplysningar om at dette stemmer med tradisjonen: «I gamle løer står stavane

ofte med rota ned, i yngre løer står dei som regel med rota opp.» (Revheim 2018, pers. samtale). Me valde såleis å laga stavane til handverksforsøket slik at dei sto med rota opp, fordi det var dei yngre løene me generelt ville ha som utgangspunkt for handverksforsøket.

– Golvlengd: Golvlengdene varierte mykje, også innanfor same bygga. Me valde ei golvlengd på c/c 3,40 meter ut frå oppmålingane, sjølv om dei var mykje både over og under dette målet. (Sjå vedlegg nr 1.)

– Sperreavstanden varierte ein del, og me valde å leggja oss midt i laget, på det som då vart ein sperreavstand på c/c 79,2 cm.

– Me valde ei skreving på 86° på bygget me gjorde snølastsimulering på. Mindre eller inga skreving hadde vore interessant å samanlikna med, men dette valde me bort.

– Me såg fleire treslag i naglane, m.a. bjørk, ask og furu. Me kunne ha brukt ulike treslag i naglane, men valde å laga alle i ask, og me valde å laga dei på bandsag slik Rune Revheim gjer det.

– Viktigaste avgrensinga/valet i handverksforsøket er takvinkelen. I dei fleste målte bygga låg denne på $\frac{2}{3}$ reising, som svarar til omlag 41° . Me valde likevel å nytta $\frac{3}{5}$ takreising, som utgjør omlag 34° . Dette var takvinkelen me fann i Alverløa og nokre andre løer som me ikkje målte opp i sin heilheit. (Løa på Vedo hadde truleg også denne takvinkelen, men denne klarte me ikkje å måla nøyaktig p.g.a. ombygging.) Me valde denne takvinkelen for at handverksforsøket skulle verta gjennomførbart. Dette valet medførte at løa me bygde fekk noko endra eigenskapar enn dei me hadde tatt utgangspunkt i.

3. Resultat

3.1. Resultat frå oppmålingane

Oppmålingane inneheld svært mykje informasjon, og det kan hentast ut mange slags funn og kunnskap frå tala. Tidsrama for denne oppgåva gav berre høve til å gå overflatisk inn i kva resultat som potensielt ligg i talmaterialet. Dermed må dei resultata eg gjev att her, sjåast på som døme på det som ligg i mitt talmateriale, og også eit døme på kva ein kan henta ut frå systematisk oppmåling av gamle bygg.

Fig. 30.
Oppmåling av
heimeløe på
Vedo. Pål
Sneve
Prestbakk
bak tastaturet.



I nokre samanhengar er talmaterialet mitt for lite til å trekkja sikre konklusjonar. I andre samanhengar er det stort nok til at eg kan vera rimeleg sikker på at eg har eit funn.

3.1.1. Takvinklar og skreving

Takvinklar: Dei 8 løene på Osterøy hadde takvinklar som varierte frå 40,7 til 44,1 grader. Skreving: «Skreving», «spenn» og «førespenn» er nokre nemningar på kor mykje stavane lutar inn mot midten av huset. Skrevinga me fann varierte i gjennomsnitt for bygga mellom 4,9 grader og 1,2 grader frå loddet, som er det same som 85,1 til 88,8 grader frå vasslinja.

3.1.2. Golvlengd og betahovud i høve til breidda på huset

Figur 31 syner kor langt betahovudet (gjennomsnitt) er samanlikna med breidda på huset for dei ulike storleikane av løer. Lia-løa og Alver-løa utmerkjer seg med lange betahovud samanlikna med husbreidda.

Figur 32 syner golvlengda (gjennomsnitt) i høve til husbreidda for dei ulike storleikane av løer. Lia-løa utmerkjer seg med stor golvlengde.

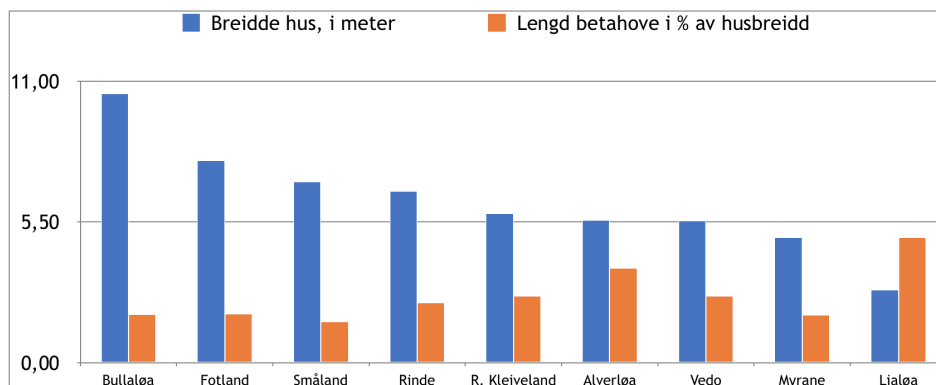


Fig. 31
«Breidda på huset»
er ei kort-form i
denne saman-
hengen for
avstanden frå
innsida av
betahovudet i eine
langveggen, til
innsida av
betahovudet i
andre langveggen.

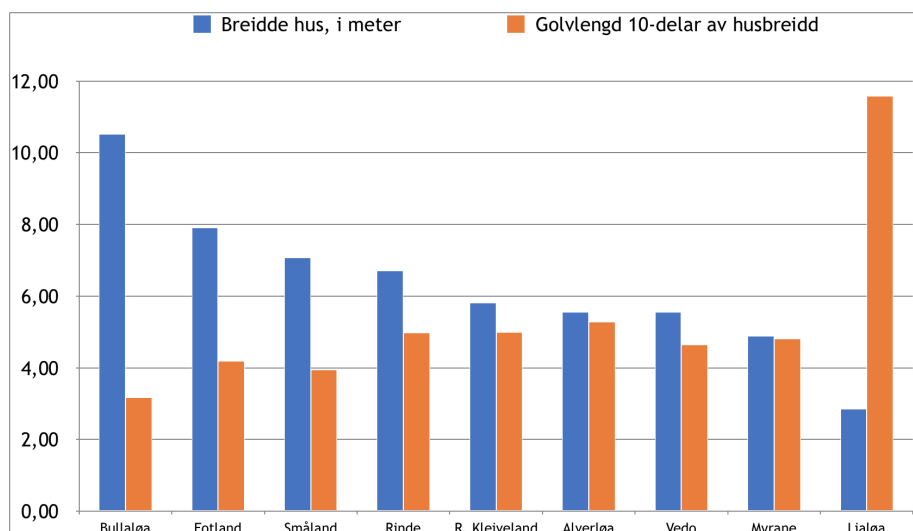


Fig. 32
«Breidda på huset»
er ei kort-form i
denne saman-
hengen for
avstanden frå
innsida av
betahovudet i eine
langveggen, til
innsida av
betahovudet i
andre langveggen.

3.1.3. Rotorientering stavar

30 stavar stod med rota opp. 20 stavar stod med rota ned. Resten av dei registrerte stavane i denne samanhengen kunne me ikkje sjå sikkert om rota stod opp eller ned, 68 stavar vart registrerte.

Ei løe hadde alle stavane me målte (7 målte av 8 stavar totalt i denne løa) ståande med rota ned, dette var løa til Håvard H. Kleiveland på Vedo. To løer hadde alle stavane me kunne lesa ståande med rota opp. Dette var Geir Inge Fotland si løe på Kleiveland (4 avlesne stavar av totalt 12 stavar i denne løa), og Jørund Vevle si utløe i Myrane (7 avlesne stavar av totalt 8 stavar i denne løa). Ei løe hadde alle stavane ståande med rota opp, det var Lia-løa (4 av 4).

Arnbjørn Vevle si løe hadde 8 av 12 stavar ståande med rota opp, og 1 av 12 stavar ståande med rota ned. Dei siste 3 stavane i denne løa vart ikkje registrerte.

3.1.4. Tverrsnitt stavar

Me målte dimensjonen på til saman 68 stavar. Stavane me målte opp, hadde jamt over ikkje kvadratiske tverrsnitt, men rektangulært.

Av 68 stavar, hadde 61 av dei rektangulært tverrsnitt der lengste sida stod parallelt med mønet. Dei siste 7 stavane hadde også rektangulært tverrsnitt, men var orienterte motsett: Lengste sida stod orientert parallelt med gavlen.

Eit anna interessant tal får ein ved å leggja saman centimetrane stavane er breiast i høvesvis møneretningen og på tvers av møneretningen.

Døme: Dersom ein stav er rektangulær med måla $30,0 \times 35,0$ cm, neste stav er $31,0 \times 34,0$ cm, meste stav er $25,0 \times 35,0$ osb., og ein legg saman $(35,0 - 30,0) + (34,0 - 31,0) + (35,0 - 25,0)$ osb. og får $5,0$ cm + $3,0$ cm + $10,0$ cm osb., får ein eit tal på kor mange centimeter stavane avvik frå eit kvadratisk tverrsnitt til saman.

I alle 9 løene er talet centimeter stavane er breiare i møneretningen til saman 171,8. Motsett: Tal centimeter i alle 9 løene der staven er breiare i tverretningen, er til saman 14,2.

3.1.5. Storleik og lengd betahovud

Av figurane 31, 33 og 42 kan ein lesa ut følgjande om snittverdiane på lengda på betahovudet: Breiaste huset (Bullaløa) har lengste betahovuda i snitt, men deler topp-plasseringa med Alverløa, som har like lange betahovud som Bullaløa. Alverløa merkjer seg ut ved å ha lange betahovud samanlikna med breidda på huset.

7 av løene på Osterøy har ei snittlengd på betahovuda som varierer frå 1,5 % til 2,4 % av breidda på huset.

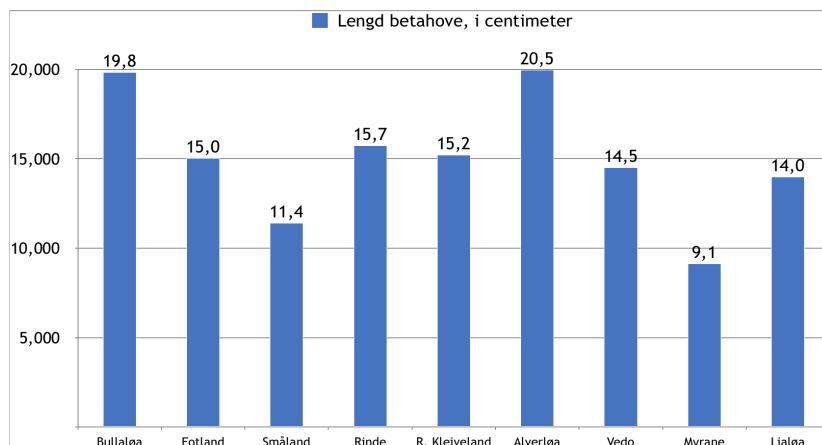


Fig. 33. Lengdene på betahovuda (gj.snitt) for dei ulike løene.

Lialøa, som berre er 2,9 meter brei, har knappe 6-toms lange betahovud, dette er 4,8 % av breidda på løa. Alverløa har 8-toms lange betahovud i snitt, dette er 3,4 % av breidda på huset.

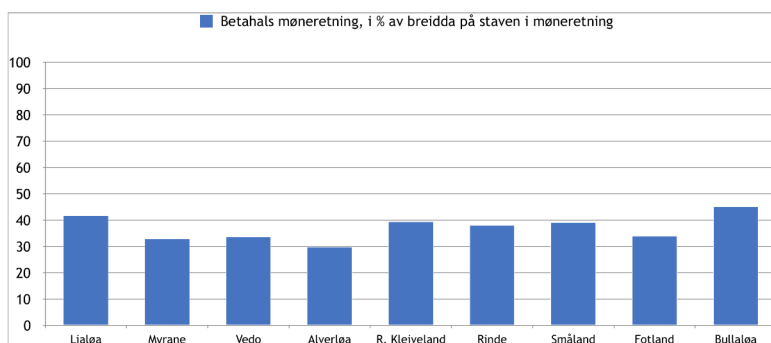


Fig. 34. Tjukna på betahalsen i høve til tjukna (breidda) på staven.

betahalsen er frå 30% til 45% av tjukna på staven.

3.1.7. Dimensjon og proporsjonar stavleier og betar

Figur 35 syner proporsjonane på stavleia. Firkantane er ei avteikning av det gjennomsnittlege tverrsnittet på stavleia for kvart enkelt bygg, der same målestokken er brukt på alle bygga. Smalaste huset er til venstre, stigande bortover til det breiaste huset lengst til høgre. Det er oppgjeve om bygget har hanebjelke eller ikkje.

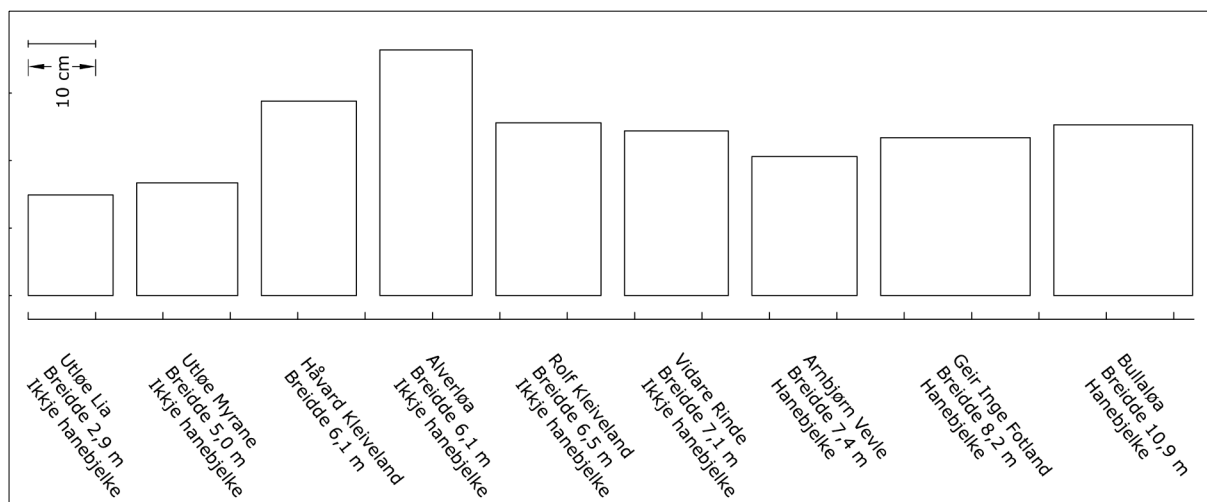


Fig 35. Tverrsnitt stavleier (gj.snitt) for dei oppmålte bygga i høve til einannan.

3.1.8. Lengder og vinklar snedband

Figur 36 syner tilhøvet mellom breidda på bygget og lengda på snedbanda som går frå stavane til betane. Samtlege av dei oppmålte løene på Osterøy følgjer eit system som er slik at dess breiare bygg, dess lengre snedband frå stav til bete. Alverløa stemmer derimot ikkje med dette systemet, ho har kortaste snedbanda av alle løene, både i høve til breidda på bygget, men også i absolutte tal. I sju av løene er beten mellom 3 og 3,7 gonger så lang som

3.1.6. Forholdstal i knuten

Figur 34 syner kor tjukk betahalsen er i snitt for dei ulike bygga, samanlikna med kor tjukk staven er i møneretninga. Alle bygga ligg innanfor verdier der tjukna på

snedbandet mellom stav og bete. Men i Lia-løa er beten berre 2,2 gonger lengda på snedbandet mellom bete og stav. I Alver-løa er beten 4,5 gonger så lang som snedbandet mellom beten og staven.

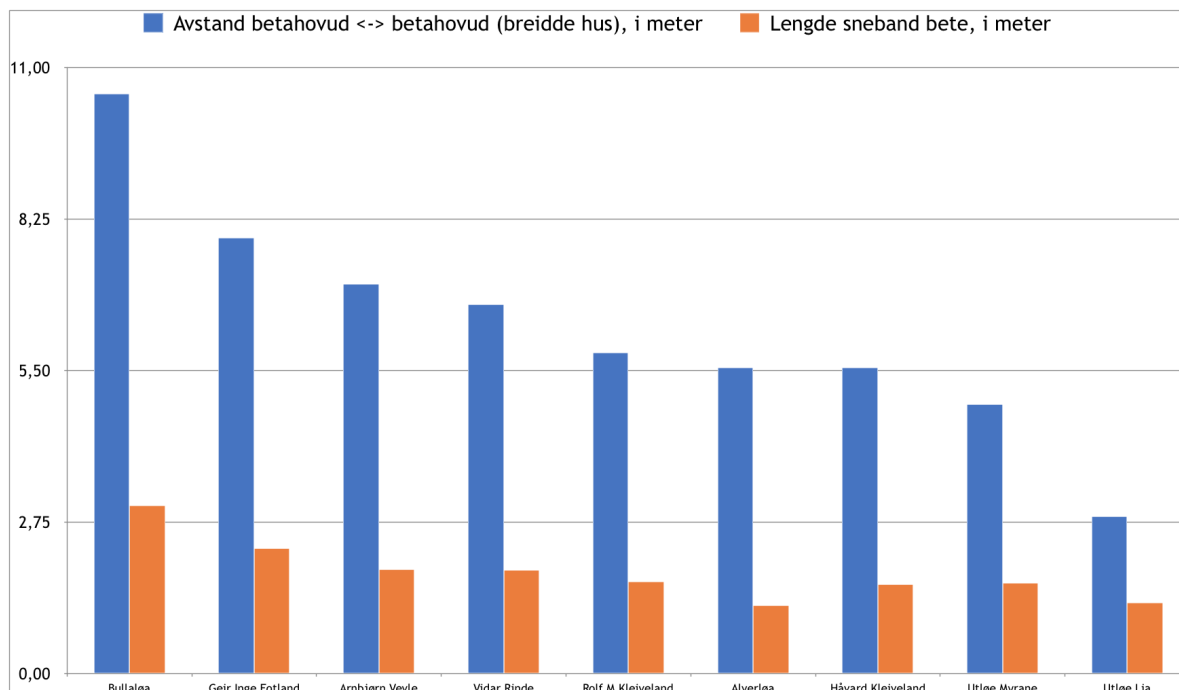


Fig. 36.

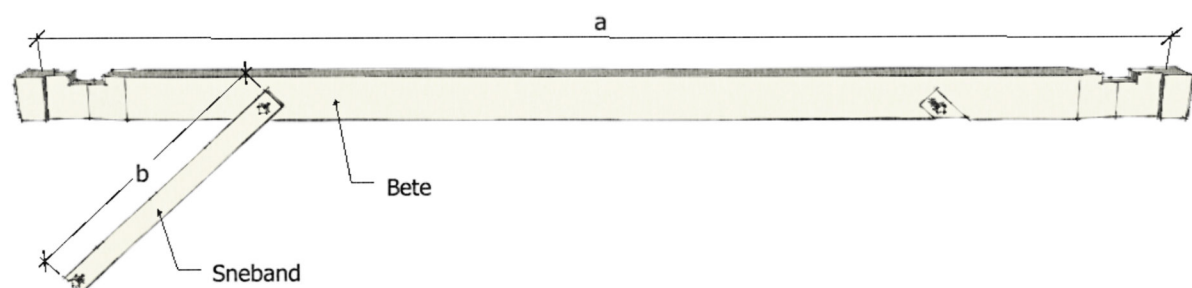


Fig. 37. Dei to bygningsdelane det er tale om. I denne illustrasjonen/dømet er beten 3,6 gonger så lang som snedbandet som går ned frå beten til staven. $a/b = 3,6$. (I denne samanhengen er ikkje lengda av betahovudet tatt med når det er snakk om breidda på huset, det er målt frå innsida av betahovudet til innsida av betahovudet.)

3.2. Resultat frå handverksforsøket

3.2.1. Aktuell brotstyrke

Bygget braut totalt i hop når taklasta var 7,65 kN/m².

Logging av vege-celler

Date	Time	Elapsed mS	Channel 1 30t C2S sn 430583	Channel 2 30t C2S sn 538168	Channel 3 30t C2S sn 321923	Channel 4 30t C2S sn 538161	Channel 5 30t TC4 sn 903116	Channel 6 100t C2S sn 324827
26.05.2019	00:34:25	5359656	04.57	04.96	04.32	05.08	10.19	08.51
26.05.2019	00:34:26	5360658	04.58	05.01	04.34	05.10	10.17	08.46
26.05.2019	00:34:27	5361662	04.58	05.01	04.33	05.07	10.17	08.59
26.05.2019	00:34:28	5362664	04.54	05.04	04.37	04.95	10.17	08.67
26.05.2019	00:34:29	5363668	04.53	05.03	04.37	04.95	10.17	08.67
26.05.2019	00:34:30	5364670	04.52	05.03	04.38	04.97	10.18	08.67
26.05.2019	00:34:31	5365675	04.52	05.03	04.38	04.97	10.18	08.66
26.05.2019	00:34:32	5366678	04.52	05.04	04.38	04.97	10.18	08.66
26.05.2019	00:34:33	5367682	04.52	05.06	04.38	04.99	10.18	08.55
26.05.2019	00:34:34	5368688	04.53	05.08	04.40	05.03	10.14	08.56
26.05.2019	00:34:35	5369690	04.53	05.10	04.39	05.03	10.15	08.54
26.05.2019	00:34:36	5370695	04.54	00.43	05.76	00.00	00.02	02.81
26.05.2019	00:34:37	5371702	00.01	00.01	00.00	00.00	00.01	54.54
26.05.2019	00:34:38	5372707	00.01	00.01	00.00	00.00	00.00	-165.54

Tabell 1. Logg frå vegecellene. Den gule linja markerer lastene i sekundet før brotet. Dei seks «channel» er dei seks vege-cellene, ei vekt under kvar stav.

3.2.2. Knuten: Stavsøyre, betahals og betahovud

Alle knutane kom uskadde frå sjølve kollapsen: Ingen stavsøyre, betahalsar eller betahovud rauk før bygget trefte bakken. Brot i knuten utløyste ikkje kollapsen. Ingen av naglane i knuten rauk.

3.2.3. Sperrene

Ingen av sperrene knakk av lasta på taket, brot i sperrene utløyste ikkje kollapsen. På midten bøygde dei seg ned rundt 11 cm. (målt i loddlinja), utan brot.

3.2.4. Snedband og naglar

Ingen brot i naglar eller snedband utløyste kollapsen. Ingen snedband vart skadde, heller ikkje når bygget trefte bakken. 9 naglar var klypte av då bygget raste saman.

3.2.5. Strekkspenning i beten

Det var omlag 58,9 kN strekk i beten i sekundet før bygget kollapsa. 18.840 kg var samla avlesen vekt på dei to midtre stavane (dvs det midste stavparet) rett før brotet.

3.2.6. Starten på brotet

Bygget starta å kollapsa i stavleia på den sida som stod orientert mot sør. Stavleia bestod av to delar som var skøyte i hop like til sides for midste staven. Ho brotna vassrett utover -der ho ikkje hadde snedband under seg- samstundes som ho vart kløyvd på langs-/høgkant på begge sider av staven og utover mot hjørna på huset i begge retningar frå stavleie-skøyten. Det som er skildra til no, skjer innanfor eit tidsrom på omlag 4/100 sekund. Dette er eit så kort tidsrom at me ikkje fekk resultat som syner meir om kva som skjedde først og sist av dette.

Etterpå brotna stavleia nedover.

3.2.7. Skøyten på stavleia

Plasseringa av skøyten litt til sides for staven, gjorde at måten stavleia først brotna på (utover), førde til at bladskøyten opna seg som eit hengsel. Det singulære punktet i botnen på bladet anviste tydeleg brotet slik at kløyvinga i stavleia hamna akkurat der. Skøyten var ein ståande bladskøyt.

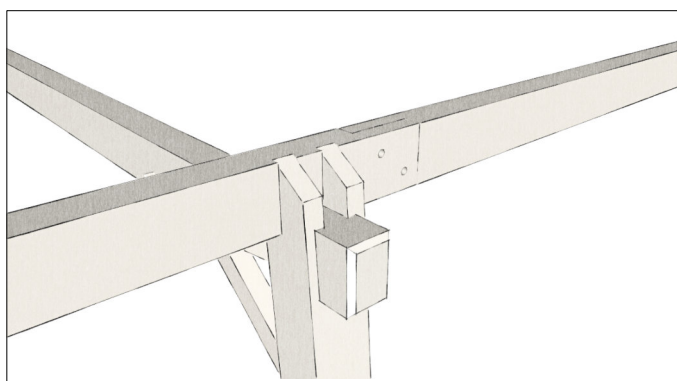


Fig 38. Knuten og den skøyten me nytta på stavleia i handverksforsøket (sjå også figur 14).

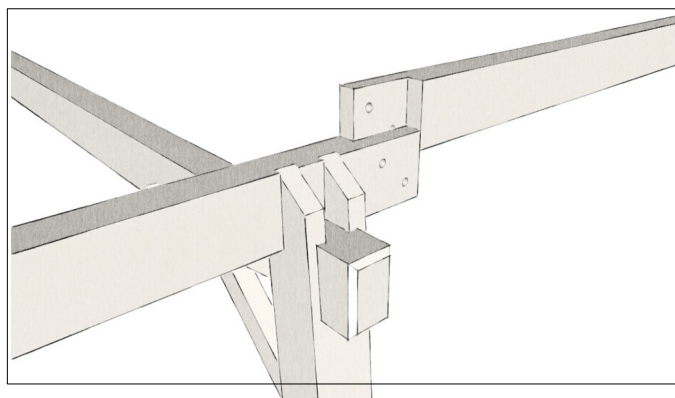


Fig 39. Same skøyten på stavleia synt ved at eine delen av ho er teikna løfta.

3.2.8. Sperrehakka i stavleia

Av dei knuste stavleiene ser me at sperra har botna i tåa si i sperrehakket i stavleia. Stavleia er kløyvd derifrå og nedover omtrent i lodd, og nokre stader litt utover på skrå. Sperrene hadde stor nedbøying. Når sperra botnar med tåa, og ho også har vorte til ein vekt-arm som følgje av nedbøyinga, har sperra fungert liknande som eit kubein, der bakenden-/innsida av sperrehakket har fungert som våga-mat. Dette har bidrege til å flekkja stavleia frå kvarandre.

3.2.9. Skrevinga og samanhengen med snedband og utspenn

Brotet i stavleia starta rundt det punktet i bygget der det ikkje var snedband under stavleia. Brotet starta i horisontal retning, og ein ser tydeleg at snedbandet også har ein funksjon der ho held stavleia inne i tillegg til å halda henne oppe.

Før taket vart lasta ned - og me berre målte strekket i beten som kom av eigenlasta - hadde me eit oljetrykk i strekksylindren på 2,5 bar, som svarar til omlag 1472 N med vår sylinder. Då me starta å lasta taket, gjekk strekk-kreftene først til null i ein periode, før strekket attar begynte å auka. (Me kunne ikkje måla trykk, men ut frå kurven på strekk-krafta er det truleg at det vart trykk i beten i ein periode når dei første 4-5 tonna vart lasta på taket.) I ein kortare periode (omlag 30 minuttar) var huset dermed ikkje påverka av noka kraft som strekte det frå einannan på tvers, medan taklasta på si side auka gradvis og lineært.

3.2.10. Single point of failure

Når stavleia var brotna heilt, førde dette til ein hurtig kjede-reaksjon som gjorde at heile konstruksjonen braut fullstendig i hop og raste ned over fundamentet. Kollapsen - frå bygget stod heilt oppreist til det låg i ro i ruinar - tok rett i overkant av 2 sekundar.



Fig 40. Konstruksjonen har nettopp kollapsa. Alle mann overlevde

4. Drøfting av resultat

4.1. Drøfting av resultat oppmålingar

Grunnidéen med oppmålingane var å henta inn mange mål, og så nytta gjennomsnittsverdiar for å finna ut noko generelt om dimensjonering og fellingar i denne typen grindabygg. Svakheita med dette er at i bygg som har mykje oppattbrukt material, vil ein kunna få nokre utslag som ikkje nødvendigvis avdekkjer fullt ut logikken bak vala av dimensjonar og uttak i fellingane.

Dette problemet gjer seg mest gjeldande når det gjeld betar og stavleier.

4.1.1. Takvinklar og skreving

Takvinklar i tradisjonell tømring var forholdstal, slik det fortsatt er mange stader i verda. Det er generelt ein raskare arbeidsmåte når ein driv med takfall enn å nytta grader, noko som kanskje er grunnen til at amerikanarane fortsatt held på dette systemet og ikkje vil befatta seg med grader.

På Vestlandet vart takvinkelen som regel funnen ved at lengda på sperra var ein brøkdel av breidda på huset, slik at til dømes i eit hus som er 3 meter breitt og som har $\frac{2}{3}$ reisning, vert sperra 2 meter lang. Dette svarar til 41,4 grader takvinkel.

Det finst også ein annan innfallsvinkel til det same temaet. Ein alen (den mest brukte i nyare tid) består av 24 tommar. Oalann skriv: «Fleire kjelder syner ein måte der dei reknar tommar sperrelengd per alen husbreidd. «Dei gamle rekna 15 tommar på alni» (Kloster m fl 1943 (KRV))(15/24 = $\frac{5}{8}$ som svarar til den mykje brukte 37 grader.» (Godal, J.B. et al. (2009) Beresystem i eldre norske hus, s. 273).

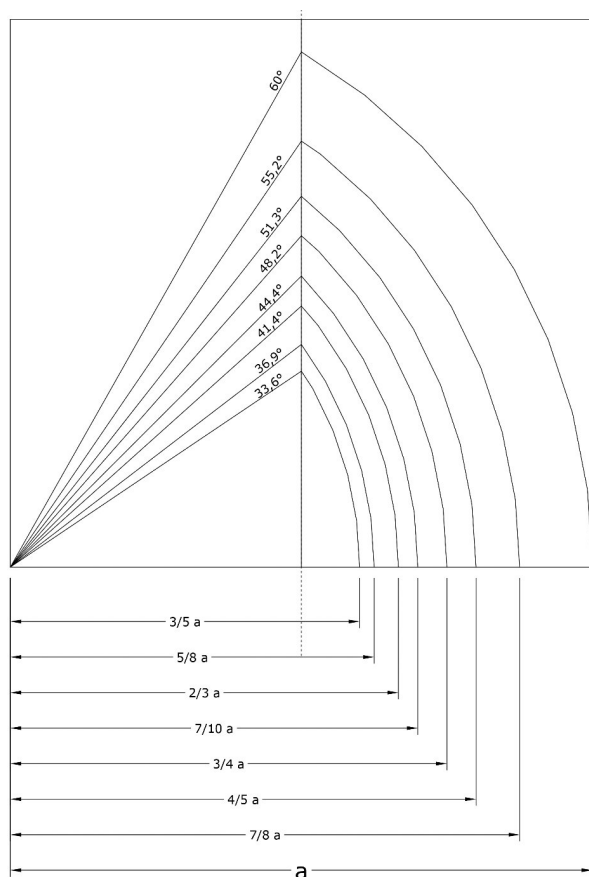
Det er interessant at dei aktuelle takfalla på Vestlandet har til felles at dei går opp i ein brøk som har 24 eller 240 som nemnar. Det er mogleg det er ein samanheng her, og eg tek med dei forskjellige eg har målt, også dei me ikkje fann i oppmålingane av grindabygga.

Me fann ein del takvinklar som ligg rundt 41 grader. Dette kan då vera $\frac{2}{3}$ reisning, som er 16 tommar lang sperre for kvar alen huset er breitt; 16 tommar på alna.

Me undra oss over takvinklar på 3 løer som var høvesvis 43,1 grader (Bullaløa), 44,1 grader (Geir Inge Fotland si løe) og 43,8 grader (Arnbjørn Vevle si løe). Altså ligg dei nære

Kvotient	Takvinkel [°]	240-divisor	24-divisor	Tommar på alna (?)
$\frac{3}{5}$	33,6	$\frac{144}{240}$		14
$\frac{5}{8}$	36,9	$\frac{150}{240}$	$\frac{15}{24}$	15
$\frac{2}{3}$	41,4	$\frac{160}{240}$	$\frac{16}{24}$	16
$\frac{7}{10}$	44,4	$\frac{168}{240}$		17
$\frac{3}{4}$	48,2	$\frac{180}{240}$	$\frac{18}{24}$	18
$\frac{4}{5}$	51,3	$\frac{192}{240}$		19
$\frac{7}{8}$	55,2	$\frac{210}{240}$	$\frac{21}{24}$	21
$\frac{1}{1}$	60,0	$\frac{240}{240}$	$\frac{24}{24}$	24

Tabell 2. Takvinklar/takfall.



til 45 grader, dvs vinkel i mønet. Det kunne vera greitt å bruka vinkel i mønet når ein bygde. Men arbeidsmåtane med grindabygget gjer at det er endå lettare og snauare å nytta husbreidda. Dermed vil eg tru at desse taka har 7/10 takfall, eller evt. kan dei ha brukt 17 tommar på alna.

Når reisninga ikkje stemmer på desimalen med dei teore-

tiske gradetala, er det to ting som spelar inn: For det første vil sig og setningar i sperrene gje utslag, sjølv om me tok målingar på mange stader i bygget for å minimera denne feilkjelda. For det andre -og kanskje viktigast- er/var det ulike stader ein kunne ta mål av breidda på bygget som utgangspunkt for lengda på sperra. Rune Revheim nyttar toppunktet på sperrehakket og loddar seg

Fig 41. Takvinklar grafisk framstilt. Ymse takfall etter vestnorsk system. I dei oppmålte grindabygga fann me mest takfall på omlag 2/3 og på 7/10. Alverløa merkte seg ut med takfall på akkurat 3/5, gjennomsnittet av målingane me tok i henne var 33,6°.

oppetter sperra, ein metode som gjev eksakt gradetal i høve til brøken han nyttar. Oalann skriv om å nytta senteravstand mellom stavleiene, og å nytta innretningsline (Oalann 2019, pers. samtale). Eksakt kvar ein tek desse måla -både av husbreidda og av sperra- vil gje utslag på takvinkelen på opptil eit par grader.

4.1.2. Golvlengd og betahovud i høve til breidda på huset

Figur 31 syner tilhøvet mellom kor langt betahovudet er (gjennomsnitt) samanlikna med kor breitt huset er (gjennomsnitt). Alverløa og Lia-løa utmerkjer seg med lange betahovud i høve til husbreidda. Når betahovuda i Alverløa utmerkjer seg med å vera lange, kan dette vera eit tilfeldig utslag, eg skulle hatt fleire oppmålte gamle lærer for å seia noko sikkert her. Dersom det ikkje er tilfeldig; kan det vera at dei har forstått – i løpet av hundreåra etter at Alverløa var bygd – at det ikkje var naudsynt med så lange betahovud? Eller kan det vera eit utslag av at «me tek litt godt i»? Når løa hadde svol, trong dei i alle høve ikkje å ta omsyn til at betahovudet burde vera så kort at det kom innom kledningen. Funna her har ikkje gjennomgått signifikans-kalkulasjon.

Figur 32 syner at det er ein viss samanheng som er slik at dess breiare huset er, dess kortare golvlengd i høve til husbreidda. Men Lia-løa merkjer seg heilt ut her, og eg trur det har å gjera med at ho er så lita. Då er det for det første ikkje så nøye korleis ho vert dimensjonert, ho står godt uansett og det er store sikkerheitsmarginar alle stader. I tillegg har denne løa ein slags støttestav midt i golvet som kan ha gitt dette utslaget, sidan golvlengda vart målt mellom dei vanlege stavane. Punkt 4.1.8. har ei liknande vurdering som også gjeld Lia-løa, i høve til lengda på snedbanda. Funna her har ikkje gjennomgått signifikans-kalkulasjon.

4.1.3. Rotorientering stavar

Rune Revheim og Trond Oalann har forklart at stavane som regel stod med rota opp i den perioden denne studien gjeld, medan det i eldre lærer gjerne var omvendt (Revheim 2016 og Oalann 2018, pers. samtalar).

«Mi røynsla er at var det rikeleg med gods i stavane (at «dei var myndige»), vende rota ned. Materialane i eldre lærer er jamt over myndigare, enn i nyare. Det ser ut til å ha vore rikelegare tilgang på grov, alrik fura på 1600-talet». (Revheim 2019, notat om stavbygg)

Oppatt-bruk av materialar kompliserer biletet mykje, og stavar er typiske oppatt-brukte delar i grindabygga. Talmaterialet me fekk inn om rot-orienteringa av stavane er lite. Men dei dataa me fekk, samsvarar ikkje så verst med det tradisjonen fortel, i 4 løer var alle stavane me registrerte konsekvente på rot/topp-vendinga:

I 3 av løene fann me ingen stavar som stod med rota ned, og alle desse har nokolunde sikker datering frå nyare tid (1923, 1910 og 1910).

I ei løe fann me ingen stavar som stod med rota opp, og dette var heimeløa på Vedo, ei av dei 2 løene me hadde plukka ut frå perioden før mi avgrensing for å samanlikna med og vurdera utviklinga. Løa på Vedo har ikkje sikker datering, men alle teikn tyder på at ho er frå før avgrensinga for denne studien.

Likevel: Me fann stavar både med rota opp og rota ned i Alverløa, som er den andre eldre løa, ho har sikker datering til 1651.

4.1.4. Tverrsnitt stavar

Sannsynet for at det er tilfeldig at så mange stavar står med lengste sida parallelt med mønet, er svært liten. Den er $3,7 \times 12^{-12}$ (dvs 3,7 milliardtedels promille) dersom ein ved binomisk sannsynlegheit reknar det like sannsynleg at dei vert ståande på langs, som at dei vert ståande på tvers. Då er det ikkje teke omsyn til i sannsyns-utrekninga kor mykje rektangulære stavane er, då det ville føra for langt å prøva å kalkulera. Dette omsynet ville gjort sannsynet ytterlegare mindre for at dette funnet er tilfeldig. At stavane er laga rektangulære og at dei er orienterte på langs av bygget, kan ein dermed slå fast er gjort med vilje.

Nokre av stavane har så liten skilnad på måla på tverrsnittet, at dei må reknast som kvadratiske. Når skilnaden er under 10 mm, burde desse stavane vore tekne ut av sannsyns-utrekninga når ein reknar på signifikans. Stavane var i all hovudsak skanta til rett dimensjon med øks, og noko slingring frå det planlagte målet på staven vil ein då få. Det vert ikkje rett å rekna dei som «breiast i møneretninga» eller «breiast i tverretninga» dersom det berre skil nokre millimeter. I tillegg til unøyaktigheit i samband med tilverkinga med øks og med dei gamle sagene, kjem nøyaktighetsnivået på måleutstyret vårt.

Dersom ein tek vekk dei stavane som det skil mindre enn 10 mm på tvers og på langs av møneretninga aukar sannsynet reint matematisk noko for at orienteringa av rektangelet som tverrsnittet på stavane utgjer, er tilfeldig, men det er fortsatt forsvinnande lite.

Legg ein saman tal cm stavane er breiast i møneretninga, får ein omlag 172 cm, mot omlag 14 cm som stavane er breiast i tverretninga.

Samla sett er det dermed ingen tvil om at utforming av rektangulært tverrsnitt på stavane og at dei som regel er plasserte med lengste sida parallelt med mønet, er gjort med vilje.

Eg kan sjå tre grunnar til at dei som regel har prioritert å setja staven med lengste sida parallelt med mønet:

- Stavsøyra får meir ved sidevegs, som igjen gjev høve til breiare betahals, om det skulle vera ønskjeleg av ein eller annan grunn.

- Stavane får taklast via snedbandet som kjem ned frå stavleia, og dermed får staven sidevegs krefter (knekk) dersom det ikkje er eit snedband på motsett side. Dette vil alltid vera tilfelle i gavlveggen, og også i andre høve. Det passar med Kåre Hartveit sin kommentar «Myndigaste staven i hjørna» (Hartveit/Statens filmsentral 1972). Snedbandet som kjem ned frå beten får derimot ikkje taklast.

- Det vert meir plass/ved nedpå staven på langs av bygget, der ein ofte har snedband i begge retningar som kranclar om plassen.

Alle desse 3 punkta peikar i den retningen at grindabygget ville hatt mindre kapasitet om stavane var kvadratiske eller var snudde 90 grader.

Ei siste vurdering her handlar om den praktiske framstillinga av materialen til stavane: Me såg ein del døme på emne som gjev mindre arbeid med skantinga dersom ein lagar dei rektangulære. Om ein ser for seg at dette ofte er tilfelle, er det logisk å enda opp med eit rektangulært tverrsnitt både for å spare arbeid og for å nytta emnet heilt ut, og dermed også av den grunnen få ein så sterk stav som mogleg. Så kan dei gamle tømrrarane ha tenkt at «når me likevel har ein rektangulær stav, orienterer me han slik i bygget at det vert så sterkt som mogleg».

4.1.5. Storleik og lengd betahovud

Overraskande korte betahovud er det generelle inntrykket i mange av dei oppmålte bygga, lengre hovud dess lengre bygg, men ikkje heilt konsekvent. Småland-løa har svært korte betahovud, men ingen av betahovuda har skadar.

Av fig 42 ser ein at snitt-lengda på betahovudet samanlikna med breidda på huset, som venta er størst for det breiaste huset, Bulla-løa til Eirik Edwardsdal (8 tommar). Avrunda til næraste halve tomme, får ein snittlengder på betahovuda på dei 8 oppmålte husa på Osterøy som er (frå smalaste til breiaste bygget): 6 tommar, 4 tommar, 6 tommar, 6 tommar, 6 tommar,

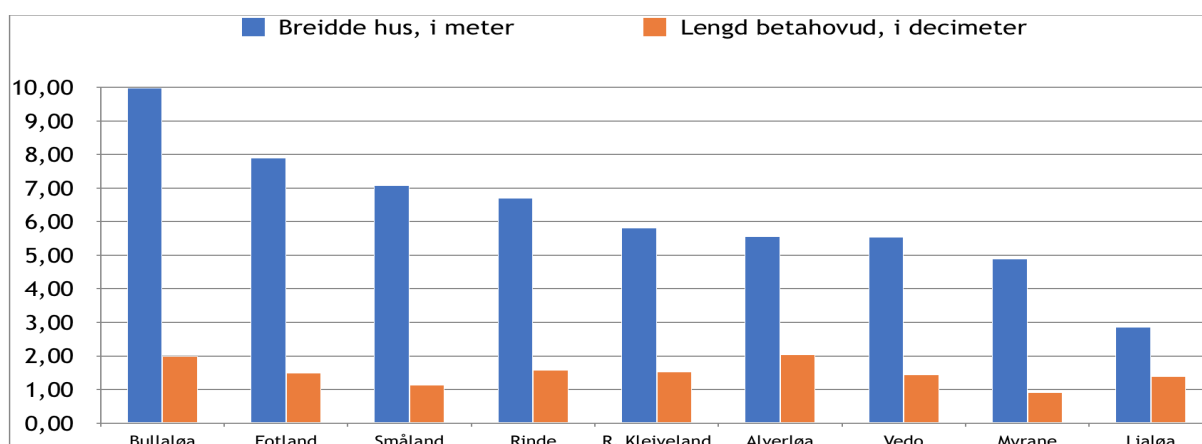


Fig 42. Dette diagrammet syner lengda på betahovuda (gjennomsnitt) i faktiske mål, det er ikkje forholdstal som i fig 31.

4,5 tommar, 6 tommar og 8 tommar lange. Alverløa, som vart målt opp for å ha ei samanlikning med grindabygg frå tidlegare generasjonar, utmerkjer seg med å ha dei aller lengste betahovuda, gode 8 tommar lange og i snitt 7 mm lengre enn snittet i Bullaløa, sjølv om Bullaløa er heile 5,0 meter breiare enn Alverløa, dvs. nesten dobbel så brei. Det må nemnast i denne samanhengen at Bullaløa har rundt $\frac{2}{3}$ takreising, medan Alverløa har $\frac{3}{5}$ takreising; Alverløa har altså omlag 10 grader flatare tak enn Bullaløa.

Eit interessant funn når det gjeld lengda på betahovud, er at heimeløa til Arnbjørn Vevle på Småland merkjer seg ut med relativt korte betahovud samanlikna med breidda på huset. Gjennomsnittleg golvengd må takast omsyn til her, sidan det går mindre krefter til kvart betahovud når golvengda går ned, og ein dermed får ei fordeling av kreftene på relativt sett

fleire betahovud. Løa på Småland har – i høve til breidda på huset – litt kortare gjennomsnittleg golvlengd enn dei to løene på Kleiveland og løa på Vedo, men det er ikkje mykje skilnad. Bulla-løa har i høve til husbreidda kortare gjennomsnittleg golvlengd enn løa på Småland.

Bak gjennomsnittstala for lengda på betahovud i løa på Småland, som er 11,4 cm, finn ein 3 betahovud som er akkurat 10 cm lange, og eitt som er 10,8 cm langt. I dei andre bygga i denne storleiken finn ein berre eitt betahovud som er så kort, og det er i knute nr 10 i heimeløa til Rolf M. Kleiveland.

Tradisjonen seier 6 tommar lange betahovud for vanlege heimeløer med normal breidde (Revheim 2016, pers. samtale), som er nett det gjennomsnittstalet me faktisk fann for dei 3 andre vanlege heimeløene, og for 5 av dei i alt 9 løene.

Såleis utmerkjer betahovuda i løa på Småland seg med å vera uvanleg korte, både ut frå dei målingane me gjorde i dei andre løene, og ut frå det tradisjonen seier.

Takvinkelen på Småland er det ikkje noko spesielt med, den er som dei andre løene. Men løa har hanebjelkar, noko som gjev meir utspenn og meir krefter ut til betahovuda, sidan hanebjelken gjer hev-armane lågare og ein får eit større pådrivande moment.

Oppsummering funn av korte betahovud Småland: Løa har i knuten ingen teikn på skadar frå taklast / eigenlast frå taket. Betahovuda er i fin form etter over 100 år.

Sidan denne løa har betahovud på 4,5 tommar lengd, som jamt over er halvannen tomme (omlag 75%) kortare enn normalen og tradisjonen, indikerer dette at det ligg ein ganske stor sikkerheitsfaktor for styrken i betahovudet når dette vanlegvis er 6 tommar langt.

4.1.6. Forholdstal i knuten

Breidda på stav søyro (målt i møneretningen) varierer i dei ulike bygga mellom min 7,1 cm og maks 10,1 cm i gjennomsnitt. Dermed vert også låsen (hakka/spora i stavleia) på denne same breidda. Dette hakket er ikkje godt å få hogd ferdig ut med øks, det vert ståande att ein rygg midt i. Denne er kjekk å ta ut med stikk-øksa / jernet etter Johannes A. Røsland (sjå fig. 9). Jernet er 70 mm breitt og har ikkje skaftet ståande sentrert, men svinga opp slik at det kan arbeidast vidare innover i låsen etter at skaftet har komme fram til emnet. Osterøy Museum har slike jern i si verktøysamling, og Rune Revheim nyttar også stikk-øks i låsen.

4.1.7. Dimensjon og proporsjonar stavleier og betar

Oalann skriv om dimensjonering av stavleie og bete: «Det vi har sett, tyder på at tømmeret til bete og stavlægje gjerne kan vera noko i retning tommen på alna, ti tommar tjukn i ti alner breitt hus (6 m)» (Godal, J.B. et al. (2009) Beresystem i eldre norske hus, s.267).

Figur 43 syner tilhøvet mellom breidda på huset og dimensjonane på stavleia. Det framgår at me ikkje fann noko tydeleg slikt system. 4 løer har ei høgde på stavleia som ligg rundt 10 tommar, men berre den eine er rundt 6 meter brei.

Dei to eldste løene me målte opp (Alverløa og Håvard H. Kleiveland) har truleg begge hatt svol langs langveggane som seinare er fjerna. Desse to løene utmerkjer seg med proporsjonar på stavleia som har stor høgde i høve til breidda.

Me veit frå før at det er eit generelt alderdommeleg drag i grindabygg frå området at stavleiene var høge og smale i proporsjonane. For betane gjeld dette i endå større grad, der dei gjerne kunne vera opp mot 16 tommar høge og berre 4 tommar breie (Revheim 2016 og 2019, pers. samtale og Oalann 2018, pers. samtale.) Denne informasjonen kjem frå eit mykje større tal løer enn det me målte opp til denne studien.

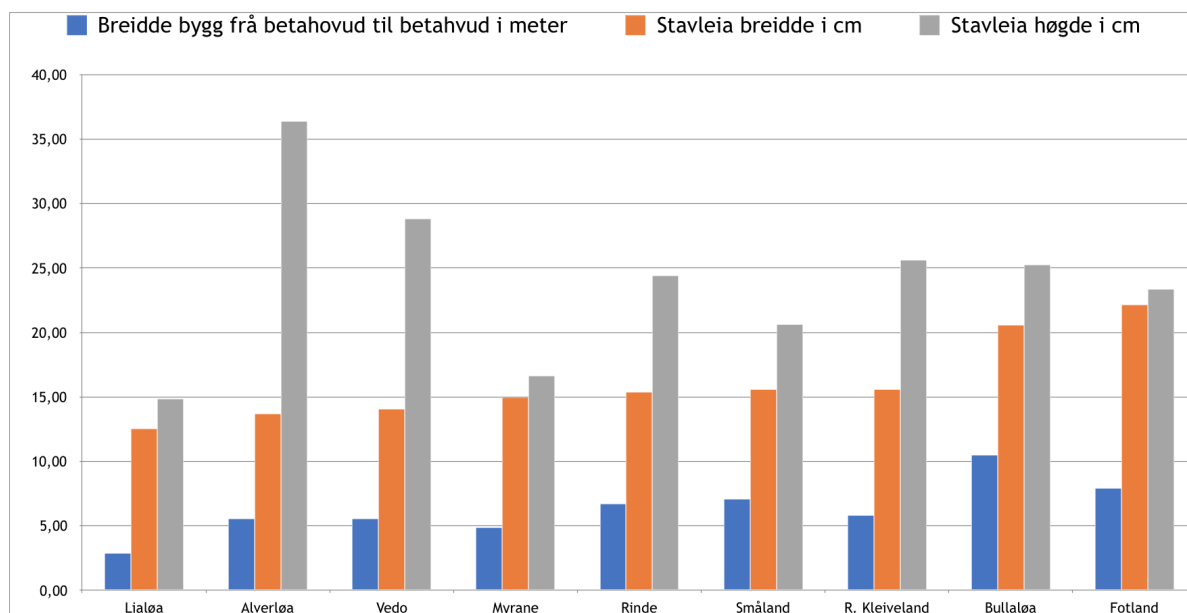


Fig 43. Dimensjonsmål på stavleier (gjennomsnitt) og breidda på huset.

I figur 35 er tverrsnittet på stavleiene (gjennomsnitt-tal) teikna i same målestokk for alle bygga. Det synest å vera ei utvikling frå høge og smale stavleier, til meir kvadratiske tverrsnitt. Gjenbruk av materialar gjer analysen av dette vanskelegare, men verken informan-

tane mine eller eg sjølv har sett nyare løer (etter 1850) med nylaga material, som har høge og smale tverrsnitt (Revheim 2019 og Oalann 2018, pers. samtale).

Ei mogleg forklaring på dette kan vera at: Ei løe med svoler gjev meir krefter rett nedover, vertikalt, på stavleia; ho skal også bera sin del av vekta av taket som stikk utom stavane. I tillegg får ein eit mothaldande moment frå ytste veggen og sperrene som er utom stavane; dette reduserer utspennet på stavleia.

I sum får ein krefter mot stavleia som har ein relativt sett større vertikal komponent i høve til den horisontale komponenten, samanlikna med ei løe utan svoler. I ei løe med svoler vert det dermed logisk å nytta eit høgare og smalare material-tverrsnitt. Informasjonen me har tyder på at dei gamle tømrrane har hatt ei bevisst haldning til dette.

4.1.8. Lengder og vinklar på snedband

Det synest å vera eit mønster i kor lange snedbanda til beten er i høve til breidda på bygget, og det skulle vel berre mangla. Når Lia-løa utmerkjer seg med lange snedband i høve til breidda på huset, har dette mest sannsynleg å gjera med at bygget er så lite, det er ingen grunn til å tru at dei rekna på dette, men heller brukte vanleg folkaskikk. Når bygget vart veldig smått, trur eg at dei tok det på gefylen. Alverløa merkjer seg heilt ut når det gjeld lengda på snedbanda til beten av andre grunnar. Her tyder alt på at me snakkar om ein annan logikk; snedbanda i dette bygget ligg med omlag 23 til 26 grader. «Dei skikkeleg gamle løene hadde snedband som danna ein trekant på rundt 30-60-90.» (Revheim 2016). Alverløa er eit døme på dette.

Ingen eg kjenner veit om snedbandet frå stav til bete i eit grindabygg tek strekk eller trykk i sin daglege dont når det ikkje bles. Men det er klart at dess flatare snedbandet ligg, dess meir mot strekk hallar det, bokstaveleg tala. Når snedbandet både ligg flatare og er kortare, får det mindre makt i konstruksjonen, det kan ikkje yta same stivande funksjonen sidevegs i bygget som eit lengre snedband som ligg nærare 45 grader.

Om dette valet har å gjera med tilhøvet at desse løene gjerne hadde svol, og dermed trong mindre sideavstiving, eller kva som er grunnen til at snedbanda låg med denne vinkelen, vågar eg meg ikkje ut på å diskutera. Men me kan slå fast at Alverløa utmerkjer seg i høve til løene som er innom avgrensinga.

Eit siste element som bør drøftast i denne samanhengen er lengda på stavane. Ved side-vind må ein rekna med at det vert trykk i snedbanda på le-sida av huset. På Osterøy er stavane i dei aller fleste tilfella haldne på plass i botnen av friksjonen mot hellene, utover stivheita oppe i konstruksjonen. Tunge tak vil gje meir friksjon i botnen. Løvoll fortel om, og har vist oss, stavar som har glidd ut nede, riktig nok av heilt andre årsaker enn det eg her er inne på, men det syner at dette kan skje (Løvoll 2018, pers. samtale). Kor langt nede på staven snedbandet (som kjem frå beten) går i inngrep i staven, har då innverknad på kor mykje makt snedbandet får til å skuva staven utover i botnen. Staven vert ein vektarm nedover frå knuten, med dreiepunkt i den. Oppmålingane gav ikkje resultat som gjev eintydige svar på korleis tømrarane før tenkte rundt dette med kor langt ned på staven snedbandet skal gå, og eg har ikkje grunnlag for å seia kor mykje betydning dette har i høve til kapasitet.

4.2. Drøfting av resultat handverksforsøk

Handverksforsøket tente føremålet sitt og gav oss den tydelege visualiseringa av kraftspelet i grindabygget me var ute etter. Me held problemstillinga relativt open langt ut i prosessen, dette var tenleg ut frå metoden og ut frå handverksforsøket sin natur; me visste ikkje kva som ville koma til å skje og i kva rekkefølge huset ville kollapsa. Forskingsspørsmåla me hadde stilt, fekk me berre delvis besvart, men til gjengjeld fekk me svar på viktige spørsmål som me ikkje hadde hatt vet til å stilla.

Spesielt gode var resultata knytte til skrevinga og til utforming og plasseringa av skøyten på stavleia, utforminga på sperrehakka og brotet i/kløyvinga av stavleia.

Resultata i absolutte tal er ikkje pålitelege til allmenngyldige føremål. For å få det til, måtte forsøket vore gjentatt i ein større serie. Det ville då likna meir på vitskapeleg forsøk/testing, og ikkje eit handverksforsøk.

Det me fekk ut av handverksforsøket i absolutte tal var altså indikasjonar, men desse indikasjonane er likevel gode nok til å auka forståinga for konstruksjonen, og dei er gode nok som grunnlag for vidare arbeid med konstruksjonen, herunder å utvikla ein god metodikk for modellering og simulering av grindabygget, noko som er ei naturleg vidareføring av arbeidet.

Me arbeidde slik me trur det vart gjort i tradisjonen, i rå material. Materialen var også relativt rå når handverksforsøket gjekk av stabelen. Materialen får betra styrkeegenskapar når han eldest nokre månader og tørkar, først og fremst fordi skjervefastheita då aukar – omvendt eksponensielt – med tidsfaktoren.

Det er kjent i tømrarfaget at treverk vert sterkare mot kløyving når det tørkar, og at ein konstruksjon som vert lasta sakte, toler meir enn om han vert lasta fort/brått. Men kor mykje desse to faktorane innverkar på den totale kapasiteten til grindabygget, har me ikkje har kontroll på.

Det same problemet har me i høve til andre resultat: Handverksforsøket syner ein del av kva endringar som ville auka kapasiteten til bygget, men me kan ikkje seia noko ut frå resultata om kor mykje.

4.2.1. Aktuell brotstyrke

Bygget braut totalt i hop ved ei samla avlesen last på 37.740 kg. Av dette vog bygget i seg sjølv 1900 kg. Altså vog taklasta, den simulerte snølasta, 35.840 kg. Taket på huset hadde måla 7,30 m x 6,30 m = 45,99 m² sett rett oppifrå.

Snølastutrekningar tek utgangspunkt i takarealet sett rett oppifrå, ei horisontalprojisering av takflata. Taklasta pr. m² utanom eigenlast like før brotet var dermed 35.840 kg / 45,99 m² = 779,3 kg. Omrekna til krefter vert dette omlag 7,65 kN/m². Dimensjonerande snølast på Osterøy er 2,5 kN/m².

I handverksforsøket stod konstruksjonen naken utan veggjar. I praktisk bruk har grindabygg i denne storleiken opplengjer frå muren og oppunder sperrene, og desse vil få noko krefter frå taklasta. Dermed ville bygget me knuste truleg tolt noko meir enn 7,65 kN/m² i ei vanleg tradisjonell setting.

Typen last påverkar også kapasiteten på konstruksjonar. Lasta me brukte er kortidslast, dvs. under 7 dagar. Samstundes var det så kort tid frå me starta å lasta til dess det small, at me nærma oss noko som likna momentan last/ulukkeslast. På taket får ein aldri slik last i verkelegheita som den «snøen» me simulerte, sjølv ikkje under ekstreme nedbørstilhøve.

Bidraget frå troet bør også nemnast; dess stivare tro/lekter, dess mindre krefter til stavleia mellom stavane ved at troet saman med sperrene får skiveegenskapar; dette temaet

vart det ikkje høve til å gå nærare inn på. Men generelt kan eg nemna at både stivare og mindre stivt tro/sutak enn det me brukte, var å finna i dei gamle bygga me målte opp.

Til sist er valet me gjorde i høve til takvinkel viktig for aktuell brotlast. Konstruksjonen ville etter alt å døma tolt meir dersom takvinkelen hadde vore brattare.

4.2.2. Knuten: Stavsøyre, betahals og betahovud

Desse delane vart utsette for svært store krefter når bygget braut i hop, også vridningskrefter som dei ikkje får så lenge huset står. Ingen betahovud vart skadde før konstruksjonen trefte bakken. I eine knuten vart betahovudet og stavsoyro noko øydelagde då bygget trefte bakken, men ikkje i kollapsen. Ingen betahalsar vart rivne av eller skadde i kollapsen, verken når det knakk eller når det trefte bakken.

Om me ikkje sjølv hadde noka utformulert hypotese om at betahovudet var svakaste punktet i systemet, så var det mange andre som hadde det. Me lyste ut ei heilflaske akevitt til den som gissa kva bygningsdel som ville ryka først, og mange satsa då på betahovudet, helst på midtarste stavaparet. Men det vart smalhans for dei som satsa på betahovuda, dei heldt.



Fig. 44. Det nermar seg brot.

Eit overraskande resultat er at knusinga av stavleia skjedde utan at verken stavsøyro eller betahovudet vart skadde i den knuten som vart hardest treft i kollapsen. Der brotet starta, vart stavleia kløyvd, knust og knekt på begge sider av knuten. Sjølv når heile huset kollapsa fullstendig, og heile takflata med lasta på taket brasa ned gjennom stavleia, berga knuten seg utan skadar. I kollapsen vart mykje last overført frå motsett takflate, og det som kom ned gjennom knuten i stor fart, var anslagsvis mellom 20 og 30 tonn treverk og stein-/grus. Knuten vart utsett for enorme krefter i denne augneblinken, og også typer krefter som han aldri kan få når huset står normalt, sjølv ikkje i den sterkaste vinden som er aktuell.

4.2.3. Sperrene

Trass sin relativt spinkle dimensjon tolte sperrene påkjenninga godt. 5 av dei knakk når dei landa på marka då dei fekk all lasta over seg. Ingen av dei har kløyveskadar oppover frå hakket. Verken Rune Revheim, Trond Oalann, Kåre Løvoll, Sven Hoftun eller Roald Renmælmo har sett kløyveskadar på sperr oppover frå hakket (Revheim, Oalann, Løvoll, Hoftun og Renmælmo, 2019, munnlege overleveringar). Det er nokre tusen sperr desse karane til saman har sett, og eg held det difor rimeleg å anta at slik kløyving ikkje er eit ømt punkt i grindbygget.

4.2.4. Snedband og naglar

Snedbanda var 4x5 tommar, som er nesten det same som sperrene (dei var 5x5 tommar). Snedbanda var generelt berre 165 centimeter lange, og det skal mykje til å knekkja slike når dei er så korte. Det var naglar i snedbanda som brotna når bygget datt ned, dei i knutane brotna ikkje.

4.2.5. Strekkspenning i beten

Oljetrykket i strekk-sylindren som var sett inn i midste beten, var 100,0 bar i sekundet før bygget kollapsa. Dette tilsvarende med sylindren me brukte omlag 58,9 kN, som omrekna til vekt er 6005 kg. Sylindren var 100,0 mm i diameter innvendes, og stempelstanga hadde ein diameter på 50,0 mm. Likninga for å rekna oljetrykket om til kraft ser slik ut:

$$P = F / A$$

$$\text{Trykk} = \text{Kraft} / \text{Areal}$$

dermed er

$$F = P \times A$$

$$\text{Kraft} = \text{Trykk} \times \text{Areal}$$

Einingane er slik:

$$\text{Newton} = \text{Pascal} \times \text{meter}^2$$

Arealet som krafta verkar på i ein hydraulikksylinder (såkalla working area) er arealet på flensen i enden på stempelstanga. Dvs diameteren på sylindern innvendes, minus diameteren på stempelstanga.

$$\text{Dette arealet vert då } (\pi r_2^2) - (\pi r_1^2) \text{ eller } \pi(r_2^2 - r_1^2)$$

og samantrekt vert likninga for kraft då sjåande slik ut:

$$F_1 = P_1 (\pi (d_2^2 - d_1^2) / 4)$$

der

F_1 = Kraft ytt på stempelet på retursida (strekking av sylindern), i [N]

d_1 = Diameter stempelstang [m]

d_2 = Diameter sylindern innvendig [m]

P_1 = Trykk i sylindern på stang-sida [Pa]

100 bar som me hadde i oljetrykk, er det same som 10.000.000 Pa.

Diameter sylindern var 100,0 mm = 0,1 m

Diameter stempelstanga var 50,0 mm = 0,05 m

Dermed vert strekkrafta i beten:

$$F_1 = \pi/4 (10.000.000 (0,1^2 - 0,05^2)) = 58904 \text{ N, som er omlag } 58,9 \text{ kN.}$$

Denne krafta omrekna til vekt, svarar til omlag 6,00 tonn.

Når 18.840 kg var avlesen vekt på dei to midtre stavane (dvs det midtarste stavparet) til saman, like før brotet, inngjekk eignalast i dette. 950 kg var samla eigenlasta til bygget som kom ned på midtarste stavparet og vart avlese som vekt på vege-cellene der. Vekta av sjølve staven, stavleiene og betane (dvs krakken) gjev ikkje strekk-krefter til beten. Me hadde me ikkje oversikta over kor mykje krakken vog, samanlikna med tak-konstruksjonen. Det kunne ein ha estimert ut frå volumet på materialane og kalkulert ut frå eigavekta på halv-rå furu, men det er ikkje viktig for resonnementet, for det det gjev små utslag. Om me antar at halvparten av eigenlasta er taket, og halvparten er krakken, går det $950/2 = 475$ kg til fråtrekk på

dei 18.840 kiloane, slik at me sit att med 18.365 kg vekt som gjev strekk-kraft i beten. Som me lett og elegant rundar ned til 18 tonn.

Me sit då i runde tal oppsummert att med at 18 tonn taklast gav 59 kN strekk-kraft i beten, 6 tonn.

Med andre ord var det ei strekk-kraft (horisontal kraft) i beten på omlag $\frac{1}{3}$ av dei kreftene som det midste stavparet samla tok opp (som vertikal kraft) like før brotet kom.

Dei øvrige $\frac{2}{3}$ av kreftene frå taket gjekk til fast opplag under staven utan å verta til strekk-spenning i beten og krefter i staven.

Her må ein vera obs på at det ikkje forhold seg slik at strekk-krafta automatisk forde-
ler seg med halvparten til kvar knute. Ein kan ikkje tenkja at kvar knute får $\frac{1}{4}$ av kreftene frå taklasta. Ryk ein knute, går meir eller mindre alle kreftene til knuten på motsett side, slik at knuten må ha kapasitet til å ta $\frac{1}{4}$ av taklasta + sikkerheitsmargin i eit slikt bygg som me arbeidde med.

Refleksjon over andre faktorar enn taklast som vil endra andelen av kreftene frå taklasta som går til strekk i beten og som endrar kreftene og spenninga i knuten:

- Det har mykje å sei kva samanheng stavparet står i. Stavpara i gavlane vert annleis til dømes.
- Flatare takvinkel gjev lågare hevarmar og aukar derfor utspennet.
- Hanebjelkar i taket flyttar summen av lastbogen nedover, gjev lågare hevarmar og aukar derfor utspennet.
- Skrevinga innverkar (nærare handsama i punkt 4.2.9.)
- Vinkelen på snedbanda mellom beten og staven. Eit flatt-liggjande snedband her avlastar kanskje knuten ved at noko av strekket i beten går utanom knuten. (nærare handsama i punkt 4.1.8)
- Om løa har svol eller om det er lang avstand frå stavane og ut til opplengjene, minskar dette truleg strekket i beten.
- Om bygget er utan kledning og opplengjer, aukar etter alt å døma den generelle styrken til konstruksjonen, men om det innverkar på strekket i beten, veit kanskje verken eg eller nokon andre.



Fig. 45. Grinda med sutak klar. Det er kapp ut eit stykke av midste beten, der strekkmålaren er montert inn.

4.2.6. Starten på brotet

Gjennomgangen av dei øydelagde delane av bygget, samanhalde med høghastigheitsfilmen, syner i detalj korleis kollapsen starta:

Skøyten var ein ståande bladskøyt på halv ved. Når den begynte å flakna, hadde ikkje lenger fortsettinga av stavleia støtte mot utpresset, og ho vart sprengd utover.

Noko liknande var på dette tidspunktet i ferd med å skje på motsett vegg, der hadde den motsvarande bladskøyten opna seg 1-2 tommar, men det small aldri der.

Stavleia ser ut til å ha vorte kløyvd på langs (på høgkant) av kreftene frå sperrene i sperrehakka, kombinert med kreftene som samla seg i bladskøyten frå dei sperrene som stod i den delen av stavleia som ikkje brotna, dvs. bortanfor skøyten i retning aust slik bygget stod orientert. Når brotet var i gang, vart stavleia sprengd ut på den einaste staden i bygget der det ikkje var snedband, som vart minste motstands veg. At det ikkje var snedband her, var ei val me henta frå dei oppmålte bygga.

Når stavleia brotna utover før ho brotna nedover, indikerer dette at aktuell brotlast ville vore større ved ein brattare takvinkel: Nedover har ho meir enn dobbelt så mange faste støttepunkt i form av snedband som ho har utover, sjølv om snedbandet også held noko mot krefter utover.

4.2.7. Skøyten på stavleia

Me valde ein skøyt til handverksforsøket som me fann fleire stader under oppmålingane, ståande bladskøyt med to naglar, og skøyten plassert like til sides for staven. (Sjå figur 14.) Dette er også skøyten Rune Revheim ofte nyttar, men han likar å plassera skøyten på staven. Vanleg momentdiagram for ein dragar med horisontal last som ligg bortover fleire søyler, gjev at kreftene går i null like til sides for søyla. Både ordinær tømarteori og tømratradisjon i andre beresystem seier at dette området er ei god plassering for skøyten. Men det skjer naturlegvis noko meir og anna når kreftene kjem på skrå frå sperrene og me har snedband som verkar inn. I oppmålingane fann me mykje skøytar rett over staven.

«Var stavlegjene bladskøytt mellom stavane låg bladet på kortaste enden av stavlegja ytst. Det var ogso gjerne snedband under skøyten. (...) Eg trur at om den var ytst, skulle stavlegja tola meir. (...) Lengda mellom stavane vil ogso spela inn. (...) På saga me sette opp på Voss i 2012, og i løa han far bygde i 1948, er største avstanden mellom stavapara 7 m. I bae tilfelle er stavlegja der 13 x 13 tommar. Det sikraste er å skøyta på stavane.» (Revheim 2019, notat om stavbygg.)

Brota samanhaldne med filmmaterialet syner tydeleg korleis den ståande bladskøyten på stavleia har fungert som ei brot-anvising, og om me hadde flytta denne typen skøyt til rett over staven, ville det tvillaust styrkt konstruksjonen i vårt dømme-bygg.

Kreftene frå taket vil då i staden for å flekkja stavleia frå einannan i og rundt skøyten slik det skjedde i handverksforsøket, tvert i mot klemma skøyten meir og meir saman mellom stavsøyro og bråtakilen dess meir taklast ein får. Me ser korleis det er kraftige klemstre-merke både på utsida og innsida av stavleia i knuten.

I Ryfylke er det eit relativt konsekvent system på at det vert nytta ståande bladskøyt, men denne er plassert over staven. (Hoftun 2019, pers. samtale.)

Oppførsla til skøyten i stavleia er eitt av dei mest interessante resultata frå handverksforsøket. Filmmaterialet og den knuste stavleia syner at utforminga på -og plasseringa av-skøyten spelar ei viktig rolle i den kjedereaksjonen som føregjekk når bygget kollapsa.

4.2.8. Sperrehakka i stavleia

Stavleia klovna altså på høgkant i handverksforsøket. Me hadde ikkje føresett at måten sperrehakka verkar på stavleia, kan gje ei kløyvande kraft på sistnemnde. Dette vil spesielt gjelda dersom sperra rir på tåa si, og ikkje på toppen av sperrehakket. Rir ho på toppen av sperrehakket (der Rune Revheim seier at ho skal ri, (Revheim 2016, pers. samtale).), styrer ein denne kløyve-effekten oppover i sperra i staden for nedover i stavleia. Me ser tydeleg at sperra har botna i tåa i hakket, og stavleia er kløyvd derifrå og nedover omtrent i lodd.

Når sperra vil bøya seg ned av taklasta og ho ikkje får pendla fritt i sperrehakket, tek ho tak i stavleia og gjev spenning i stavleia som verkar kløyvande: Tyngda og nedbøyinga av sperra gjev krefter lengst inne i stavleia/sperrehakket som verkar innover og nedover. «Kubein-effekten» gjev krefter som verkar rett utover i horisontal retning, og kan faktisk også ha ei komponent som verkar på skrå utover og oppover.

Resultatet er at i stavleia har det verka krefter i to ulike retningar frå omlag midten av ein-og-same bygningsdelen -både innover og utover- som har gitt ei stor intern spenning. Til slutt har stavleia måtta gje tapt for desse kreftene og alle andre krefter som verkar på henne. Stavleia var 6x10 tommar i utgangspunktet, men bestemte seg for at det ikkje var anna råd enn å dela seg i to stavleier på omlag 3x10.

Truleg har kløyvinga nedover frå sperrene og bidraget frå bladskøyten til å verka kløyvande samverka, det er to svake punkt.

Det er ingen grunn til å tru at stavleia vil ha moglegheit til å klovna på høgkant i det heile teke dersom begge endane av henne er fastlåst i ein knute, og sperrene rir i toppen av sperrehakket. I ein slik situasjon vil ho måtta brotna i sin heilheit utover/nedover, og ho får dermed større kapasitet enn om ho klovnar.

Me kan altså slå fast at utforminga i sperrehakka, både i stavleia og i sperra, har innverknad på styrken til bygget. Kor stor innverknad det har, veit me ikkje.



Fig. 46. Stavleia kløyvd frå sperrehakket og nedover.

Sven Hoftun har nokre interessante opplysningar i denne samanhengen frå Suldal. For det første har han sett brot i stavleier som har lange spenn, utan at det har skjedd noko kløyving. I bygga han fortel om har skråavstivinga i møneretningen truleg vore endra frå broddeband som stod oppunder stavleia, til skråband frå stav til stav. Det har resultert i at spennvidda på stavleia er vorten auka til å gå over heile golvet, i nokre tilfelle over heile 7 meter (Hoftun, 2019, pers samtale).

Hoftun kjem her også inn på nokre interessante vurderingar av utforminga av sperrehakka i stavleia, som også Kjetil Monstad har vore inne på. Hoftun reknar kombinasjonen av stor spennvidde og uttaket for sperra i stavleia som årsaka til brotet i stavleia i deira dømme frå Suldal. Han meiner uttaka er uforholdsmessig store, slik at stavleia vert unødig svekt. (Hoftun 2019, pers. samtale.)

Dette er eit spennande tema: Om sperra vert seinka djupare ned i stavleia, flyttar ein kontaktpunktet i samanføyinga innover. Dette gjev automatisk mindre kløyvekraft og meir

véd att på utsida av hakket i stavleia. Er samanføyinga flytta heilt på innsida slik det er vanleg på Sunnmøre, kan stavleia i praksis ikkje lenger klovna, fordi sperra verkar på heile tverrsnittet til stavleia (minus sjølv uttaket for sperra). Samstundes skjer då det som Hof-tun er inne på; for å flytta sperra inn, må ho også ned (eller eigentleg stavleia opp), og dermed vert heile tverrsnittet på stavleia redusert for kvart sperrehakk bortover. (Alternativt må hakket i sjølv sperra vera djupare, men der treffer ein også på ein smerteterskel føre eller seinare.) Her er ein i inne på noko som kan ha innverknad på kor høgt tverrsnitt ein vel i stavleia.

Uansett, me har to tilhøve som samverkar slik at aukar ein styrken på den eine måten, minkar styrken på den andre måten. Med andre ord finnest det eit skjæringspunkt ein stad der den samla styrken vert størst. Ofte ser me at tradisjonen sjølv kjem fram til kor dette skjæringspunktet ligg, men sett i lys av kor ulikt dette er løyst i ulike grindabygg-område, hadde dette temaet vore mykje interessant å gjort til gjenstand for testing.

Kåre Løvoll fortel at løysinga med at sperra knip på innsida av heile stavleia er det vanlegaste på Sunnmøre, og at dette er ein logisk praktisk konsekvens av at dei nytta halvklovningar til stavleier. Med halvklovningar vil det gjerne vera lite véd att på utsida oppå stavleia til å laga noko anna sperrehakk enn dette. I tillegg gjev ein halvklovning automatisk høgt og smalt tverrsnitt, slik at det vert véd nok att på høgda til dei djupe sperrehakka som samanføying på innsida av stavleia gjev. (Løvoll, 2019, pers. samtale.)

Eit siste element som bør nemnast i samband med geometrien til sperrehakka, er takvinkelen. Han påverkar det heile på mange måtar, men også slik at dess flatare takvinkel, dess mindre vert tverrsnittet på stavleia redusert i sperrehakket.

4.2.9. Skrevinga og samanhangen med snedband og utspenn

Skrevinga gjer at stavane i konstruksjonen i utgangspunktet lutar innover, i vårt tilfelle 4 grader. Geometrien i knuten gjer at snedbanda får mykje meir luting innover enn dette, fordi utsida av stavleia ligg lengre inne enn utsida av staven. Til saman gjorde dette i vårt bygg at planet som snedbandet treffer oppe på stavleia, låg omlag 8 tommar lengre inne enn planet snedbandet treff i hin enden, altså på staven. Dette føregår over berre ein meters høg-

de. (Lutinga av snedbandet vert riktig nok litt mindre enn dette, sidan det ligg i 45 grader i møneretninga.)

Dermed inneber dette at snedbanda i langveggane utgjør ein lastveg som har ein relativt stor horisontal komponent. Kor mykje dette tilhøvet påverkar den totale kapasiteten til konstruksjonen veit ingen førebels, men me kan slå fast at det har innverknad.

Når huset i ein periode på omlag 30 minutt under nedlessinga stod utan strekk i beten, og det truleg vart stuka lett saman i staden for å verta strekt frå einannan, kan dette berre forklarast ut frå skrevinga på stavane og snedbanda i langveggane.

Det viktigaste her er at den skrevande staven i lag med dei (endå meir) skrevande snedbanda i langveggane til saman fungerer som ein hevarm, og yter eit mothaldande moment mot det pådrivande momentet frå motsett takflate som kjem ned via sperrene og stavleia. I praksis fører skrevinga då til ei overføring av krefter frå betahovudet og over til stavsføro/staven. Betahovudet vert avlasta, men til dels på bekostning av stavsføro.

Dette er lett å førestilla seg om ein ser for seg at skrevinga vert auka meir og meir: Dersom stavane til dømes stod og skreva 45 grader utover, ville det meste av utoverkreftene frå taklasta gått rett i staven og til fast opplag i botnen av han. Betahovudet får lite krefter. Held ein fram tanke-eksperimentet og svingar staven så langt ut i botnen at han til slutt står utover i same vinkelen som sperrene -og han fortsatt har fast opplag i enden- ville alle utoverkreftene frå taket gått rett i staven.

Då avlar han sjølvstekt ingen utoverkrefter i betahovudet, og kreftene hovudet skal ta opp, har gått til null.

Opplagringsvilkåra i botnen på staven har også innverknad i denne samanhengen, men dette går eg ikkje inn på her. Me kan slå fast at skrevinga avlastar betahovudet, og at skrevinga samla sett aukar den totale kapasiteten konstruksjonen har for vertikal last. Me hadde ikkje moglegheit til å få ut resultat av handverksforsøket som seier noko om storleiken på dette bidraget.

Det kom brått på oss at strekk-kreftene i beten gjekk til 0 før dei auka att, men i etterpå-klokskapens lys er det ikkje så unaturleg at konstruksjonen oppfører seg slik. Fortsettinga på resonnementet og kva dette inneber, er imidlertid svært interessant: Kreftene gjekk

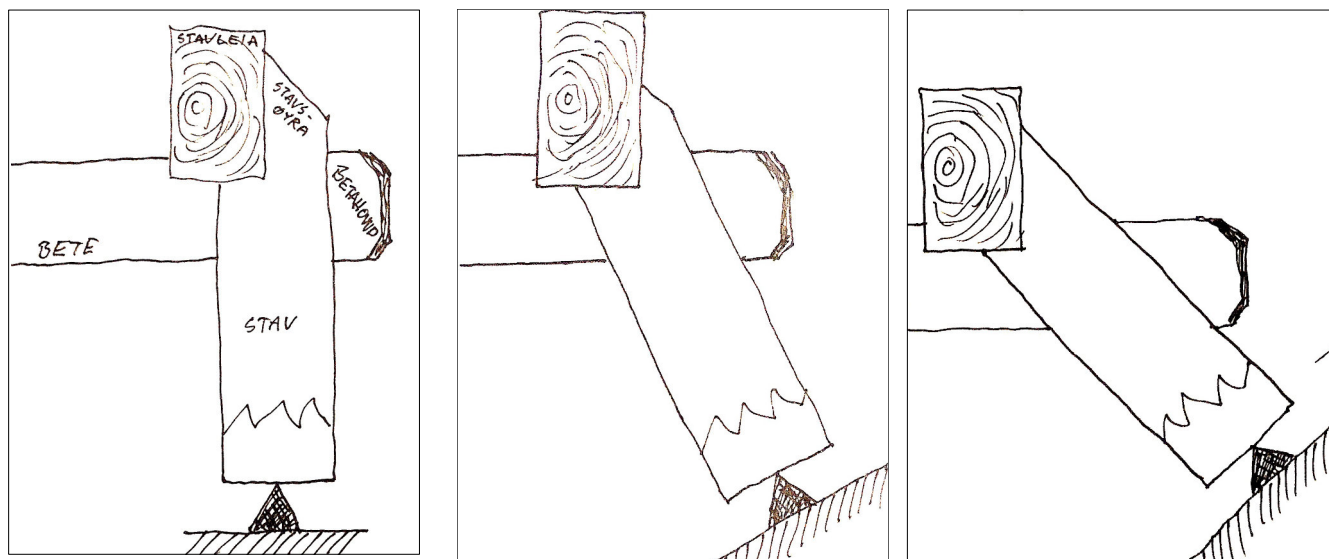


Fig. 47. Skisser av at skrevinga vert auka.

til/under null innanfor eit visst last-område, anslagsvis ved last som gav frå 5 til 10 kN strekk-krefter i beten. Dersom ein ser for seg at vekta av tekkinga på eit grindabygg er innanfor dette området, verkar det ikkje krefter på betahovudet i det heile tatt; utspennet frå taket går opp-i-opp (eller meir enn opp-i-opp) med bidraget skrevinga gjev til å halda huset saman.

Dette att inneber i så fall at for grindabygg der ovannemnde er tilfelle, er det berre i periodar med ekstra taklast (snø eller våt torv) eller vind at betahovudet i det heile teke går i inngrep i konstruksjonen, det får då altså krefter berre under periodisk last. Det er i så fall eit oppsiktsvekkjande resultat av handverksforsøket at dette kan vera tilfelle i nokre typar/storleikar av grindabygg. Det endrar ein del av grunnforståinga for heile systemet. Ein kan sjølv-sagt ikkje ut i frå handverksforsøket konkludera med at dette generelt føregår i knuten i grindabygg, men det reiser nokre interessante spørsmål.

Skrevinga sitt bidrag til å halda huset saman forklarar også greitt dei tilsynelatande uforklarlege tilfella der me under oppmålingane observerte betahovud som stod heilt utan at dei hadde krefter som verka på seg (sjå figur 11), det forklarar hus som står med defekte betahovud utan at huset dett ned, og det forklarar at me fann uskadde betahovud på berre ein tommes lengd i hus med 5 meters breidde. Her må det nemnast at naglen i knuten tek mykje krefter, så når han er intakt, er han også med og forklarar desse tilfella.

Til sist er det eit poeng å nemna at skrevinga naturlegvis har ein viktig funksjon for å stiva og førespenna bygget mot vindlast på tvers av møneretninga. Når ein konstruksjon står med lutande stavar eller veggjar inn mot mønet, og får sidevegs last i form av vind, må staven på lesida først opp til loddet når bygget skal kunna deformerast. Det er godt mogleg at dette er viktigaste årsaka til at skrevinga har utvikla seg som prinsipp i grindabygget. Det kan sjå ut som skreving er meir vanleg i område som er utsette for vind, men dette er ikkje godt dokumentert.

4.2.10 Single point of failure

Handverksforsøket synte at brot i stavleia kan gje ein «single point of failure»-situasjon. Truleg er fullt brot i stavleia einaste bygningsdelen i grindabygget som kan gje dette i vanlege eller trulege faktiske tilhøve. I gamle bygg har me sett alvorlege brot, røteskadar, in-sektangrep og andre feil både i sperr, sutak, stavar, stavsoyre, snedband, naglar, bråtakilar og betar, utan at bygget kollapsar.

Eg har tatt opp «single point of failure» til drøfting med Rune Revheim. Han fortel om total kollaps i nokre tilfelle. Då har det vore ein kombinasjon med sterkt forsømd vedlikehald, dårlege materialar med mykje geitved, kraftige mott-angrep og andre omstende i kombinasjon han held for å vera forklaringa, altså ikkje Single point of failure. (Revheim 2019, pers. samtale.)

«Ei stavløa vart flytta frå Hålandsdalen, og skulle brukast til matsal/festsal. (...) Då dei leste siste lasset med jord på løa, kom det ein smell, og heile løa styrta saman. (...) Eine betahovudet fann dei att 200 m nede i bakkane. Den beten var det mest ikkje al i, om lag 5 cm Ø. Geita var svært motteten, halsen hadde slitna. Reaksjonen var dominoliknande, og løa fall i grus. Det er den eine gongen eg har sett at betahalsen har slitna.» (Revheim 2019, notat om stavbygg.)

Sven Hoftun fortel om brot i stavleier utan at bygget har kollapsa, men han opplyser at det er snakk om brot der stavleia berre er delvis brotna. (Hoftun 2019, pers. samtale). Slikt brot i stavleia såg me også i ei av dei oppmålte løene, løa i Myrane.

Når det gjeld beten, har me sett at bygget kan stå utan betahovud til dømes. Då er det stavsføyro (og dermed skrevinga) + naglen og friksjonen i knuten som tek alt utspennet frå taket. Me såg også delvis knekt bete utan at bygget hadde mange setningar.

Dersom ein skal få ein total kollaps som til dømes startar med at eit betahovud ryk, må etter alt å døma meir av bygget vera svekt av røte eller andre feil.

Eg tilføyer her at avsliten betahals eller avsagd bete mest sannsynleg kan føra til total kollaps, men dette må sjåast på som ei meir hypotetisk problemstilling. Sjølve beten har enorm overkapasitet for å verta sliten rett av, så det kan me sjå vekk frå i praktisk arbeid med grindabygg.

Handverksforsøk der betahalsar har vorte slitne av, tyder på at også betahalsen har stor sikkerheitsmargin. (Henriksson 2019, pers. samtale.)

5. Konklusjon

I grindabygget skjuler det seg mykje gjennomtenkt matematikk, konstruksjonsmekanikk materialkunne og handverksdetaljar. Systematisk oppmåling og registrering kan hjelpe oss å ta tilbake denne kunnskapen som delvis er forsvunnen.

Utføringa av detaljane er viktige. Handverksforsøket syner at bygget me brukte hadde tolt meir taklast ved ei anna utforming på skøyane på stavleia, utforminga på sperrehakket (kvar det rir) og liknande.

Sperrene som ofte ser spinkle ut, er ikkje den svakaste delen av grindabygget. Dei er saman med snedbanda einaste typen bygningsdel som kom uskadde frå kollapsen i handverksforsøket, og me fann ingen skadde sperr i dei gamle bygga. Data frå høghastighetsfilmen og den avlesne nedbøyinga tyder på at dei ville tolt mykje meir. Brot i sperrene vil ikkje forplanta seg til kollaps i heile konstruksjonen.

Betahovudet er sterkare enn det ser ut, og det tek mindre krefter enn det som har vore antatt. Det kan førekoma at betahovudet ikkje tek opp krefter anna enn ved ekstra taklast og/eller vind. Ein kombinasjon av oppmålingane og handverksforsøket gjev sterk indikasjon på at betahovudet har meir enn nok kapasitet -altså stor sikkerheitsmargin- og ikkje er det

svakaste punktet i konstruksjonen. Kor mykje -eller lite- krefter betahovudet tek opp fekk me likevel ikkje svar på.

Stavleia er sentral. Dimensjonen, proporsjonane på tverrsnittet, materialkvalitet, golvlengd og korleis stavleia er understøtta av snedband er avgjerande for styrken på heile konstruksjonen, det visste vel alle frå før.

Skrevinga har innverknad på kapasiteten grindabygget har for både vertikal last og vindlast.

Beten tek sjølvstarkt til sjuande og sist opp utspennet frå taket. Når det gjeld den delen av taklasta som gjekk til strekk-spenning i beten i handverksforsøket, har dette talet noka allmenn gyldigheit i bygg som har tilsvarande takvinkel og skreving, og som ikkje har hanebjelke som påverkar utspennet.

Ein kan her rekna som ein tommelfingerregel at $\frac{1}{3}$ av kreftene som eit stavpar får, går til strekk i beten. Handverksforsøket og oppmålingane syner at det kun er ein andel av dette att som går til skjer-krefter i veden på betahovudet, men kor stor denne andelen er, fekk me ikkje svar på.

Knutane i sin heilheit vart overraskande lite skadde i handverksforsøket, også frå augneblinken då konstruksjonen treffe bakken og vart riven frå kvarandre der. Ut frå ei samla vurdering av oppmålingane og framferda til -og skadane i- knutane i handverksforsøket, kan ein slå fast at knuten i grindabygget er ei umåteleg sterk samanføyning som har stor innebygd sikkerheitsfaktor. Dette samantil med dei overraskande korte betahovuda -samt andre tilhøve i knuten- me fann i gamle bygg då me gjorde oppmålingane.

Handverksforsøket var først og fremst meint å fungera som ei visualisering og gje ein peikepinn på total kapasitet og på korleis kreftene vandrar i beresystemet til grindabygget. Forsøket gjev for det meste berre sikre svar på korleis eit bygg av nett denne storleiken, med nett denne materialen med nett dette fuktinnhaldet, med nett desse handverksdetaljane og med nett dei mange andre vala me gjorde, tolte påkjenninga.

Handverksforsøket bør derfor ikkje brukast -og er ikkje meint- som rettesnor for dimensjonering av grindabygg.

Det sentrale med handverksforsøket, var å finna ut kva som er dei viktigaste tinga i bygget å tenkja på når ein byggjer, og kva ein kan arbeida systematisk vidare med. Det vil først og fremst vera:

- Handverksdetaljane (skøytplassering og type skøyt på stavleia, utforming sperrehakk o.a.)
- Materialkvalitet og rot/topp-orientering av materialar.
- Generell dimensjonering, breidde og golvlengd
- Takvinklar og tilhøvet til hanebjelken
- Materialtilhøva i fellingane
- Skrevinga

Dimensjonering og material-val i dei gamle bygga er avgjort meir gjennomtenkt enn det kan sjå ut som med moderne briller. Byggjer ein med dei dimensjonane, proporsjonane og materialkvaliteten me henta inn i oppmålingane, står bygget greitt i nokre hundre år. Som med andre tradisjonelle konstruksjonar: Dette gjeld innanfor det geografiske området/den vår/klima-sona konstruksjonen høyrer heime.

6. Forslag til vidareføring av arbeidet

6.1.Oppmåling

Det kan for det første gjerast mykje meir oppmålingar av grindabygg, for å skapa eit større empirisk fundament for vidare arbeid. Det er råd å utvida geografisk til ein større del av grindabygg-området, det opnar også for å gjera interessante samanlikningar mellom variantane av systemet.

Ein kan også gå nærare inn i det talmaterialet som allereie er innhenta, og finna ut meir om kva kunnskap ein kan få derifrå.

Andre typar tradisjonelle konstruksjonar frå andre område kan også handsamast på tilsvarande måte med systematiske oppmålingar, som me har gjort med grindabygget.

6.2. Handverksforsøk, testing og simuleringar

For å arbeida vidare med kapasiteten til grindabygget, kan det gjerast meir handverksforsøk. Det kan også utførast test-seriar av enkelt-delane av bygget, til dømes av betahovudet, betahalsen, stavleier med ulike sperrehakk o.a. Skøytane som er nytta på stavleia er spesielt interessante. Brottestar av ulike typar skøyter i den konteksten skøyten fungerer med kreftene frå sperrene, ville vore svært interessant.

I samband med brottestar kan ein også gå nærare inn på ulike treslag som er nytta. Det eine betahovudet me fann i bjørk, var til dømes berre litt over tommen langt på eit bygg med omlag 5 meters breidde. Dette ville kanskje ikkje halda dersom denne beten var i furu.

Modellering og datasimuleringar vil kunna vera ei god hjelp, der ein kan samanhalda desse med resultat frå gode handverksforsøk eller testing.

Skrevinga reduserer utoverkreftene frå taket, og har antakeleg også andre innverknader på konstruksjonen. Kor mykje og korleis skrevinga påverkar kor mykje krefter som går utover og til slutt vert fanga opp av betahovudet, er eit svært interessant tema. Eit tema som er i slekt med dette, er korleis og kor mykje skytjer/svol utanfor langveggane påverkar konstruksjonen ved å redusera utoverkreftene frå taket.

7. Litteratur, kjelder og vedlegg

7.1. Litteratur

- Helge Schjelderup og Ola Storsletten: (red) «Grindbygde hus i Vest-Norge», NIKU Temahefte 30, 1998.

- Helge Schjelderup og Ola Storsletten: (red) «Grindbygde hus i Vest-Norge. Eksempelsamling», NIKU Temahefte 34, 2000.

- Per Gjærder: «Vestnorske utløer i stavverk», 1977.

- Halvor Vreim: «En stavløe. Et bidrag til belysning av vaare gamle stavhus», 1933.

- Arne Berg: «Reising av stavkonstruksjonar. Sjur Hartveit in memoriam», 1984.

- Ola Tveiten (tilrettelagt av Arne Berg): «Om Hus og bygningsskikkar i Hosanger», artikkel i Norveg, band 3, 1953.

- Ola Tveiten (tilrettelagt av Arne Berg): «Om skukk og skytja i Hosanger», artikkel Osterøy i saga og samtid, 2002.
- Isac Salmonsens: «Salmonsens Konversationsleksikon», 2. utgåve, band 1. 1915.
- Ola Tveiten (tilrettelagt av Arne Berg): «Om Hus og bygningsskikkar i Hosanger», artikkel i Norge, band 3, 1953.
- Jon B Godal, Steinar Moldal, Trond Oalann og Embret Sandbakken: «Beresystem i eldre norske hus» 2009.
- Gunnar Almevik (red.) «Hantverksvetenskap» 2017.

7.2. Kjelder

- Statens filmsentral: «Stavbygging og brakeledning», 1972
- Rune Revheim: Samtalar 1998-2019 og «notat om stavbygg», 2019
- Trond Oalann: Samtalar 2016-2019
- Sven Hoftun og Kjell Gunnar Haraldseid: Samtalar 2015-2019
- Georgios Sokorelis: Samtalar 2015-2019
- Kåre Løvoll: Samtalar i 2018-2019
- Eirik Njåstad og Benjamin Kehlet: Samtalar 2016-2019
- Engineering ToolBox, *Hydraulic Force*. (2009). https://www.engineeringtoolbox.com/hydraulic-force-calculator-d_1369.html [Besøkt 26.10.2019].

7.3 Vedlegg

- 1) Måleskjema med gjennomsnittstal oppsummert
- 2) Måleskjema døme