

Røssevold, Benjamin
Le, Quoc Cuong
Elhanafi, Mohammed Raed

Dimmensjonering av grindbygg

Finne beregnings grunnlag til grindbygg

Bacheloroppgave i Byggingeniør - konstruksjonsteknikk
Veileder: Amin Moazami

Mai 2021



Stadkystbygg

Røssevold, Benjamin
Le, Quoc Cuong
Elhanafi, Mohammed Raed

Dimensjonering av grindbygg

Finne beregnings grunnlag til grindbygg



Bacheloroppgave i Byggingeniør - konstruksjonsteknikk
Veileder: Amin Moazami
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

DIMMENSJONERING AV GRINDBYGG

FORORD

I denne oppgaven skal vi se på den historiske konstruksjonen grindbygg, hva den har blitt brukt til, og hva denne type konstruksjon kan brukes til i framtiden. Vi har fått i oppdrag å lage til en beregningsmodell for grindbygg. Og vi har selv valgt å skrive om bakgrunnen til grindbygg. Når det kommer til beregningsmodellen, velger vi å ta utgangspunkt i den typen grindbygg som Stad Kystbygg AS lager.

Gruppen består av Benjamin Røssevold, Quoc Cuong Le og Mohammed Elhanafi.

Grunnen til at vi har valgt å skrive om grindbygg, er fordi Benjamin har jobbet for Kystbygg som snekker og har litt erfaring med oppføring av grindbygg. I tillegg sa Raymond (Dagligleder) ved Kystbygg at det bare var å ta kontakt, om han ville skrive oppgave for dem, noe han gjorde.

Benjamin fikk være med på å se firmaet utvikle seg fra å være en bedrift som gjorde mye små jobber, og frem mot oppstarten av produksjon av elementhus. Kystbygg har så langt satt opp flere hus og hytter, men kunne også tenkt seg at kunder skal kunne bestille ferdig produserte byggesett i Grindbygg. Som de kan sette opp til kunden, eller kunden setter opp selv. For å kunne gjøre dette, trenger de et system for styrkeberegning, noe som vi har tatt for oss i dette prosjektet.

«Stad Kystbygg er ei bedrift på Stadlandet i Selje Kommune. Vi er ei bedrift som tek vare på lokale byggetradisjonar. Alt frå eldgamle byggkonstruksjonen som «grindbygget» til moderne element produksjon på vår fabrikk på Stadlandet. Våre bygg er bygd for det røffaste storm og vær tilhøve i Norge Dette gir ein unik kvalitet på våre bygg.».

Oppgaven var ikke den letteste, men gjennom hardt arbeid og med godt samarbeid har vi kommet fram til et fornuftig resultat selv om vi støtte på noen problem underveis. Hjelp fikk vi når det var nødvendig. Håper dere som leser oppgaven liker resultatet av dette arbeidet.

19.05.2021

Benjamin Røssevold

Quoc Cuong Le

Mohammed Raed Elhanafi

INNHold

FORORD	1
SAMMENDRAG	3
TERMINOLOGI	3
BEGREPER	3
1 INNLEDNING	5
1.1 OPPGAVEN	5
1.1.1 <i>Bakgrunn</i>	5
2 TEORETISK GRUNNLAG	7
2.1 BYGGETRADISJON I NORGE	7
2.1.1 <i>Grindbygg</i>	7
2.1.2 <i>Bærende konstruksjon</i>	8
2.1.3 <i>Byggemåten</i>	9
3 METODE/TABELLER	12
3.1 KARAKTERISTISK SNØLAST PÅ MARK	12
3.2 KARAKTERISTISK SNØLAST PÅ TAK	12
3.3 BASISVINDHASTIGHET V_B .	13
3.4 STEDSVINDHASTIGHETEN V_M .	14
3.5 VINDKASTHASTIGHET V_P .	15
3.6 HASTIGHETSTRYKKET Q .	15
3.7 LASTFAKTORENS STØRRELSE	16
3.8 DIMENSJONERENDE SPENNINGER.	16
3.9 DIMENSJONERENDE MATERIALFASTHET	17
3.10 NEDBØYNING	19
3.11 KNEKKING	20
3.12 NORSK STANDARD- TABELLER	21
3.13 PROGRAM	27
4 RESULTATER	34
4.1 LASTEN TIL SNØ	34
4.2 LASTEN TIL VIND	35
4.3 BEREGNING BETE I GRINDHUS KONSTRUKSJON	37
4.4 STAV I GRINDBYGG	42
4.5 BEREGNING SKRÅBAND I GRINDBYGG	47
4.6 DRØFTING AV RESULTAT	52
5 KONKLUSJON	55
6 REFERANSER	57
7 VEDLEGG	59
7.1 VEDLEGG1: KODE TIL PROGRAM	59
7.2 VEDLEGG2: INSTRUKSJON PROGRAM	59
7.3 VEDLEGG3: PROGRAM	59
7.4 VEDLEGG4: HISTORISK OM GRINDBYGG	59
7.5 VEDLEGG5: FORPROSJEKTRAPPORT	59

SAMMENDRAG

Dette studiet tar for seg hvordan en kan beregne grindbygg. Noe som ikke er så lett siden grindbygg i seg selv er en statisk ubestemt konstruksjon. Det vil si det er ikke så lett å beregne den med ordinære metoder. Gjennom studie har vi kommet frem til hvordan en kan beregne de forskjellige delene bete, stav og skråbånd. Etter resultat fra håndberegningen har vi laget et dataprogram som tar seg av beregningene mye fortere. Vi har sett på muligheten for bruk av limtre som konstruksjonsvirke i Grindbygg.

De eldste grindbyggene som ennå står er fra 1500-tallet og virker ut til å være en gjennomført byggemåte med røtter enda lengre bak i tid. Konstruksjonen kan være opp mot 4000år gammel.

TERMINOLOGI

Begreper

Bete	Beten er mellom to staver på tvers. Kan også gå under et annet navn som bjelke.
Betehals	Innsmalning mot betehode. Som felles ned i stavøyra.
Betehode	Ligger i enden av beten, og tar opp krefter fra raftehalden og fører dem ned i stav.
Raftehald	Ligger på langs av bygget på toppen av betene og hviler inn mot stavøyra. Sperrene låses i rafthalden.
Grind	Rammekonstruksjon bestående av skråbånd, et stavpar og en bete.
Snebånd	Sneband også kallet for skråbånd. Låser mellom stav og bete. Og mellom stav og raftehald. Fører trykkreftene ned i stav.

Sperrehakk	Spor i raftehalden som sperrene felles ned i.
Stav	Stav som i en rammekonstruksjon. Tar opp både trykk og strekkrefter og fører dem ned i bakken.
Stavøyra	Hakket i toppen av stav som bete går inni og forsetter videre opp for å støtte opp Rafthalden

1 INNLEDNING

1.1 Oppgaven

Oppgaven denne rapporten går gjennom, handler om beregning av grindbygg. Bakgrunnen for oppgaven er at Stad Kystbygg as (her fra forkortet Kystbygg) ønsker å kunne gjøre beregninger av grindbygg, for å kunne dokumentere at styrken i byggene de vil lage, er sterke nok. Resultatet av oppgaven skal være mulig å kunne bruke i en webgenerator/kalkulator. Vi har også valgt å sette søkelys på forhistorien til Grindbygg eller som en også kan kalle det grindverksbygg.

For å kunne beregne et grindbygg må vi finne ut hvilke krefter som virker i bygget og hvilke metoder vi bør bruke. Vi har bestemt oss for å lage et program, for å ha et eksempel på hvordan webgeneratoren kan se ut for et grindbygg.

Kystbygg holder til i Leikanger på Stadlandet. Firmaet har sin egen produksjonshallen. I denne hallen produserer de moduler for å montere sammen til hus og hytter. De produserer også byggesett til grindbygg, som en kan få kjøpt. Noe av problemet med å gjøre grindbygg moderne, er at en må kunne dokumentere styrken på grindbygget. Kystbygg har derfor behov for å kunne styrkebergene konstruksjonen.

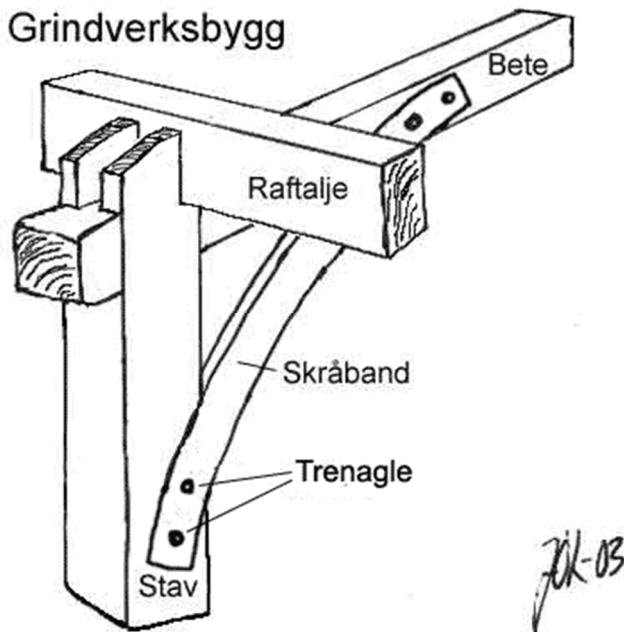
Vi fikk disse problemstillingene av Kystbygg:

- Hvor tett må grindene stå når bredda på bygget økes?
- Når må dimensjonene for konstruksjonsvirke i sammenføyningene mellom stav, bete og raftehald økes, ut ifra ulike parameter (hus bredd, takvinkel, snølast, mm.)
- Hvilken tverrsnitts profil og dimensjon er mest tjenlig for rafthalden/stavlega.
- Kan vi lage fornuftige byggesett i limtre, innenfor standarddimensjoner fra leverandørene?

1.1.1 Bakgrunn

Grindverkbygg er en gammel byggemåte, som er begynt å bli populær igjen de siste tiårene. Konstruksjonen er vanlig i rundt om i Europa, der det er dårlig tilgang på trevirke. En er ikke sikker på hvor gammel konstruksjonen er, men en går ut fra at den er over 3000år gammel. De eldste konstruksjonene i grindverk en ser fortsatt står, er minst 500år gamle.

En liten forklaring på hva et grindbygg er: et grindverksbygg som du også kan kalle det, er en konstruksjon som består av to rammer, som igjen består av bete, stav og skråbånd/snebånd.



Skråbånda er der for å stive av konstruksjonen, men også for å låse den sammen. Taket består av sperrer, som har en not og fjær på toppen som låser de sammen, kan også være lagt opp på andre delen og låst sammen med planke. Grindverks konstruksjon bruker tradisjonelt trenagler for å binde konstruksjonen sammen. Du har en raftehaldene som sperrene hviler på, og raftehalene fordeler vekta fra tak til grind. Beten blir låst i staven ved hjelp av tyngden til taket.

Figur 1-1

Konstruksjonen ble tradisjonelt brukt som uthus, løer, naust og luftige bygg.

Konstruksjonen er utbredt kun på Vestlandet i dag, men en antar at konstruksjonen er over 3000år gammel. Der er lokale forskjeller mellom byggene rundt om på Vestlandet. Det virker ut til å være et skille på snebånda i Sogn og Fjordane og på Sunnmøre. Tradisjonelt så er snebånda i Hordaland og Rogaland krumma slik at buen går inn i bygget. Det er for å sikre for snø. Mens skråbånda nordover, er krumma motsatt slik at det kan ta opp bedre kreftene fra vind.

Vi kan tenke oss at noe av grunnen til at det er kun grindbygg på Vestlandet, er fordi det har vært knapphet på material. Grindbygg lignede konstruksjoner kan en finne utover Europa også, helst i område med lite skog. Konstruksjonen varierer med hvor mange grinder det er, alt etter hvor langt og høyt bygget er. Grindbygg består av to eller flere rammer.

I neste del skal vi ta for oss hva som er av grindbygg og litt mer om teorien bak grindverksbygg og hvorfor en vil beregne/dimensjonere grindbygg.

2 TEORETISK GRUNNLAG

2.1 Byggetradisjon i Norge

Norge har en lang tradisjon innen byggeteknikk og en bygge kultur som stammer helt tilbake til 400- og 500 tallet. Dagens byggeteknikk skiller seg veldig fra hvordan de tidligste konstruksjoner ble utført. Mye skog og tømmer ga gode forutsetninger for å bygge i tre.

2.1.1 Grindbygg

Grindverksbygg, også kalt grindbygg er en gammel byggemetode som en kan finne i bygg fra 1500-tallet, som står den dag i dag. Konstruksjonsteknikken er en videreføring av forhistoriske byggemetoder, der man brukte trevirke som byggemateriale. En kan anta at konstruksjonen er eldre da de eldste byggene som står ser ut til å være en vel utviklet metode. Byggemetoden blir brukt i dag og brukes hovedsakelig på vestkysten av Norge. Grindverk har blitt veldig populær de siste tiårene. Konstruksjonene er mest vanlig å finne fra grense område Romsdalen/Sunnmøre og sørover til Agder.(2)(3)

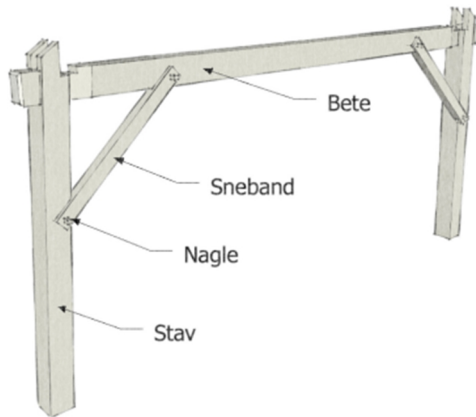
Sannsynligvis har Grindbygg vært brukt i flere sammenhenger før i tiden. I dag brukes slike bygg som oftest i mindre naust, små hus, boder og enkle låvebygninger. Det har blitt funnet grindbygg lignende konstruksjoner med røtter helt tilbake 1000 f.Kr., dermed har denne byggemåten røtter helt tilbake til bronsealderen. På Forsand i Rogaland er det funnet spor etter 3000 år gamle grindbygde hus. Hovedelementene i konstruksjonen består av oppreiste rammer av vertikale stolper og tverrliggende bjelker, s.k. "grinder",F som settes i rekke inntil huset er så langt som man ønsker. (1)(2)



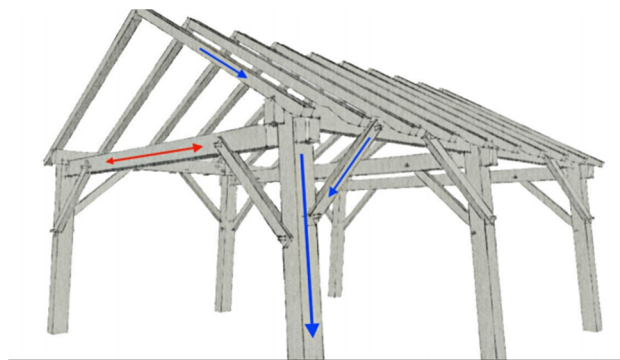
Figur 2-1 Naust bygd i grindverkskonstruksjon. Sunnmøre museum, Ålesund

2.1.2 Bærende konstruksjon

Tradisjonelle byggemetoder er prosjektert etter tilstrekkelig stabilitet og bæreevne, alt etter hva bygget skal brukes som. Grindbygg består av en enkel bærende konstruksjon og regnes som statisk ubestemt. Konstruksjonen består av to eller flere grinder etter hverandre på tvers av husets lengderetning. Grindene er satt sammen av to staver og en tverrbjelke som holder stavene på plass. For å gi stabilitet i grinden er skråbånd/snebånd festet i hver ende av tverrbjelken. Tverrbjelken, også kalt bete, er videre festet til taksperrene i overliggende takkonstruksjon. Knutepunktet mellom taksperre, stav og bete er utformet slik at delene låses sammen ved hjelp av spiker eller nagler. For nyere grindbygg er knutepunktene utformet slik at de passer og lett kan settes sammen (Kleiveland, 2019).



Figur 2-2 En ramme i grindbygg



Figur 2-3 kreftene i et grindbygg

Grindbyggene er mobile i den forstand at konstruksjonen ikke er festet til grunn. Bærende staver/søyler blir plassert på stein uten forankring. Et fritt opplagt grindbygg, krever stabil bærende konstruksjon, som tar opp de lastene bygget kan bli utsatt for. Den vertikale lastoverføringen skjer via taksperrer, bete og stav som vist på Figur 2-3. Lasten går ned i bunn av stav og videre ned i grunn. Snebåndene/skråbånd som er festet til stav og bete har en avstivende funksjon på konstruksjonen, som vist på Figur 2-2. Dette for eventuell horisontal last, som eksempelvis vind, både på langside og kortside av bygget.

2.1.3 Byggemåten

Konstruksjonen i husene som er bygd i grindbygg er kjent for å være veldig solide. Lastfordelingen og lasteteknikken bidrar mye til akkurat dette. Den er selvlåsende ved at tyngden av taket presser rafteholdene utover mot stavøyrene. Dette låser og spenner opp

betene. I mønet presses taksperrene mot hverandre og låses mot hverandre med "klyft". Taket skal helst ha tung kledning, torv eller skifer er et godt eksempel. Dette medfører at bygget "setter seg" skikkelig.

Denne byggemåten har man sett nytten av opp gjennom årene.



Figur 2-4 Grindene er satt opp og rafthaljene lagt på plass.

Konstruksjonsmåten i et grindbygg er forholdsvis ganske enkel. Både montering og demontering vil kunne skje ganske fort i forhold til andre type bygg. Denne fordelten gjør det mulig å sette opp bygget en plass, og deretter demontere det for å så bygge det en annen plass. Bygget kan med andre ord nærmest "flatpakkes" og lett transporteres. Denne prosessen vil da skje med minimalt tap av materialet og vil koste miljøet lite.

En annen fordel ved grindbygg er at den ikke er kresen på hvordan underlaget er. Underlaget i skogen for eksempel, bruker å være nok så ujevnt. Dette i seg selv er ikke til hinder for et grindbygg. I et slikt tilfelle der underlaget er ujevnt, så bruker man vater og vatrere opp stavtoppene. Deretter kappes hver enkelt stav til riktig høyde i forhold til underlaget.

Det er anbefalt at stavene står tørt, gjerne på flate steiner, slik at fukt ikke trekker opp fra bakken. Grindverket er litt fleksibelt, slik at det er ikke absolutt nødvendig at steinene ligger frostfritt. Hele bygget vil "leve med" underlaget. Produksjon av grindverksbygg gir mulighet for lokal verdiskapning med stor grad av egeninnsats, samtidig som det ferdige produktet bærer videre en håndverkskultur med tusenårige tradisjoner i Norge. Med enkle tilpasninger vil byggemåten kunne brukes i dag til f.eks. garasjer, carporter, bolighus, driftsbygninger, mindre service hus, naust, boder o.l(1). I et større perspektiv vil konstruksjonsmåten også kunne ha sin berettigelse langt utover våre grenser, f.eks. i utviklingsland der arbeidskraften og råvarene kan finnes lokalt, men der kapital gjerne er en begrensende faktor. Grindverksbygg kan lett kombineres med bruk av andre materialer, f.eks. stein og leire mellom stavene (1)(2). I områder som er utsatt for stormer eller jordskjelv kan derfor grindverksbygg være en sterk, billig og hensiktsmessig byggemetode.

Det var ikke vanlig å styrke beregne grindbygg og i henhold til å kunne bygge grindbygg som andre typer bygg enn det tradisjonelt er brukt som. Må vi kunne styrke beregne bygget. En kan for eksempel tenke seg å bygge en hytte i grindbygg og isolere mellom stavene og i taket. Og da må en kunne dokumentere styrken på bygget i henhold til gjeldene lover og forskrifter.(1)(2)(3)

3 METODE/TABELLER

3.1 Karakteristisk snølast på mark

Den snømengden som faller ned på et sted varierer sterkt fra landsdel til landsdel, men også lokalt mellom de forskjellige kommunene. I tilleggset (NA) til NS-EN 1991-1-3 er det gitt 50-års last på mark for alle kommunene i landet.

$$S_k = S_{k0} + n\Delta S_k$$

Der

s_k er karakteristisk snølast på mark på byggestedet

s_{k0} = grunnverdien for karakteristisk snølast i kommunen

H_g = høydegrensen for kommunen

$n = (H - H_g)/100$, der n avrundes oppover til nærmeste heltall

Δs_k = snølasttillegg per 100m

3.2 Karakteristisk snølast på tak

Snømengden på mark og på tak er helt forskjellige. Det er flere grunner til det. Det kan være på grunn av vind, utformingen på taket, og/eller takvinkel. På grunn av dette innfører vi en *formfaktor* μ .

Snølast på tak beregnes av formelen

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Der

s = snølast på tak per m^2 horisontalprojeksjon

μ = formfaktoren

C_e = eksponeringsfaktoren

C_t = termisk faktor

s_k = karakteristisk snølast på mark på byggestedet

I de fleste tilfeller kan C_e og C_t settes lik 1,0 (tabell NA.5.1 i NS-EN 1991-1-3 og punkt NA.5.2 i NS-EN 1991-1-3)

Takvinkel α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1(\alpha)$	$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$	$\mu_1(0^\circ) \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_2(\alpha)$	0,8	$0,8 \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	--

Tabell 3.1: Formfaktorer for saltak, pultak og sagtak (Tabell 5.2 i NS 1991-1-3:2003)

3.3 Basisvindhastighet v_b .

Basisvindhastighet er avhengig av korreksjoner for vindretning, årstid og høyden over havet.

$$v_b = C_{dir} \times C_{seson} \times C_{alt} \times C_{prob} \times v_{b,0}$$

C_{dir} er *retningsfaktoren*. Vanligvis antas den mindre for en vindretning som ikke gir maksimale vindstyrker.

C_{seson} er *årstidsfaktoren*. For en konstruksjon som bare er i bruk i en årstid med lite vind kan den settes lavere.

C_{prob} er en faktor som brukes når returperioden velges forskjellig fra normalen som er 50 år.

C_{alt} er *nivåfaktoren*.

Korreksjonsfaktorene til basisvindhastigheten vil altså for lavere strøk i landet kunne settes like 1 i mange tilfeller. Se NA.4.2(2)P(901.2) og NA.4.2(2)P(901.3).

3.4 Stedsvindhastigheten v_m .

Når vinden passerer en fjelltopp eller ås topp, endres vindhastigheten og vindretning. Styrke til vind reduseres også. For å beskrive det bruker man to faktorer som kalles terrengruhetsfaktoren og terrengformfaktoren i stedsvindhastigheten.

$$v_m(z) = C_r(z) \times C_o(z) \times v_b$$

Der:

$C_r(z)$ er terrengruhetsfaktoren

$C_o(z)$ er terrengformfaktoren

Terrengruhetsfaktoren $C_r(z)$ som funksjon av referansehøyden z finnes av følgende formler:

$$C_r(z) = k_r \times \ln(z/z_0) \text{ for } z_{\min} < z < 200 \text{ m}$$

$$C_r(z) = k_r \times z_{\min} \text{ for } z \leq z_{\min}$$

Der

z er referansehøyden. Faktorene k_r , z_0 og z_{\min} finnes i tabell 2.

Terrengruhet	Beskrivelse	k_r	z_0 (m)	z_{\min} (m)
0	Åpent, opprørt hav	0,16	0,003	2
I	Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker	0,17	0,01	2
II	Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær	0,19	0,05	4
III	Sammenhengende småhusbebyggelse, industriområder eller skogsområder	0,22	0,3	8
IV	Byområder der minst 15% av arealet er dekket med bygninger, og deres gjennomsnittlige høyde overskrider 15 m. Granskogsområder.	0,24	1	16

Tabell 3.2: Terrengruhets kategorier med parametere (Tabell NA.4.1 i NS-EN 1991-1-3)

3.5 Vindkasthastighet v_p .

En bygning må motstå det forsterkede vindtrykket som oppstår i de mer kortvarige vindkastene. Grunnlaget for beregning baseres på vindkasthastigheten

$$v_p = v_m(z) \sqrt{1 + 7 \cdot I_v(z)}$$

Der

$v_m(z)$ er stedsvindhastigheten.

$I_v(z)$ er turbulensintensiteten

For referansehøyden $z > z_{\min}$:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)}$$

Der

k_1 er turbulensfaktoren som kan settes lik 1,0.

$c_0(z)$ er terrengformfaktoren som kan settes lik 1,0.

For $z < z_{\min}$ beregnes I_v med $z = z_{\min}$.

z_{\min} og z_0 hentes fra tabell 3.2 ovenfor.

3.6 Hastighetstrykket q .

$$q = 0,625 \times v_p^2$$

Der

q er hastighetstrykket.

v_p er vindkasthastighet.

3.7 Lastfaktorens størrelse

Lastfaktoren γ i bruddgrensetilstanden brukes for de ulike typene av laster. Ligning for B1 og B2 i tabell 3 skal brukes i Norge.

Lastkombinasjoner som skal påvises	Permanente laster		Dominerende variabel last Q_i	Øvrige variable laster Q_i
	Ugunstig	Gunstig		
	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q1}\Psi_{0,1}$	$\gamma_{Qi}\Psi_{0,i}$
B1 (Ligning 6.10a)	1,35	1,00	1,05	1,05(0,90)*
B2 (Ligning 6.10b)	1,20	1,00	1,50	1,05(0,90)*

Tabell 3.3: Lastfaktorer γ inkludert kombinasjonsfaktorer ved forenklet påvisning i bruddgrensetilstanden

*Vi skal bruker verdi 0,9 dersom øvrige variable laster er vindlast eller temperaturlast.

*Unntatt snølast skal ikke andre nyttelast på tak inkluderes i en lastkombinasjon, dersom denne nyttelasten tilhører kategorien øvrige variable laster.

3.8 Dimensjonerende spenninger.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{d,maks}}{W} = \frac{6 \cdot M_{d,maks}}{bh^2}$$

Der

$\sigma_{m,d}$ er dimensjonerende spenning

$M_{d,maks}$ er dimensjonerende moment

W er motstandsmoment

$$\tau_d = \frac{3 \cdot V_{d,maks}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h}$$

Der

τ_d er skjære spenning

$V_{d,maks}$ er skjære kraft

b_{ef} er effektiv bredden.

$b_{ef} = k_{cr} \times b$ (vanligvis settes k_{cr} lik 0,8)

3.9 Dimensjonerende materialfasthet

$$f_d = (f_k \times k_{mod} \times k_h \times k_{sys}) / \gamma_M$$

Der

f_d er dimensjonerende materialfasthet

f_k er karakteristisk materialfasthet

k_{mod} er faktor for lastvarighet og klimaklasse

Materiale	Standard	Klima-klasse	Lastvarighetsklasse				
			Perma-nent last	Langtids-last	Mellom-langtids-last	Korttids-last	Øyeblikks-last
Konstruk-sjonstre	NS-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Limtre	NS-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Parallell-finier	NS-EN 14374 og NS-EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Kryssfinier	NS-EN 636 Type NS-EN 636-1 Type NS-EN 636-2 Type NS-EN 636-3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB-plater	NS-EN 300 OSB/2 OSB/3 og OSB/4 OSB/3 og OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Sponplater	NS-EN 312 Type P4, Type P5 Type P5 Type P6 og Type P7 Type P7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Trefiber-plater, harde	NS-EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 eller 2 HB.HLA 1 eller 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Trefiber-plater, middels harde	NS-EN 622-3 MBH.LA1 eller 2 MBH.HLS1 eller 2 MBH.HLS1 eller 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	–	–	–	0,45	0,80
Trefiber-plater, plater framstilt ved tørremetode (MDF)	NS-EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	–	–	–	0,45	0,80

Tabell 3.4: k_{mod} verdier (Tabell 3.1 i NS-EN 1995-1-1)

k_{sys} er faktor for samvirke

NS-EN 1995-1-1, punkt 6.6 vanligvis setter vi verdien $k_{sys} = 1,1$ og forutsetter at det kontinuerlige lastfordelings systemet kan overføre lastene fra en konstruksjonsdel til den neste.

k_h er høydefaktor

Punkt 3.2 og 3.3 i Konstruksjonstre, NS-EN 1995-1-1 gir at

Høydefaktor for trevirke:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right. \\ \left. 1,3 \right.$$

Høydefaktor for limtre:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \right. \\ \left. 1,1 \right.$$

Der h er høyden av virkesdelen ved bøyning eller bredden av virkesdelen ved strekk

γ_M er partialfaktor for material.

3.10 Nedbøyning

$$w_{maks} = \frac{5pL^4}{384EI}$$

Der

w_{maks} er samlet nedbøyning

p er dimensjonerende last

L er lengden til bjelke

E er E-modul

I er arealtreghetsmoment, $I = (bh^3) / 12$

3.11 Knekking

Staver som er lange i forhold til tykkelsen, det vil si har stor slankhet. Brudd kan skje ved at den knekker ut til siden og bryter sammen for en last som kan være atskillig mindre enn for en kort stav med samme tverrsnitt.

Tverrsnittets treghetsradius:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

Der

i_z er tverrsnittets treghetsradius

I er beregnet tverrsnittets treghetsmoment

A er beregnet tverrsnittets areal

Slankhet:

$$\lambda_z = \frac{L_{kz}}{i_z}$$

Der

λ_z er slankhet

L_{kz} er knekk lengden for en søyle, det er avhengig av innspenningsforholdene

i_z er tverrsnittets treghetsradius

Relativ slankhet:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Der

$\lambda_{rel,z}$ er relativ slankhet

λ_z er slankhet

$f_{c,0,k}$ er karakteristisk materialfasthet

$E_{0,05}$ er E-modul 5 prosent av elastisk

Knekkfaktor:

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

k_z og $k_{c,z}$ kalles sammen som knekkfaktorene.

β_c er knekkfaktor verdi. Det settes for 0,2 for trevirke og 0,1 for limtre.

$\lambda_{rel,z}$ er relativ slankhet

3.12 Norsk standard- tabeller

Under her har en alle tabellene som vi bruker fra norsk standard for beregningene.

	Class	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Strength properties in N/mm²													
Bending	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tension parallel	$f_{t,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tension perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compression parallel	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Compression perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
Shear	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Stiffness properties in kN/mm²													
Mean modulus of elasticity parallel bending	$E_{m,0,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
5 percentile modulus of elasticity parallel bending	$E_{m,0,k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Mean modulus of elasticity perpendicular	$E_{m,90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Mean shear modulus	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Density in kg/m³													
5 percentile density	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Mean density	ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520

Tabell 3.5a: Fasthetsklasser – karakteristiske verdier for gran og furu (tabell 1 i NS-EN 338: 2006)

Property	Symbol	Glulam strength class						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Bending strength	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Tensile strength	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Compression strength	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Shear strength (shear and torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Rolling shear strength	$f_{r,g,k}$	1,2						
Modulus of elasticity	$E_{0,g,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Shear modulus	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Rolling shear modulus	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Density	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	445	460	480	490

Property ^a	Symbol	Glulam strength class						
		GL 20c	GL 22c	GL 24c	GL 26c	GL 28c	GL 30c	GL 32c
Bending strength	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Tensile strength	$f_{t,0,g,k}$	15	16	17	19	19,5	19,5	19,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Compression strength	$f_{c,0,g,k}$	18,5	20	21,5	23,5	24	24,5	24,5
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Shear strength (shear and torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Rolling shear strength	$f_{r,g,k}$	1,2						
Modulus of elasticity	$E_{0,g,mean}$	10 400	10 400	11 000	12 000	12 500	13 000	13 500
	$E_{0,g,05}$	8 600	8 600	9 100	10 000	10 400	10 800	11 200
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Shear-modulus	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Rolling shear modulus	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Density ^b	$\rho_{g,k}$	355	355	365	385	390	390	400
	$\rho_{g,mean}$	390	390	400	420	420	430	440

^a Properties given in this table have been calculated according to 5.1.5 on the basis of the layups given in Table 2. If different layups for a certain strength class lead to different characteristic values the lowest values are given here.

^b Calculated as the weighted mean of the densities of the different lamination zones, see 5.1.5.3, 5th paragraph.

Tabell 3.5b: Fasthetsklasser – karakteristiske verdier for limtre (tabell 4 og 5 i NS-EN 14080)

Klima-klasse	Relativ luftfuktighet RF	Fuktighetsinnhold for trevirke ^a ω	Eksempler
1	RF < 65 %	$\omega < 12$ %	bærende elementer innendørs i rom som vanligvis er oppvarmet loftsbjelkelag og bærende takkonstruksjoner i kalde, men luftede loftsrom over rom som vanligvis er oppvarmet yttervegger i bygninger som vanligvis er oppvarmet og som er beskyttet av dampspærre på varm side og av bl.a. vindspærre
2	65 % ≤ RF ≤ 85 %	12 % ≤ ω ≤ 20 %	bærende elementer i bygninger som vanligvis ikke er oppvarmet, men ventilerte taktro konstruksjoner i friluft, når disse er effektivt beskyttet mot regn og vann.
3	RF > 85 %	$\omega > 20$ %	konstruksjoner som ikke er beskyttet mot regn og vann. konstruksjoner som er i direkte kontakt med terreng. MERKNAD Bare i unntakstilfeller anses tildekte konstruksjoner å tilhøre klimaklasse 3.
^a Tilsvarende omtrentlig fuktighetsinnhold for konstruksjonsvirke av gran og furu ved 20 °C			

Tabell 3.6: Klimaklasser (Tabell NA.901 i NS-EN 1995-1-1)

Lastvarighetsklasse		Eksempler på belastning
Permanent last	mer enn 10 år	egenvekt
Langtidslast	6 måneder-10 år	lagring
Halvårslast	1 uke – 6 måneder	nyttelast på gulv og trafikklast ^a
Korttidslast	mindre enn 1 uke	snølast ^b og trafikklast på broer
Øyeblikkslast	mindre enn 10 sek	vindlast ^b og ulykkeslast
^a Trafikklast fra hensatte kjøretøyer/biler skal betraktes som halvårslast		
^b Under særskilte forhold vil det være riktig å vurdere: - snølast som halvårslast - vindlast som korttidslast		

Tabell 3.7: Lastvarighetklasser (Tabell NA.2.2 i NS-EN 1995-1-1)

Ordinære lastkombinasjoner:	
Konstruksjonstre	1,3
Limtre	1,25
Parallellfiner, kryssfiner, OSB	1,2
Sponplater	1,3
Trefiberplater, harde	1,3
Trefiberplater, middels harde	1,3
Trefiberplater, MDF	1,3
Trefiberplater, porøse	1,3
Forbindelser	1,3
Spikerplater	1,25
Kombinasjoner med ulykkeslast	1,0

Tabell 3.8: Partialfaktorer γ_M for materialegenskaper og bestandighet (Tabell NA.2.3 i NS-EN 1995-1-1)

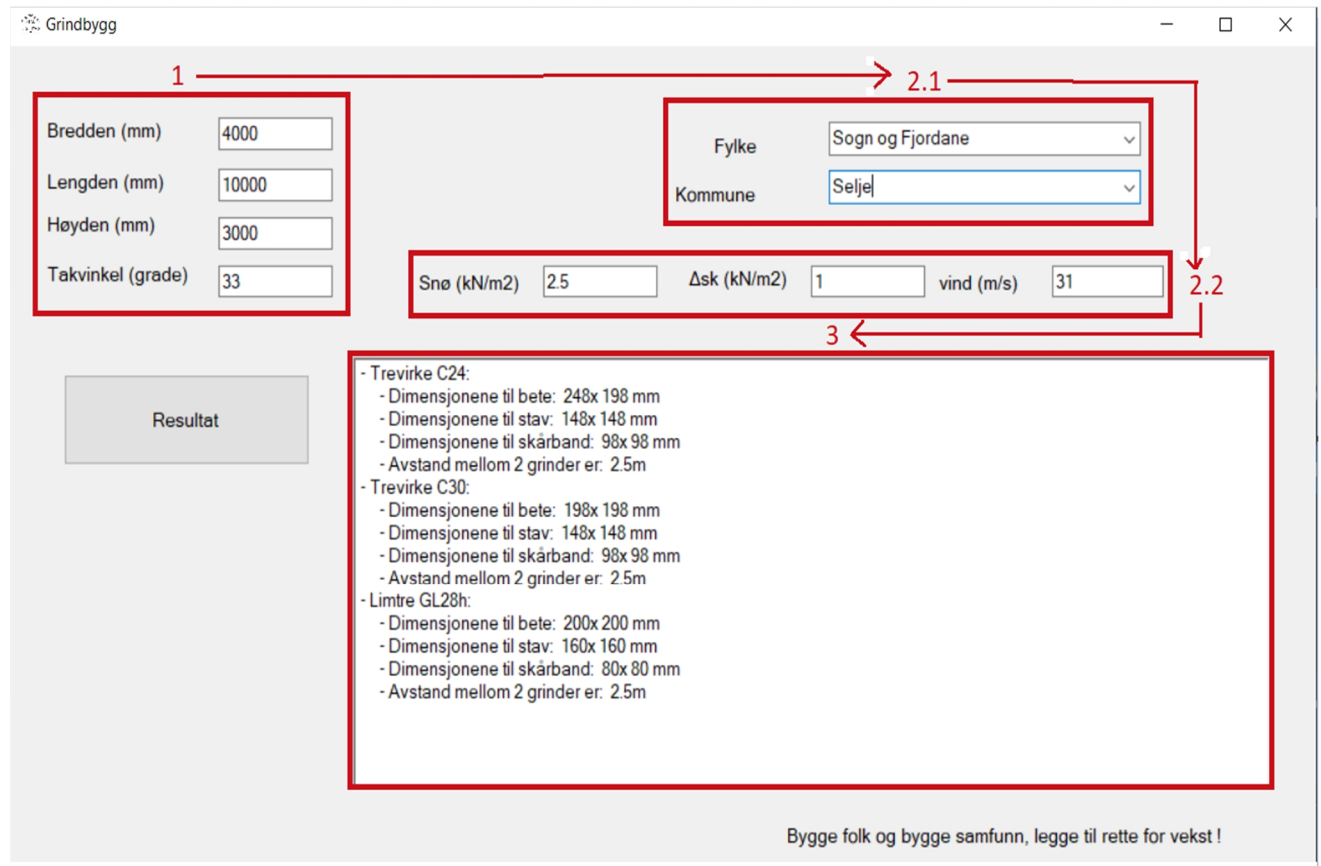
Materiale	Standard	Klimaklasse		
		1	2	3
Konstruksjonstre	NS-EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Limtre	NS-EN 14080	0,60	0,80	2,00
Parallellfiner (LVL)	NS-EN 14374 og NS-EN 14279	0,60	0,80	2,00
Kryssfiner	NS-EN 636			
	Type NS-EN 636-1	0,80	–	–
	Type NS-EN 636-2	0,80	1,00	–
	Type NS-EN 636-3	0,80	1,00	2,50
OSB-plater	NS-EN 300			
	OSB/2	2,25	–	–
	OSB/3 og OSB/4	1,50	2,25	–
Sponplater	NS-EN 312			
	Type P4	2,25	–	–
	Type P5	2,25	3,00	–
	Type P6	1,50	–	–
	Type P7	1,50	2,25	–
Trefiberplater, harde	NS-EN 622-2			
	HB.LA	2,25	–	–
	HB.HLA1 og HB.HLA2	2,25	3,00	–
Trefiberplater, middels harde	NS-EN 622-3			
	MBH.LA1 og MBH.LA2	3,00	–	–
	MBH.HLS1 og MBH.HLS2	3,00	4,00	–
Trefiberplater, plater framstilt ved tørremetode (MDF)	NS-EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	–	–
	MDF.HLS	2,25	3,00	–

Tabell 3.9: Verdier av K_{def} for tre og trebaserte materialer (Tabell 3.2, NS-EN 1995-1-1)

Action	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Imposed loads in buildings, category (see NS-EN 1991-1-1):			
Category A: domestic, residential areas	0,7	0,5	0,3
Category B: office areas	0,7	0,5	0,3
Category C: congregation areas	0,7	0,7	0,6
Category D: shopping areas	0,7	0,7	0,6
Category E: storage areas	1,0	0,9	0,8
Category F: traffic- and parking areas for small vehicles (weight $\leq 30\text{kN}$ and max 8 seats in addition to the driver's seat)	0,7	0,7	0,6
Category G: traffic- and parking areas for medium size vehicles, $30\text{kN} <$ vehicle weight $\leq 160\text{kN}$ on two axles	0,7	0,5	0,3
Category H: roofs	0	0	0
Snow loads (see NS-EN 1991-1-3)	0,7 ¹⁾	0,5 ¹⁾	0,2 ¹⁾
Wind loads (see NS-EN 1991-1-4)	0,6 ¹⁾	0,2 ¹⁾	0 ¹⁾
Temperature (non-fire) in buildings (see NS-EN 1991-1-5)	0,6 ¹⁾	0,5 ¹⁾	0 ¹⁾
¹⁾ Modification for different geographical areas may be required by local authorities.			

Tabell 3.10: Verdier av ψ for bygning (tabell NA.A1.1, NS-EN 1990)

3.13 Program



Figur 3.1: Grindbygg program ved hjelp av Visual Studio 2019

Vi har laget et program ved bruk av Visual Studio 2019 for beregning av grindbygg. Microsoft Visual Studio er et integrert utviklingsmiljø (IDE) for Microsofts.NET plattform. Det brukes til å utvikle dataprogrammer for Microsoft Windows, samt nettsteder eller webtjenester. Visual Studio støtter følgende programmeringsspråk: Visual Basic, C++, C#, Python. Det er en programvare som støtter opprettelse av programmer fra enkelt til avansert. Vi lærte oss selv og laget et enkelt program i dette prosjektet (se vedlegg 1 kode til program og vedlegg 3)

Starter med å importere data om snø og vind fra NS-EN 1993-1-4 og NS-EN 1991-1-4. For å kunne få dataene må en lage en egen .csv -fil. Deretter vil programmet lese og klassifisere dataene i den filen. Nedenfor er en liten del av koden som programmet bruker for å hente data fra .csv-fil.

"Hente snø og vind fra NS-EN

```
FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
```

```
bien = LineInput(1)
```

```
Do While Not EOF(1)
```

```
    bien = LineInput(1)
```

```
    If (bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text) And (bien.Split(",")(1) = ComboBox2.Text) Then
```

```
        txts.Text = bien.Split(",")(2)
```

```
        txtsk.Text = bien.Split(",")(3)
```

```
        txtv.Text = bien.Split(",")(4)
```

```
    End If
```

```
Loop
```

```
FileClose(1)
```

```
End Sub
```

```
Dim kq As System.IO.StreamWriter
```

```
Dim fileBytes As Byte()
```

```
Private Sub ComboBox1_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
```

```
    ComboBox1.SelectedIndexChanged
```

```
    ' Fordele fylke og kommunen
```

```
    ' Importer fra file.csv
```

```
    If ComboBox1.Text = "Ostfold" Then
```

```
        ComboBox2.Items.Clear()
```

```
        FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
```

```
        bien = LineInput(1)
```

```
        Do While Not EOF(1)
```

```
            bien = LineInput(1)
```

```
            If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
```

```
                ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
```

```
End If  
  
Loop  
  
FileClose(1)  
  
Else  
  
End If "
```

Programmet er laget basert på ligninger som vi går igjennom i del 4. Vi har valgt å begrense bredden til under 6,5 meter, lengden til mindre enn 15 meter og høyden er under 4,5 meter under raftehold.

Nedenfor er koden som brukes til å beregne betestørrelsen. Den er laget basert på avsnitt 4.1, 4.2 og 4.3. Forskjellen her er imidlertid at programmet vil kjøre hver verdi av størrelse, fra liten til stor. Det vil teste verdiene og stoppe når størrelsen på bete oppfyller alle kravene. Kravene er utformet med utgangspunkt i Norske Standarder.

```
' Trevirke C24
```

```
  ' Beregning for bete
```

```
gs = snow1 * l1
```

```
ge = (0.5 * l1) / Cos(t1)
```

```
fed = 1.35 * ge + 1.05 * gs
```

```
med = (fed * Pow((b * 0.001), 2)) / 8
```

```
ved = (fed * b * 0.001) / 2
```

```
'Dimensjonrende materialfasthet
```

```
fmd = (24 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3
```

```
fyd = (4 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3
```

```
'Dimensjonerende spenning

Dim ob, tb As Double

' Vong lap

Dim kt_bb, gthb, gtbb, dem As Integer

dem = 0

For hb As Double = 298 To 98 Step -50

    kt_bb = 0

    dem += 1

    For bb As Double = hb To 98 Step -50

        kt_bb += 1

        If kt_bb < 3 Then

            ob = (6 * med * Pow(10, 6)) / (bb * Pow(hb, 2))

            tb = (3 * ved * Pow(10, 3)) / (2 * 0.8 * hb * bb)

            If (ob > fmd) Or (tb > fyd) Then

                GoTo 1

            Else

                gthb = hb

                gtbb = bb

            End If

        End If

    Next bb

Next hb

1:

txtrs.AppendText(" - Trevirke C24: " + vbCrLf +

    " - Dimensjonene til betete: " + Str(gthb) + "x" + Str(gtbb) + " mm" + vbCrLf)
```

Vi gjør det samme med Stav og Skråband.

' Beregning for stav

Dim feds, gb, ay, by, n As Double

$gb = 420 * gthb * gtbb * 9.8 * \text{Pow}(10, -9)$

$feds = 1.35 * (ge + gb) + 1.05 * gs$

$ay = (b * b * 0.5 * feds - h * h * 0.5 * v3) / b * 0.001$

$by = 0.001 * b * feds - ay$

If ay > by Then

n = ay

Else

n = by

End If

'Dimensjonrende materialfasthet

Dim fmds As Double

$fmds = (21 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3$

'txtrs.AppendText("Gia tri fmds: " + Str(fmds))

'Dimensjonerende spenning

Dim os As Double

' Vong lap

Dim kt_bb1, gths, gtbs, dem1 As Integer

dem1 = 0

For hs As Double = 298 To 98 Step -50

kt_bb1 = 0

dem1 += 1

For bs As Double = hs To 98 Step -50

```
    kt_bb1 += 1

    If kt_bb1 < 3 Then

        os = (n * 1000) / (hs * bs)

        If (os > fmds) Then

            GoTo 2

        Else

            gths = hs + 50

            gtbs = bs + 50

        End If

    End If

Next bs

Next hs

'txtrs.AppendText("Gia tri os: " + Str(os))

2:

txtrs.AppendText("    - Dimensjonene til stav: " + Str(gths) + "x" + Str(gtbs) + " mm" + vbCrLf)

' Beregning for skårband

Dim stang As Double

stang = (h * h * v3 * 0.5 + b * b * 0.5 * feds) * 0.47 * Pow(10, -6)

'txtrs.AppendText("Gia tri stang: " + Str(stang) + vbCrLf)

'Dimensjonerende materialfasthet

Dim fmdstang As Double

fmdstang = (21 * 1.1 * 0.6 * 1.1) / 1.3

'txtrs.AppendText("Gia tri fmdstang: " + Str(fmdstang))

'Dimensjonerende spenning
```

```
Dim ostang As Double
```

```
' Vong lap
```

```
Dim kt_bb2, gthstang, gtbstang, dem2 As Integer
```

```
dem2 = 0
```

```
For hstang As Double = 298 To 98 Step -50
```

```
    kt_bb2 = 0
```

```
    dem2 += 1
```

```
    For bstang As Double = hstang To 98 Step -50
```

```
        kt_bb2 += 1
```

```
        If kt_bb2 < 3 Then
```

```
            ostang = (stang * 1000) / (hstang * bstang)
```

```
            If (ostang > fmdstang) Then
```

```
                GoTo 3
```

```
            Else
```

```
                gthstang = hstang
```

```
                gtbstang = bstang
```

```
            End If
```

```
        End If
```

```
    Next bstang
```

```
Next hstang
```

```
'txtrs.AppendText("Gia tri ostang: " + Str(ostang))
```

3:

```
txtrs.AppendText("    - Dimensjonene til skårband: " + Str(gthstang) + "x" + Str(gtbstang) + " mm" +  
vbCrLf +
```

```
    "    - Avstand mellom 2 grindbygg er: " + Str(l1) + "m" + vbCrLf)"
```

Figur 3.1(begynnelsen av kap3.13) viser hvordan programmet ser ut når det er i bruk. Programmet er bygget opp i 3 steg for å gjøre det så enkelt som mulig. Første steg er å skrive inn bredden, lengden, høyden og takvinkelen som en ønsker på bygget.

Neste steg velger en fylke og kommune som bruker/kunde ønsker å sette opp bygget i steg 2.1. Og ut fra valg av fylke og kommune hentes data om snø og vind i boks 2.2 automatisk.

Siste steg er å klikke på resultatknappen. Og da får en fram de 2 vanligste konstruksjonsvirke C24 og C30, pluss limtre i standarden GL28h. Også anbefalt avstand mellom 2 grunder får en ut fra programmet.

4 RESULTATER

Vi vil ta for oss et regneeksempel av et grindbygg på 4mx10m i to forskjellige typer materiale. Ene typen er limtre og andre er konstruksjonsvirke i C24. Tabellen vi bruker er ikke oppdatert med de nye kommune navnene så vi bruker en tabell med de gamle navnene, da de er korrekte for stedet vi tenker bygget plassert.

4.1 Lasten til snø

- ✓ Ved ligning 3.1 og 3.2 finner vi karakteristisk snølast på mark og tak

Selje Kommune gir: $H_g = 150$ m, $\Delta s_k = 1$ og $s_{k0} = 2,5$ kN/m²

Det er lett å finne at $n=1$ og karakteristisk snølast på mark blir $s_k = 3,5$ kN/m²



Figur 4.1: Grindbygg fra tømmer i Sogn og fjordane Kilde: Internett

På forskjellige taktyper vil gi forskjellig snølast på tak, slik at vi innfører en faktor som såkalt *formfaktor* μ . Se på Figur 4.1 utformes tak til Grindbygg som saltak. Som er det eneste brukte på grindbygg.

I eksempel gir det saltak 33 grade, der kan vi finne formfaktor ved Tabell 3.1

$$\mu = (0,8 \times (60-33)) / 30 = 0,72$$

Der få vi snølast på tak:

$$S = 0,72 \times 1 \times 1 \times 3,5 = 2,52 \text{ kN/m}^2$$

4.2 Lasten til vind

Tabell NA.4(901.1) ført opp referansevindhastigheter for alle landets kommuner

Selje kommune gir $v_{b,0} = 31 \text{ m/s}$

I følger ligning 3.3 korreksjonsfaktorene til basisvindhastigheten vil altså for lavere strøk i landet kunne settes like 1 i mange tilfeller. Altså:

$$C_{dir} = C_{season} = C_{alt} = C_{prob} = 1.$$

$$v_b = v_{b,0} = 31 \text{ m/s}$$

Stedsvindhastigheten v_m :

$$v_m(z) = C_r(z) \times C_0(z) \times v_b$$

Se på tabell 3.2 i ligning 3.4 får vi

$$k_r = 0,17 \text{ og } z_{min} = 2$$

$$C_r = 2 \times 0,17 = 0,34$$

$$v_m = 0,34 \times 1 \times 31 = 10,5 \text{ m/s}$$

Vindkasthastighet v_p :

$$v_p = v_m \cdot (1 + 7I_v)^{1/2}$$

Der

$$I_v = k_1 / (C_0 \times \ln(z/z_0))$$

For $z < z_{min}$ beregnes I_v med $z = z_{min}$.

$$z = z_{min} = 2\text{m}$$

$$I_v = 0,19$$

$$\text{Slik at } v_p = 16,3 \text{ m/s}$$

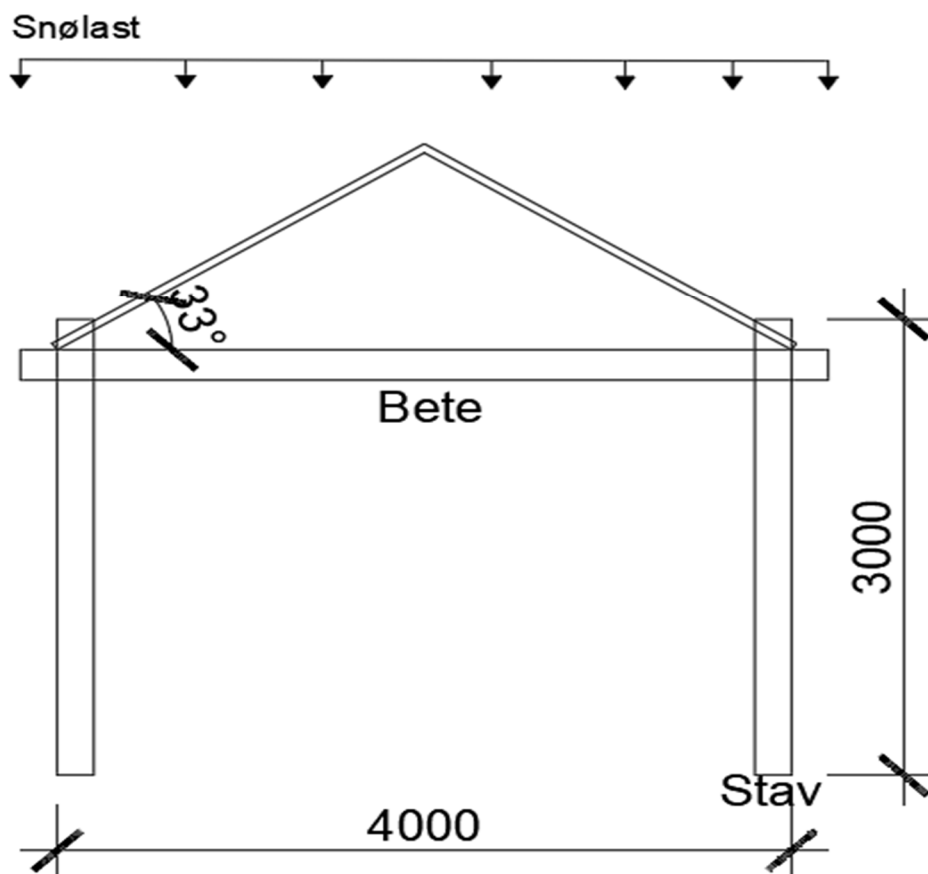
Der finner vi vindlast $q = 0,625 \times 16,3^2 = 166 \text{ N/m}^2$

Vi antar at lastbredd mellom to grunder er $l = 2,5\text{m}$, slik at vindkraft per meter i vegg
beregnes som:

$$v = q \times l = 415 \text{ N/m} = 0,42 \text{ kN/m}$$

4.3 Beregning betete i grindhus konstruksjon

Figur 2 beskriver en skisse fasade til eksempel.



Figur 4.2: Skisse fasade

Vi løser oppgaven ved å velge et tverrsnitt og så påvise at det holder.

Vi foreslår:

<p>Trevirke:</p> <p>Trevirke C24 med $\rho_{\text{mean}} = 420 \text{ kg/m}^3$ (tabell 3.5a) og dimensjon $b \times h = 198 \times 248 \text{ mm}$</p> <p>ü Lastbredde: 2,5m</p>	<p>Limtre:</p> <p>ü Limtre GL 28h med $\rho_{\text{mean}} = 425 \text{ kg/m}^3$ (tabell 3.6b) og dimensjon $b \times h = 200 \times 200 \text{ mm}$ (5 lameller med tykkelsen 40 mm)</p> <p>ü Lastbredde: 2,5m</p>
--	--

<ul style="list-style-type: none"> ü Klimaklasse: 2 (Tabell 3.6) ü Lastvarighetsklasse for nyttelasten: Permanent last (Tabell 3.7) ü Partialfaktor for limtre: $\gamma_M = 1,3$ (tabell 3.8) 	<ul style="list-style-type: none"> ü Klimaklasse: 2 (Tabell 3.6) ü Lastvarighetsklasse for nyttelasten: Permanent last (Tabell 3.7) ü Partialfaktor for limtre: $\gamma_M = 1,25$ (tabell 3.8)
---	--

ü Lastberegning:

Egenlast til snø i tak:

Snølast på tak er $2,5 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow P = 2,5 \text{ kN/m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 6,25 \text{ kN/m}$

Egenlast til tretak med lett platetekning: $0,5 \text{ kN/m}^2$

$\Rightarrow G = (0,5 \text{ kN/m} \times 2,5 \text{ m}) / \cos 33 = 1,5 \text{ kN/m}$

Der finner vi:

Permanent last er $G = 1,5 \text{ kN/m}$

Øvrige variable last er $P = 6,25 \text{ kN/m}$

Dimensjonerende last er: ved bruke ligning i 3.7

Kombinasjon B1:

$$F_{Ed} = q_1 = 1,35 \times g_s \times l_b + 1,05 \times g_t \times l_b \quad (1)$$

Der l_b er avstand mellom to grunder

$$= 1,35 \times G + 1,05 \times P$$

$$= 1,35 \times 1,5 + 1,05 \times 6,25 = 8,6 \text{ kN/m}$$

Kombinasjon B2:

$$F_{Ed} = q_2 = 1,2 \times 1,5 + 1,05 \times 6,25 = 8,4 \text{ kN/m}$$

Vi ser at kombinasjon B1 er større en kombinasjon B2. Derfor velger vi dimensjonerende last B1 for beregning.

Trevirke	Limtre
Dimensjonerende moment og skjærkraft:	Dimensjonerende moment og skjærkraft:
$M_{Ed} = (F_{Ed} \times b^2)/8 \text{ (2)}$	$M_{Ed} = (8,6 \times 4^2)/8 = 17,2 \text{ kNm}$
Der b er bredden til plate	$V_{Ed} = (8,6 \times 4)/2 = 17,2 \text{ kN}$
$M_{Ed} = (8,6 \times 4^2)/8 = 17,2 \text{ kNm}$	Dimensjonerende spenninger:
$V_{Ed} = (8,6 \times 4)/2 = 17,2 \text{ kN}$	$\sigma = 6 M_{Ed} / (bh^2)$
Dimensjonerende spenninger:	$= (6 \cdot 17,2 \cdot 10^6) / (200 \cdot 200^2) = 12,9 \text{ MPa}$
$\sigma = 6 M_{Ed} / (bh^2)$	$\tau = 3 \cdot V_{Ed} / (2 \cdot b_{eff} \cdot h)$
$= (6 \times 17,2 \times 10^6) / (198 \times 248^2) = 8,5 \text{ MPa}$	$= (3 \times 17,2 \times 10^3) / (2 \times 0,8 \times 200 \times 200) = 0,8 \text{ MPa}$
$\tau = 3 \times V_{Ed} / (2 \times b_{eff} \cdot h)$	Fra tabell 3.5b henter vi karakteristisk fasthet:
$= (3 \times 17,2 \times 10^3) / (2 \times 0,8 \times 198 \times 248) = 0,7 \text{ MPa}$	$f_{m,k} = 28 \text{ Mpa}$ $f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
Fra tabell 3.5a henter vi karakteristisk fasthet:	Dimensjonerende materialfasthet:
$f_{m,k} = 24 \text{ Mpa}$ $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$	$f_{m,d} = (f_{m,k} \times k_{mod} \times k_h \times k_{sys}) / 1,25$

<p>Dimensjonerende materialfasthet:</p> $f_{m,d} = (f_{m,k} \times k_{mod} \times k_h \times k_{sys}) / 1,3$ <p>Der:</p> $k_{mod} = 0,6 \text{ (tabell 7)}$ $k_{sys} = 1,1$ $k_h = 0,9$ $f_{m,d} = (24 \times 0,6 \times 0,9 \times 1,1) / 1,3 = 11 \text{ MPa}$ $f_{v,d} = (f_{v,k} \cdot k_{mod} \cdot k_h \cdot k_{sys}) / 1,3$ $= (4 \times 0,6 \times 0,9 \times 1,1) / 1,3 = 1,8 \text{ MPa}$ <p>Kontroll:</p> $f_m > \sigma \text{ OK}$ $f_v > \tau \text{ OK}$ <p>Nedbøyning kontroll</p> <p>Ved hjelp av ligning 3.10 kontrollerer vi nedbøyning i bjelker</p> <p>E- modun = 11 000 MPa (tabell 3.5a)</p> <p>Arealtreghetsmoment:</p> $I_y = (bh^3) / 12 = (198 \times 248^3) / 12$ $= 251,7 \times 10^6 \text{ mm}^4$ <p>Karakteristisk last per bjelke:</p>	<p>Der:</p> $k_{mod} = 0,6 \text{ (tabell 7)}$ $k_{sys} = 1,1$ $k_h = 1,1$ $f_{m,d} = (28 \times 0,6 \times 1,1 \times 1,1) / 1,25 = 16,3 \text{ MPa}$ $f_{v,d} = (f_{v,k} \times k_{mod} \times k_h \times k_{sys}) / 1,25$ $= (3,5 \times 0,6 \times 1,1 \times 1,1) / 1,25 = 2,1 \text{ MPa}$ <p>Kontroll:</p> $f_m > \sigma \text{ OK}$ $f_v > \tau \text{ OK}$ <p>Nedbøyning kontroll</p> <p>Ved hjelp av ligning 3.10 kontrollerer vi nedbøyning i bjelker</p> <p>E- modun = 12 600 MPa (tabell 3.5b)</p> <p>Arealtreghetsmoment:</p> $I_y = (bh^3) / 12 = (200 \cdot 200^3) / 12$ $= 133,3 \times 10^6 \text{ mm}^4$ <p>Karakteristisk last per bjelke:</p> <p>+ Egenlast: $g = 1,5 \text{ kN/m}$</p> <p>+ Nyttelast: $p = 6,25 \text{ kN/m}$</p>
--	--

+ Egenlast: $g = 1,5 \text{ kN/m}$

+ Nyttelast: $p = 6,25 \text{ kN/m}$

Nedbøyning:

+Permanent last

$$W_{\text{inst,G}} = (5 \times g \times L^4) / (384 \times E \times I_y)$$

$$= 1,8 \text{ mm}$$

+Nyttelast:

$$W_{\text{inst,p}} = (5 \times p \times L^4) / (384 \times E \times I_y)$$

$$= 7,5 \text{ mm}$$

Deformasjonsfaktor:

$$k_{\text{def}} = 0,8 \text{ (tabell 3.9)}$$

$$W_{\text{finn,g}} = W_{\text{inst,g}} (1 + k_{\text{def}})$$

$$= 1,8 \cdot (1 + 0,8) = 3,2 \text{ mm}$$

$$W_{\text{finn,p}} = W_{\text{inst,p}} (1 + \psi_{2,1} k_{\text{def}})$$

$$= 7,5 \times (1 + 0,3 \times 0,8) = 9,3 \text{ mm}$$

Der $\psi_{2,1} = 0,3$ (Tabell 3.10)

Samlet nedbøyning:

$$W_{\text{finn}} = 3,2 + 9,3 = 12,5 \text{ mm}$$

Grenseverdi er $L/200 = 20 \text{ mm} > W_{\text{finn}}$

Det er OK!!!

Nedbøyning:

+Permanent last

$$W_{\text{inst,G}} = (5 \times g \times L^4) / (384 \times E \times I_y)$$

$$= 3 \text{ mm}$$

+Nyttelast:

$$W_{\text{inst,p}} = (5 \times p \times L^4) / (384 \times E \times I_y)$$

$$= 12,4 \text{ mm}$$

Deformasjonsfaktor:

$$k_{\text{def}} = 0,8 \text{ (tabell 3.9)}$$

$$W_{\text{finn,g}} = W_{\text{inst,g}} (1 + k_{\text{def}})$$

$$= 3 \cdot (1 + 0,8) = 5,4 \text{ mm}$$

$$W_{\text{finn,p}} = W_{\text{inst,p}} (1 + \psi_{2,1} k_{\text{def}})$$

$$= 12,4 \times (1 + 0,3 \times 0,8) = 15,4 \text{ mm}$$

Der $\psi_{2,1} = 0,3$ (Tabell 3.10)

Samlet nedbøyning:

$$W_{\text{finn}} = 5,4 + 15,4 = 20,8 \text{ mm}$$

Grenseverdi er $L/200 = 20 \text{ mm}$.

Grenseverdi er cirka lik W_{finn}

Det er OK!!!

Vi gjør det samme for å finne størrelsen til raftehald. Siden raftehald og bete utsettes for samme belastning fra tak og snø, blir de vanligvis dimensjonert likt. Videre gjør det også monteringen på skjøtene enklere og raskere.

Gjennom punkt (1) og (2) ovenfor kan vi si at dimensjonerende bredden og avstanden mellom to grunder er avhengig av hverandre. Hvis vi ser egenlast til snø og taksperre er konstant, kan vi finne forholdet mellom dem.

$$M_{Ed} = (F_{Ed} \cdot b^2)/8$$

$$F_{Ed} = 1,35 \times g_t \times l_b + 1,05 \times g_s \times l_b$$

Der kan vi dem til:

$$l = F_{Ed} / (1,35 \times g_t + 1,05 \times g_s)$$

$$F_{Ed} = 8M_{Ed}/b^2$$

$$\text{Der får vi at } l_b = 8M_{Ed} / b^2 \times (1,35 \times g_t + 1,05 \times g_s)$$

$$\text{Vi setter } C = 8M_{Ed} / (1,35 \times g_t + 1,05 \times g_s) = \text{konstant}$$

$$\text{Slik at } l = C / b^2$$

$$\text{Hvis vi endrer } b \text{ til } b_1, \text{ vil vi få en ny } l_1 \text{ som } l_1 = (l \times b^2) / b_1^2 \quad (3)$$

4.4 Stav i grindbygg

Fra del 4.3 ovenfor får vi at:

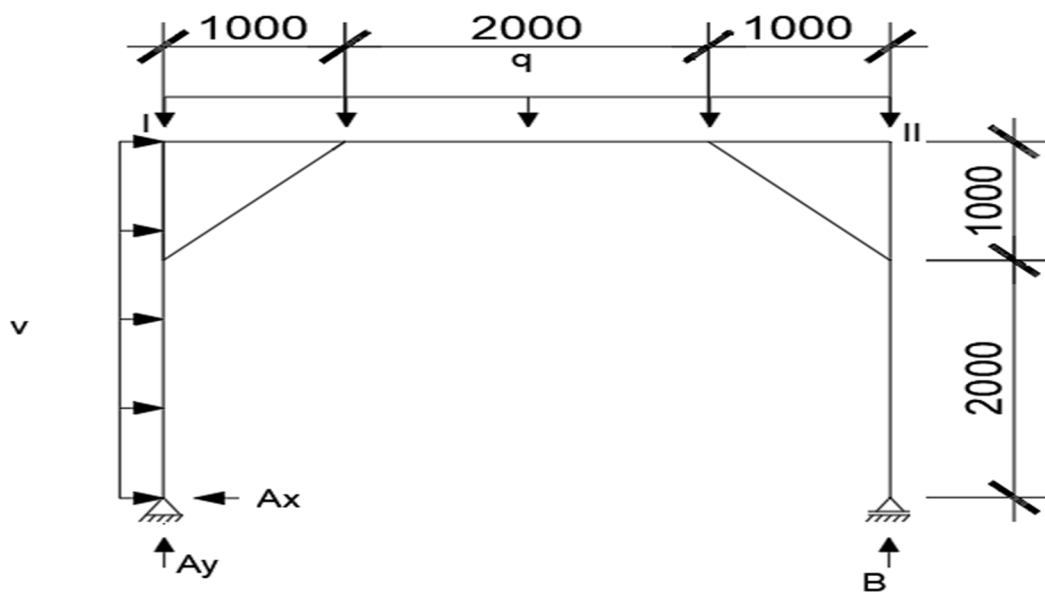
Permanent last:

$$G = 1,5 \text{ kN/m}$$

Øvrige Variable last:

$$P = 6,25 \text{ kN/m}$$

Trevirke	Limtre
Egenlast til betete:	Egenlast til betete:
$g_e = 420 \times 0,198 \times 0,248 \times 9,8$	$g_e = 425 \times 0,2 \times 0,2 \times 9,8$
$= 202 \text{ N/m} = 0,2 \text{ kN/m}$	$= 166,6 \text{ N/m} = 0,17 \text{ kN/m}$
Total permanentlast:	Total permanentlast:
$G + g_e = 1,5 + 0,2 = 1,7 \text{ kN/m}$	$G + g_e = 1,5 + 0,17 = 1,67 \text{ kN/m}$
Kombinasjon B1:	Kombinasjon B1:
$F_{Ed} = q = 1,35 \times 1,7 + 1,05 \times 6,25$	$F_{Ed} = q = 1,35 \cdot 1,67 + 1,05 \times 6,25$
$= 8,9 \text{ kN/m}$	$= 8,9 \text{ kN/m}$



Figur 4.3: Skisse av mekanikk system

I begge to tilfeller har vi samme F_{Ed} . Derfor vil vi finne kreftene som fungerer i begge typer konstruksjonsrammer.

Total moment i punkt B

$$\sum M_B = 0$$

$$A_y \times 4 + 3 \times v \times 1,5 - q \times 4 \times 2 = 0$$

$$A_y \times 4 + 3 \times 0,42 \times 1,5 - 8,9 \times 4 \times 2 = 0$$

$$A_y = 17,3 \text{ kN}$$

Total vertikal kraft i system:

$$\sum F_y = 0$$

$$B = 4 \times q - A_y = 18,3 \text{ kN}$$

Vi ser at $B > A_y$ slik at vi bruker B for kontroll fasthet til stav

$$N_{Ed} = B$$

Horisontal kraft til stav:

$$\sum F_x = 0$$

$$A_x = v \times 3 = 0,42 \times 3 = 1,3 \text{ kN}$$

Trevirke	Limtre
Dimensjonerende trykkspenning:	Dimensjonerende trykkspenning:
$\sigma_{c,0,d} = N/A = 18300 / (148 \times 198)$	$\sigma_{c,0,d} = N/A = 18300 / (160 \times 160)$
= 0,6 MPa	= 0,7 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	Dimensjonerende trykkfasthet
Ved hjelp av tabell 3.5a, 3.6 og 3.8 finner vi verdiene	Ved hjelp av tabell 3.5a, 3.6 og 3.8 finner vi verdiene
$f_{c,0,d} = (f_{c,0,k} \times k_{mod} \times k_h \times k_{sys}) / 1,3$	$f_{c,0,d} = (f_{c,0,k} \times k_{mod} \times k_h \times k_{sys}) / 1,25$

$$= (21 \times 0,6 \times 0,95 \times 1,1) / 1,3 = 10,1$$

MPa

$$k_{\text{mod}} = 0,6$$

$$k_{\text{sys}} = 1,1$$

$$k_h = 0,95$$

$$f_{c,0,k} = 21$$

Kontroll:

$$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d} \text{ (OK)}$$

Kontroll av knekking om y-aksen (sterk aksen)

For søyla med stor lengden krever vi å kontrollere knekking av søyla. Da skal vi gå gjennomfører ved brukt av ligning i 3.11

Tregghetsmoment om y-aksen

$$I_y = (bh^3)/12 = 95,7 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Tverrsnittsarealet

$$A = bh = 29,3 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Tverrsnittets tregghetsradius om y-aksen:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 57,2 \text{ mm}$$

Knekk lengde:

$$l_k = 3\text{m}$$

$$= (28 \times 0,6 \times 0,95 \times 1,1) / 1,25 = 14$$

MPa :

$$k_{\text{mod}} = 0,6$$

$$k_{\text{sys}} = 1,1$$

$$k_h = 0,95$$

$$f_{c,0,k} = 28$$

Kontroll:

$$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d} \text{ (OK)}$$

På grunn av at vi velger dimensjonerende bredde er lik med høyde. Derfor trenger vi å kun kontrollere knekking på y-aksen

Tregghetsmoment om y-aksen

$$I_y = (bh^3)/12 = 54,6 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Tverrsnittsarealet

$$A = bh = 25,6 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Tverrsnittets tregghetsradius om y-aksen:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 46,2 \text{ mm}$$

Knekk lengde:

$$l_k = 3\text{m}$$

$$\text{Slankhet } \lambda_y = l_k / i_y = 65$$

Slankhet $\lambda_y = I_k / i_y = 52,4$

Relativ slankhet:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{52,4}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 0,9$$

$E_{0,05}$ hentes fra tabell 3a

$$k_y = 0,5 (1 + \beta_C \times (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$= 0,5 \cdot (1 + 0,2 \times (0,9 - 0,3) + 0,9^2) = 0,97$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,75$$

Kontroll av knekking om y-aksen:

$$\sigma_{c,0,d} < k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} \text{ (OK)}$$

Kontroll knekking på z-aksen (svake aksen)

Tregghetsmoment om y-aksen

$$I_z = (hb^3)/12 = 53,5 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Tverrsnittsarealet

$$A = bh = 29,3 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Tverrsnittets tregghetsradius om z-aksen:

Relativ slankhet:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{65}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{28}{10500}} = 1,1$$

$E_{0,05}$ hentes fra Tabell 3b

$$k_y = 0,5 \times (1 + \beta_C \times (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$= 0,5 \times (1 + 0,2 \times (1,1 - 0,3) + 1,1^2) = 1,2$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,6$$

Kontroll av knekking om y-aksen:

$$\sigma_{c,0,d} < k_{c,y} \times f_{c,0,d} \text{ (OK)}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 42,7 \text{ mm}$$

Knekk lengde: $l_k = 3 \text{ m}$

Slankhet $\lambda_z = l_k / i_z = 70,3$

Relativ slankhet:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{70,3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,2$$

(Tabell 3a for $E_{0,05}$)

$$\begin{aligned} K_z &= 0,5 \times (1 + \beta_c \times (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \\ &= 0,5 \times (1 + 0,2 \times (1,2 - 0,3) + 1,2^2) = 1,31 \\ &= 0,54 \end{aligned}$$

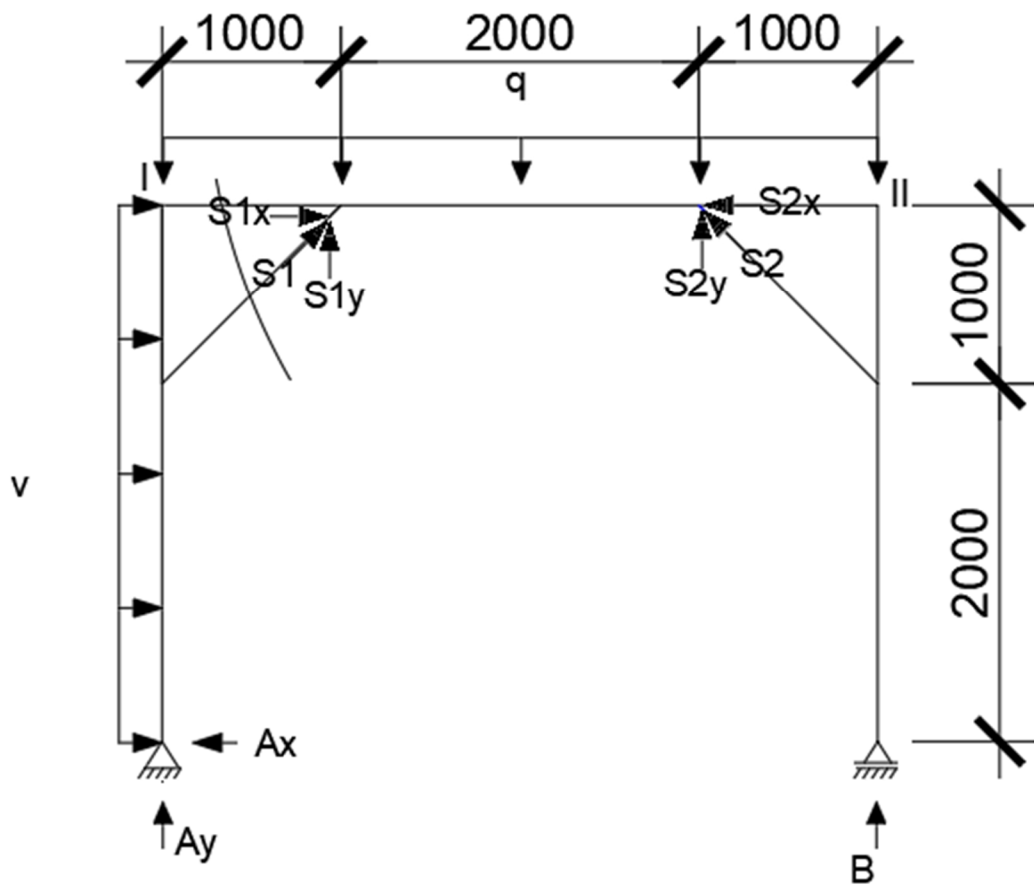
Kontroll av knekking om z-aksen:

$$\sigma_{c,0,d} < k_{c,z} \times f_{c,0,d} \text{ (OK)}$$

4.5 Beregning skråband i grindbygg

Skråbandene danner 45 grader med stav og bete, og avstand mellom de to endene til hjørne I er 1 meter (se på figur 4.4). Altså lengden til skråband er 1,4 meter.

Vi kaller to skråband for S1 og S2. Med cremonaplanet finner vi stangkreftene i fagverket.



Figur 4.4: Skisse for fagverket.

Først kutter vi i stang S2.

$$\sum M_I = 3 \times Ax - 1,5 \times 3 \times v + 2 \times 4 \times q - 3 \times S_{2y} = 0$$

$$3 \times 1,3 - 4,5 \times 0,42 + 8 \times 8,9 - 3 \times S_{2y} = 0$$

$$S_{2y} = 24,4 \text{ kN}$$

Fordi stang S2 danner 45 grader med x-aksen, får vi:

$$S_2 = S_{2y} \times \sqrt{2} = 34,5 \text{ kN (trykk)}$$

Tilsvarende ovenfor vil vi kutte i stang S1.

$$\sum M_{II} = 2 \times 4 \times q - 3 \times S_{1y} = 0$$

$$S_{1y} = 23,7 \text{ kN}$$

$$S_1 = S_{1y} \times \sqrt{2} = 33,6 \text{ kN (trykk)}$$

Vi kan se at stang S1 og S2 har samme dimensjon, slik at vi vil kontrollere stangen som har størst aksial kraft.

Trevirke	Limtre
Vi antar at dimensjon til skråband er b x h= 98 x 98mm	Vi antar at dimensjon til skråband er b x h= 80 x 80 mm og
Dimensjonerende trykkspenning:	Dimensjonerende trykkspenning:
$\sigma_{c,0,d} = N/A = 34500 / (98 \times 98)$	$\sigma_{c,0,d} = N/A = 34500 / (80 \times 80)$
= 3,6 MPa	= 5,4 MPa
Dimensjonerende trykkfasthet	Dimensjonerende trykkfasthet
C24 og Klimaklasse 2 (tabell 3a, 5)	GL28h og Klimaklasse 2 (tabell 3b, 5)
$f_{c,0,d} = (f_{c,0,k} \times k_{mod} \times k_h \times k_{sys}) / 1,3$	$f_{c,0,d} = (f_{c,0,k} \times k_{mod} \times k_h \times k_{sys}) / 1,3$
= (21 x 0,6 x 1,1 x 1,1) / 1,3	= (28 x 1 x 0,6 x 1,1) / 1,25
= 11,7 MPa	= 14,8 MPa
Der $k_{mod} = 0,6$	Der $k_{mod} = 0,6$
$k_{sys} = 1,1$	$k_{sys} = 1,1$
$k_h = 1,1$	$k_h = 1$
$f_{c,0,k} = 21$	$f_{c,0,k} = 28$
Kontroll:	Kontroll:

<p>$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d}$ (OK)</p> <p>Kontroll av knekking:</p> <p>Bredde og høyden av skråbandene er like, da trenger en kun å kontrollere en akse.</p> <p>Knekkning på z-aksen (svake aksene)</p> <p>Tregghetsmoment om y-aksen</p> $I_z = (hb^3)/12 = 7,7 \times 10^6 \text{ mm}^4$ <p>Tverrsnittsarealet</p> $A = bh = 9,6 \times 10^3 \text{ mm}^2$ <p>Tverrsnittets tregghetsradius om z-aksen:</p> $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 28,3 \text{ mm}$ <p>Knekk lengde: $l_k = 1,4 \text{ m}$</p> <p>Slankhet $\lambda_z = l_k / i_z = 49,5$</p> <p>Relativ slankhet:</p> $\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{49,5}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 0,84$ <p>(Tabell 3a for $E_{0,05}$)</p> $K_z = 0,5 (1 + \beta_c \times (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$	<p>$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d}$ (OK)</p> <p>Kontroll av knekking:</p> <p>Bredde og høyden av skråbandene er like, da trenger en kun å kontrollere en akse.</p> <p>Knekkning på z-aksen (svake aksene)</p> <p>Tregghetsmoment om y-aksen</p> $I_z = (hb^3)/12 = 3,4 \times 10^6 \text{ mm}^4$ <p>Tverrsnittsarealet</p> $A = bh = 6,4 \times 10^3 \text{ mm}^2$ <p>Tverrsnittets tregghetsradius om z-aksen:</p> $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 23 \text{ mm}$ <p>Knekk lengde: $l_k = 1,4 \text{ m}$</p> <p>Slankhet $\lambda_z = l_k / i_z = 60,8$</p> <p>Relativ slankhet:</p> $\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{60,8}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{28}{10500}} = 1$
--	--

$= 0,5 \times (1 + 0,2 \times (0,84 - 0,3) + 0,84^2)$ $= 0,91$ $k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,8$ <p>Kontroll av knekking om z-aksen:</p> $\sigma_{c,0,d} < k_{c,z} \times f_{c,0,d} \text{ (OK)}$	<p>(Tabell 3b for $E_{0,05}$)</p> $K_z = 0,5 (1 + \beta_c \times (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$ $= 0,5 \times (1 + 0,1 \times (1 - 0,3) + 1^2)$ $= 1,03$ $k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,78$ <p>Kontroll av knekking om z-aksen:</p> $\sigma_{c,0,d} < k_{c,z} \times f_{c,0,d} \text{ (OK)}$
--	---

Resultat:

- Grindbygg med grunnflate 4x10m og 3m høyde under raffhalden
- Takvinkel på 33 grader
- Lastbredde 2,5m
- Det bygges i tidligere Stad Kommune (tidligere Selje kommune).

Basert på de manuelle beregninger får vi følgende resultat:

Trevirke C24	Limtre GL28h
Bete: 198x248 mm	Bete: 200x200 mm
Stav: 148x198mm	Stav: 160x160mm
Skråband: 98x98mm	Skråband: 80x80mm

4.6 DRØFTING AV RESULTAT

I de foregående avsnittene utførte vi manuelle beregning av grindbygg. I figur 4.5 nedenfor er samme grindbygg beregnet ved bruk av beregning programmet.

Figur 4.5: Eksempel beregning ved hjelp av program.

Vi ser her at manuell dimensjonering av grindbygg gir samme resultat som programmet. I tillegg tilbyr programmet en løsning for material trevirke C30. Med større materialfasthet reduseres nødvendig dimensjon av bete en del, fra 248x198mm til 198x198mm. Dette var blant annet noe av det Kystbygg spurte om i en mail, om det kunne fungere.

Vi gjør noen endringer på input data. På figur 4.6 vil vi øke bredden til 6,5 meter. Vi ser at avstand mellom to grunder minker og dimensjonen til beten øker. Hvis vi ser igjen i punkt (3), ligningen mellom bredden og avstand mellom to grunder (lastbredde), vil vi se at dimensjonerende lastbredde er forskjellig fra verdien til lastbredden som vises i programmet. Det er på grunn av praktisk erfaring fra tømrere. De velger vanligvis avstand mellom to grunder som er fra 2 til 4 meter. Det kommer an på flere ulike krav, for eksempel vind, snø, klima type eller materialet som blir brukt til konstruksjonen.

Grindbygg

Bredden (mm) Fylke

Lengden (mm) Kommune

Høyden (mm)

Takvinkel (grade) Snø (kN/m²) Ask (kN/m²) vind (m/s)

- Trevirke C24:
 - Dimensjonene til bete: 298x 248 mm
 - Dimensjonene til stav: 148x 148 mm
 - Dimensjonene til skårband: 98x 98 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 2m
 - Trevirke C30:
 - Dimensjonene til bete: 248x 248 mm
 - Dimensjonene til stav: 148x 148 mm
 - Dimensjonene til skårband: 98x 98 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 2m
 - Limtre GL28h:
 - Dimensjonene til bete: 280x 240 mm
 - Dimensjonene til stav: 160x 160 mm
 - Dimensjonene til skårband: 80x 80 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 2m

Bygge folk og bygge samfunn, legge til rette for vekst !

Figur 4.6: Konstruksjon med bredden 6,5 meter

På Figur 4.7 er bredden redusert til 3meter. Det anbefales da at avstand mellom to grunder kan øke til 3,3 meter og dimensjonen til bete reduseres til 198x198 mm.

Grindbygg

Bredden (mm) Fylke

Lengden (mm) Kommune

Høyden (mm)

Takvinkel (grade) Snø (kN/m²) Ask (kN/m²) vind (m/s)

- Trevirke C24:
 - Dimensjonene til bete: 198x 198 mm
 - Dimensjonene til stav: 148x 148 mm
 - Dimensjonene til skårband: 98x 98 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 3.33333m
 - Trevirke C30:
 - Dimensjonene til bete: 198x 148 mm
 - Dimensjonene til stav: 148x 148 mm
 - Dimensjonene til skårband: 98x 98 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 3.33333m
 - Limtre GL28h:
 - Dimensjonene til bete: 200x 160 mm
 - Dimensjonene til stav: 160x 160 mm
 - Dimensjonene til skårband: 80x 80 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 3.33333m

Bygge folk og bygge samfunn, legge til rette for vekst !

Figur 4.7: Konstruksjon med bredden 3 meter

Beliggenhet og klima påvirker også bygningens konstruksjon. Figur 4.8 er eksempel på det. Grindbygg bygget i et område som er over 251 meter over havet. I dette området er verdi til snølast på mark høyere enn i lavere område. Det stiller strengere krav til konstruksjons sikkerheten.

The screenshot shows the Grindbygg software interface. On the left, there are input fields for: Bredden (mm) set to 4000, Lengden (mm) set to 10000, Høyden (mm) set to 3000, and Takvinkel (grade) set to 33. On the right, there are dropdown menus for Fylke (Oslo) and Kommune (251-350 m.o.h). Below these are input fields for Snø (kN/m²) set to 5.5, Δsk (kN/m²) set to 0.5, and vind (m/s) set to 22. A 'Resultat' button is located on the left side of the results area. The results area contains a list of specifications for three types of timber: Trevirke C24, Trevirke C30, and Limtre GL28h. At the bottom right, there is a slogan: 'Bygge folk og bygge samfunn, legge til rette for vekst!'.

Parameter	Value
Bredden (mm)	4000
Lengden (mm)	10000
Høyden (mm)	3000
Takvinkel (grade)	33
Fylke	Oslo
Kommune	251-350 m.o.h
Snø (kN/m ²)	5.5
Δsk (kN/m ²)	0.5
vind (m/s)	22

Resultat

- Trevirke C24:
 - Dimensjonene til bete: 248x 248 mm
 - Dimensjonene til stav: 148x 148 mm
 - Dimensjonene til skårband: 98x 98 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 2.5m
- Trevirke C30:
 - Dimensjonene til bete: 248x 198 mm
 - Dimensjonene til stav: 148x 148 mm
 - Dimensjonene til skårband: 98x 98 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 2.5m
- Limtre GL28h:
 - Dimensjonene til bete: 240x 200 mm
 - Dimensjonene til stav: 160x 160 mm
 - Dimensjonene til skårband: 80x 80 mm
 - Avstand mellom 2 grunder er: 2.5m

Bygge folk og bygge samfunn, legge til rette for vekst !

Figur 4.8: Konstruksjon bygget i Oslo og som ligger i området mellom 251 til 350 m.o.h

5 KONKLUSJON

Gjennom prosjektet så skulle vi finne ut hvordan en kan styrkeberegne et grindbygg. Vi har tatt utgangspunkt i et grindbygg på 4 x 10m, og oppdaget ganske fort at vi ikke kunne bruke vanlige beregnings måter for trevirke. Vi sjekket med en veileder om han kunne hjelpe, og bekreftet det vi hadde en mistanke om. Vi måtte bruke en annen måte for å komme frem til resultatet.

Vi kom snart fram til at vi måtte bruke en metode vi hadde lært i statikken. Vi kom også frem til at vi måtte bruke stål og betong teorien for å få rett resultatet.

En kan se på beten som en bjelke med 4 opplagrings punkt, der 2 av de kun tar opp trykkrefter og de 2 andre tar opp trykk og strekk. Skråbåndene tar opp kun trykk mens stavene tar opp både trykk og strekk.

Når prosjektet startet var det å lage et program, noe som ikke var en direkte del av oppgaven, men noe vi kunne gjør om tiden strakk til. Det var heller ikke forventet at gruppen skulle gjøre det, Men siden der var en mulighet, var ikke valget å gjøre det så vanskelig. Vi hadde nok tid og programmet ble bedre enn forventningene våre. Selv om der er noen begrensninger i det, Så er det noe Kystbygg kan jobbe videre med om de bestemmer seg for å lage en webgenerator til nettsiden sin.

Resultatene våre i beregningene er ganske nær virkeligheten, men vi har valgt å beregne i trevirke C24 da vi valgte et forsiktig anslag for styrken på treverket i konstruksjons. Men beregner en at treverket tilfredsstillere C30 kravene, da er en nærmere dimensjonene som en har brukt normalt sett for å bygge grindbygg.

Som en ser oppe i resultater, når en øker bredden på bygget så øker dimensjonene på bete men ikke på stav eller skråbånd. Dette kan bli et problem i forhold til sammenføyningene mellom stav, bete og raftehald. Så det naturlige i forhold til stav og bete ville være å øke dimensjonen på stav, for å gjøre sammenføyningen der sterkere.

Det var også et spørsmål om det kunne lages fornuftige byggesett i limtre for grindbygg. Svaret er ja, det er fullt mulig å lage byggesett i limtre for grindbyggkonstruksjon. Da styrken i limtre er større enn normalt trevirke, kan en redusere dimensjonene som en bruker på bete, men øke litt på stav. Som en ser av resultatene i programmet, så er limtre sterkest på

bete og skråbånd mens på stav er C30 noe sterkere. Konklusjonen er derfor at byggesett i limtre fungerer utmerket.

Gruppen har laget et program for beregning av grindbygg som gir gode resultat som kan brukes. Vi løste oppgaven og fant ut hvordan en beregner et grindbygg selv om det er noe forenklet. Alle resultater er forankret i gjeldene bygge standarder da vi brukte norsk standard som kilde for en god del av arbeidet. Informasjonskilder og kunnskaper er pålitelige, da de mest siteres direkte fra norske bygge standarder og Eurokoder. Kilder er nært knyttet sammen og samlet.

6 REFERANSER

- (1) Kåre Herfindal: Grindbygningen, Innføring i ein byggjeteknikk. 2004, 3.opplag 2018. NORGES HUSFLIDLAG, Vestnorsk kulturakademi. ISBN: 82-91195-29-3
- (2) Helge Schjelderup/ Ola Storsletten. red: GRINDBYGDE, HUS I VEST-NORGE. Seminnarrapport. NIKU – Norsk, Institutt for Kulturminneforskning. NIKU temahefte nr. 30. Oslo 1999. ISBN:82-426-1049-5
- (3) Helge Schjelderup/ Ola Storsletten. red: GRINDBYGDE, HUS I VEST-NORGE. Eksempelsamling. NIKU - Norsk Institutt for Kulturminneforskning. NIKU temahefte nr. 34. Oslo 2000. ISBN:82-426-1186-6
- (4) Jon Godal/ Steinar Moldal: Beresystem i eldre norske trehus. TI-forlaget 1994 ISBN: 82-567-0669-4
- (5) Kleiveland, Magne. «Tradisjonelle grindabygg - Ein handverkar-analyse av kapasitet, dimensjonering og styrke.» Bacheloroppgave. Trondheim/Målselv: NTNU i Trondheim, 15. november 2019.
https://byggghandverk.files.wordpress.com/2020/05/bachelor_levert_15.11.2019_pdf.pdf.
- (6) John Eie, Trekonstruksjoner (Beregning og dimensjonering), 2. utgave 1. opplag 2010. Utgiver: NKI Forlaget AS, Hans Burums vei 30, 1357 Bekkestua. ISBN: 97-882-5627-0521
- (7) Tarald Rørvik, Konstruksjonssikkerhet og belastning, 3. utgave desember 2010
- (8) Øistein Vollen, Statikk og fasthetslære, 2. utgave 6. opplag 2017 Utgiver: NKI Forlaget AS, Universitetsgaten 10, 0164 Oslo. ISBN: 97-8825-6271-528

- (9) Kolbein Bell / Harald Liven, Limtreboka Beregningseksempel, opplag 2018. Utgiver:
Norske Limtreprodusenters Forening
- (10) NS-EN 338:2016, Konstruksjonstrevirke og Fasthetklasser. Standard Norge
2016.
- (11) NS-EN 1995-1-1: 2004, Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner, Del 1-
1: Allmenne regler og regler for bygninger. Standard Norge 2004.
- (12) NS-EN 1991-1-3: 2003, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner, Del 1-3:
Allmenne laster- Snølaster. Standard Norge 2003.
- (13) NS-EN 1991-1-4: 2005, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner, Del 1-4:
Allmenne laster- Vindlaster. Standard Norge 2005.
- (14) NS-EN 1990:2002, Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.
Standard Norge 2002.
- (15) NS-EN 14080:2013, Trekonstruksjoner- Limtre og limt laminert heltre- Krav.
Standard Norge 2013.

7 VEDLEGG

7.1 Vedlegg1: Kode til Program

7.2 Vedlegg2: instruksjon program

7.3 Vedlegg3: program

7.4 Vedlegg4: Historisk om grindbygg

7.5 Vedlegg5: Forprosjektrapport



Kode til Dataprogram

VEDLEGG 1



VEDLEGG 1

Vedlegg 1 Program

```
Imports System.Math
```

```
Imports System.IO
```

```
Imports Microsoft.Office.Interop
```

```
Public Class Form1
```

```
    Dim b, l, h, t, s, sk As Double
```

```
    Dim rs, avstand, snow As Double
```

```
    Dim fileReader, bien, luu, fileName As String
```

```
Private Sub ComboBox2_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs)  
    Handles ComboBox2.SelectedIndexChanged
```

```
    ' Hente snø og vind fra NS-EN
```

```
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
```

```
    bien = LineInput(1)
```

```
    Do While Not EOF(1)
```

```
        bien = LineInput(1)
```

```
        If (bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text) And (bien.Split(",")(1) =  
            ComboBox2.Text) Then
```

```
            txts.Text = bien.Split(",")(2)
```

```
            txtsk.Text = bien.Split(",")(3)
```

```
            txtv.Text = bien.Split(",")(4)
```

```
        End If
```

```
    Loop
```

```
    FileClose(1)
```

```
End Sub
```

```
Dim kq As System.IO.StreamWriter
```

```
Dim fileBytes As Byte()
```

```
Private Sub ComboBox1_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs)  
    Handles ComboBox1.SelectedIndexChanged
```

```
    ' Fordele fylke og kommunen
```

```
    ' Importer fra file.csv
```

```
If ComboBox1.Text = "Ostfold" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
Else
End If
If ComboBox1.Text = "Akerhus" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
Else
End If
If ComboBox1.Text = "Oslo" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
```



```
If ComboBox1.Text = "Hedmark" Then
  ComboBox2.Items.Clear()
  FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
  bien = LineInput(1)
  Do While Not EOF(1)
    bien = LineInput(1)
    If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
      ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
    End If
  Loop
  FileClose(1)
End If

If ComboBox1.Text = "Oppland" Then
  ComboBox2.Items.Clear()
  FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
  bien = LineInput(1)
  Do While Not EOF(1)
    bien = LineInput(1)
    If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
      ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
    End If
  Loop
  FileClose(1)
End If

If ComboBox1.Text = "Buskerud" Then
  ComboBox2.Items.Clear()
  FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
  bien = LineInput(1)
  Do While Not EOF(1)
    bien = LineInput(1)
    If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
      ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
    End If
  Loop
  FileClose(1)
End If

If ComboBox1.Text = "Vestfold" Then
  ComboBox2.Items.Clear()
```

```
FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
bien = LineInput(1)
Do While Not EOF(1)
    bien = LineInput(1)
    If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
        ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
    End If
Loop
FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Telemark" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Aust-Agder" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Vest-Agder" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
```

```
Do While Not EOF(1)
    bien = LineInput(1)
    If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
        ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
    End If
Loop
FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Rogaland" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Hordaland" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Sogn og Fjordane" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
```

```
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "More og Romsdal" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Trondelag" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Nordland" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
```

```
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Troms" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Finnmark" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
    FileClose(1)
End If
If ComboBox1.Text = "Svalbard" Then
    ComboBox2.Items.Clear()
    FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)
    bien = LineInput(1)
    Do While Not EOF(1)
        bien = LineInput(1)
        If bien.Split(",")(0) = ComboBox1.Text Then
            ComboBox2.Items.Add(bien.Split(",")(1))
        End If
    Loop
```

```

    FileClose(1)
End If

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
```

```
    Dim q, u, snow1, v, gs, ge, t1, v1, v2, v3, l1, med, ved, fed, fmd, fyd, m, l2, x As Double
```

```
    b = Val(txtb.Text)
```

```
    h = Val(txth.Text)
```

```
    l = Val(txtl.Text)
```

```
    t = Val(txtt.Text)
```

```
    If txtb.Text = "" Or txth.Text = "" Or txtt.Text = "" Or txtl.Text = "" Or
        Val(txth.Text) > 4500 Or Val(txtb.Text) > 6500 Or Val(txtl.Text)
        > 15000 Or Val(txtt.Text) > 60 Then
```

```
        MsgBox("Skrive feil")
```

```
    Else
```

```
        txtrs.Clear()
```

```
        ' Radian til grade
```

```
        t1 = t * 0.017
```

```
        ' Beregning snø last
```

```
        s = Val(txts.Text)
```

```
        sk = Val(txtsk.Text)
```

```
        snow = s + sk
```

```
        If t < 30 Then
```

```
            u = 0.8
```

```
        Else
```

```
            u = (0.8 * (60 - t)) / 30
```

```
        End If
```

```
        snow1 = u * snow
```

```
        ' Avstand
```

```
        If l = 10000 And b = 4000 Then
```

```
            l1 = l / 4
```

```
        Else
```

```
            l2 = (2500 * Pow(4000, 2)) / (b * b)
```

```

m = l / l2
x = Int(m) + 1
l1 = Round((l / x), 2)
If l1 < 2000 Then
    l1 = 2000
End If
End If
l1 = l1 * 0.001

' Beregning vind last
v = Val(txtv.Text)
v1 = v * 0.34
v2 = v1 * 1.5
q = 0.625 * Pow(v2, 2) * 0.001
v3 = q * l1

' Trevirke C24
' Beregning for bette

gs = snow1 * l1
ge = (0.5 * l1) / Cos(t1)

fed = 1.35 * ge + 1.05 * gs
med = (fed * Pow((b * 0.001), 2)) / 8
ved = (fed * b * 0.001) / 2

'Dimensjonrende materialfasthet

fmd = (24 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3
fyd = (4 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3

'Dimensjonerende spenning
Dim ob, tb As Double

' Vong lap
Dim kt_bb, gthb, gtbb, dem As Integer

```

```

dem = 0
For hb As Double = 298 To 98 Step -50
    kt_bb = 0
    dem += 1
    For bb As Double = hb To 98 Step -50
        kt_bb += 1
        If kt_bb < 3 Then
            ob = (6 * med * Pow(10, 6)) / (bb * Pow(hb, 2))
            tb = (3 * ved * Pow(10, 3)) / (2 * 0.8 * hb * bb)
            If (ob > fmd) Or (tb > fyd) Then
                GoTo 1
            Else
                gthb = hb
                gtbb = bb
            End If
        End If
    Next bb
Next hb

1:
txtrs.AppendText(" - Trevirke C24: " + vbCrLf +
    " - Dimensjonene til bete: " + Str(gthb) + "x" + Str(gtbb) + "
    mm" + vbCrLf)

' Beregning for stav
Dim feds, gb, ay, by, n As Double
gb = 420 * gthb * gtbb * 9.8 * Pow(10, -9)
feds = 1.35 * (ge + gb) + 1.05 * gs
ay = (b * b * 0.5 * feds - h * h * 0.5 * v3) / b * 0.001
by = 0.001 * b * feds - ay
If ay > by Then
    n = ay
Else
    n = by
End If

'Dimensjonrende materialfasthet
Dim fmds As Double
fmds = (21 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3

```



```
'txtrs.AppendText("Gia tri fmds: " + Str(fmds))
```

```
'Dimensjonerende spenning
```

```
Dim os As Double
```

```
' Vong lap
```

```
Dim kt_bb1, gths, gtbs, dem1 As Integer
```

```
dem1 = 0
```

```
For hs As Double = 298 To 98 Step -50
```

```
    kt_bb1 = 0
```

```
    dem1 += 1
```

```
    For bs As Double = hs To 98 Step -50
```

```
        kt_bb1 += 1
```

```
        If kt_bb1 < 3 Then
```

```
            os = (n * 1000) / (hs * bs)
```

```
            If (os > fmds) Then
```

```
                GoTo 2
```

```
            Else
```

```
                gths = hs + 50
```

```
                gtbs = bs + 50
```

```
            End If
```

```
        End If
```

```
    Next bs
```

```
Next hs
```

```
'txtrs.AppendText("Gia tri os: " + Str(os))
```

2:

```
txtrs.AppendText("      - Dimensjonene til stav: " + Str(gths) + "x" + Str(gtbs)
    + " mm" + vbCrLf)
```

```
' Beregning for skårband
```

```
Dim stang As Double
```

```
stang = (h * h * v3 * 0.5 + b * b * 0.5 * feds) * 0.47 * Pow(10, -6)
```

```
'txtrs.AppendText("Gia tri stang: " + Str(stang) + vbCrLf)
```

```
'Dimensjonrende materialfasthet
```

```
Dim fmdstang As Double
```

```
fmdstang = (21 * 1.1 * 0.6 * 1.1) / 1.3
```

```
'txtrs.AppendText("Gia tri fmdstang: " + Str(fmdstang))
```

'Dimensjonerende spenning

Dim ostang As Double

' Vong lap

Dim kt_bb2, gthstang, gtbstang, dem2 As Integer

dem2 = 0

For hstang As Double = 298 To 98 Step -50

 kt_bb2 = 0

 dem2 += 1

 For bstang As Double = hstang To 98 Step -50

 kt_bb2 += 1

 If kt_bb2 < 3 Then

 ostang = (stang * 1000) / (hstang * bstang)

 If (ostang > fmdstang) Then

 GoTo 3

 Else

 gthstang = hstang

 gtbstang = bstang

 End If

 End If

 Next bstang

Next hstang

'txtrs.AppendText("Gia tri ostang: " + Str(ostang))

3:

txtrs.AppendText(" - Dimensjonene til skårband: " + Str(gthstang) + "x" +
Str(gtbstang) + " mm" + vbCrLf +

 " - Avstand mellom 2 grindbygg er: " + Str(I1) + "m" + vbCrLf)

'Tre virke C30

'Beregning for bete

'Dimensjonerende materialfasthet

Dim fmd30, fyd30 As Double

fmd30 = (30 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3

fyd30 = (4 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3

'Dimensjonerende spenning

Dim ob30, tb30 As Double

```

' Vong lap
Dim kt_bb30, gthb30, gtbb30, dem30 As Integer
dem30 = 0
For hb30 As Double = 298 To 98 Step -50
    kt_bb30 = 0
    dem30 += 1
    For bb30 As Double = hb30 To 98 Step -50
        kt_bb30 += 1
        If kt_bb30 < 3 Then
            ob30 = (6 * med * Pow(10, 6)) / (bb30 * Pow(hb30, 2))
            tb30 = (3 * ved * Pow(10, 3)) / (2 * 0.8 * hb30 * bb30)
            If (ob30 > fmd30) Or (tb30 > fyd30) Then
                GoTo 4
            Else
                gthb30 = hb30
                gtbb30 = bb30
            End If
        End If
    Next bb30
Next hb30
4:
txtrs.AppendText("- Trevirke C30: " + vbCrLf +
    " - Dimensjonene til bete: " + Str(gthb30) + "x" + Str(gtbb30) +
    " mm" + vbCrLf)

' Beregning for stav
Dim feds30, gb30, ay30, by30, n30 As Double
gb30 = 460 * gthb30 * gtbb30 * 9.8 * Pow(10, -9)
feds30 = 1.35 * (ge + gb30) + 1.05 * gs
ay30 = (b * b * 0.5 * feds30 - h * h * 0.5 * v3) / b * 0.001
by30 = 0.001 * b * feds30 - ay30
If ay30 > by30 Then
    n30 = ay30
Else
    n30 = by30
End If

```

```
'Dimensjonrende materialfasthet
Dim fmds30 As Double
fmds30 = (24 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.3
'txtrs.AppendText("Gia tri fmds: " + Str(fmds))
```

```
'Dimensjonerende spenning
Dim os30 As Double
```

```
' Vong lap
Dim kt_bb31, gths30, gtbs30, dem31 As Integer
dem31 = 0
For hs30 As Double = 298 To 98 Step -50
    kt_bb31 = 0
    dem31 += 1
    For bs30 As Double = hs30 To 98 Step -50
        kt_bb31 += 1
        If kt_bb31 < 3 Then
            os30 = (n30 * 1000) / (hs30 * bs30)
            If (os30 > fmds30) Then
                GoTo 5
            Else
                gths30 = hs30 + 50
                gtbs30 = bs30 + 50
            End If
        End If
    Next bs30
Next hs30
'txtrs.AppendText("Gia tri os: " + Str(os))
```

5:

```
txtrs.AppendText("    - Dimensjonene til stav: " + Str(gths30) + "x" +
    Str(gtbs30) + " mm" + vbCrLf)
```

```
' Beregning for skårband
Dim stang30 As Double
stang30 = (h * h * v3 * 0.5 + b * b * 0.5 * feds30) * 0.47 * Pow(10, -6)
'txtrs.AppendText("Gia tri stang: " + Str(stang) + vbCrLf)
```

```
'Dimensjonrende materialfasthet
```

```

Dim fmdstang30 As Double
fmdstang30 = (24 * 1.1 * 0.6 * 1.1) / 1.3
'txtrs.AppendText("Gia tri fmdstang: " + Str(fmdstang))

'Dimensjonerende spenning
Dim ostang30 As Double

' Vong lap
Dim kt_bb32, gthstang30, gtbstang30, dem32 As Integer
dem32 = 0
For hstang30 As Double = 298 To 98 Step -50
    kt_bb32 = 0
    dem32 += 1
    For bstang30 As Double = hstang30 To 98 Step -50
        kt_bb32 += 1
        If kt_bb32 < 3 Then
            ostang30 = (stang30 * 1000) / (hstang30 * bstang30)
            If (ostang30 > fmdstang30) Then
                GoTo 6
            Else
                gthstang30 = hstang30
                gtbstang30 = bstang30
            End If
        End If
    Next bstang30
Next hstang30
'txtrs.AppendText("Gia tri ostang: " + Str(ostang))

```

6:

```

txtrs.AppendText("      - Dimensjonene til skårband: " + Str(gthstang30) + "x"
                + Str(gtbstang30) + " mm" + vbCrLf +
                "      - Avstand mellom 2 grindbygg er: " + Str(I1) + "m" + vbCrLf)
'Limtre GL28h

' Beregning for bette
'Dimensjonrende materialfasthet
Dim fmdgl28h, fydgl28h As Double
fmdgl28h = (28 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.25
fydgl28h = (3.5 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.25

```

'Dimensjonerende spenning

Dim obgl28h, tbgl28h As Double

' Vong lap

Dim kt_bbgl28h, gthbgl28h, gtbbgl28h, demgl28h As Integer

demgl28h = 0

For hbgl28h As Double = 320 To 80 Step -40

kt_bbgl28h = 0

demgl28h += 1

For bbgl28h As Double = hbgl28h To 80 Step -40

kt_bbgl28h += 1

If kt_bbgl28h < 3 Then

obgl28h = (6 * med * Pow(10, 6)) / (bbgl28h * Pow(hbgl28h, 2))

tbgl28h = (3 * ved * Pow(10, 3)) / (2 * 0.8 * hbgl28h * bbgl28h)

If (obgl28h > fmdgl28h) Or (tbgl28h > fydgl28h) Then

GoTo 7

Else

gthbgl28h = hbgl28h

gtbbgl28h = bbgl28h

End If

End If

Next bbgl28h

Next hbgl28h

7:

txtrs.AppendText(" - Limtre GL28h: " + vbCrLf +

" - Dimensjonene til bete: " + Str(gthbgl28h) + "x" +
Str(gtbbgl28h) + " mm" + vbCrLf)

' Beregning for stav

Dim fedsgl28h, gbggl28h, aygl28h, bygl28h, ngl28h As Double

gbggl28h = 425 * gthbgl28h * gtbbgl28h * 9.8 * Pow(10, -9)

fedsgl28h = 1.35 * (ge + gbggl28h) + 1.05 * gs

aygl28h = (b * b * 0.5 * fedsgl28h - h * h * 0.5 * v3) / b * 0.001

bygl28h = 0.001 * b * fedsgl28h - aygl28h

If aygl28h > bygl28h Then

ngl28h = aygl28h

Else

ngl28h = bygl28h

End If

'Dimensjonrende materialfasthet

Dim fmdsgl28h As Double

fmdsgl28h = (28 * 1 * 0.6 * 1.1) / 1.25

'txtrs.AppendText("Gia tri fmds: " + Str(fmds))

'Dimensjonerende spenning

Dim osgl28h As Double

' Vong lap

Dim kt_bbggl28h1, gthsgl28h, gtbsgl28h, demgl28h1 As Integer

demgl28h1 = 0

For hsgl28h As Double = 320 To 80 Step -40

kt_bbggl28h1 = 0

demgl28h1 += 1

For bsgl28h As Double = hsgl28h To 80 Step -40

kt_bbggl28h1 += 1

If kt_bbggl28h1 < 3 Then

osgl28h = (ngl28h * 1000) / (hsgl28h * bsgl28h)

If (os30 > fmds30) Then

GoTo 8

Else

gthsgl28h = hsgl28h + 80

gtbsgl28h = bsgl28h + 80

End If

End If

Next bsgl28h

Next hsgl28h

'txtrs.AppendText("Gia tri os: " + Str(os))

8:

txtrs.AppendText(" - Dimensjonene til stav: " + Str(gthsgl28h) + "x" +
Str(gtbsgl28h) + " mm" + vbCrLf)

' Beregning for skårband

Dim stanggl28h As Double

stanggl28h = (h * h * v3 * 0.5 + b * b * 0.5 * fedsgl28h) * 0.47 * Pow(10, -6)

'txtrs.AppendText("Gia tri stang: " + Str(stang) + vbCrLf)

```

'Dimensjonrende materialfasthet
Dim fmdstanggl28h As Double
fmdstanggl28h = (28 * 1.1 * 0.6 * 1.1) / 1.25
'txtrs.AppendText("Gia tri fmdstang: " + Str(fmdstang))

'Dimensjonerende spenning
Dim ostanggl28h As Double

' Vong lap
Dim kt_bbgl28h2, gthstanggl28h, gtbstanggl28h, demgl28h2 As Integer
demgl28h2 = 0
For hstanggl28h As Double = 320 To 80 Step -40
    kt_bbgl28h2 = 0
    demgl28h2 += 1
    For bstanggl28h As Double = hstanggl28h To 80 Step -40
        kt_bbgl28h2 += 1
        If kt_bbgl28h2 < 3 Then
            ostanggl28h = (stanggl28h * 1000) / (hstanggl28h * bstanggl28h)
            If (ostanggl28h > fmdstanggl28h) Then
                GoTo 9
            Else
                gthstanggl28h = hstanggl28h
                gtbstanggl28h = bstanggl28h
            End If
        End If
    Next bstanggl28h
Next hstanggl28h
'txtrs.AppendText("Gia tri ostang: " + Str(ostang))
9:
txtrs.AppendText("    - Dimensjonene til skårband: " + Str(gthstanggl28h) +
    "x" + Str(gtbstanggl28h) + " mm" + vbCrLf +
    "    - Avstand mellom 2 grindbygg er: " + Str(I1) + "m" + vbCrLf)

End If

```


End Sub

Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles Me.Load

 ' Hente file.excel

 OFD.Filter = "txt files (*.txt)|*.txt|csv files (*.csv)|*.csv|All files (*.*)|*.*"

 OFD.FilterIndex = 2

 OFD.ShowDialog()

 fileName = OFD.FileName

 FileOpen(1, fileName, OpenMode.Input)

 bien = LineInput(1)

 dem = 0

 luu = ""

 Do While Not EOF(1)

 bien = LineInput(1)

 If bien.Split(",")(0) <> luu Then

 ComboBox1.Items.Add(bien.Split(",")(0))

 End If

 luu = bien.Split(",")(0)

 Loop

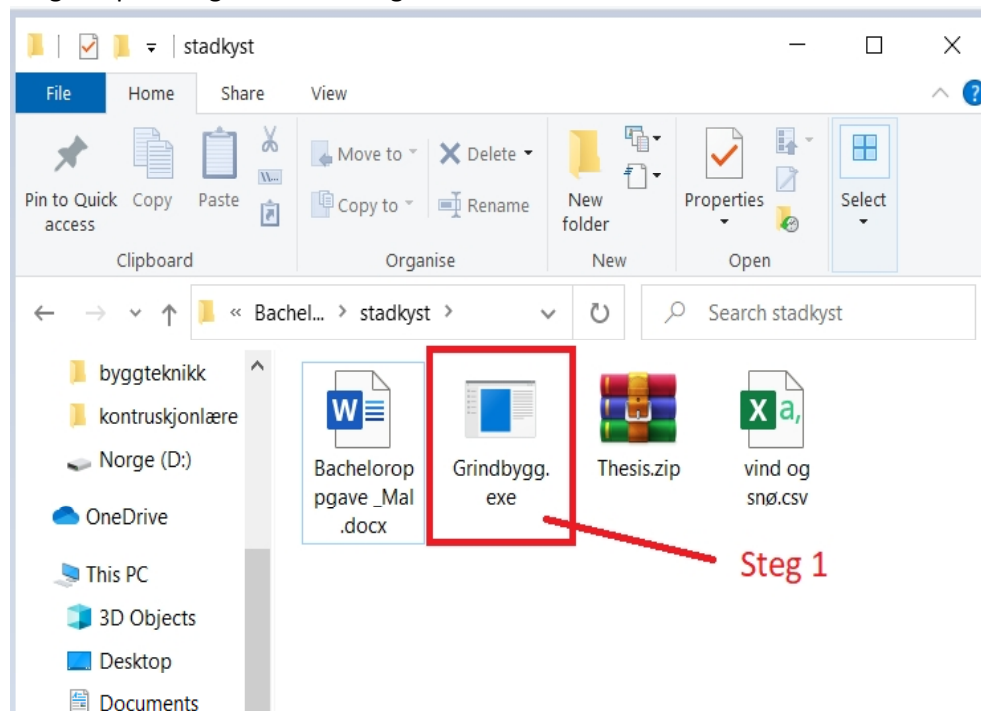
 FileClose(1)

End Sub

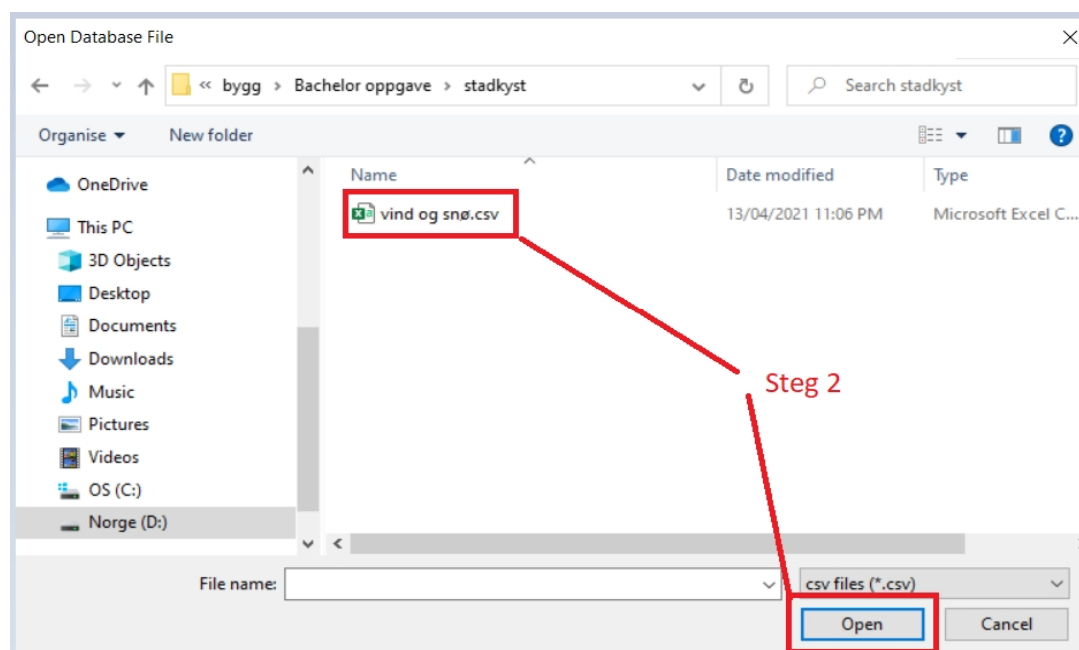
End Class

Instruksjon til Grindbygg Program

Steg 1: Åpen Program som vanlig



Steg 2: Velg snøogvind.csv file og åpen den



Steg 3: Fyll opp dimensjonene til grindbygg og byggsted. Derret klikk på Resultat!

Grindbygg

Bredden (mm)

Lengden (mm)

Høyden (mm)

Takvinkel (grader)

Snø (kN/m²) Δsk (kN/m²) vind (m/s)

Fylke

Kommune

Bygge folk og bygge samfunn. legge til rette for vekst !



Vedlegg4

Historisk om grindbygg og litt mer



Innhold

Byggetradisjon i Norge	1
Grindbygg.....	1
Bærende konstruksjon	2
Byggemåten.....	3
Steg for Steg for reising av et Grindbygg	7
Grindbygde hus i Hordaland	10
Utbredelsen av Grindbyggverk i Hordaland fylke	10
OMFANG AV GRINDBYGG.....	11
GRINDBYGGGA – TO KLOSTERLØER OG TO GARDSLØER	13
Stavkirker og hus av Grindbygg.....	14

Byggetradisjon i Norge

Norge har en lang tradisjon innen byggeteknikk og en byggekultur stammer fra så langt som 400- og 500 tallet. Den skiller seg veldig fra hvordan de tidligste konstruksjoner ble bygget. Dagens bruk av tre og stein som byggemateriale var de tidligste konstruksjonene stammer helt fra viktigtiden med bruk av trevirke i sine konstruksjoner. Mye skog og tømmer ga gode forutsetninger for å bygge i tre.

Grindbygg

Grindverksbygg, også kalt grindbygg er en gammel byggemetode som stammer fra 1500-tallet. Konstruksjonsteknikken er en videreføring av forhistoriske byggemetoder der man brukte trevirke som byggemateriale. Byggemetoden blir brukt i dag og brukes hovedsakelig på vestkysten av Norge.

Grindverksbyggene finner på veldig mange steder i landet. De mest vanlige plasseringene av slike bygg finner vi stort sett i Vest-Norge, fra Rogaland til Møre. Sannsynligvis har Grindbygg vært brukt i flere sammenhenger før i tiden. I dag brukes slike bygg som oftest i mindre naust, små hus, boder og enkle låvebygninger. Det har blitt funnet grindbygg med røtter helt tilbake 1000 f.kr, dermed har denne byggemåten røtter helt tilbake til bronsealderen. På Forsand i Rogaland er det funnet spor etter 3000 år gamle grindbygde hus.

Hovedelementene i konstruksjonen består av oppreiste rammer av vertikale stolper og

tverrliggende bjelker, s.k. "grinder", som settes i rekke inntil huset er så langt som man ønsker.



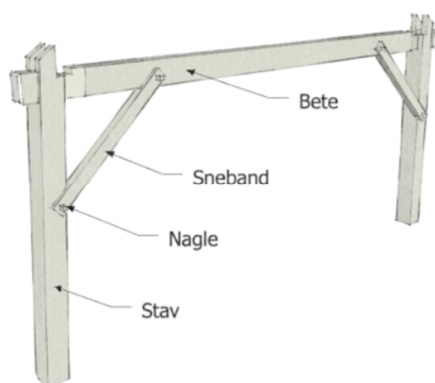
Båtskot bygd som grindverksbygg. Sunnmøre museum, Ålesund.

Bærende konstruksjon

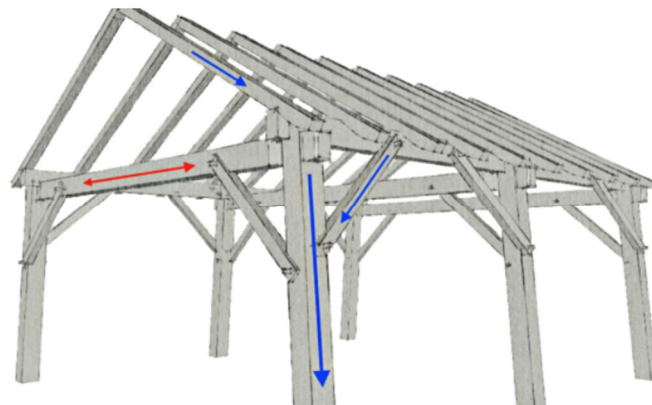
Tradisjonelle byggemetoder er prosjektert etter tilstrekkelig stabilitet og bæreevne, alt etter hva bygget skal brukes som. Grindbygg består av en enkel bærende konstruksjon og regnes som statisk ubestemt. Konstruksjonen består av to eller flere grinder etter hverandre på tvers av husets lengderetning. Grindene er satt sammen av to staver og en tverrbjelke som holder stavene på plass. For å gi stabilitet i grinden er skråbånd/snebånd festet i hver ende av tverrbjelken. Tverrbjelken, også kalt bete, er videre festet til taksperrene i overliggende



takkonstruksjon. Knutepunktet mellom takspærre, stav og bete er utformet slik at delene låses sammen ved hjelp av spiker eller nagler. For nyere grindbygg er knutepunktene utformet slik at de passer og lett kan settes sammen (Kleiveland, 2019).



Figur 1, Grindkonstruksjon



Figur 2, Horizontal-vertikal lastoverføring

Grindbyggene er mobile i den forstand at konstruksjonen ikke er festet til grunn. Bærende staver/søyler blir plassert på stein uten forankring. Et fritt opplagt grindbygg, krever stabil bærende konstruksjon som tar opp de lastene bygget kan bli utsatt for. Den vertikale lastoverføringen skjer via takspærre, sperrebånd og stav som vist på Figur 2. Lasten går ned i bunn av stav og videre ned i grunn. Snebåndene som er festet til stav og bærende bjelker har en avstivende funksjon på konstruksjonen, som vist på Figur 1. Dette for eventuell horisontal last, som eksempelvis vind, både på langsiden og kortsiden av bygget.

Byggemåten

Konstruksjonsmåten i husene som er bygd på grindmåten er kjent for å være veldig solid. Lastfordelingen og laserteknikken bidrar mye til akkurat dette. Den er selvlåsende ved at tyngden av taket presser rafthaldene utover mot stavtoppene. Dette låser og spenner opp betene. I mønet presses taksperrene mot hverandre og låses mot hverandre med "klyft".

Taket skal helst ha tung kledning. torv eller skifer er et godt eksempel. Dette medfører at bygget "setter seg" skikkelig.

Denne byggemåten har mann sett nytten av opp gjennom årene.



Grindene er satt opp og rafthaljene lagt på plass. Stavene vatres opp

Første dagen ved nyåret 1992, ble store deler av Norge truffet av en stor og omfattende orkan. Denne var tidenes sterkeste målte storm på det norske fastlandet.

Det ble stedvis gjort stor skade på bebyggelse og skogsområder. Meteorologisk institutt har beregnet at en så kraftig orkan statistisk sett bare vil forekomme hvert 200. år I forbindelse med denne nyttårsorkanen i 1992, raserte mange bygninger, men knapt noen av disse var grindverkbygde. Det ble også sagt at noen grindbygde låver har vært forsøkt revet med traktor, gravemaskin og wire, men uten at det hjalp.

Som nevnt tidligere, så festes slike bygg opp med en slags låsmekanisme som setter det godt på plass. Dermed vil hele konstruksjonen kunne bestå av treverk. Man er altså ikke avhengig av store bolter og skruer for å sette opp konstruksjonen. Det betyr da at så å si hele materialet kan tas ut og foredles lokalt, uten å måtte fraktes lange avstander for å deretter sorteres og gjenvunnet. Dette har altså en positiv virkning på miljøet. Alle råvarene vil kunne gjenvinnes lokalt.



Dette uthuset på Bjørkedalen i Volda er er bare bygd halvvegs ferdig. Oppbyggingen av konstruksjonen er godt synlig. Bygget er satt opp ved en landhandel som bod for panteflasker, og er et miljøskapende element.

Konstruksjonsmåten i et grindbygg er forholdsvis ganske enkel. Både montering og demontering vil kunne skje ganske fort i forhold til andre type bygg. Denne fordelten gjør det mulig å sette opp bygget en plass, og deretter demontere det for å så bygge det en annen plass. Bygget kan med andre ord nærmest "flatpakkes" og lett transporteres. Denne prosessen vil da skje med minimalt tap av materialet og vil koste miljøet lite.

En annen fordel ved grindbygg er at den ikke er kresen på hvordan underlaget er. Underlaget i skogen for eksempel, bruker å være nok så ujevnt. Dette i seg selv er ikke til hinder for et grindbygg. I et slikt tilfelle der underlaget er ujevnt, så bruker man water og awwater stavtoppene. Deretter kappes hver enkelt stav til riktig høyde i forhold til underlaget.



Det er anbefalt at stavene står tørt, gjerne på flate steiner, slik at fukt ikke trekker opp fra bakken. Grindverket er litt fleksibelt, slik at det er ikke absolutt nødvendig at steinene ligger frostfritt. Hele bygget vil "leve med" underlaget. Produksjon av grindverksbygg gir mulighet for lokal verdiskapning med stor grad av egeninnsats, samtidig som det ferdige produktet bærer videre en håndverkskultur med tusenårige tradisjoner i Norge. Med enkle tilpasninger vil byggemåten kunne brukes i dag til f.eks. garasjer, carporter, bolighus, driftsbygninger, mindre servicehus, naust, boder o.l. I et større perspektiv vil konstruksjonsmåten også kunne ha sin berettigelse langt utover våre grenser, f.eks. i utviklingsland der arbeidskraften og råvarene kan finnes lokalt, men der kapital gjerne er en begrensende faktor. Grindverksbygg kan lett kombineres med bruk av andre materialer, f.eks. stein og leire mellom stavene. I områder som er utsatt for stormer eller jordskjelv kan derfor grindverksbygg være en sterk, billig og hensiktsmessig byggemetode.

Steg for Steg for reising av et Grindbygg

1. Grindene i et grindbygg settes sammen før de reises opp. Etter at de er satt sammen, settes de opp i rekkefølge en etter en. Stavene skal ikke stå oppreist helt beint. Stavene skal stå med noe helling innover.
Ned langs bakken skal stavleggene og langsgående skråband ligge klar.





2. Etter at den første stavleggen er kommet på plass, blir grindene festet og bundet sammen på husets lengste side. Tollepinnen er boret ned i hver bete. Den holder stavleggen i posisjon sammen med stavøyrene.



3. Etter at andre stavlegg og skråbåndet er på plass, er grindbygget er komplett, avstivet. Neste steg er å klargjøre taksperrene for montering av tak.



4. De hakkene som er i hvert sperr skal ligge mot hakkene i stavleggen. De kan også låses fast ved bruk av trenagler. I mønet er sperrene satt sammen ved tre planker. Det kan også brukes not og penn og en tre planke om man heller ønsker det. Nå kan det oppi sperrene settes solide spikerslag eller lekter for å feste skiferheller. Dette var vanlig i Hardang. Eller så kan det kan legges horisontal taktro som underlag for never og torv.

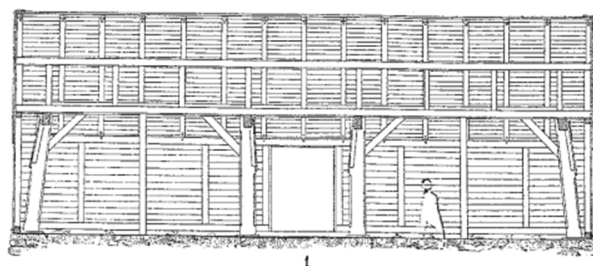


Grindbygde hus i Hordaland

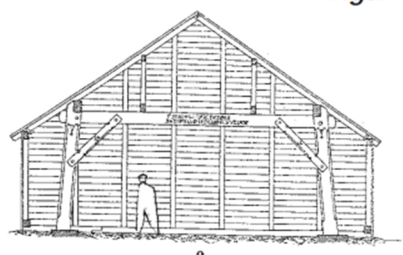
Utbredelsen av Grindbyggverk i Hordaland fylke

Vi finner grindbygde hus ganske spredt over hele fylket. Det varierer på hvilken typer det Grindbygg. Et eksempel er naustbygg. Det finner vi spredt over hele fylket.

Naustbygg finner vi bygget både av stein, grindverk og lafteverk. Det er heller ingen tydelige sammenhenger materialbesparende bygninger og tilgang på treverk. Det finnes for eksempel flere laftanaust på Radøy, som er kjent for lite skog, enn det vi finner på områder rundt Varaldsøy, som er kjent for det motsatte.

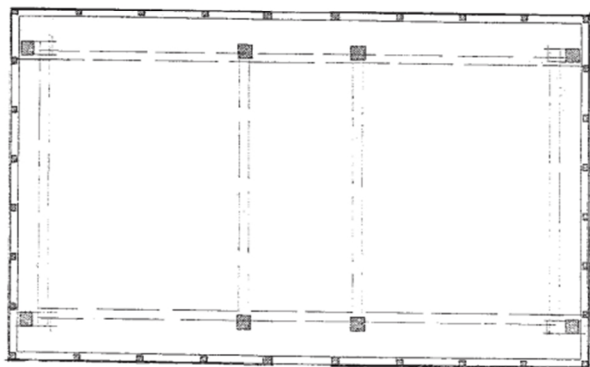


1



2

10 M



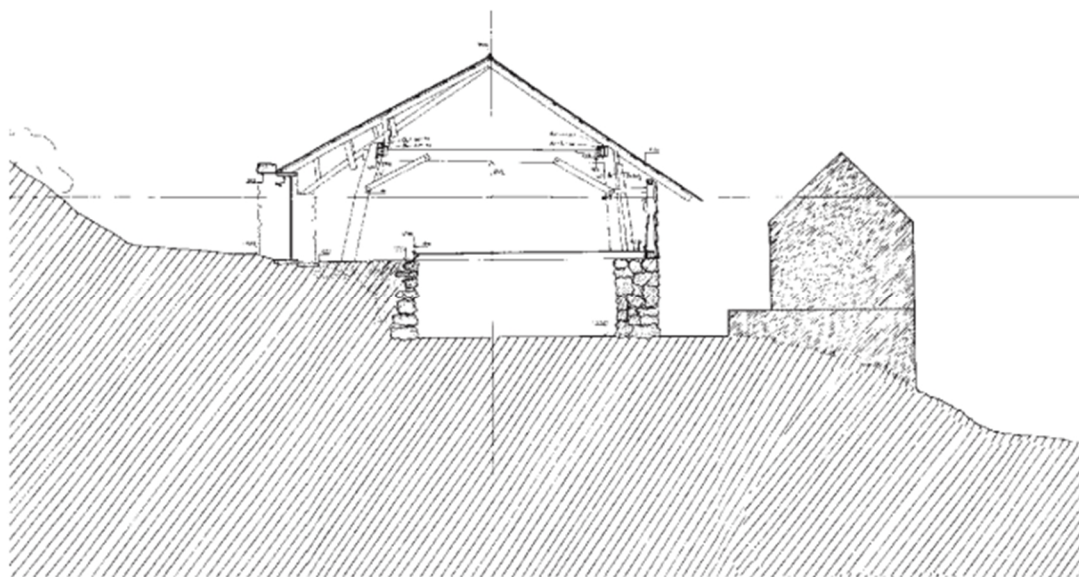
4c

GRINDABYGD LØE. LYSEKLOSTER. HORDALAND
J. MEYER 1889 (NICOLAYSEN 1894)

De største grindbyggkonstruksjonene med de klareste detaljene finner vi i løene. Den største utfordringen innen denne bygningstypen. Bygging av løer i grindverk har derfor vært den største byggetekniske utfordringa, og det kan være her vi finn grunnlaget for utviklinga av detaljene. På Voss er løene på gardene i regelen lafta. De eldste løene hadde 3 rom, høybrot og kornbrot på hver side av låvegulvet; en velkjent type også på Østlandet. Området

med lafta løer på Voss breier seg videre inn i deler av Indre Sogn. I utkantene av Voss finn vi område der både lafta løer og grindbygde løer er vanlig. I Granvin ser det ut til at lafta løer var mest vanlig i riktig gammel tid og at grindverket overtok som en løe-konstruksjon omkring år 1800. Tilsvarende utvikling kan spores i Evanger. I disse områda vart grindverket heilt dominerende på 1800-talet, men det kan ikke påstås at lafteverket var tilsvarende dominerende før dette. Et anna unntak fra hovedregelen finner vi i Røldal. Her er det ofte et eller to lafta brøytet i løe-bygningene, men kombinasjon av grindverk og lafteverk i samme bygning er svært vanlig. I Røldal er det svært snøtungt og ikke furuskog. Lafteverk av bjørk gir større styrke enn grindverk i bjørk. I tillegg kan vi nok regne med en kulturpåvirkning fra Telemark. I resten av Hordaland er løene grindbygde, og denne konstruksjonen var vanlig ved nybygg helt inn til vårt nåværende århundre.

Løene er av 2 typer, en med flor i kjelleren og en med lafta flor stående mellom stavene med florsinngang gjennom et forskt

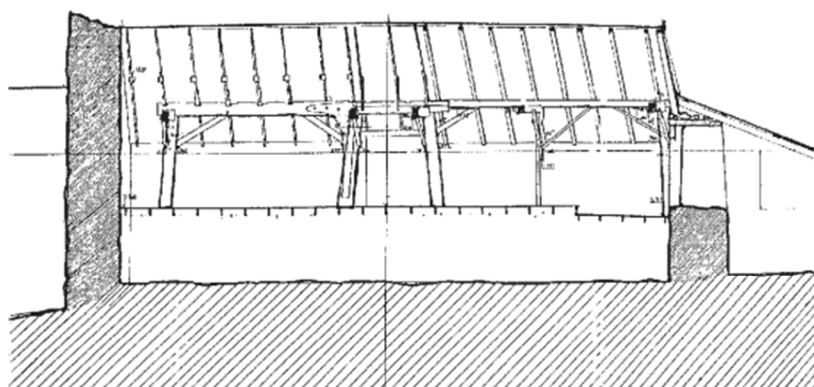
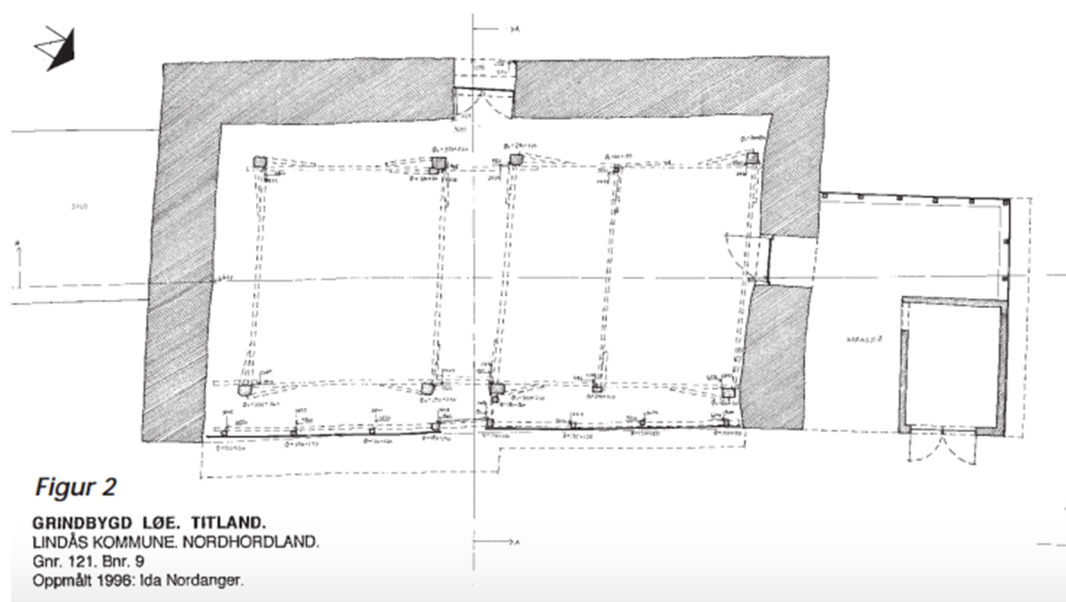


OMFANG AV GRINDBYGG

Grindverk ble brukt i alle typer bygninger der det ikke var behov for oppvarming. Derfor finner vi denne byggemetoden brukt i løer, eldhus, naust osv. Kvernhus kan også ha vært grindbygde, men dette var ikke typisk da vibrasjonene fra kvernsteinene brukte og bli tatt

opp best av lafteverk. Der er vanskelig å si hvor mange grindbygg det er i Hordaland. I Austrheim kommune for eksempel, viser SEFRAK, som er Norges landsdekkende register over eldre bygninger og kulturminner i Norge, at det er 245 objekt av totalt ca. 1250 som har vært helt eller delvis grindbygde.

Det vil si da andel bygg tilsvarer ca. 20%. Om vi da går ut fra dette er normalen for resten av fylket, og regner ut andelen på 20%, minus hus som er revet ned og ruiner, vil vi da komme fram til at rundt 10000 hus i Hordaland helt eller delvis grindbygde. I senere tid har det blitt tatt ei undersøkelse som inkluderte nesten 50000 registrerte objekt i Hordaland. Det kom fram at 9950 av disse bygningene helt eller delvis grindverksbygg. Dette resultatet bekrefter da påstanden ovenfor.

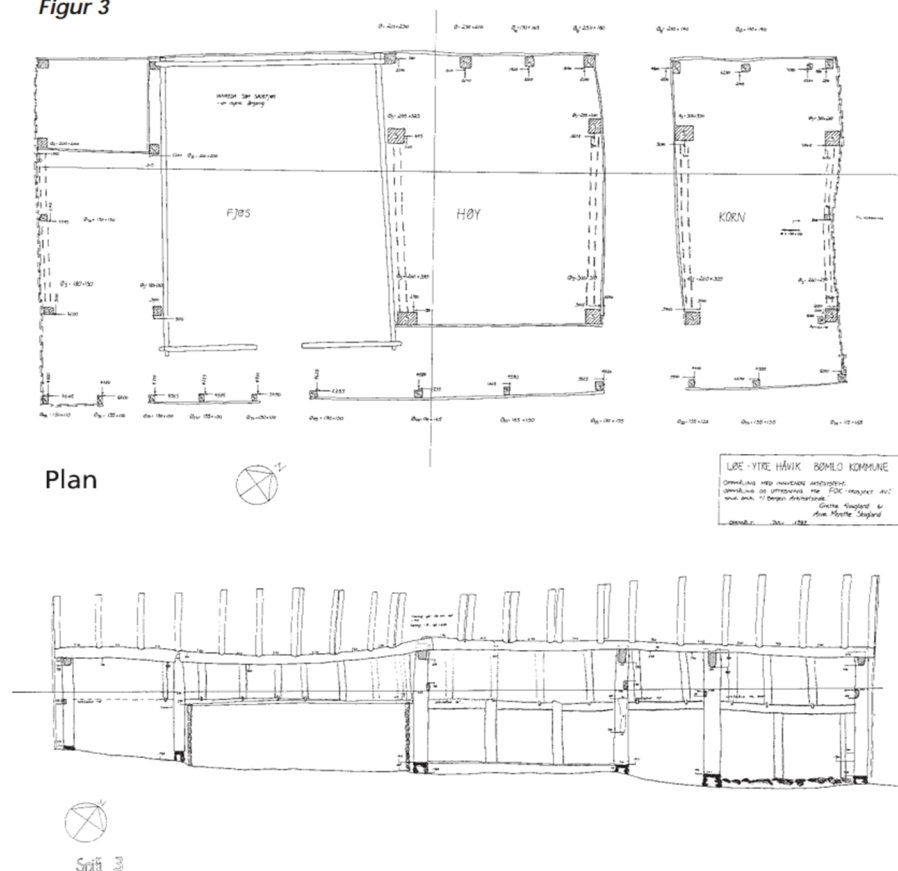


10 M

GRINDBYGGA – TO KLOSTERLØER OG TO GARDSLØER

Den eldste antikvariske dokumentasjonen av grindbygg vi kjenner til i dag er J. Meyers oppmåling av ei løe på Lysekloster, utgitt i N. Nicolaysens plansjeverk Kunst og Håndverk i Norges Fortid, og som senere vart riven (Figur 1). Som så ofte ellers ser det ut til å være et tilfeldig sammentreff som ligger bak; Nicolaysen var i nær slekt med eieren av Lysekloster og var mye på besøk der på slutten av 1800-talet. Løa var større enn vanlige løer, heile 11 x 18 m med 7,5 m mellom stavliggende. Den store bredden gjorde det nødvendig med ekstra avstiving av sperrene. Derfor var det montert to langsgående bukker oppi betene, men siden løa nå er revet, så kan vi ikke vite om disse var opprinnelig nært av byggherren, den danske fogden Strangi Iørgensøn. Dekoren og bearbeidet kan indikere en tradisjon for at slike løer ble brukt til mer enn oppbevaring av korn og høy. Sagaene skildrer at store gjestebud ble holdt i løene.

Figur 3



Stavkirker og hus av Grindbygg

Begrepet grindbygg var helt ukjent for forskere før år 1950. Det er ikke fordi grindbygg ikke eksisterte til da, det var faktisk flere slike bygg da enn nå. men mest på grunn av at ingen har lagt til en slik byggemåte som er snart på vei ut. Begrepet grindbygg er ikke så veldig kjent blant fagfolket i dag heller. Dette er da en stor trussel for denne byggemåten. Det er heller få grindbygg som er fredet. Og disse er da ikke fredet fordi de er grindbygninger, men fordi de plassert i et fredet område. Resten står man fritt til å rive ned. Vi finner også grindbygde hus i en del museer og bygdetun, fordi som regel så hører de med til det gamle bygdetunet. Og grindbygg er dessverre ikke anerkjent som en bevaringsverdig i det norske kulturminnevernet.

Kilder:

<https://www.jaermuseet.no/samlingar/wp-content/uploads/sites/16/2016/04/2012.1-Grindbygde-hus-i-vest-norge.pdf>

<https://www.nb.no/items/c257bf589984bfeba1c204ad0f7316a0?page=107>

TITTEL:

Dimensjonering av Grindbygg

GRUPPEMEDLEMMER:

Benjamin Røssevold

Quoc Cuong Le

Mohammed Elhanafi

DATO:	EMNEKODE: *	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
28.01.21	IB303312	Bacheloroppgave (Bygg)	- Åpen
STUDIUM:		ANT SIDER	BIBL. NR:
BYGGINGENIØR- KONSTRUKSJON		12	- Ikke i bruk -

OPPDRAKSGIVER/VEILEDER:

Stad Kystbygg AS

Amin Moazami

OPPGAVE/SAMMENDRAG:

Finne beregningsgrunnlag for grindbygg og materialvalg.

Vi skal se om det er mulighet for å kunne bruke standard dimensjoner i limtre for å bygge grindbygg. Og vi skal finne beregnings grunnlaget for grindbygg. Og se på hvordan bredden på bygget har å si for dimensjonene på emna.

Om vi har tid og treng mer å gjør så er det mulighet for å se på tungt lage kalkulasjoner.

INNHOOLD

INNHOOLD	3
INNLEDNING.....	5
1 PROSJEKTORGANISASJON.....	5
1.1 PROSJEKTGRUPPE	5
1.1.1 <i>Oppgaver for prosjektgruppen – organisering</i>	6
1.1.2 <i>Oppgaver for prosjektleder</i>	6
1.1.3 <i>Oppgaver for sekretær</i>	6
1.1.4 <i>Oppgaver for øvrige medlem</i>	6
1.2 STYRINGSGRUPPE	6
2 AVTALER	6
2.1 AVTALE MED OPPDRAGSGIVER	6
2.2 ARBEIDSSTED OG RESSURSER.....	7
3 PROSJEKTBEKRIVELSE.....	7
3.1 MÅLSETTING	7
3.2 KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT	8
3.3 INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT	8
3.4 VURDERING.....	8
3.5 HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID	8
3.6 FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET	9
3.6.1 <i>Hovedplan</i>	9
3.6.2 <i>Intern kontroll</i>	10
3.7 BESLUTNINGER – BESLUTNINGSPROSESS	10
4 DOKUMENTASJON	10
4.1 RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER.....	10
5 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER.....	10
5.1 MØTER	10
5.1.1 <i>Møter med styringsgruppen</i>	10
5.1.2 <i>Møter</i>	11
5.2 FRAMDRIFTSRAPPORTER (INKL. MILEPÆL)	11

6	PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING	11
7	UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING	11
8	FORELØPIG LITERATUR LISTE.....	12

INNLEDNING

Dette er en forprosjektrapport for hovedoppgaven til Quoc Cuong, Benjamin og Mohamed ved NTNU i Ålesund, studieretning bygg-konstruksjon (alle 3) Y-veien (Benjamin og Le).

Forprosjektet tar for seg forutsetninger for gjennomføring av hovedprosjektet. Den inneholder framdriftsplaner, arbeidsmetoder, rutiner, begreper, samarbeidsparter og målsettinger i prosjektet. Benjamin tok kontakt med Stadkyst bygg 10.11.20. siden Sjefen ved kyst bygg hadde sagt at det var bare å ta kontakt for å skrive bachelor for dem.

Benjamin har jobbet der og derfor valgte vi å skrive for dem.

Stad Kystbygg holder til på Stadlandet i Stad kommune.

Prosjektet er beregning av grindbygg og historien til grindbygg. Grunnen til oppgaven er at Kystbygg vil lage en web generator for grindbygg på sikt. Dei jobber med blant annet grindbygg og modulhus som dem produserer selv. Og vi har fått i oppgave å skrive for dem

1 PROSJEKTORGANISASJON

1.1 Prosjektgruppe

Studentene
Quoc Cuong Le
Benjamin Røssevold
Mohammed Elhanafi

1.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen – organisering

Benjamin Røssevold - Prosjektleder

Quoc Cuong Le – Sekretær

Mohammed Elhanafi – Gruppe medlem

1.1.2 Oppgaver for prosjektleder

- Ansvarlig for prosjektets fremdrift og produksjon.
- Tilrettelegge for effektivt arbeid.
- Påse at alle gjør jobben sin.

1.1.3 Oppgaver for sekretær

- Ansvarlig for å føre referat ved møter.
- Innkalling av veiledersamtaler/møter

1.1.4 Oppgaver for øvrige medlem

- - Møte opp og gjennomføre bacheloroppgave
- Gjør sin del av arbeidet, hjelpe til der det trengs.

1.2 Styringsgruppe

- Veileder fra skolen: Amin Moazamin
- Kontaktperson oppdragsgiver Stad Kystbygg AS: Raymond Edvard Myren

2 AVTALER

2.1 Avtale med oppdragsgiver

Fortelle om framgang.

Gi dem en beregnings modell for grindbygg som gir grunnlag til en eventuell web generator.

2.2 Arbeidssted og ressurser

- Arbeidsplass: NTNU i Ålesund
- Tilgang til ressurser: NTNU bibliotek i Ålesund, pensum og fagstoff fra nett med kildehenvisning
- Avtalt rapportering hver 14dag til Amin

3 PROSJEKTBEKRIVELSE

3.1 Målsetting

Vi skal finne:

- Hvor tett må grindene(rammene) stå når bredden på bygget øker?
- Hvilken tid må dimensjonene for konstruksjonsvirke i sammenføyningene mellom stav, bete(skråstav), raftehald, utfra ulike parameter (hus bredde, takvinkel, snølast, mm.) endres?
- Hvilken tverrsnitsprofil og dimensjon er mest egna for rafteholden/stavene.
- Kan vi lage fornuftige byggesett i limtre innenfor standarddimensjoner fra leverandørene?

Hoved mål

- Vi skal finne ut dimensjonene som er nødvendig i et grindbygg ved å følge euroCode.
- Lage til et regnestykke som enkelt lar seg bruke av andre uten mye arbeid.

Del mål

- Lære om hvorfor dem bygde grindbygg og hva som er typisk.
- Forskjellen i byggestil rundt om i landet.
- Lære om dimensjonering av trekonstruksjoner og valg av materiale.
- Se på forskjellige material.
- Se på litt forskjellige tradisjonelle byggemetoder. Bindingsverk både tungt og lett, grindbygg

3.2 Krav til løsning eller prosjektresultat

- Prosjektet skal gi en mulighet for å kunne brukes til å lage en web generator.
- Resultatet av prosjektet skal kunne brukes til å dimensjonere forskjellige grindbygg.
- I løsningen som vi leverer til bedrift så skal det komme frem hva de forskjellige delene i bygget og hvordan finne dimensjonen på de forskjellige delene og hvor mange av hver del en trenger.

3.3 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt

- Så langt har vi samlet inn en del informasjon om grindbygg og litt om historien til konstruksjonen. Vi har fått tak i noe litteratur for å basere prosjektet på.
- Vi ønsker å finne informasjon til prosjektet i lærebøker og internett.

3.4 Vurdering

- Vi vurderer det som fullt mulig å gjennomføre prosjektet til fastsatt tidsramme.
- Vi har en muntlig avtale om at vis der er noen ting som er usikkert og slikt i forhold til Kystbygg er det bare å kontakte dem.
- En trussel for å lykkes er om vi ikke finne nok teori å bygge oppgaven på. Og vi ikke klarer å få laget til beregninger som gir svar.
- Siden grindbygg kan setes opp uten store inngripen i naturen der det skal stå er miljø aspektet ikke så stort. Der er noe sikkertsaspekter vi må finne ut av i forhold til prosjektet

3.5 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Planlagte hovedaktiviteter og viktigste delaktiviteter for gjennomføring av prosjektet:

- Forord til hva prosjektet går ut på og

3.6.2 Intern kontroll

- Vi vil kontrollere hverandre om jobben blir gjort slik vi har avtalt mellom hverandre
- Del mål er greid når det er spesifikke resultat å vise til.

3.7 *Beslutninger – beslutningsprosess*

- Informasjon om hvordan beslutninger om avgrensning / presisering av oppgaven og andre sentrale beslutninger har blitt tatt under arbeidet med forprosjektet.
- Oversikt over hvordan viktige beslutninger planlegges tatt under arbeidet med hovedprosjektet. Dette gjelder hovedområder og viktige avgjørelser som skal/må tas underveis i arbeidet, slik det er forutsatt i hovedplanen (5.7.1).

4 DOKUMENTASJON

4.1 *Rapporter og tekniske dokumenter*

- Skrive referat fra hvert møte
- 14.dagers rapport til skolens veileder/ bedriften
- Tegninger og dimensjonering blir lagt ved hovedoppgaven
- Føre logg
- Innsikt i hvordan å bygge grindbygg

5 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

5.1 *Møter*

5.1.1 Møter med styringsgruppen

- Planlagt møte med internveileder 2.februar 2021 – Presentasjon av prosjektet og planlegge neste møte.
- Ellers blir det møter ca hver 14.dag.

5.1.2 Møter

- Møte hver mandag rundt kl:9 – snakke om fremgang på prosjektet og få oversikt over hva som skal gjøres fremover.
- Eller har vi ikke planlagt noen møter, men skal ha noen møter med bedrift og slikt underveis.

5.2 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl)

- Rapporten som periodisk leveres veileder skal inneholde fremdrift, milepæler og avvik i prosjektet. Dette skal gjøres hver uke og leveres hver 14. dag.

6 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

- Vi vil bruke fremdriftsplanen som en referanse for å spore fremdriften i prosjektet. Hvis planen går ut i rute, vil vi møtes igjen for å finne ut årsaken og justere planen for å gjøre den i tide.

7 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

- Utstyr / programvare eller andre spesielle ressurser som en vanligvis har tilgang til og som er nødvendig for å gjennomføre prosjektet:
 - PDF
 - Excel
 - Microsoft Word
 - Visual Studio 2019

8 FORELØPIG LITERATUR LISTE

John Eie, Trekonstruksjoner- Beregning og dimensjonering (NKI Forlaget AS-2. utgave 2010)

Utgiver: NKI Forlaget AS, Hans Burums vei 30, 1357 Bekkestua

Knut Ivar Edvardsen, Trond Ramstad, Håndbok 5 Trehus, SINTEF akademisk forlag.

Utgiver: SINTEF Byggforsk, Forskningsveien 3B, 0314 OSLO

NS-EN 1991-1-3:2003/NA:2008:

NA.4.1 Karakteristiske verdier.

NA.4.2 Andre representative verdier

NA.4.3 Behandling av eksepsjonelle snølast på mark

NA.5.2 Lastarrangement

NS-EN 1990:2002 + A1: 2005 + NA:2016

Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

NS-EN 1995-2: 2004 + NA: 2010

Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner

