



Kunnskap for en bedre verden

TITTEL:

Logistikkplanlegging og dimensjonering på Høghallen i Molde

KANDIDATNUMMER(E):

10053, 10043, 10019

DATO:	EMNEKODE:	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
20.05.2022	BYGA2900	Bacheloroppgave	Åpent
STUDIUM:	ANT SIDER/VEDLEGG:	BIBL. NR:	
Bacheloroppgave Bygg	140 / 148		

VEILEDER(E):

Laurent Lacavalerie og Halvard Jensen

SAMMENDRAG:

**NO**

Denne rapporten handler om Høghallen-prosjektet i Molde. I dette prosjektet vil vi dimensjonere de bærende konstruksjonsdelene av bygget og demonstrere logistikken i de ulike fasene i prosjektet ved hjelp av teori og Synchron 4D dataverktøy, som var Christie & Opshals ønske. Gjennom dimensjonering håper vi å optimere materialutnyttelsen og ved logistikken oppnå bedre flyt, øke effektiviteten i prosjektet og spare tid.

Høghallen var tidligere et produksjonsbygg i Molde, men etter hvert skal bygget gjøres om til en klatrehall med en klatrevegg i bunnen av bygget, og i etasjen over skal det bygges kontorlokaler for ulike bedrifter.

**EN**

This report is about the Høghallen project in Molde. In this project, we will dimension the load-bearing construction parts of the building and demonstrate the logistics in the various phases of the project using theory and Synchron 4D computer program, which was Christie & Opsahl's wish.

Høghallen was previously a production building in Molde, but eventually the building will be converted into a climbing hall with a climbing wall at the bottom of the building, and on the floor above, office space will be built for various companies.

*Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.*

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li> <li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li> <li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li> <li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li> <li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <b>betrakte som fusk</b> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. <b>Universitets- og høgskoleloven §§4-7.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at NTNU vil behandle alle saker hvor det foreligger mistanke om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

## Publiseringsavtale

### Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene, vil bli registrert og publisert i Brage med forfatter(ne)s godkjenning.

Opgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

**Jeg/vi gir herved NTNU en vederlagsfri rett til å**

**gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:** ja nei

**Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?** ja nei  
nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

**Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?** ja nei

**Er oppgaven unntatt offentlighet?** ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

**Dato: 20.05.2022**

## Forord

Denne bacheloroppgaven er fastslått og opprettet etter avtalen ved hovedkontoret til Christie Opsahl AS i Molde. Oppgaven hadde egentlig som tenkt foregå på et av de nyeste prosjektene til Christie. Prosjektet som vi kommer til å delta på er å gjøre om det gamle produksjonsbygget til et nytt bygg. Selve bygget kommer til å bli delt i flere etasjer ved tanken på den nye klatreveggen helt i bunnen av bygget og kontorfasiliteter lenger oppe. Ved å tenke på det eksisterende bygget som skal gjøres om til klatrevegg og kontorplasser for diverse bedrifter, ønsker Christie at vi skal hjelpe dem med å tenke ut rasjonelle løsninger ved bruk av et dataprogram som heter Synchron 4D. Programmet hjelper med visualisering av prosjektet med tanken på logistikken. Samtidig skal vi dimensjonere en valgt bærekonstruksjonsdel i denne bygningen, som sagt skal gjøres om til kontor i det nye bygget.

Etter tildeling av oppgaver og innsendte filer fra Christie, begynte vi å se de ulike aspekter av det nye prosjektet. Deretter skal vi bruke det teoretiskegrunnlaget, teoriskeprinsipper, beregninger og logistikken for å forbedre Høghallen-prosjektet i Molde.

# Vi ønsker å takke bedriften Christie Opsahl

## AS

Vi vil takke (Daglig Leder) Andreas Andenæs, som gjorde det til en stor ære for oss å skrive bacheloroppgaven vår ved Christie & Opsahl AS. Tusen takk til en så ung daglig leder i en så flott og stor bedrift for å ta hensyn til de unge studentene ved NTNU i Ålesund.

Det første møtet med Andreas Andenæs og (Prosjektsjef Bygg) Laurent Lacavalerie vært hos Christies hovedkvarter i Ålesund. Selv om både Andreas og Laurent har mange års erfaring fra byggebransjen, lyttet og snakket de med oss, respekterte det vi ville gjøre og skrive bacheloroppgaven vår om. Samtidig respekterte de våre ønsker og kom med faglig informasjon som har hjulpet oss med å skrive denne rapporten. Alt vi kan si er takk.

Under vår første prosjektomvisning i Christie hovedkvarter ved siden av Høghallen-prosjektet hilste vi på og snakket med mange fantastiske aktører. Etter hvert har Laurent, Arve Sæter og Halvard Jensen gitt oss endelig problemstilling og informasjon om Høghallen-prosjektet. Takk til Halvard Jensen for nydelig prosjektpresentasjon og handlingsbeskrivelse for Høghallen-prosjektet. Vi vil også gi ros til Trude Bøe for informasjonen som har hjulpet oss å videreutvikle rapporten vår.

Med dette håper vi Christie & Opsahl AS har mange spektakulære, flotte og nye prosjekter for å gjøre norskekysten enda vakrere.

# Terminologiliste

## Latinske bokstaver

A – Areal

$A_s$  – Armeringstverrsnitt/ Armeringsmengde

$A_{s,b}$  – Den balanserte armeringsmengde

$A_c$  – Betongtverrsnitt av konstruksjonsdel.

B1 – Ligning 1 for lastkombinasjon

B2 – Ligning 2 for lastkombinasjon

b – Tverrsnitts totale bredde

$C_{dir}$  – Retningsfaktor for vindlast

$C_{season}$  – Årstidsfaktor for vindlast

$C_{alt}$  – Nivåfaktor for vindlast

$C_{prop}$  – Faktor som tar i betraktning returperiode 50 år for vindlast

$C_0(Z)$  – Terrengformfaktor

$C_e$  – Eksponeringsfaktor for snølast på tak

$C_t$  – Termisk faktor for snølast på tak

d – Effektive tykkelse av tverrsnitt, avstand fra strekkarmeringens tyngdepunktslinje til trykkranden

dg – Største nominelle øvre tilslagsstørrelse

EC2 – Eurokode 2

$E_c$  – Betongens elastisitetsmodul

$E_s$  – Elastisitetsmodul for armeringsstål

F – Last/ kraft

$f_{yk}$  – Karakteristisk stålfasthet i armering

$f_{yd}$  – Den dimensjonerende stålfasthet i armering

$f_{ck}$  – Karakteristisk betongens sylindrisktrykkfasthet ved 28 døgn

$f_{cd}$  – Den dimensjonerende betongens trykkfastheten

$f_{ctm}$  – Middelvei av sentrisk strekkfasthet for betong ved 28 døgn

$f_{vd}$  – Dimensjonerende skjærspenningskapasitet

$f_{md}$  – Dimensjonerende bøyespenningskapasitet

$G$  – Konstruksjonens egenlast, permanent last

$H$  – Høyde over havet for byggestedet

$H_g$  – Høydegrense for kommunen

$I_v(Z)$  – Turbulensintensiteten

$KN$  – Kilo Newton

$K_{fi}$  – Reduksjonsfaktor for variable laster i pålitelighetsklasse 1

$K_1$  – Turbulensfaktoren

$k_w$  – Vindlastfaktor

$MPa$  – Mega pascal  $N/mm^2$

$M_{ed}$  – Den dimensjonerende opptredende moment

$M_{rd}$  – Momentkapasiteten av konstruksjonsdel

$m$  – Meter

$mm$  – Millimeter

$n$  – Antall armeringsstenger

$N_{ed}$  – Den dimensjonerende aksialkraften

$N_{rd}$  – Aksialkrafts kapasitet

$P$  – Nyttelast

$Q$  – Variabellast

$q_p$  – Vindhastighetstrykk

$S_{K0}$  – Grunnverdien for karakteristiske snølast i kommunen.

$S$  – Snølast på tak per  $m^2$  horisontal i projeksjon.

$S_k$  – Karakteristisk snølast på mark på byggested

S – Strekkraft

T<sub>c</sub> – Trykk kraft

V<sub>ed</sub> – Dimensjonerende skjærspenning

V<sub>rd</sub> – Dimensjonerende skjærkraftskapasitet

V – Vindhastighet

V<sub>m</sub>(Z) – Stedsvindhastighet.

V<sub>b</sub> – Basisvindhastighet

V<sub>p</sub> – Vindkasthastighet

V<sub>m</sub>(Z) – Stedsvindhastigheten;

V<sub>b,0</sub> – Referansevindhastighet

W – Tverrsnitts motstand modul for moment

x – Betongtverrsnitts trykkhøyde

Z – Tverrsnitts indre momentarm

### **Greske bokstaver**

α<sub>cc</sub> – Reduksjonsfaktor for betongens trykkfasthet

σ – Opptredende spenning

ε<sub>s</sub> – Armeringstøyning

ε<sub>yk</sub> – Karakteristisk flyttetøyning i armering

ε<sub>yd</sub> – Den dimensjonerende flyttetøyningen i armeringsstål

ε<sub>uk</sub> – Bruddtøyning i armeringsstål

ε<sub>ud</sub> – Dimensjonerende bruddtøyning i armeringsstål

ε<sub>c</sub> – Betongens tøyning

ε<sub>cd</sub> – Den dimensjonerende flyttetøyningen i betongens trykkfasthet

ε<sub>cu</sub> – Bruddtøyning i betong

γ<sub>s</sub> – Materialfaktor for armeringsstål

γ<sub>c</sub> – Material faktor for betong



$\gamma_G$  – Lastfaktor for permanentlast

$\gamma_Q$  – Lastfaktor for variable laster

$\alpha_A$  – Reduksjons faktor for gulvareal

$\alpha_n$  – Reduksjonsfaktor for antall etasje i en bygning

$\psi$  – Faktorer i henhold til tillegg A1, tabell A1.1 i NS-EN 1990. De definerer representative verdier av variable påvirkninger.

$\psi_0$  – For kombinasjonsverdier

$\psi_1$  – For ofte forekommende verdier

$\psi_2$  – For tilnærmet permanente verdier

$\Delta S_k$  – Snølasttillegg per 100m

$\mu$  - Takets Formfaktor for snølast på tak

$\alpha$  – Takvinkel

$\sigma_{md}$  – Den dimensjonerende opptredende bøyespennning

$\tau_d$  – Dimensjonerende skjærspennning

# Innholdsfortegnelse

Forord.....	4
Terminologiliste .....	6
Figurliste.....	13
Innledning.....	17
Firma .....	18
Molde Kommune.....	19
Introduksjon til SYNCHRO 4D .....	20
Kapittel 1 - Teoretisk grunnlag for dimensjonering .....	21
1.1 Dimensjonerings prinsipp .....	21
1.2 Lover, forskrifter, standarder og Eurocode .....	22
1.2.1 Lover og forskrifter .....	22
1.2.2 Norsk standard og Eurocode.....	23
1.3 Laster.....	24
1.3.1 Lastetyper/ lastvirkning .....	24
1.3.2 Karakteristisk last .....	24
1.3.3 Permanent last: .....	25
1.3.5 Nyttelast.....	25
1.3.6 Egenlast .....	28
1.3.7 Snølast .....	28
1.3.8 Vindlast.....	34
1.3.9 Lastfaktorer og last kombinasjon .....	42
1.3.10 reduksjonsfaktor og pålitelighetsklasser.....	45
1.4 Dimensjonerende last og Kapasitetskontroll.....	45
1.4.1 Dimensjonerings kriterium .....	45
1.4.2 Materialfasthet og Material faktor .....	48
1.4.3 Formler for dimensjonerende kapasiteten for konstruksjonsdeler i betong .....	48
Kapittel 2 - Teoretisk grunnlag og essensen av logistikk .....	57
2.1 Essensen av logistikk .....	57
2.1.1 Logistikk generelt.....	57
2.1.2 Logistikksystem.....	58
2.1.3 Logistikkprosesser .....	58

2.2 Byggeplassorganisering .....	61
2.3 Kommunikasjon .....	64
2.3.1 Hva er kommunikasjon.....	64
2.3.2 Ulike typer kommunikasjon .....	65
2.3.3 Kommunikasjon på et prosjekt .....	66
2.3.4 Dårlig kommunikasjon på arbeidsplassen og konsekvenser .....	68
2.4 Ledelse som hovedfaktor for et vellykket konstruksjonsprosjekt.....	69
2.4.1 Lederstiler og atferd.....	69
2.4.2 Gode ferdigheter for en prosjektleder på et konstruksjonsprosjekt.....	71
2.5 LEAN i byggeprosjekter .....	73
2.5.1 Lean i dagens byggeprosjekter .....	73
2.6 Anvendelse av innovative logistikkprogrammer i byggebransjen .....	74
2.6.1 Typer logistikkprogrammer .....	74
2.6.2 Moderne programmer som letter logistikkprosesser .....	75
2.6.3 Anvendelse av SYNCHRO 4D-programvaren i byggebransjen .....	76
2.7 HMS – Helse, miljø og sikkerhet .....	77
2.7.1 SHA .....	78
2.7.2 Risikofaktor .....	78
2.7.3 Trygge bygge- og anleggsplasser .....	80
Kapittel 3 - Metode .....	81
3.1 Dimensjoneringsprosess.....	81
3.2 Logistikk Kvalitative Metoder .....	82
3.3 Datainnsamling Metoder .....	82
3.3.1 Databruk i beregningene.....	82
3.3.2 Data bruk i logistikken .....	83
3.4 Samarbeidet med bedriften (Frekvensstudier) .....	83
3.4.1 Befaringsrapport .....	83
3.5 Innovativ tenkning og analyse av data .....	86
Kapittel 4 - Resultat .....	87
4.1 Resultat av beregning .....	87
4.1.1 Beregning av naturlaster .....	87
4.1.2 Nyttelast (P).....	90
4.1.3 Beregning av Egenvekt (G) .....	94
4.1.4 Lastkombinasjon for aksialkraft .....	100

4.1.5	Betong- og armerings dimensjonering i bruddgrensetilstand.....	101
4.1.6	Lastkombinasjon for momentkrefter .....	104
4.1.7	Armeringsmengde i strekksone, basert på metoden i et delvis utnyttet trykkversnitt .....	109
4.2	Kommunikasjon .....	114
4.2.1	Kommunikasjon ved prosjektet hos Christie.....	114
4.2.2	Kommunikasjonsformer hos Christie .....	114
4.3	Anvendte effektivitetsstudier i logistikkprogrammet SYNCHRO 4D for selskapet CHRISTIE prosjekt Høghallen .....	115
4.3.1	Resultatet av Synchro 4D .....	116
4.3.2	Flere prosesser samtidig .....	117
4.3.3	Simulering av prosjektet.....	120
4.3.4	Slutt resultatet av Synchro 4D .....	124
4.4	HMS og SHA ved Høghallen-prosjektet.....	125
4.4.1	HMS.....	125
4.4.2	Rapportering av RUH.....	126
4.4.3	SHA .....	127
4.4.4	Byggeplassorganisering.....	128
4.4.5	Framdriftsplan av Høghallen Molde.....	128
4.4.6	Tiltak.....	129
4.4.7	Riggplan Høghall.....	129
4.4.8	Riggplan montasje element .....	130
Kapittel 5 - Drøfting.....		131
5.1	Beregning .....	131
5.1.1	Hvorfor valgte vi å dimensjonere heissjakt .....	131
5.1.2	Utfordringer med dimensjonering .....	131
5.2	Logistikk.....	132
5.2.1	Hvorfor ville vi framheve logistikk i bygg- og anlegg prosjekter.....	132
5.2.2	Fordeler.....	132
5.2.3	Ulemper .....	132
5.3	Applikasjon Synchro 4D .....	133
5.3.1	Hva den hjelper med og hvorfor er den nyttig.....	133
Kapittel 6 - Selvreflektering.....		134
Kapittel 7 - Konklusjon .....		136

Bibliografi .....	137
Kapittel 8 - Vedlegg .....	141
8.1 BYGA 2900 Bacheloroppgave LOGG .....	141
8.2 Beregninger og kalkulasjoner av dimensjonering .....	143

## Figurliste

Figur 1 Hierarkiet av lover og regler (Larsen, 2020, s. 17) .....	22
Figur 2 Kurve over karakteristisk last (Rørvik, 2010, s. 21) .....	24
<i>Figur 3 Karakteristiske nyttelaster på golv</i> (Rørvik, 2010, s. 40).....	26
Figur 4 Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger (NS-EN 1991-1-1 Laster på konstruksjoner, 2019) .....	27
<i>Figur 5 Grunnverdier for karakteristisk snølast</i> (Rørvik, 2010, s. 49) .....	30
<i>Figur 6 Verdier for forskjellig topografi</i> (NS-EN 1993-1-3 Laster på konstruksjoen_Almenne laster-snølast, 2018, s. 57).....	31
Figur 7 Formfaktorer for saltak, pulttak og sagtak (Rørvik, 2010, s. 51).....	32
Figur 8 Takformene .....	33
<i>Figur 9 Snølastfordeling på forskjellige takformene</i> (Rørvik, 2010, s. 52).....	33
<i>Figur 10 Luftmasse som blåser mot en flate</i> (Rørvik, 2010, s. 56).....	35
<i>Figur 11 referansevindhastighet for lite utvalg av landets kommuner Tabell 7:2</i> (Rørvik, 2010, s. 57).....	36
<i>Figur 12 Vindhastighet som funksjon av høyde over terreng Z</i> (Rørvik, 2010, s. 58) .....	38
Figur 13 Vindhastigheten øker nær toppen av åsen (Rørvik, 2010, s. 59) .....	39
<i>Figur 14 Terrengruhetskategorier med tilhørende parametre</i> (Rørvik, 2010, s. 60).....	39
Figur 15 Grunnverdier for qp0 kan videre bestemmes i formelen 7:19 (Rørvik, 2010).....	42
Figur 16 Dimensjonerende verdier for laster (EQU) (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016, s. 107) .....	43
Figur 17 Dimensjonerende verdier for laster (STR/GEO) (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016, s. 107) .....	43
Figur 18 Lastfaktorer inkludert kombinasjonsfaktorer ved forenklet påvisning i bruddgrensetilstanden i pålitelighetsklasse 3 (Rørvik, 2010, s. 23) .....	44

Figur 19 KFi-faktor for laster (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016, s. 72).....	45
Figur 20 Reduksjonsfaktor kFi for variable laster i pålitelighetsklass 1. (Rørvik, 2010, s. 23) .....	45
<i>Figur 21 Prinsipiell beregningsgang ved partialfaktormetoden (Rørvik, 2010, s. 17).....</i>	<i>47</i>
<i>Figur 22 Materialfasthet og material faktor (Rørvik, 2010, s. 18) .....</i>	<i>48</i>
Figur 23 Materialfaktorer for bruddgrensetilstander (NS-EN 1992-1-1 prosjektering av Betongkonstruksjoner, 2018).....	48
<i>Figur 24 Dimensjonerende trykkfasthet for betong (fcd) Formel 2.7 (Sørensen, 2017, s. 8) ..</i>	<i>48</i>
<i>Figur 25 Materialfaktorer for bruddgrensetilstander (NS-EN 1992-1-1 prosjektering av Betongkonstruksjoner, 2018, s. 228) .....</i>	<i>49</i>
Figur 26 Idealiserte og dimensjonerende spennings-tøynings sammenhenger for spennstål (NS-EN 1992-1-1 prosjektering av Betongkonstruksjoner, 2018, s. 42).....	52
Figur 27 God arbeidsplassorganisering overholder SHA-planen ((DFØ), 2020) .....	61
<i>Figur 28 Forurensningsloven (Lovdata, 2014) .....</i>	<i>62</i>
<i>Figur 29 Skilting og markering på containere (Gjenvinning, 2022).....</i>	<i>63</i>
Figur 30 Den påbegynte heissjakta som forskales ved bruk av Peri kasettsystem .....	84
Figur 31 Den påbegynte heissjakt som forskales banker pelene med i fastberg .....	85
Figur 32 Tversnitt av etasje på heissjakt.....	87
Figur 33 Kommunal snølast tabell.....	87
Figur 34 Vindhastighetsstyrke tabell .....	89
Figur 35 Trappe elementer snitt.....	90
Figur 36 Trappearealet av en etasje .....	90
Figur 37 Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger.....	91
Figur 38 Karakteriske nyttelaster på golv .....	93
Figur 39 Modeller av RIB- og ARK modell av heissjakta .....	94
Figur 40 Egenlast (beregnet i Excel-ark) .....	97
Figur 41 Egenlast (beregnet i Excel-ark) total aksial kraft RIB .....	98
Figur 42 Egenvekt hele ARK modell.....	98
Figur 43 Egenvekt hele ARK modell 2.....	99
Figur 44 Egenvekt hele ARK modell 3.....	99
Figur 45 Sum Aksialkraft ARK .....	99
Figur 46 Lastfaktor inkludert kombinasjonsfaktor ved forenklet påvisning i bruddgrensetilstanden i pålitelighetsklasse 3 .....	100

Figur 47 Den dimensjonerende Aksialkraft Qed 1 og Qed 2.....	100
Figur 48 Tverrsnitt av dimensjoneringsdel .....	101
Figur 49 Molde vindhastighet.....	104
Figur 50 Moment i trappesjakta.....	105
Figur 51 Fasade snitt av Høghallen .....	106
Figur 52 Moment av vindkraft.....	106
Figur 53 Dimensjonerende Skjærekraft ved (KN og KNm).....	106
Figur 54 Trykksone x i tverrsnittet .....	107
Figur 55 Trykksone x i tverrsnittet 2. ....	107
Figur 56 Beregning nøytralaksen.....	108
Figur 57 Almeringsfordeling i strekksone .....	110
Figur 58 Almeringsfordeling i strekksone 2 .....	110
Figur 59 Dimensjonerte armeringen i hver vegg .....	110
Figur 60 Kontroll på Armeringskrav i tverrsnittet for hver vegg .....	112
Figur 61 Minimums armering.....	112
Figur 63 Fordeling av armeringsmengde i hver vegg element av fundamentet .....	112
Figur 64 Synchro 4D Gantt-diagram av ulike faser.....	115
Figur 65 Synchro 4D Gantt-diagram av ulike faser samt til tømring .....	115
Figur 66 Ovsikt ovr hele Gantt-diagramet Synchro 4D .....	116
Figur 67 Visualisere det gitte eksemplet (Peler 9d) i resultatet.....	117
Figur 68 Byggefaser skulle være ferdige samme tid og dag som på fremdriftsplanen i Synchro .....	117
Figur 69 To heissjaktene bygges samtidig.....	118
Figur 70 Den logistiske planen og sammen arbeidet samt med ulike oppgaver.....	119
Figur 71 Plan 0 til og med Plan 2 Synchro 4D .....	119
Figur 72 Startprosessen av RIB .....	120
Figur 73 Midprosessen av RIB .....	121
Figur 74 Sluttprosessen av RIB .....	121
Figur 75 Startprosessen av ARK.....	122
Figur 76 Midprosessen av ARK .....	122
Figur 77 Sluttprosess av ARK .....	123
Figur 78 Sluttprosess av ARK 2. ....	123
Figur 79 Distribusjonsliste.....	127
Figur 80 Organisasjonskart/koordineringsstyre.....	128

Figur 81 Riggplan Høghall ..... 129  
Figur 82 Riggplan montasje element ..... 130



# Innledning

Bakgrunnen for denne oppgaven er et næringsbygg og klatrepark, som firmaet Christie Opsahl AS jobber med å oppgradere. Prosjektet har som oppdragsgiver Molde Næringseiendom AS.

Vi samarbeider med Christie Opsahl AS, der vi sammen med funksjonærene kom frem til oppgavens problemstilling. I dette prosjektet skal det bygges en klatrehall, og en stor del av det gamle verkstedet skal gjøres om til kontorfasiliteter. I tillegg skal det bygges på to nye etasjer og et tilbygg fra nordvest. Problemstillingen vi gikk for, gjør at oppgaven blir delt i to deler. Vi skal dimensjonere en strukturel del av klatrehallen (heissjakt) samt utarbeide den logistiske planleggingen og fremdriften i prosjektet.

Den første delen går ut på dimensjonering. I denne delen skal vi beregne de ytre laster slik som vindlast, snølast, nyttelast, og indre last som er byggets egen vekt. Deretter skal vi bruke disse til å dimensjonere de valgte materialene som skal brukes. Vi skal ta utgangspunktet i det tverrsnittet av den bærende komponenten i bygget gitt i plantetegningen, til å finne dens kapasitet mot ytrelastene. Vi skal i hovedsak her, sette fokus på å dimensjonere den plaststøpte heissjakta som skal stå for hovedavstivning i bygget. I hele bygget er det stål som er materialet brukt i de bærende elementene som søyler og bjelker, mens hulldekkene i betong skal brukes som etasjeskillere, som blir den horisontale avstivningen i bygget. I heissjakta er som sagt benyttet plaststøpt armert betong.

I den andre delen av oppgaven skal vi utarbeide den logistiske planleggingen av dette prosjektet. Det skal brukes et digitalt verktøy som heter Synchro 4D, der vi skal fremvise fremdriften av byggefasen i et Gantt-diagram. Etter en prat med prosjektsjefen i Christie fant vi ut at de var spesielt interessert å se på hvilke fordeler og ulemper Synchro 4D har å by på, da de vurderer å investere i verktøyet.

Videre i dette kapitlet skal vi skrive en kort introduksjon om Christie Opsahl AS, og deres rolle i prosjektet. Vi kommer til å beskrive prosjektet på Høghallen i sin helhet, og si noe om oppdragsgiveren. I forhold til metoder som skal brukes i oppgaven, skal vi skrive om det digitale verktøyet Synchro 4D, og ikke minst det teoretiske grunnlaget som danner bakgrunnen for utførelse av denne oppgaven. Til slutt skal vi komme med resultatet, der vi skal fremvise beregningsdelen av oppgaven og knytte teori opp mot praksis, og deretter drøfting og konklusjon.

## Firma

Christie Utvikling AS ble grunnlagt i 2016. Selskapets formål er å erverve og utvikle eiendommer for salg og utleie. De utvikler prosjekter fra unnfangelse til ferdigstilling, enten selv eller i samarbeid med andre. Christie er ekspert på marinaanlegg og har en lang historie innen fergeterminaler og andre marinaer. De er også stolte over å støtte spektakulære fjellinstallasjoner som Trollstigen og Romsdals taubane. Christie har også flere spektakulære broer som Storseisundbroa på Atlanterhavsveien. Christie har investert stort i bygg og anlegg og er stolte av å være med på å bygge mye av infrastrukturen i fylket og langs kysten.

Christie anerkjenner FNs bærekraftsmål og bidrar i riktig retning på områder de føler er mest relevante for selskapet og firma har som mål å være en bærekraftig startup ved å bidra til å løse våre felles miljømessige og sosiale utfordringer (Christie, Christie tør å satse!, 2020). Dette er ryggraden i selskapet, og de streber etter å overholde og gjøre det bedre hver dag.

Som nevnt tidligere er Christie et bærekraftig byggefirma. De driver sin virksomhet ansvarlig og bærekraftig og forbedrer felles miljømessige og sosiale utfordringer gjennom innovasjon og tjenestelevering. Hver dag streber selskapet etter å leve opp til Christies DNA, som vil bidra til bærekraft og utvikling av lokalsamfunn.

Christie & Opsahls mål er å være den mest kjente byggentreprenøren på Nord-Vestlandet.. Samtidig er de stolte av å være en av de største aktørene i Møre og Romsdals byggsektor med 90år erfaring innom bygg- og anlegg arbeid.

## Molde Kommune

Molde er en by og kommune i Romsdal i Møre og Romsdal. Kommunen har blitt etablert i 2020 ved sammen arbeidet mellom Nesset og Midsund som er mindre byer og grenser med Molde. Total arealet til Molde kommunen er 1 503,36km<sup>2</sup>, men i 1742 har ikke Molde vært større enn dagens Molde sentrum. Siden Molde har sammenslåtte med de andre kommune har folketallet doblet seg fra 8 289 til 17 118 siden 2020 og i 2022 er det 21 215 innbyggere i kommunen. (Wikipedia, 2022)

Byen er omgitt av nydelige utsikter og fjelltopper som de fleste befinner seg på Romsdalshalvøya. Geologisk berggrunnen er, og hovedsakelig består av gneis som er metamorf bergart. For å komme til Molde fra Ålesund og motsatt må man ta ferge fra Vestnes som går nesten 30min. Som sagt er Molde ganske sentralt og man kan se fra 222 snøklede fjelltopper eller besøke Moldens berømte baren som befinner seg på den høyeste bygningen Scandic Seilet. (Wikipedia, 2022)

## Introduksjon til SYNCHRO 4D

SYNCHRO 4D-programvaren er en svært sofistikert, verdensledende 4D-planleggings- og simuleringsapplikasjon. Dette er viktig for mange vertikale byggeprosjekter. Med Synchro 4D-modellering er det mulig å lage byggbare elementer fra hvilken som helst modell, noe som gjør det til et ekstremt populært verktøy for byggefirmaer av alle slag (Julie Ekensteen Bjørnstad, 2019). Å bruke Synchro 4D som et byggeplanleggingsverktøy er en fast 4D-løsning for bygningsinformasjonsmodellering som gir prosjektteamet en ledende og intuitiv avansert prosjektstyringsplattform. Programmet har alle nødvendige funksjoner for å hjelpe entreprenører, ingeniører og designere med å forbedre kvaliteten, effektiviteten og hastigheten til ulike prosjekter (Bentley, 2021).

# Kapittel 1 - Teoretisk grunnlag for dimensjonering

## 1.1 Dimensjonerings prinsipp

Dimensjonering av konstruksjoner utføres ved at det påvises at konstruksjonen tilfredsstillers dimensjoneringsreglens krav i forskjellige grensetilstander definert i NS\_EN 1990/1/.

(Sørensen, 2017)

De grensetilstander er.

- Bruddgrensetilstanden,
- Bruksgrensetilstanden,
- ulykkesgrensetilstanden,
- og utmattingsgrensetilstanden. (Sørensen, 2017, s. 5)

I denne oppgaven kommer vi til å avgrense dimensjoneringsprinsippene i bruddgrense.

*Bruddgrensetilstanden:*

Det er grensetilstander som er av betydning for menneskers sikkerhet og/eller konstruksjons sikkerhet. (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016, s. 24)

Denne tilstanden er brukt til å bestemme konstruksjonens kapasitet mot brudd. Denne metoden blir utført ved beregning på grunnlag av materialenes tøyningsegenskaper og dimensjonerende fastheter. (Sørensen, 2017, s. 5)

De lastvirkningene som tas i betraktningen i disse beregninger er bøyemoment, aksialkraft, skjærkraft, torsjonsmoment, og kombinasjoner av disse i tillegg.

*Bruksgrensetilstand*

Det er grensetilstander som har betydning for konstruksjonens eller konstruksjonsdelens funksjonsdyktighet ved normal bruk, betydning for menneskers komfort og konstruksjonens utseende. (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016, s. 24)

Ved bruk av denne tilstanden for eksempel i betongkonstruksjoner, skal det påvises at konstruksjonen for sin brukstid, tilfredsstillers krav i forhold til dens bruk og formål. De aktuelle kravene i denne tilstanden gjelder opprissing av betongen, deformasjoner av

konstruksjoner, og tetthet mot vanninntrenging. Disse kravene skal også sikre konstruksjonens bestandighet. (Sørensen, 2017, s. 5)

I stål, er bruksgrensetilstanden også knyttet til funksjonsdyktigheten til bygget eller deler av bygget. Det innebærer deformasjoner som kan begrense bruken av eventuelt utstyr, som for eksempel nedbøyninger av kranbaner som kan gjøre det vanskelig for bruk av kraner. Det kan også være nedbøyning av flatetak som fører til at vann blir stående på taket. Noen andre eksempler er nedbøyninger eller vibrasjoner som skaper ubehag hos brukerne, eller som konstruksjonens bestandighet og utseende kan bli påvirket. (Larsen, 2020, s. 34)

## 1.2 Lover, forskrifter, standarder og Eurocode

### 1.2.1 Lover og forskrifter

Samfunnet har et ansvar at sikkerheten av bygninger og samfunnets fysiske infrastruktur er så høy at sammenbrudd og andre alvorlig skader på konstruksjoner ikke skal føre til mennesker eller miljøskader. På grunn av dette, finnes det et hierarki av lover og forskrifter, og offentlige regelverk som samlet sikres at konstruksjoner har tilstrekkelig sikkerhet mot brudd. (Larsen, 2020, s. 17)



Figur 1 Hierarkiet av lover og regler (Larsen, 2020, s. 17)

(Larsen, 2020, s. 18)

I dette rammeverket av lover og forskrifter er ‘*Plan og bygningsloven*’ det overordnede ledd i systemet. Den utgjør en fullmaktslov. (Larsen, 2020, s. 17)

‘*Byggeforskriftene*’ som er utarbeidet og forvaltet av statens bygningstekniske etat (BE), er det neste ledd i hierarkiet. Den består av detaljbestemmelse om kartverk, bygningsdeler og installasjoner, samt enkelte konstruktive bestemmelse. Disse forskriftene gir generelle funksjonskrav til materialer, konstruksjoner og bygningsdeler. (Larsen, 2020, s. 17)

### **1.2.2 Norsk standard og Eurocode**

*Norsk standard* (NS), som utgis og forvaltes av Standard Norge, omfatter standarder for produkter, prosjektering og utførelse. Den består av regler som gir grunnlag for gjennomføring av prosjekteringsdel, og utførelse av bygningskonstruksjoner. Norsk standard anses juridisk som en del av Plan og bygningsloven (PBL) og byggeforskriftene. PBL tar i betraktning krav til utførelse av byggearbeider som oppfylt, dersom materialvalg og materialbruk er i henhold til de relevante bestemmelser i standardene. (Larsen, 2020, s. 18)

*Eurokode* (EC). Prosjekteringsstandardene fra Norsk standard (NS) for bygningskonstruksjoner er en del av det felles europeiske standard Eurokoder (EuroNorm\_EN). Disse standardene har betegnelsen NS-EN 199x. Eurokode er utarbeidet av den europeiske standardorganisasjonen CEN, og den er vedtatt som Norsk standard.

De viktigste prosjekteringsstandarder for bygningskonstruksjoner er:

- NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner;
- NS-EN 1991 Laster på konstruksjoner;
- NS-EN 1992 Prosjektering av betongkonstruksjoner;
- NS-EN 1993 Prosjektering av stål konstruksjoner;
- NS-EN 1994 Prosjektering av samvirkekonstruksjoner av stål og betong;
- NS-EN 1995 Prosjektering av trekonstruksjoner;
- NS-EN 1996 Prosjektering av murkonstruksjoner;
- NS-EN 1997 Geoteknisk prosjektering;
- NS-EN 1998 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning;
- NS-EN 1999 Prosjektering av aluminiumskonstruksjoner.

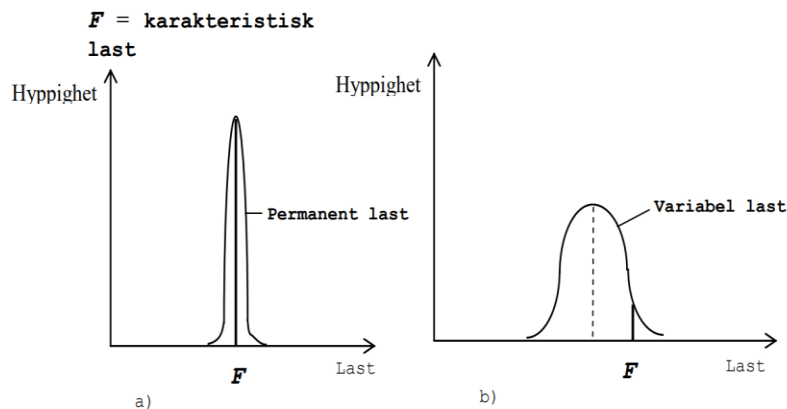
## 1.3 Laster

### 1.3.1 Lastetyper/ lastvirkning

I et vanlig bygg finnes det flere typer av laster som virker. Det skal være *Egenlast G*, som vil si tyngden av konstruksjonen. *Nyttelast P* på golvene fra personer og inventar. Det skal også være snølast på taket, *vindlasten V* på vegger og tak, og *jordtrykk J* på grunnmurene. (Rørvik, 2010, s. 18)

### 1.3.2 Karakteristisk last

Den Karakteristiske lasten på konstruksjonen er den største lasten som normalt virker på konstruksjonen under bruk. Men vi må være klar over at vi bare kjenner til laster i fortid. Vi vet derfor ikke hvilke laster konstruksjonen kommer til å bli utsatt for i fremtid. Det som er poenget, er at det skal ikke tillates at lasten overskrider maksimum utnyttelse under konstruksjonens levetid. På standardene finnes det normverdier for karakteristiske laster på bygningskonstruksjoner. (Rørvik, 2010, s. 20)



Figur 2 Kurve over karakteristisk last (Rørvik, 2010, s. 21)



### **1.3.3 Permanent last:**

Permanent last er last som virker konstant, med samme verdi, og på samme sted på konstruksjonen over en lang tid. Eksempler på slik laster er jordtrykk og egenlast.

Væsketrykk fra veldefinert nivå regnes også som permanent last. Som veldefinert nivå regnes for eksempel overløpet på en dam eller den midlere grunnvannstanden i jord. Vannet vil derfor kunne stå i lengre tid i disse nivåer, og vil da få en permanent karakter. (Rørvik, 2010, s. 19)

### **1.3.4 Variabel last**

Variabel last er last som variere med tiden. Den er ofte også en fri last som kan virke hvor som helst på konstruksjonen. Denne typen laste må plasseres på ugunstigste måte med hensyn til den lastvirkningen som undersøkes. Noen typiske variable laster er Nyttelastene. Slike laster kan være personbelastning eller inventar i en bygning, personlast på en tribune, lagrede varer i et lagerrom eller trafikklast på ei bru. Noen flere typer variable laster er naturlastene snø og vind. Variable laster skal ha større lastfaktorer enn permanente laster. Det skyldes at variable laster består ofte av laster med svært variabel og usikker karakter. Dette gjelder spesielt naturlastene vindlast og snølast. (Rørvik, 2010, s. 20)

### **1.3.5 Nyttelast**

Nyttelast er som vanlig en variabel last. Den karakteristiske verdien har en sannsynlighet for at den ikke overskrider et enkelt år. Det benyttes maksimalverdi som ikke tillates overskred, for laster som ikke kan behandles statistisk. Typiske nyttelaster oppstår fra tyngden av personer, flyttbart inventar og flyttbare maskininstallasjoner, massegoods, kjøretøyer, dyr og landbruksprodukter av forskjellige slag. Nyttelastene regnes for de fleste tilfeller som jevnt fordelt laster over et visst areal. Men enkelte laster opptrer bare som punktlaster. I en bolig skal et golv kunne tåle en konsentrert last fra for eksempel et pianohjul eller bein på en bokhylle uten at golvet tar skade.

Normverdier for karakteristiske, vertikale laster i boliger, administrasjonsbygg, institusjonsbygg, forretninger og idrettsanlegg finnes i NS-EN 1991-1-1 tabell 6.1 og 6.3. De forskjellige typer bygningskonstruksjoner er delt opp i bygningskategorier A til E. Når bygningskategorien er fastlagt kan nominelle verdier av karakteristiske nyttelastene finnes i de tabellene, 6.1 og 6.3. (Rørvik, 2010, s. 39)

**Tabell 6:1 Karakteristiske nyttelaster på golv. Fra (5).**

Kategori	Bruk	Eksempler	$q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)
A	Arealer for inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter	Rom i boligbygg og hus; rom og avdeliger i sykehus; soverom i hoteller og gjestgiverier; kjøkken og toaletter.		
		- Gulv	2,0	2,0
		- Trapper	3,0	2,0
		- Balkonger	4,0	2,0
		- Loft med liten takhøyde eller begrenset adgang	1,0	1,5
B	Kontorarealer		3,0	2,0
C	Arealer hvor personer kan samles (med unntak av arealer som er definert i kategori A, B, D og E)	Arealer med bord, for eksempel i skoler, kafeer, restauranter, spisesaler, leserom, resepsjoner. .... <b>C1</b>	3,0	4,0
		Arealer med faste seter, for eksempel arealer i kirker, teatre, kinosaler, konferanserom, forelesningssaler, forsamlingsaler, venterom og lignende. .... <b>C2</b>	4,0	4,0
		Arealer uten hindringer for personer i bevegelse, for eksempel arealer i museer, utstillingsrom, ankomstområder i offentlige bygg, administrasjonsbygg, hoteller .... <b>C3</b>	5,0	4,0
		Arealer med mulige fysiske aktiviteter, for eksempel dansesaler, gymnastikkrom, scener og lignende ..... <b>C4</b>	5,0	7,0
		Arealer som lett overfylles, for eksempel i bygg for offentlig bruk som konsertsaler, idrettshaller inklusive tribuner og atkomstområder, utendørs idrettsanlegg .... <b>C5</b>	5,0	4,0
D	Forretningsarealer	Arealer i detaljhandel, varehus, bok- og papirhandel ... <b>D1</b>	5,0	4,0
		Arealer belastet med pallet papir og lignende ..... <b>D2</b>	5,0	7,0
E	Arealer for oppsamling av varer, innbefattet ankomstområder	Arealer for oppbevaring, innbefattet biblioteker. .... <b>E1</b>	7,5	7,0

*Figur 3 Karakteristiske nyttelaster på golv (Rørvik, 2010, s. 40)*

Tabell 6.2 – Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger

Kategorier for belastede områder	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Kategori A</b>		
– Gulv	1,5 til <u>2,0</u>	<u>2,0</u> til 3,0
– Trapper	<u>2,0</u> til 4,0	<u>2,0</u> til 4,0
– Balkonger	<u>2,5</u> til 4,0	<u>2,0</u> til 3,0
<b>Kategori B</b>	2,0 til <u>3,0</u>	1,5 til <u>4,5</u>
<b>Kategori C</b>		
– C1	2,0 til <u>3,0</u>	3,0 til <u>4,0</u>
– C2	3,0 til <u>4,0</u>	2,5 til 7,0 ( <u>4,0</u> )
– C3	3,0 til <u>5,0</u>	<u>4,0</u> til 7,0
– C4	4,5 til <u>5,0</u>	3,5 til <u>7,0</u>
– C5	<u>5,0</u> til 7,5	3,5 til <u>4,5</u>
<b>Kategori D</b>		
– D1	<u>4,0</u> til 5,0	3,5 til 7,0 ( <u>4,0</u> )
– D2	4,0 til <u>5,0</u>	3,5 til <u>7,0</u>

Figur 4 Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger (NS-EN 1991-1-1 Laster på konstruksjoner, 2019)

#### Arealreduksjonsfaktor $\alpha_A$

Den jevn fordelte lasten  $q_k$  i noen tilfeller kan reduseres med en reduksjonsfaktor  $\alpha_A$ .

Den tar hensyn til at på et stort gulvareal er mindre sannsynlig at hele arealet er belastet med maksimal nyttelast samtidig.

For brukskategorien A til E kan arealreduksjonsfaktor settes lik:

$$\alpha_A = 5 \frac{\psi_0}{7} + \frac{15}{A} \leq 1,0$$

Slik at  $\alpha_A \leq \psi_0$  og  $\alpha_A \geq 0,6$

$\psi_0 = 0,7$  for brukskategorier A-D

$\psi_0 = 1$  for brukskategori E

A=gulvets areal [m<sup>2</sup>]

Hvis  $A \leq 30 \text{ m}^2$  så blir  $\alpha_A = 1,0$  for kategorier A-B (Rørvik, 2010, s. 41)

#### Etasjereduksjonsfaktoren $\alpha_n$

I bygninger med mer enn 2 etasjer, kan man i kategorier A-D beregningsmessig redusere nyttelasten i de overliggende etasjer ut ifra at det er mindre sannsynlighet for

at flere etasjer har full nyttelast samtidig. Det er gjort ved å multiplisere nyttelasten med en etasjereduksjonsfaktor  $\alpha_n$ .

$$\alpha_n = \frac{[2 + (n - 2) * 0,7]}{n}$$

n=antall etasjer over den belastede konstruksjonsdelen, for eksempel en søyle.

I bygninger i kategori E, er  $\alpha_n=1,0$

(Rørvik, 2010, s. 41)

### **1.3.6 Egenlast**

Det er konstruksjonens egen last. Det er tyngden til selve konstruksjonen eller konstruksjonsdeler som hviler. Egenlast har en veldefinert tyngde av tverrsnittsdeler med kjent geometri. Denne lasttypen fastlegges med ganske stor nøyaktighet, at dens lastfaktor trenger ikke å være så stor som for variable laster. (Rørvik, 2010)

### **1.3.7 Snølast**

Karakteristisk snølast på mark blir oppgitt som 50-årslast. En 50-årslast vil statistikk ha en sannsynlighet på 0,98 for ikke bli overskredet et enkelt år. Standarden som gir verdier for karakteristisk snølast på mark, er NS 1991-1-1.

Det er mange faktorer som virker inn på den snømengden som blir samlet i et tak. Noen av de faktorene er for eksempel lokale variasjoner i topografien, taktekningsmaterialets ruhet, varmegjennomgang osv. På grunn av at det er mange faktorer som må tas i betraktning under beregning av snølast, blir det vanskelig å ta med alle disse faktorene i en standard. Dette skyldes at det er grense for hvor mange detaljer kan legges inn i en snølastberegning. I standarden blir det tatt hensyn til to forhold som har stor betydning for den karakteristiske snølasten på tak. Den første er karakteristisk snølast på mark, og den andre er takets geometri. (Rørvik, 2010, s. 47)

#### **1.3.7.1 Snølast på mark**

Snømengden som faller ned, varierer fra landsdel til landsdel. Lokale topografiske ulikheter innenfor et mindre område kan gi store forskjeller i snømengden. I det nasjonale tillegg (NA) til NS-EN 1991-1-1-3 er det gitt 50-årslast på mark for alle kommuner i Norge.

Den karakteristiske snølasten på mark på et byggested har som betegnelse  $S_K$ . Den blir beregnet fra en grunnverdi for snølast i kommunen  $S_{K0}$ , sammen med et eventuelt tillegg  $\Delta S_K$

dersom høyde på byggested  $H$  er større enn  $H_g$  høydegrense for kommune. ( $H > H_g$ ).

(Rørvik, 2010, s. 48)

Formelen for karakteristisk snølast på mark er da:  $S_K = S_{K0} + n \cdot \Delta S_K$  (formel 7.1)

(Rørvik, 2010, s. 48)

$S_K$  = Karakteristisk snølast på byggestedet.

$S_{K0}$  = Grunnverdien for karakteristiske snølast i kommunen.

$H_g$  = Høydegrense for kommunen

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

$\Delta S_K$  = snølasttillegg per 100m

Karakteristisk snølast ( $S_K$ ) på mark er lik grunnverdien for karakteristisk snølast i kommunen  $S_{K0}$  for byggesteder med høyde over havet mindre enn eller lik høydegrense  $H_g$ . Den karakteristiske snølasten øker da betydelig fra denne kotehøyden, for hver 100 meter.

$S_{K0}$ ,  $H_g$  og  $\Delta S_K$  er gitt i tabell NA.4.1(901) i det nasjonale tillegget til NS-EN 1991-1-3. I 'tilleggstabell for snølast', som kommer etter dette avsnitt, er det tatt med et utdrag fra disse tabellene for noen utvalgte kommuner i landets fylker. Det er satt en maksimal verdi for beregnet karakteristisk snølast ( **$S_K$ , maks**) for hver enkelt kommune. Disse kan også finnes i tabell NA.4.1(901). (Rørvik, 2010)

### Tilleggstabell for snølast.

Grunnverdien for snølast  $s_{k0}$  for et lite utvalg av landets kommuner. Fra (6).  
For enkelte kommuner er det angitt en maksimalverdi for  $s_k$ .

*Grunnverdien for karakteristisk snølast økes med  $\Delta s_k$  for hver 100 m fra og med beregnet høydegrense  $H_g$ .*

Fylke/kommune	$s_{k0}$ kN/m <sup>2</sup>	Fylke/kommune	$s_{k0}$ kN/m <sup>2</sup>	Fylke/kommune	$s_{k0}$ kN/m <sup>2</sup>
<b>Østfold:</b>		<b>Telemark:</b>		<b>Møre og Romsdal:</b>	
$\Delta s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	
Fredrikstad	2,5	Porsgrunn	4,0	Ulstein	3,0
Sarpsborg	3,0	Notodden	4,0	Ålesund	3,0
Rakkestad	3,0	Tinn	4,5	Rauma	4,5
<b>Akershus:</b>		<b>Aust-Agder:</b>		<b>Sør-Trøndelag:</b>	
$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ og $1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	
Ås	3,5	Grimstad	4,5	Oppdal	4,5
Aurskog-Høland	3,0	Bygland	4,5	Hitra	2,5
Eidsvoll	4,5	Bykle, $\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	5,0	Trondheim	3,5
<b>Oslo:</b>		<b>Vest-Agder:</b>		<b>Nord-Trøndelag:</b>	
0 – 150 m.o.h.	3,5	$\Delta s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ og $1,0 \text{ kN/m}^2$		Kystkommuner $\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ Innlandskommuner $\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	
151 – 250 m.o.h.	4,5				
251 – 350 m.o.h.	5,5	Kristiansand	4,0	Meråker	4,5
>350 m.o.h.	6,5	Hægebostad	4,5	Steinkjær	3,5
		Sirdal	3,0	Namsos	4,0
<b>Hedmark:</b>		<b>Rogaland:</b>		<b>Nordland:</b>	
$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ og $1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	
Kongsvinger	3,5	Eigersund	2,0	Andøy	4,5
Hamar	3,5	Stavanger	1,5	Bodø	4,0
Tynset	4,0	Suldal	2,5	Narvik	4,5
<b>Oppland:</b>		<b>Hordaland:</b>		<b>Troms:</b>	
$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ og $1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	
Jevnaker	4,0	Bømlo	1,5	Harstad	5,0
Gjøvik	4,5	Bergen	2,0	Tromsø	6,0
Dovre	4,0	Ulvik	3,0	Storfjord	5,0
<b>Buskerud:</b>		<b>Sogn og Fjordane:</b>		<b>Finnmark:</b>	
$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$		$\Delta s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	
Drammen	3,5	Flora	2,5	Hammerfest	5,0
Flå	3,5	Jølster	3,5	Kautokeino	4,0
Ål	4,5	Sogndal	2,5	Berlevåg	4,0
<b>Vestfold:</b>					
$\Delta s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$					
Larvik	4,0				
Tønsberg	4,0				
Hof	4,5				

Figur 5 Grunnverdier for karakteristisk snølast (Rørvik, 2010, s. 49)

### 1.3.7.2 Snølast på tak

Vi får sjelden samme snømengden på et tak som det vi får på marken. Selv om det er flattak, vil det ikke bli den samme snømengde som vi får på mark. Grunnen til det er at det vil alltid være et visst vinddrag i luften under snøvær. Snøen kan også samles opp hvis det er tak som for eksempel sagtak eller på et tak som avlutes ved en vegg. Denne snøsamlingen kan gi større belastning enn på flattak. (Rørvik, 2010, s. 49)

Det innføres en såkalt formfaktor  $\mu$ , får å ta hensyn til de forskjellige takformenes geometri.

Snølast på tak beregnes da av formelen:

$$S = \mu * C_e * C_t * S_k$$

Der

$S$  = Snølast på tak per  $m^2$  horisontal projeksjon.

$\mu$  = Formfaktor

$C_e$  = Eksponeringsfaktor

$C_t$  = Termisk faktor.

$S_k$  = Karakteristisk snølast på mark på byggested

Eksponeringsfaktor  $C_e$  tar hensyn til at sterk vind kan redusere snøtyngden på takket. Verdier på denne finnes i tabell NA.5.1 i NS-EN 1993-1-3 (Rørvik, 2010, s. 51)

**Tabell NA.5.1 – Verdier for  $C_e$  for forskjellig topografi**

Topografi	$C_e$
Særlig sterkt vindutsatt <sup>a</sup>	0,8 <sup>d</sup>
Normal <sup>b</sup>	1,0
Skjernet <sup>c</sup>	1,2

<sup>a</sup> *Særlig vindutsatt topografi*: flate, frie områder der alle sidene er eksponert, og der terreng, høye trær eller byggverk ikke gir noen eller liten beskyttelse mot været.

<sup>b</sup> *Normal topografi*: områder der vinden i liten grad fjerner snø fra byggverk pga. terreng, andre byggverk eller trær.

<sup>c</sup> *Skjernet topografi*: områder der det aktuelle byggverket er betydelig lavere enn terrenget omkring, eller er omgitt av høye trær og/eller høyere byggverk.

<sup>d</sup> Ved bruk av denne verdien forutsettes at normaltemperaturen for perioden januar-februar er lavere enn 0 °C samtidig som normalt minst 10 dager i samme periode har minst én forekomst av 10 minutters middelvind over 8 m/s, samt at takets lengste sidekant ikke overskrider 50 meter.

Figur 6 Verdier for forskjellig topografi (NS-EN 1993-1-3 Laster på konstruksjoen\_Almenne laster-snølast, 2018, s. 57)

Den termiske faktoren  $C_t$  tar hensyn til at snølasten kan bli redusert på grunn av varmgjennomgang i transparent tak. Dette kan sees i punktet NA.5.2 i NS-EN 1993-1-3. I de fleste tilfeller kan både  $C_e$  og  $C_t$  settes lik 0 (null). I denne sammenheng blir snølast på tak  $S = \mu * S_k$ .

Formfaktorene for de forskjellige takformene er angitt i standarden NS-EN 1991-1-3 i punkt 5.3 og NA5.3

Fra kompendiet av (Rørvik, 2010, s. 51) tabell 7.1 er gjengitt noen formfaktorer for de vanlige takformer i Norge. Rettvinklet fordelingen for de angitt tverrsnittsformene antas å være konstant. For følsomme konstruksjoner for skjevbelastning, skal taket undersøkes for ugunstigste snølast på hvilken som helst del av taket og ingen snølast på resten av taket.

Saltak, pulttak, sagtak.

For disse typer takformer, kan formfaktorene beregnes i tabell 7.1. (Rørvik, 2010)

**Tabell 7:1 Formfaktorer for saltak, pulttak og sagtak.**

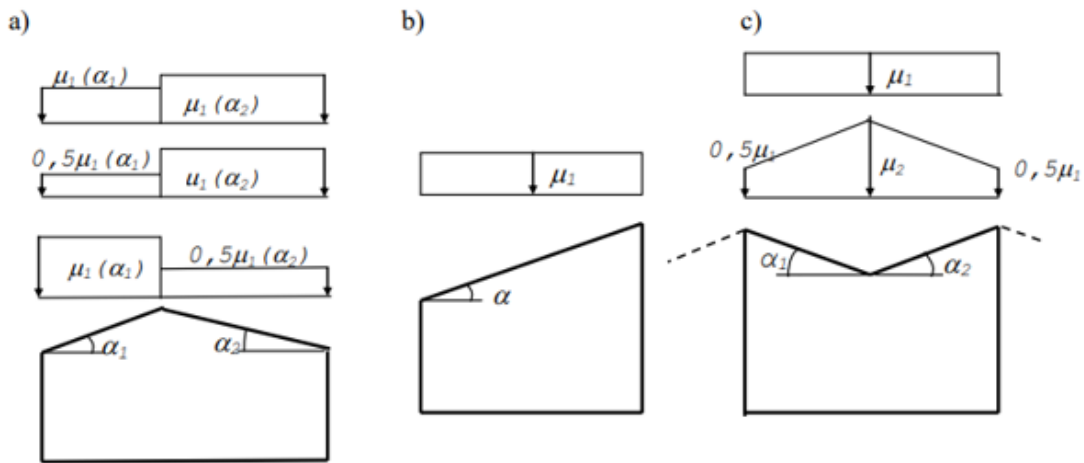
Formfaktor	Takvinkel		
	$0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60^\circ - \alpha)/30^\circ$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8\alpha/30^\circ$	1,6	-

Figur 7 Formfaktorer for saltak, pulttak og sagtak (Rørvik, 2010, s. 51)

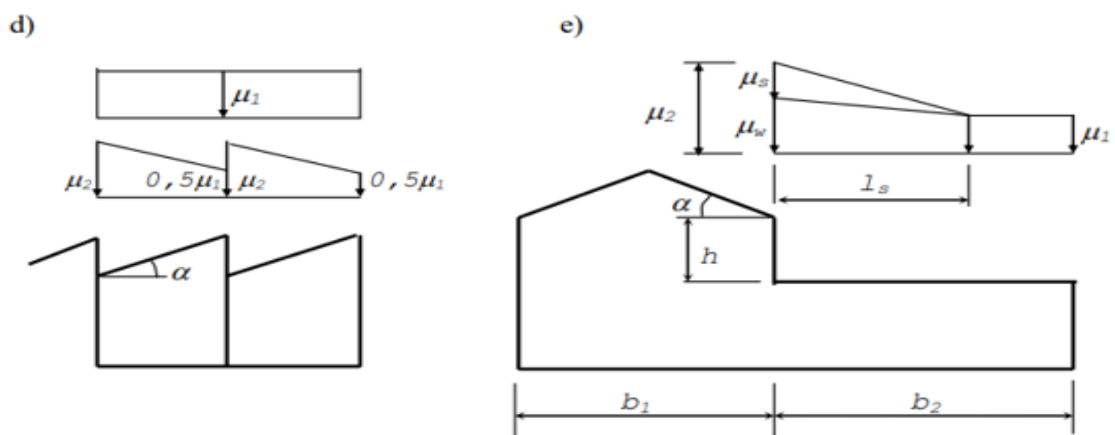
Dersom den nederste delen av et skråtak avsluttes med brystning, snøfanger, eller noen annen oppbygging, skal formfaktorene ikke settes mindre enn 0,8.



**De vanligste takformene**



Figur 8 Takformene



Figur 7:2 Snølastfordeling på tak. a) Saltak; b) Pulttak; c) og d) Sagtak; e) Tak med nivåforskjell.

Figur 9 Snølastfordeling på forskjellige takformene (Rørvik, 2010, s. 52)

### **Tak med nivå forskjeller**

For tak som går inn mot en vegg, skal snølasten på det lavereliggende taket beregnes ved hjelp av fire formfaktorer:

$\mu_1$  er formfaktoren for den takformen som det lave taket alene har.

Formfaktoren inn ved veggen settes lik  $\mu_2 = \mu_w + \mu_s$  der  $\mu_w$  skriver seg fra fonnvirkningen av vinden, og  $\mu_s$  tar hensyn til eventuell raslast last fra overliggende taket.

$\alpha$  er takvinkelen for den delen av det øvre taket som har fall mot det lave takket.

$\mu_s$  beregnes ved at 50% av maksimumlasten på skråtaket overfor, tenkes fordelt lineært. Vi kan sette  $\mu_s = 0$  dersom takvinkelen  $\alpha \leq 15^\circ$ .

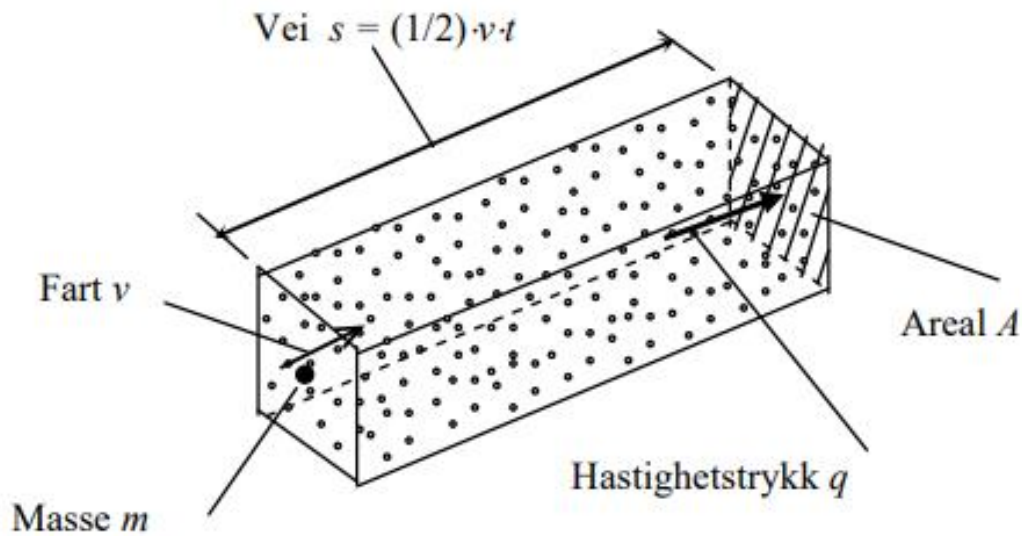
Det er ikke tatt i betraktning at raslasten også kan forårsake et dynamisk tillegg. Men det er trolig lite, skyldes snøen vanligvis vil treffe det lavereliggende taket som en stråle og ikke som et samlet støt. (Rørvik, 2010, s. 52)

$\mu_w$  beregnes av  $\mu_w = (b_1 + b_2) / 2h \leq 2h / S_k$ , målene  $b_1$ ,  $b_2$  og  $h$  står på figuren ovenfor, og  $S_k$  er byggestedets snølast på mark.  $\mu$  skal ligge innenfor grensen  $0,8 \leq \mu \leq 4,0$

### **1.3.8 Vindlast**

Den karakteristiske vindlasten på en bygning blir beregnet av den største vindhastigheten som i gjennomsnitt forekommer hver t50 år. Vindlast er en variabel av natur og er avhengig av faktorer som årstid, beliggenhet, topografi, terrengruhet, omkringliggende byggverk og til selve byggverks geometri og stivhet. Den norske standarden for vindlasten NS-EN 1991-1-4, og den gjelder siden april 2010. (Rørvik, 2010, s. 56)

### 1.3.8.1 Hastighetstrykk



**Figur 7:7 Luftmasse  $m$  som blåser mot en flate  $A$**

*Figur 10 Luftmasse som blåser mot en flate (Rørvik, 2010, s. 56)*

Formelen for hastighetstrykk er:

$$q = 0,625 \cdot V^2 \quad \text{formel 7:7 (Rørvik, 2010)}$$

$V$  = Vindhastighet i meter per sekund [m/s]

$q$  = hastighetstrykk i Newton per kvadratmeter [ $N/m^2$ ] (Rørvik, 2010)

### 1.3.8.2 Referansevind, basisvind, stedsvind og kastevind

Referansevindhastighet  $V_{b,0}$

Vindhastigheten varierer geografisk og er betydelig ulik på de ulike steder i Norge. Den er registrert av meteorologene over hele landet.

Referansevindhastigheten  $V_{b,0}$  er definert som gjennomsnittlig vindhastighet i en 10 minutt periode i en høyde på 10 meter over et flatt landskap med spredt småbebyggelse eller trær, og med en årlig sannsynlighet for overskridelse på 0.02. Det som vil si at den opptrer i teori i hvert 50 år.

I NS-EN 19941-4 er det ført opp referansevindhastighet for alle norske kommuner i tabellen NA.4(901.1)

I følgende tabell er det vist et utdrag av denne tabellen for tre kommuner i hvert fylke. Tabell 7:2 av kompendium (Rørvik, 2010).

**Tabell 7:2 Referansevindhastighet for et lite utvalg av landets kommuner. (Fra NS-EN 1991-1-4).**

Fylke/kommune	$v_{b,0}$ m/s	Fylke/kommune	$v_{b,0}$ m/s	Fylke/kommune	$v_{b,0}$ m/s
<b>Østfold:</b>		<b>Telemark:</b>		<b>Møre og Romsdal:</b>	
Fredrikstad	26	Porsgrunn	23	Sande	30
Sarpsborg	24	Notodden	22	Ålesund	29
Rakkestad	22	Tinn	24	Rauma	28
<b>Akershus:</b>		<b>Aust-Agder:</b>		<b>Sør-Trøndelag:</b>	
Ås	22	Grimstad	26	Oppdal	26
Aurskog-Høland	22	Bygland	24	Hitra	30
Eidsvoll	22	Bykle	24	Trondheim	26
<b>Oslo:</b>		<b>Vest-Agder:</b>		<b>Nord-Trøndelag:</b>	
Oslo	22	Kristiansand	26	Meråker	25
<b>Hedmark:</b>		Hægebostad	24	Steinkjær	26
Kongsvinger	22	Sirdal	24	Namsos	26
Hamar	22	<b>Rogaland:</b>		<b>Nordland:</b>	
Tynset	24	Eigersund	27	Andøy	31
<b>Oppland:</b>		Stavanger	26	Bodø	30
Jevnaker	22	Suldal	24	Narvik	28
Gjøvik	22	<b>Hordaland:</b>		<b>Troms:</b>	
Dovre	24	Bømlo	28	Harstad	27
<b>Buskerud:</b>		Bergen	26	Tromsø	27
Drammen	22	Ulvik	24	Storfjord	24
Flå	22	<b>Sogn og Fjordane:</b>		<b>Finnmark:</b>	
Ål	24	Flora	28	Hammerfest	29
<b>Vestfold:</b>		Jølster	24	Kautokeino	24
Larvik	25	Sogndal	24	Berlevåg	30
Tønsberg	24				
Hof	22				

Figur 11 referansevindhastighet for lite utvalg av landets kommuner Tabell 7:2 (Rørvik, 2010, s. 57)

Basisvindhastighet  $V_b$ .

Ved beregning av basisvindhastigheten  $V_b$ , blir det innføring av korreksjoner for vindretning, årstidsvariasjonen, stedets høyde over havet, og eventuell den akseptable sannsynligheten for overskridelse av maksimalhastigheten.

Formelen for basisvindhastigheten blir slik:

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * C_{alt} * C_{prop} * V_{b,0} \quad \text{formel 7:8 (Rørvik, 2010)}$$

$C_{dir}$  = Retningsfaktoren. Settes ofte lik 1,0 for alle vindretninger, men kan antas mindre for en eventuell vindretning som ikke gir maksimale vindstyrker. Flere verdier av  $C_{dir}$  er gitt i tabellen NA.4(901.4) på side 149 i standarden NS-EN 1991-1-4.

$C_{season}$  er årstidsfaktoren. Settes som vanlig lik 1,0. Men for konstruksjoner som er til bruk for bare en kort periode som for eksempel en årstid med litt vind, kan den settes lavere. Mer verdier for dette variabel finnes i NS-EN 1991-1-4 på side 149.

**Tabell NA.4(901.5)– Årstidsfaktoren,  $c_{season}$**

Årstid	mai - august	september - april
$C_{season}$	0,8	1,0

(NS-EN\_vindlast, 2009)

$C_{prop}$  = Faktor som er brukt når returperioden velges forskjellig fra det normale som er 50 år.

$C_{alt}$  er nivåfaktoren, beregnet som følgende:

(gjelder bare for høyfjellstrøk).

Dersom  $V_{b,0} \geq 3,0$  m/s settes  $C_{alt} = 1,0$

Dersom  $V_{b,0} \leq 3,0$  m/s så beregnes  $C_{alt}$  av følgende formel:

$$C_{HoH} = 1,0 + \frac{(30 - v_{b,0})(H - H_o)}{v_{b,0}(H_{topp} - H_o)} \quad \text{(Rørvik, 2010, s. 58) formelen 7.9}$$

Økning av  $C_{alt}$  etter denne formelen gjelder der stedshøyden  $H$  ligger mellom  $H_0$  og  $H_{topp}$  for høyfjellsstrøk i Norge. Høyfjellsstrøken deles inn i tre områder.:

Sør-Norge inkludert Sør-Trøndelag  $H_0 = 900$  m og  $H_{topp} = 1500$  m

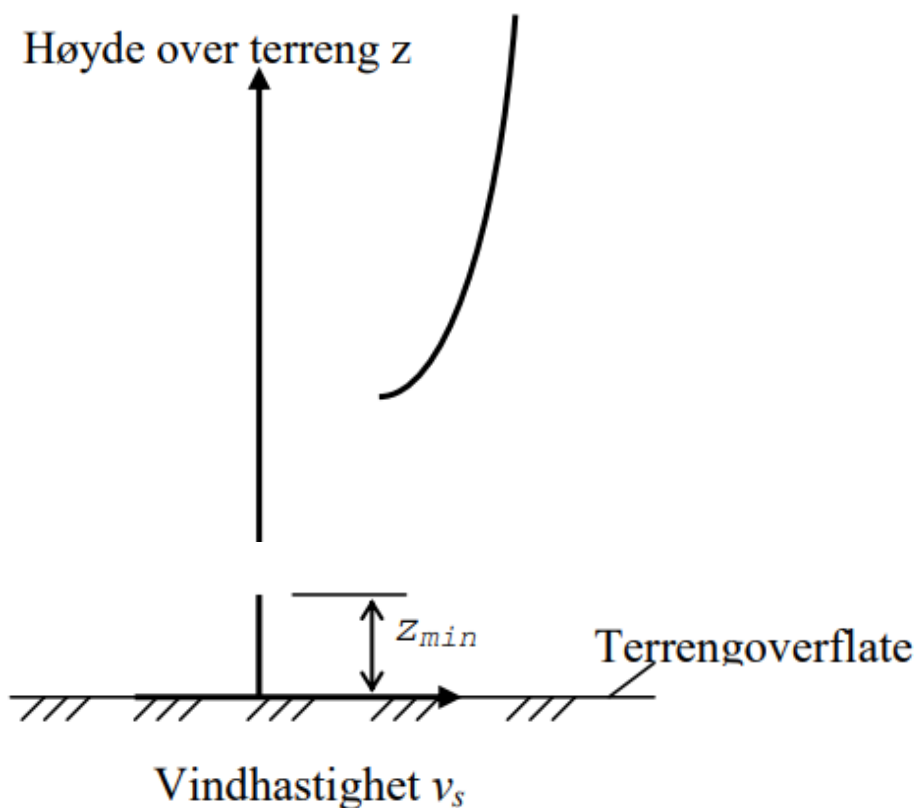
Nord-Trøndelag, Nordland og Troms:  $H_0 = 700$  m og  $H_{topp} = 1300$  m

Finmark og Svalbard:  $H_0 = 400$  m og  $H_{topp} = 1000$  m.

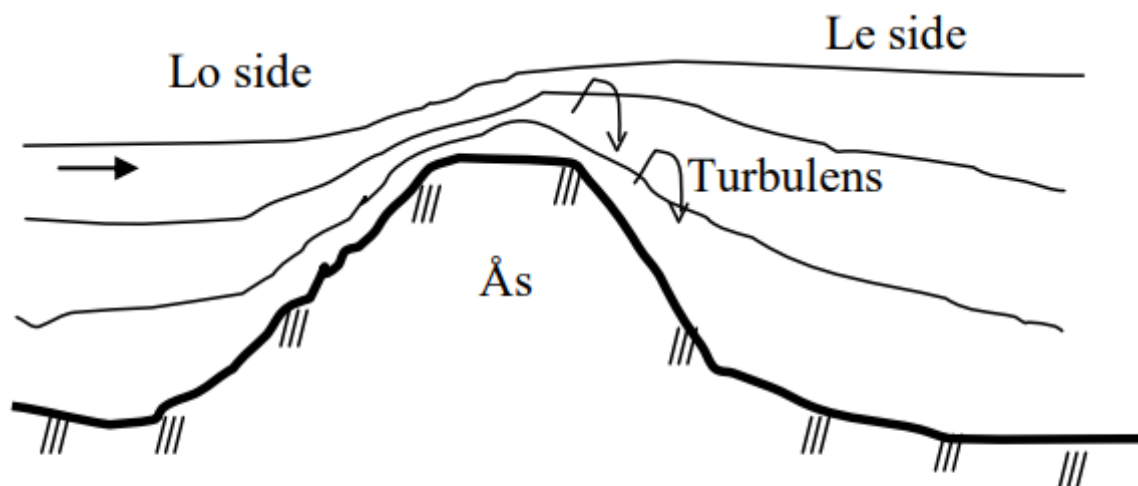
\*Korreksjonsfaktorene til basisvindhastigheten vil for områder i lavere strøk settes lik 1,0 i mange tilfeller. Basishastigheten vil da være lik referansevindhastigheten.  $V_b = V_{b,0}$ . (Rørvik, 2010)

### Stedsvindhastighet. $V_m(Z)$

Tilstanden av terrenget rund en bygning, terrengruhet og topografien, kan ha stor betydning for hvor stor vindhastigheten mot en konstruksjon kan bli. Terrengets ruhets vil si i denne sammenheng, type vegetasjon rund bygget, samt utstrekningen og høyden på bygninger i nærheten. Stor terrengruhet vil virke som bremse på en vindstyrke ned mot terrengoverflate. Vindhastigheten vil da bli moderat og tilnærmet konstant nærmest overflaten. (Rørvik, 2010)



Figur 12 Vindhastighet som funksjon av høyde over terreng  $Z$  (Rørvik, 2010, s. 58)



**Figur 7:9 Forsterkning av vind som blåser over en ås.**

Figur 13 Vindhastigheten øker nær toppen av åsen (Rørvik, 2010, s. 59)

Terrengruhet er delt i fem kategorier:

**Tabell 7.3. Terrengruhetskategorier med tilhørende parametre. Fra (7).**

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

Figur 14 Terrengruhetskategorier med tilhørende parametre (Rørvik, 2010, s. 60)

*Formelen for stedsvindhastigheten  $V_m(z)$ .*

$$V_m(z) = C_r(z) * C_0(z) * V_b, \text{ formel 7:10 (Rørvik, 2010)}$$

\* $C_r(Z)$  er terrengruhetsfaktoren: Den finnes som funksjon av referansehøyden  $Z$ , av følgende formler:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \text{ for } z_{min} \leq z \leq 200 \text{ m}$$

$$c_r(z) = k_r \cdot (z_{min}) \text{ for } z \leq z_{min}$$

Der:

- $z$  er referanse høyden;

-Faktorene  $K_r$ ,  $Z_0$  og  $Z_{min}$  er avhengig av terrengets ruhet og finnes i tabellen 7:3.

\* $C_0(Z)$  er terrengformfaktoren. Den tar hensyn til at luft som strømmer over åser, skåninger eller fjell kan få betydelig endring i hastigheten på grunn av lokale trykkendringer og turbulensvirkning. På baksiden av et fjell kan turbulens føre til lokale forhøyet vindhastighet. Ofte er  $C_0(Z)=1,0$ . (Rørvik, 2010, s. 60)

### Vindkasthastighet $V_p$

Vindkasthastighet er sterkt påvirket av den turbulensen som kan oppstå på grunn av innvirkning fra terrengets ruhet og form. Med dette gir det grunnlaget for beregning av vindtrykk.

En konstruksjon må være bestandig mot forsterket vindtrykk som oppstår i de mere kortvarige vindkastene.

*Formelen for vindkasthastigheten:*

$$V_p = V_m(Z) * \sqrt{1 + 7 * I_v(Z)} \text{ formel 7:14 (Rørvik, 2010)}$$

Der:

- $V_m(Z)$  er stedsvindhastigheten;
- $I_v(Z)$  er turbulensintensiteten som kan beregnes i følgende formel:



Når referansehøyden  $Z \geq Z_{\min}$ :

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

$k_1$  er turbulensfaktoren og det kan settes vanligvis som 1,0.

$C_0(Z)$  er terrengformfaktor (den settes her lik 1,0.)

\*For  $Z < Z_{\min}$  beregnes  $I_v$  med  $Z = Z_{\min}$ .

\*Hastighetstrykk  $q_p$  fra vindhastigheten  $V_p$  beregnes fra formelen:  $q_p = 0,625 \cdot V_p^2$

### **1.3.8.3 Forenklet beregning av hastighetstrykk $q_p$**

Hastighetstrykk kan finnes ved hjelp av en forenklet metode. Topografieeffektene kan finne ved hjelp av to faktorer  $K_1$  og  $K_2$  fra diagrammer i veiledning i NS-EN 1993-1-4, og overgangssoner for ruhet kan tas i betraktning ved hjelp av en faktor  $K_3$  fra de samme veiledningsdiagrammene.

*Formelen for vindhastighetstrykket  $q_p$  beregnes direkte som:*

$$q_p = k_1 * k_2 * k_3 * (C_{dir} * C_{alt} * C_{season} * C_{prop})^2 * q_{p0} \quad \text{formel 7:16 (Rørvik, 2010)}$$

Der:

$K_1$  tar hensyn til vindakselerasjon over åser og skråninger.

$K_2$  tar hensyn til vindkastøkning på lesiden av bratt terreng.

$K_3$  tar hensyn til områder med annen ruhet i nærheten av byggestedet.

c-faktorene i formelen er definert i forbindelse med formel (7:8)

$q_{p0}$  er grunnverdi for hastighetstrykk fra vindkast.

\*Dersom alle korreksjonsfaktorene i formelen 7:16 settes lik 1,0 får vi den ekleere formel:

$$q_p = q_{p0}$$

\*Grunnverdier for  $q_{p0}$  kan videre bestemmes i formelen:

$$q_{p0} = k_w \cdot V_{b,0}^2 \quad \text{formel 7:18 (Rørvik, 2010)}$$

$k_w$  er en vindlastfaktor som er avhengig av terrengruheten og referansehøyden  $Z$

$$k_w = 0,625 \cdot \left[ k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]^2 \cdot \left[ 1 + \frac{7,0}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \right]$$

Figur 15 Grunnverdier for  $q_{p0}$  kan videre bestemmes i formelen 7:19 (Rørvik, 2010)

I veiledning i NS-EN 1993-1-4 finnes det diagrammer over  $q_{p0}$  og  $V_{b,0} = 22, 24, 26, 28, 30,$  og  $32$  m/s. Men en del kommuner har verdier for  $V_{b,0}$ . (Rørvik, 2010)

### **1.3.9 Lastfaktorer og last kombinasjon**

#### Lastfaktor $\gamma$

Lastfaktorene tar hensyn til unormale og uforutsatte laster som går ut over den karakteristiske lasten. Størrelse på disse faktorene er avhengig av hvilken grensetilstand som konstruksjonens betraktes i. Uforutsatte laster kan være for eksempel en tilfeldig støtlast mot en søyle, som normalt er utsatt for aksiallast og bare beregnet for dette. En annen eksempel kan være krefter som oppstår på grunn av innvendig trykkendring, når et vindu eller en dør står åpent i et rom når det blåser. Last faktorene tar hensyn til de usikkerhet som finnes i tilknytning til beregningsforutsetningen i mekanikken og statikken av selv lastvirkningene

Lastfaktorene kan ta også hensyn til redusert sannsynlighet for samtidighet av flere laster. For eksempel hvor sannsynlig er det at full trafikklast, full vindstyrke og karakteristisk snølast opptrer samtidig på et brudekke på ei vegbru. Hvor sannsynlig disse tre variable lastene opptrer med full verdi samtidig. (Rørvik, 2010, s. 20)

Lastfaktorenes tallverdier  $\gamma$  for de ulike typer av laster finnes i NS EN 1990 i bruddgrense tilstand. (Rørvik, 2010, s. 23)

Tabell NA.A1.2(A) – Dimensjonerende verdier for laster (EQU) (Sett A)

Vedvarende og forbigående dimensjonerende situasjoner	Permanente laster		Dominerende variabel last (*)	Øvrige variable laster (*)
	Ugunstig	Gunstig		
(Ligning 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Variable laster er de som er oppført i tabell NA.A1.1

MERKNAD 1 Det brukes følgende sett med  $\gamma$ -verdier:  
 $\gamma_{Gj,sup} = 1,20$ ;  
 $\gamma_{Gj,inf} = 0,90$ ;  
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$  hvis ugunstig (0 hvis gunstig);  
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$  hvis ugunstig (0 hvis gunstig).

MERKNAD 2 I tilfeller der påvisning av statisk likevekt også omfatter konstruksjonsdelenes kapasitet, kan det fastsettes en kombinert påvisning basert på tabell NA.A1.2(A) som et alternativ til to separate påvisninger basert på tabell NA.A1.2(A) og NA.A1.2(B), med verdier som angitt nedenfor.  
 $\gamma_{Gj,sup} = 1,35$ ;  
 $\gamma_{Gj,inf} = 1,0$ ;  
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$  hvis ugunstig (0 hvis gunstig);  
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$  hvis ugunstig (0 hvis gunstig).

Figur 16 Dimensjonerende verdier for laster (EQU) (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016, s. 107)

Tabell NA.A1.2(B) – Dimensjonerende verdier for laster (STR/GEO) (Sett B)

Vedvarende og forbigående dimensjonerende situasjoner	Permanente laster		Dominerende variabel last (*)	Øvrige variable laster (*)
	Ugunstig	Gunstig		
(Ligning 6.10a)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Ligning 6.10b)	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Variable laster er de som er oppført i tabell NA.A1.1

MERKNAD 1 Det brukes følgende sett med  $\gamma$ - og  $\xi$ -verdier ved bruk av uttrykk 6.10a og 6.10b:  
 $\gamma_{Gj,sup} = 1,35$ ;  
 $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$ ;  
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$  hvis ugunstig (0 hvis gunstig);  
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$  hvis ugunstig (0 hvis gunstig);  
 $\xi = 0,89$ ;  
(I Norge brukes 6.10a og 6.10b, slik at  $\xi \gamma_G = 0,89 \times 1,35 = 1,20$ ).

Se også NS-EN 1991 til NS-EN 1999 for  $\gamma$ - verdier som skal brukes for påførte deformasjoner.

MERKNAD 3 De karakteristiske verdiene for alle permanente laster fra ett opphav multipliseres med  $\gamma_{G,sup}$  hvis resultatet i form av den totale lastvirkningen er ugunstig, og med  $\gamma_{G,inf}$  hvis resultatet i form av den totale lastvirkningen er gunstig. F.eks. kan alle laster med opprinnelse i konstruksjonens egenvekt anses å komme fra én kilde; dette gjelder også om forskjellige materialer er brukt.

MERKNAD 4 For spesielle påvisninger kan verdiene for  $\gamma_G$  og  $\gamma_Q$  igjen deles inn i verdiene  $\gamma_G$  og  $\gamma_Q$  og modellens usikkerhetsfaktor  $\gamma_{sd}$ . En verdi for  $\gamma_{sd}$  som ligger mellom 1,05 til 1,15, kan brukes i de fleste vanlige tilfeller.

Figur 17 Dimensjonerende verdier for laster (STR/GEO) (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016, s. 107)

Lastkombinasjoner B1 og B2

Ligningen 6.10a og ligningen 6.10b i denne standarden skal brukes i Norge.

Tabellen 4.1 fra Tarald Rørvik sitt kompendium, er det gjengitt en forenklet sammenstilling fra tabellen NA.A1.2(B) i det norske tillegg til standarden. I disse  $\gamma$ -faktorene er det inkludert de såkalte *kombinasjonsfaktorene*  $\xi$  og  $\psi$  som tar hensyn til redusert sannsynlighet for samtidighet for de ulike variable laster. (Rørvik, 2010, s. 23)

**Tabell 4:1 Lastfaktorer  $\gamma$  inkludert kombinasjonsfaktorer ( $\xi$  og  $\psi$ ) ved forenklet påvisning i bruddgrensetilstanden i pålitelighetsklasse 3. Fra (4).**

Lastkombinasjoner som skal påvises	Permanente laster		Dominerende variabel last $Q_I$	Øvrige variable laster $Q_i$
	Ugunstig	Gunstig		
	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{QI}\psi_{0,1}$	$\gamma_{Qi}\psi_{0,i}$
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)*

\*Dersom øvrige variable laster er vindlast eller temperaturlast skal verdien 0,90 nyttes.

\*Nyttelast på tak (unntatt snølast) skal ikke inkluderes i en lastkombinasjon dersom denne nyttelasten tilhører kategorien *øvrige variable laster*.

*Figur 18 Lastfaktorer inkludert kombinasjonsfaktorer ved forenklet påvisning i bruddgrensetilstanden i pålitelighetsklasse 3 (Rørvik, 2010, s. 23)*

I prinsippet må alle lastkombinasjoner beregnes, og den største lastvirkningen skal benyttes ved dimensjoneringen. Ved dimensjonering av en konstruksjon er det viktig at det tas både hensyn til alle laster som kan forekomme, og dessuten disse lastene må bli kombinert på den mest ugunstigste måten, med hensyn til lastvirkningen.

### 1.3.10 reduksjonsfaktor og pålitelighetsklasser

For reduksjonsfaktor i pålitelighetsklasse 1 (CC1/RC1) kan lastfaktorene for variable laster i bruddgrensetilstanden reduseres med faktoren  $K_{Fi}$  som vist i tabell 4:2 fra kompendium. (Rørvik, 2010)

Tabell B3 –  $K_{Fi}$ -faktor for laster

$K_{Fi}$ -faktor for laster	Pålitelighetsklasse		
	RC1	RC2	RC3
$K_{Fi}$	0,9	1,0	1,1

MERKNAD Andre tiltak enn dem som beskrevet i dette tillegget foretrekkes vanligvis framfor å bruke  $K_{Fi}$ -faktorer, særlig for klasse RC3.  $K_{Fi}$  bør bare anvendes på ugunstige laster.

Figur 19  $K_{Fi}$ -faktor for laster (NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016, s. 72)

Tabell 4:2 Reduksjonsfaktoren  $k_{Fi}$  for variable laster i pålitelighetsklasse 1.

Lasttype	Pålitelighetsklasse	
	1	2 og 3
Variable laster	0,9	1.0

Figur 20 Reduksjonsfaktor  $k_{Fi}$  for variable laster i pålitelighetsklasse 1. (Rørvik, 2010, s. 23)

## 1.4 Dimensjonerende last og Kapasitetskontroll

Kapasitetskontroller går ut på å påvise at konstruksjonens motstand for en bestemt lastvirkning er større enn påkjenningen på grunn av ytre krefter med hensyn til den samme lastvirkningen. For at dette kunne vurderes, må vi i tillegg til å kjenne til aktuelle beregningsmetoder, ha kunnskap om laster og materialenes styrke. (Sørensen, 2017, s. 6)

### 1.4.1 Dimensjonerings kriterium

Dimensjoneringskriterium handler om hvilket krav som må tas utgangspunkt i ved beregning av en konstruksjon for at konstruksjonen i henhold til Norsk standard skal ha en tilstrekkelig sikkerhet mot brudd eller manglende funksjonsdyktighet. (Rørvik, 2010, s. 16)

### 1.4.1.1 Bruddkriterier

De opptredende spenningene  $\sigma$  og  $\tau$  blir beregnet på grunnlag av lastevirkningene.

Dimensjoneringskravet er oppfylt dersom disse spenningene er like eller det dimensjonerende opptredende spenningen fra lastvirkningen er mindre enn det dimensjonerende fasthet.

Altså:

$$\sigma_{md} \leq f_{md} \quad \text{formel 2.8 i (Rørvik, 2010, s. 16)}$$

$$\tau_d \leq f_{vd} \quad \text{formel 2.9 i (Rørvik, 2010, s. 16)}$$

Vi kan sammenlikne den dimensjonerende lastevirkningen med konstruksjonens kapasitet, eller konstruksjonens evne til å motstå lastevirkningen dersom vi setter inn formel for momentspenning i formel 2.8:

Vi får da:

$$\sigma_{md} = \frac{M_{Ed}}{w} \leq f_{md}$$

Det største momentet konstruksjonen kan ta kalles *Dimensjonerende momentkapasitet*  $M_{Rd}$ .

$$M_{Rd} = f_{md} \cdot w$$

Dimensjoneringskriteriet blir da:

$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ , (Det dimensjonerende momentet skal ikke overskride det dimensjonerende momentkapasiteten). (Rørvik, 2010, s. 16) formel 2.10 fra (Rørvik, 2010, s. 16)

Det blir tilsvarende også for aksialkraft ( $N_{Ed}$ ) og Skjærkraft ( $V_{Ed}$ )

$N_{Ed} \leq N_{Rd}$ , der  $N_{Rd} = f_d \cdot A$  (Den dimensjonerende aksialkraften skal ikke overskride den dimensjonerende aksialkraftkapasiteten). Formel 2.11 fra (Rørvik, 2010, s. 16)

$V_{Ed} \leq V_{Rd}$ , der  $V_{Rd} = \frac{f_{vd} \cdot I \cdot b}{s}$ , (det dimensjonerende aksialkraftkapasiteten skal ikke overskride den dimensjonerende aksialkraftkapasiteten). Formel 2.12 fra (Rørvik, 2010, s. 16).

I disse formlene 2.10 til 2.12 uttrykker at lastevirkningene må være likt eller mindre enn kapasiteten.

### 1.4.1.2 Brukskriteriet

I praksis, må det stilles andre krav til en konstruksjon enn at den ikke skal få brudd.

For eksempel, en konstruksjon må bære en last uten at det oppstår store deformasjoner. Den må kunne bære en last uten at det oppstår store forskyvninger slik som nedbøyninger, at den tilsiktede funksjonen blir redusert.

Store nedbøyning i et golv kan kjennes ubehagelig å gå på, og kan gi uheldige vibrasjoner. Det kan medføre skjevstilling i maskiner, for eksempel i et industribygg. Det fører til at de ikke fungerer etter forutsetninger. Et annet eksempel er synlige sprekker i fasader til et bygg. Det kan virke skjæmmende selv om det ikke medfører fare for brudd.

### 1.4.1.3 Partialfaktormetoden

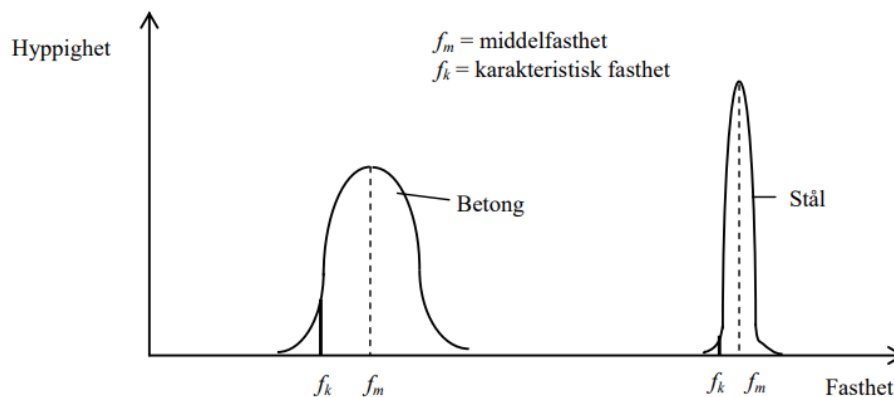
Tabellen nedenfor viser en sammenstilling av dimensjoneringsgangen ved partialfaktormetoden.

**TABELL 2:3 Prinsipiell beregningsgang ved partialfaktormetoden.**

LASTSIDEN		MATERIALSIDEN	
Karakteristisk last	$F$	Karakteristisk materialfasthet	$f_k$
Lastfaktor	$\gamma$	Materialfaktor	$\gamma_M$
Dimensjonerende last	$F_{Ed}$	Dimensjonerende spenning	$f_d$
	$F_{Ed} = \gamma \cdot F$		$F_{Rd} = f_k / \gamma_M$
Lastvirkning:	$M_{Ed} \quad N_{Ed} \quad V_{Ed}$	Kapasitet:	$M_{Rd} \quad N_{Rd} \quad V_{Rd}$
Opptredende spenning	$\sigma_d$		
<b>DIMENSJONERINGSKRITERIUM</b>			
<i>Bruddkriterium:</i>			
a) Spenningskontroll : $\sigma_d \leq f_{Rd}$			
b) Kapasitetskontroll: $M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad V_{Ed} \leq V_{Rd}$			
<i>Brukskriterium:</i>			
Nedbøyninger, sprekker og liknende må holdes innen akseptable grenser.			

Figur 21 Prinsipiell beregningsgang ved partialfaktormetoden (Rørvik, 2010, s. 17)

## 1.4.2 Materialfasthet og Material faktor



Figur 22 Materialfasthet og material faktor (Rørvik, 2010, s. 18)

Ved dimensjonering av konstruksjoner, benyttes den dimensjonerende materialfastheten  $f_d$ .

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} \text{ for } , \text{ der } f_k = \text{karakteristisk verdien, og } \gamma_M = \text{materialfaktor}$$

Tabell 2.1N – Materialfaktorer for bruddgrensetilstander

Dimensjonerende situasjoner	$\gamma_c$ for betong	$\gamma_s$ for armeringsstål	$\gamma_s$ for spennstål
Vedvarende og forbigående	1,5	1,15	1,15
Ulykkessituasjon	1,2	1,0	1,0

Figur 23 Materialfaktorer for bruddgrensetilstander (NS-EN 1992-1-1 prosjektering av Betongkonstruksjoner, 2018)

## 1.4.3 Formler for dimensjonerende kapasiteten for konstruksjonsdeler i betong

Herunder beskrives formler som utreder dimensjonerende kapasiteten for beregning av utnyttelse for de dimensjonerte konstruksjonsdeler påvirket av ulike kraftvirkninger.

### 1.4.3.1 Betongkonstruksjoner - Beregning og dimensjonering i bruddgrensetilstand

Dimensjonerende trykkfasthet for betong ( $f_{cd}$ ).

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Figur 24 Dimensjonerende trykkfasthet for betong ( $f_{cd}$ ) Formel 2.7 (Sørensen, 2017, s. 8)

$\alpha_{cc} = 0,85$ , reduksjonsfaktor gitt i NS-EN 1991-1-1 NA.3.1.6(2) P.

$\gamma_c = 1,5$  Materialkoeffisient for betong finnes i EC2 tabell NA.2.1N (Sørensen, 2017, s. 7)



**Tabell NA.2.1N – Materialfaktorer for bruddgrensetilstander**

Dimensjonerende situasjoner	$\gamma_c$ for betong	$\gamma_s$ for armeringsstål	$\gamma_s$ for spennstål
Vedvarende og forbigående	1,5	1,15	1,15
Utmatting	1,5	1,15	1,15
Ulykkessituasjon	1,2	1,0	1,0

Figur 25 Materialfaktorer for bruddgrensetilstander (NS-EN 1992-1-1 prosjektering av Betongkonstruksjoner, 2018, s. 228)

### Aksialkraftkapasitet ( $N_{Rd}$ )

$$N_{Rd} = f_{cd} * (A_c - A'_s) + f_{yd} * A'_s$$

formel 4.5, (Sørensen, 2017, s. 23)

$f_{cd}$  = den dimensjonerende betongfastheten

$A_c$  = Areal av søyletverrsnitt

$A'_s$  = Arealet til Armerings tverrsnitt

### Momentkapasitet ( $M_{Rd}$ )

Ren bøyning,

Bruddgrensetilstand,

Trykkbrudd i betong når  $\epsilon_c = \epsilon_{cu}$ ,  $\epsilon_{cu2}$ , eller  $\epsilon_{cu3}$

Brudd i armering når  $\epsilon_s = \epsilon_{ud}$ ,  $\epsilon_{ud} = 3 * 10^{-2}$  ifølge EC2 (Eurocode 2)

### Momentkapasitet betongtrykksone

$$M_{Rd} = T_c * Z$$

$$M_{Rd} = 0,8 * \alpha * (1 - 0,4 * \alpha) * f_{cd} * b * d^2 \quad , \text{ (for betongfasthet B20-B45)}$$

formel 4.14, (Sørensen, 2017, s. 35)

Der,

$$Z = d - 0,5 * \lambda * x, = \text{momentarm}$$

$\alpha = \frac{x}{d}$  , (trykksonehøydefaktor), den må bestemmes først

Den balanserte armeringsmengde  $A_{s,b}$

$$A_{s,b} = \lambda * \eta * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * b * d * \alpha_{,b}$$

Formel 4.21 (Sørensen, 2017, s. 35)

$\lambda = 0,8$  og  $\eta = 1,0$  for betongtrykkfasthet mindre eller lik B45

$\alpha_{,b}$  = Den balanserte trykkehøydefaktoren

$$\alpha_{,b} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}}$$

formel 4.20, (Sørensen, 2017, s. 34)

Den overarmerte trykksonefaktoren  $\alpha$

$$A_s > A_{s,b}$$

$\alpha$  finnes i andregradsligning:

$$\lambda * \eta * f_{cd} * b * \alpha^2 + E_s * A_s * \epsilon_{cu} * \alpha - E_s * A_s * \epsilon_{cu} = 0$$

Formel 4.18, (Sørensen, 2017, s. 33)

Den underarmerte trykkehøydefaktoren  $\alpha$

$$A_s \leq A_{s,b}$$

$$\lambda * \eta * f_{cd} * b * d * \alpha - f_{sd} * A_s = 0$$

Formel 4.19 (Sørensen, 2017, s. 34)

## Skjærstrekkkapasitet

Empiriske formel fra EC2, 6.2.2(1) for skjærstrekkkapasitet når det ikke er beregningsmessig behov for skjærarmering

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{1/3} * b_w d$$

Formel 4.43, (Sørensen, 2017, s. 62)

Med minsteverdi knyttet til hovedstrekkbrudd

$$V_{Rd,c} = v_{min} * b_w d$$

Formel 4.44, (Sørensen, 2017, s. 62)

$$C_{Rd,c} = k_2 / \gamma_c$$

$f_{ck}$  = karakteristisk sylindrefasthet i N/mm<sup>2</sup>

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \quad \text{med } d \text{ i mm}$$

$$\rho_L = A_{sL} / b_w d \leq 0,02 \quad \text{armeringsforhold for strekkarmering med tilstrekkelig forankring}$$

$b_w$  = minste tverrsnittsbredde i strekksonen [mm]

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

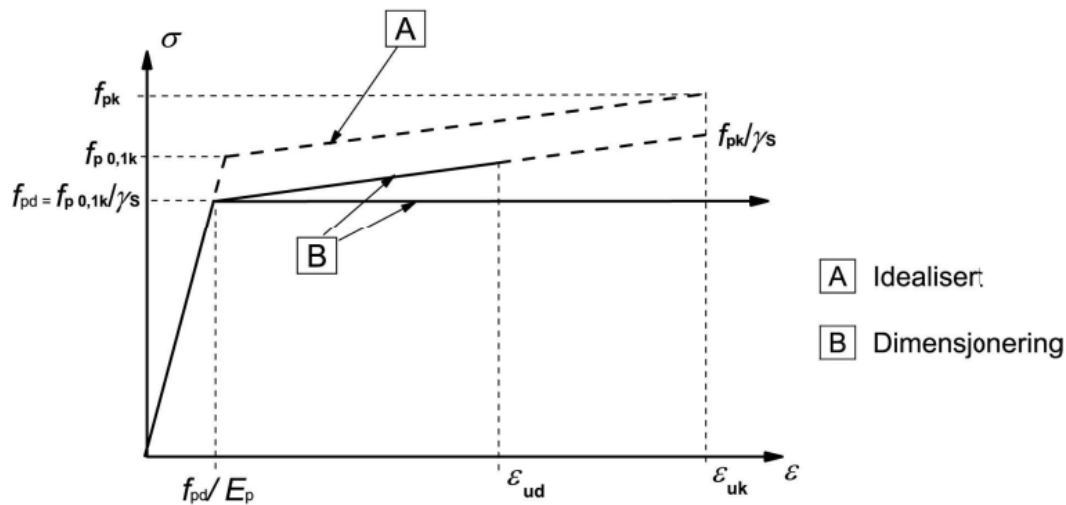
Det angis også en formel med et ekstra ledd i EC2, 6.2.2(1) når det må inkluderes virkning av aksialkraft

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} * b_w d$$

Formel 4.60, (Sørensen, 2017, s. 70)

## 1.4.4 Regler for dimensjonering av armering

### 1.4.4.1 Dimensjonerende strekkfasthet for stål



Figur 3.10 – Idealiserte og dimensjonerende spennings- tøyningssammenhenger for spennstål (absoluttverdier er vist for strekkspenning og strekk tøyning)

Figur 26 Idealiserte og dimensjonerende spennings-tøyningssammenhenger for spennstål (NS-EN 1992-1-1 prosjektering av Betongkonstruksjoner, 2018, s. 42)

$F_{yk}$  = Karakteristisk fasthet

$E_s = 2,0 \cdot 10^5$  MPa = Stålets elastisitetsmodul ifølge EC2, 3.2.7 (4)

$\epsilon_{yd}$  = dimensjonerende flyttetøyning =  $f_{yk}/E_s$

$\epsilon_{uk}$  = Bruddtøyning

$\epsilon_{ud}$  = Dimensjonerende bruddtøyning (tøyningsgrense)

$\gamma_s$  = materialfaktor for armeringsstål

Den dimensjonerende strekkfastheten av stål fås da ved formelen:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

(Sørensen, 2017, s. 18)

Det vanligste armeringsstålet i Norge er kamstål med typebetegnelse B500NC. Denne ståltypen har som karakteristisk fasthet,  $f_{yk} = 500$  MPa. (Sørensen, 2017, s. 19)

Ved dimensjonering kan de følgende forutsetning legges til grunn ifølge Eurocode2:

- a) Lineær fastning med en tøyningsgrense  $\epsilon_{ud} = 3,0 \%$  og  $k = 1,4$  etter EC2, tabell NA.3.5(901)
- b) Ideell flytning der det ikke er nødvendig å påvise grensetøyningen (Dette har tradisjonelt vært den vanligste modellen i norsk praksis, men med en definert bruddtøyning på  $1,0 \%$ ) (Sørensen, 2017, s. 19)

Kamstenger leveres med diametere på 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, og 32 mm i lengde på 6 eller 12 meter.

#### **1.4.4.2 krav for minimums armering og Konstruksjons regler for søyler**

Konstruksjonsregler for søyle er gitt i Eurocode EC2, 9.5.2 og 9.5.3

##### Minimums lengdearmering

-Armeringsplasseringen skal være symmetrisk i tverrsnittet. Det vil si at det må være minst en stang i hvert hjørne.

-Lengdearmeringen i søyler skal ikke være mindre enn 10 mm.

-Den minimum armeringsmengde skal være den største av:

$$0,01 * A_c$$

Eller

$$\frac{0,2 * A_c * f_{cd}}{f_{yd}}$$

-Men den beregningsmessig nødvendig armering er jo større. (Sørensen, 2017, s. 25)

##### Bøyler

-Lengdearmerings plassering skal sikres med tverrarmering (bøyler, kroker eller spiralarmering) med diameter større enn 6mm.

##### Senter avstand mellom bøyler, $S_{cl} t_{max}$

- $S_{cl}, t_{max}$  settes lik minst av:

- 1) 15 ganger diameteren av lengdearmeringsstengene, ( $15 * \emptyset$ )
- 2) Søy lens minste tverrsnitts dimensjon,
- 3) 400 mm

### 1.4.4.3 Armerings regler og krav for betongbjelker og betongplater

Krav og regler for armeringsplassering i bjelker er gitt i EC2, 4.4.1 og 8.2 med nasjonale parametere i NA:2008. (Sørensen, 2017, s. 41)

#### Krav for minimums armering for bjelker og plater

-Etter EC2, NA.9.3.1.1(3)

$$A_{s,min} = 0,26 * A * b * d * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \quad \text{Men } A_{s,min} \geq 0,0013 * b * d.$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c$$

Der

$A_{s,min}$  er minimums armeringsmengde

$A_{s,max}$  maksimum armeringsmengde

$A_c$  er Areal av tverrsnittet

$f_{ctm}$  er Betongens middelvei for strekkfastheten ved 28 døgn.

Og  $f_{yk}$  er stålets karakteristiske strekkfasthet.

#### Horisontalt senter avstand mellom armeringsstenger i bjelker ( $a_h$ )

Etter EC2, NA8.2.(2)

$a_h \geq \max\{2*\varnothing; d_g+5\text{mm}; 20\text{mm}\}$ , der  $d_g$  er max tilslagsstørrelse.

Vertikal avstand mellom forskjellige lag (av).

Etter EC2, NA8.2.(2)

$$av \geq \max \{ 1,5 * \varnothing; dg + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm} \}$$

der:

$\varnothing$  er diameter på armeringsstang.

Nødvendig antall armeringsstenger i betongplater

$$n \geq \frac{A_{s,n\ddot{o}dvendig}}{A\varnothing}$$

Der: n er antall stenger,

$A_s$ , nødvendig er den beregnet armeringsmengden i en betongplate, i en meters lengde.

Maksimal senteravstand mellom stengene i en betongplate. (S)

$$s \leq \frac{1000 \text{ mm}}{n} \quad (\text{Sørensen, 2017, s. 45})$$

Minimum strekk lengdearmering i betongplate

-Etter EC2, NA.9.2.1.1(1)

$$A_{s,\min} = 0,26 * A * b * d * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \quad \text{Men } A_{s,\min} \geq 0,0013 * b_t * d.$$

$$A_{s,\max} = 0,04 * A_c$$

Maksimal senteravstand i betongplater i områder med max moment.

- EC2, NA 9.3.1.1.(3)

$$S_{\max,slabs} \leq \min \{ 2 * h; 250 \text{ mm} \} \text{ for hovedarmering}$$

$$S_{\max,slabs} \leq \min \{ 3 * h; 400 \text{ mm} \} \text{ for fordelingsarmering}$$

Overdekning i bjelker og plater

EC2 4.4.1.1(1) P

Nominell overdekning  $C_{nom}$ :

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

- Hvor minimums overdekning

$$C_{min} = \max\{C_{min,b}; C_{min,dur}; 10 \text{ mm}\}$$

Der  $C_{min,b}$  = minst overdekning med hensyn til heft.

$$C_{min,b} = \max\{\emptyset; 10 \text{ mm}\} \text{ Tabell NA.4.2 i}$$

(NS-EN 1992-1-1 prosjektering av Betongkonstruksjoner, 2018)

- Hvor  $\Delta C_{dev}$  er tillat avvik (toleransekrav)

$$\Delta C_{dev} = \{10\text{mm}\} \text{ etter NA.4.4.1.3 (1)P i NS-EN 1992-1-1.}$$

Friavstand mellom stenger av hensyn til utstøping

-EC2 NA.8.2(2):

Avstand mellom armeringsstenger is samme lag (**ah**).

$$ah \geq \max\{2*\emptyset; dg+5; 20 \text{ mm}\}$$



## Kapittel 2 - Teoretisk grunnlag og essensen av logistikk

Logistikk konseptet i byggeprosjekter er et nytt område å utforske for gruppen. Noen av oss har fagbrev fra bygg- og anleggsbransjen, men lite erfaring med logistikk. Derfor valgte vi en slik oppgave. Gjennom observasjoner og frekvensstudier vil vi få innsikt i logistikkarbeidet i byggeprosjektet.

Prosjektet på Høghallen var bare så vidt i gang da bacheloroppgaven startet, og selve bygget var under nedrivning og utvidelse. Dette gjorde at vi ikke hadde så mye innsikt i logistikken til byggeprosjektet som vi skulle ønske.

Det teoretiske grunnlaget er kapittelet som danner bakgrunnen for videreutvikling av oppgaveresultatene. Nedenfor presenterer vi teoretisk materiale som er relevant for resultatene av oppgaven. Resultatene vi lager bør gå tilbake til det teoretiske grunnlaget. Teoretisk materiale ble samlet ved å søke på Internett og bøker, og for å utvide kunnskapsgrunnlaget vårt søkte vi etter relevant data for temaene vi ønsket å formidle.

### 2.1 Essensen av logistikk

#### 2.1.1 Logistikk generelt

“Logistikk er kunnskapen om å planlegge, administrere og organisere en vare- og informasjonsstrøm for å oppnå høyest mulig effektivitet” (Hansen, 2019).

Logistikk må planlegges av mennesker som er nøkkelpersoner i byggeprosjekter. Når det kommer til alt av materialistiske bevegelser og operasjoner på en byggeplass skal alle aspekter ved disse være planlagt i rekkefølge før objektene er ankommet til byggeplassen. Denne delen av logistikkplanen gjelder både verktøy som er nødvendig for ulike operasjoner og bestilling av materiale til prosjektet til riktig tidspunkt. Ligger det materiale spredt overalt på prosjektet fra tidligere faser er de som regel i veien for tilfredsstillende operering av anleggsmaskiner rundt på tomte. Det er også stor sannsynlighet for at unødvendige skader grunnet værpåkjønning eller påkjønning av maskiner forekommer hvis materialet kommer for tidlig og kjørebane på byggeplassen er trang (som den ofte er). Planen skal være oversiktlig for å kunne enklest mulig gå i dybden på ulike operasjoner eller prosesser på prosjektet. Det er for å unngå sløsing av både tid og materialer og for å oppnå størst effektivitet. Det blir fort veldig dyrt for byggeprosjekter å stå tomhendt uten verktøy eller byggematerialer, jo større

prosjekt som involverer flere mennesker jo dyrere blir det. Det er derfor nødvendig å oppgradere måten vi planlegger og gjennomfører logistikk på innen byggebransjen. Jo grundigere plan byggeteamet er i stand til å oppnå før oppstarten av byggefasen jo bedre kan teamet forberede seg til byggeprosessen i sin helhet. Essensen av logistikk ligger med andre ord i det å bruke infrastrukturen vi har til å kunne effektivisere tidskrevende arbeidsoppgaver og kutte ned på kostnader for menneskets og miljøets beste.

### **2.1.2 Logistikkssystem**

Logistikkssystem kan være en database som inneholder veiledning og klare instruksjoner til hvordan ulike prosesser skal foregå for å oppnå størst effektivitet. Derfra kan vi si at en god logistikk ligger til grunn for de aller fleste oppgaver som omhandler et byggeprosjekt. Når det gjelder kommunikasjon mellom ulike rådgivere og funksjonærer brukes det logistisk tenkning i prosjekteringsprosessen. Dette for å få en god informasjonsflyt og unngå misforståelser. Samme gjelder kommunikasjon mellom prosjektledelsen og fagarbeidere. En god fremvisning av en gitt operasjon i plenum med god logistikk som bakgrunn fremmer gjensidig forståelse. Å snakke om avanserte løsninger på en utydelig måte kan føre til feil ved utførelse og i verste fall skader eller død på mennesker. God tidsplanlegging og ressursplanlegging er med andre ord helt avhengig av en god logistikk for å optimalisere material- og utstyrsflyten i prosjektet.

I en sammenheng fører dette tilbake til bruk av logistikkssystem. LEAN er et eksempel på et slik system. Det kom til Norge for første gang i 2002, og blir beskrevet i kapittel 2.5.

### **2.1.3 Logistikkprosesser**

Målet i logistikkprosesser er å få riktig kvantitet og kvalitet av materialer (eller tjenester) til rett sted til rett tid, for den rette kunden, og til riktig pris (Reza Zanjirani Farahani, 2011). Logistikkkonseptet ble introdusert som et svar på den økende nødvendigheten av et integrert system, som planlegger og koordinerer materialflyten fra forsyningskilden til forbrukspunktet i stedet for å håndtere disse strømmene som en serie med uavhengige hendelser. Rådet for fagfolk innen leverandørkjedestyring (CSCMP) definerer logistikkstyringen på følgende måte:

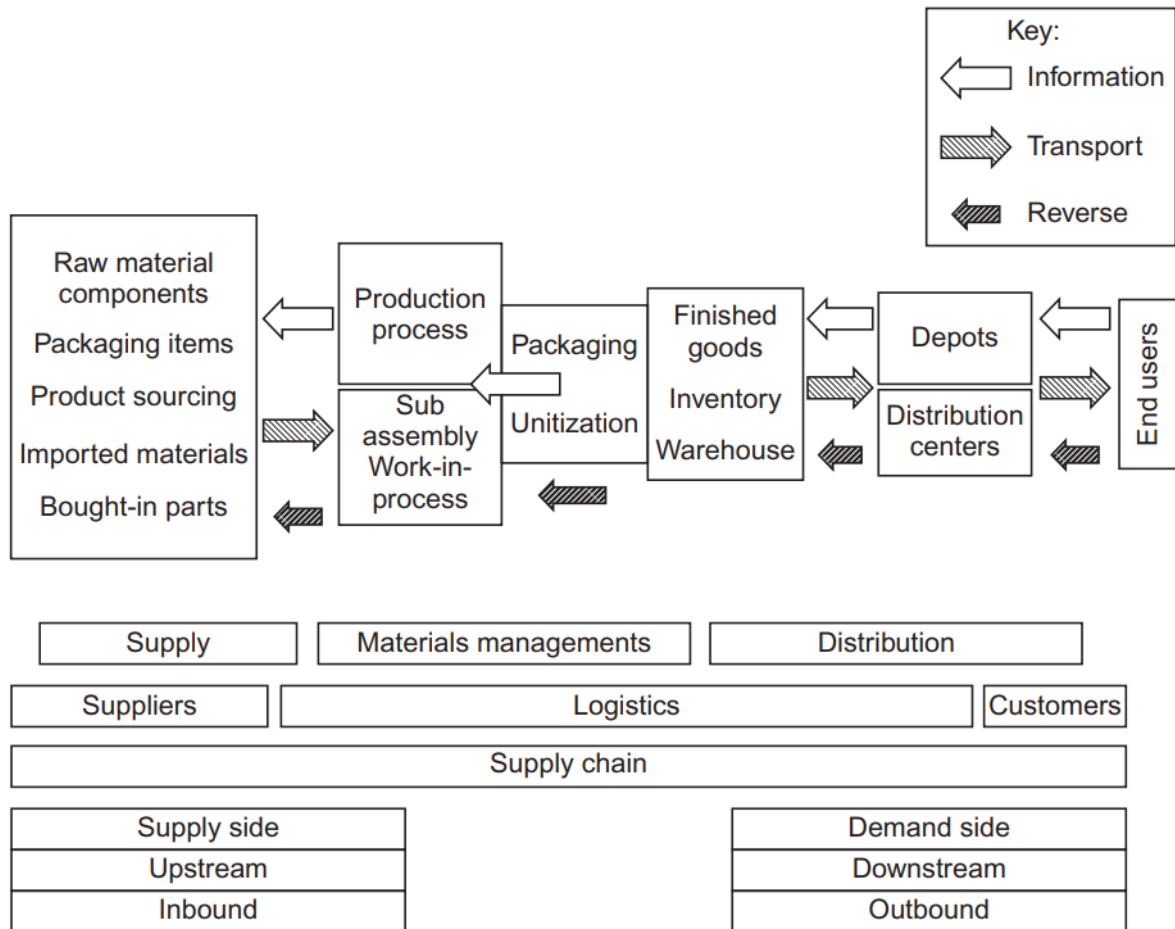
*«Logistikkstyring er den delen av forsyningskjedestyringen som planlegger, implementerer og kontrollerer effektiv fremdrift og reverserer flyt og lagring av goder, tjenester og relatert informasjon mellom opprinnelsesstedet og forbrukspunktet for å møte kundenes krav»* (Reza Zanjirani Farahani, 2011).

Hele logistikkprosessen, som omhandler flytting av materialer til, gjennom og ut av et firma, kan deles inn i tre deler: (1) innkommende logistikk, som representerer bevegelse og lagring av materialer mottatt fra leverandører; (2) materialstyring, som dekker lagring og materialstrømmer i et firma; og (3) utgående logistikk eller fysisk distribusjon, som beskriver flytting og lagring av produkter fra det endelige produksjonspunktet til kunden. Disse begrepene samt noen av de andre tilknyttede logistikterminologiene er angitt i figuren under. Som figuren illustrerer, er logistikk opptatt av to typer strømning: fysisk flyt og informasjonsflyt. Det er vanlig å vurdere fysisk flyt som fremoverflyt gjennom logistiknettverket, hvis hovedretning er fra opprinnelsepunktet til forbrukspunktet. Informasjonsflyten anses også å være bakoverflyt, så hovedretningen er fra nedstrøms til oppstrøms-elementer. Praktisk sett er retningen for fysiske flyter og informasjonsflyter ikke kun i én retning. Materialer og informasjon flyter fra både oppstrøms og nedstrøms. Når det gjelder fysisk strømning, kalles bakoverflyten av produktet omvendt logistikk. Det er strømmen av returnerte varer og brukte produkter samt berging, skrapavhending og returemballasje tilbake gjennom systemet.

Fysiske strømmer involverer hele prosessen og aktivitetene til logistikksystemer; for å utforske begrepet fysiske strømmer systematisk, kan imidlertid de viktigste komponentene i logistikksystemer kategoriseres i fem funksjonsområder, basert på Ailawadi og Singh:

- Nettverksdesign
- Informasjon
- Transport
- Inventar
- Lager, materialhåndtering og emballasje

Tatt hensyn til disse funksjonsområdene, er fysisk strømning mer involvert i transport og lager, materialhåndtering og emballasje.



Figur x: Logistikkstrømmer og forskjellige logistikkterminologier (Lauri Koskela, 2002, s. 12)

## 2.2 Byggeplassorganisering

God arbeidsplassorganisasjoner overholder SHA-planene og vellykket materialgjenvinning og kildesegregeringskrav. På den annen side kan en uorganisert byggeplass forstyrre et byggeprosjekt. Et beslektet eksempel kan være et byggeprosjekt som var en del av en avtale med en leverandør som hadde satt en avfallshentingsdato, men avfallsleverandøren dukket ikke opp på grunn av den uhensiktsmessige konstruksjonen av tomten. Belagte bevegelser skaper merkostnader for bedriftens arbeidsplass og fortjeneste for avfallsbeholdere. For å unngå dette problemet er det bedre å ha en tydelig byggeplan som tar hensyn til hvor og hvordan ulike plasseringer i et bygge- og anleggsprosjekt er. ((DFØ), 2020)



Figur 27 God arbeidsplassorganisasjoner overholder SHA-planen ((DFØ), 2020)

## **Byggherrens SHA-plan**

En sentral del av byggherren sin ansvar er å utvikle en SHA-plan. Planen bør blant annet inneholde en tidsplan som tydelig beskriver når og hvordan arbeidsoppgaver skal utføres og hvordan hvert område skal brukes (Franzefoss, 2020).

## **Avfallsplan**

Et byggeprosjekt frembringer mer avfall enn beregnet, og det påvirker slutfakturaer og organisering av byggeplasser. Store mengder avfall kan føre til at containere fylles opp, noe som igjen påvirker hvordan avfallsprodusenter og avfallsleverandører håndterer byggeavfall (Franzefoss, 2020). I følge (Lovdata, 2014) «Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)» skal mest mulig avfall gjenbrukes eller gjenvinnes, slik at minst mulig avfall havner på deponi.

## **Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)**

Dato	LOV-1981-03-13-6
Departement	Klima- og miljødepartementet
Sist endret	<a href="#">LOV-2021-05-07-34</a> fra 01.06.2021, <a href="#">LOV-2021-05-21-41</a>
Ikrafttredeelse	01.10.1983
Endrer	<a href="#">LOV-1928-06-08-1</a> , <a href="#">LOV-1970-03-06-6</a> , <a href="#">LOV-1970-06-19-64</a> , <a href="#">LOV-1970-06-26-75</a> , <a href="#">LOV-1972-06-16-46</a>
Rettet	10.03.2022 (tegnsetting i lister tilpasset universell utforming)
Korttittel	Forurensningsloven – forurl

*Figur 28 Forurensningsloven (Lovdata, 2014)*

## **Riktig kildesortering**

En arbeidsplass produserer mange typer avfall. Enkelte typer avfall egner seg godt til gjenbruk og materialgjenvinning, som papp og plastemballasje, mens farlig avfall skal deponeres forsvarlig etter visse forskrifter (Franzefoss, 2020). Alt bygningsavfall klassifisert som farlig avfall, uansett prosjektstørrelse, skal alltid være forsvarlig kartlagt, håndtert, lagret og deklart. Riktig merking, avfallsbeholdere og tømmingsfrekvens, samt opplæring av personell, spiller en viktig rolle for riktig sortering av avfall på en byggeplass (Gjenvinning, 2022).

## God fremkommelighet

Tilgjengelighet til byggeplasser varierer fra prosjekt til prosjekt og påvirkes av faktorer som trafikk til og fra byggeplassen, levering av byggematerialer, og plassering av hindringer som stillas, containere, gravemaskiner og lastebiler (Franzefoss, 2020).

## Henting og leveranse

Sjelden, men som oftest, er leveringstiden på arbeidsplassen feil, eller beholderen er så full at det ikke er noe sted å kaste søppelet. Dette vil føre til forsinkelser og øke kostnadene for kundene. Dette er grunnen til at uforutsette hendelser, som forsinkelser og unødvendige kostnader som kan spares med riktig planlegging, tas i betraktning ved planlegging av materiallevering og avfallsinnhenting (Franzefoss, 2020).

## Merking på avfall containere

For å lykkes med å nå målene man setter for økonomi og miljø for prosjektet, må alle være tro mot løsningene de velger. Det er avgjørende å gi alle aktørene på prosjektet god informasjon, kanskje på flere språk. Den må forstå hvordan man sorterer avfall, spesielt hvorfor. Alle containeren og søppeldunker er tydelig merket med symboler og tekst som angir hvilken type avfall som skal kastes (Gjenvinning, 2022).

### Skilting og merking



Figur 29 Skilting og merking på containere (Gjenvinning, 2022)

## 2.3 Kommunikasjon

Kommunikasjon er en viktig aspekt som må bevares for at byggeprosjekter skal ha god framdrift. Å kommunisere, på latin (communicare), betyr "å gjøre felles." Kommunikasjon er en av de viktigste menneskelige kunnskapene og den gir oss muligheten å kommunisere og dele følelsene, meningene og ideene som kommer til våre sinn. (J. M., 2017)

*“To effectively communicate, we must realize that we are all different in the way we perceive the world and use this understanding as a guide to our communication with others”*  
(Schwantes, 2019).

### 2.3.1 Hva er kommunikasjon

Det er flere temaer som kan påvirke hvordan kommunikasjon fungerer, blant annet kroppsspråk og holdning kommer inn i bildet. God kommunikasjon skaper tillit, som kan ha en positiv innvirkning og påvirker formidling av kunnskap og informasjon (Hagen, 2020).

Gjennom et prosjekt på en byggeplass møter man mange ulike fagområder, bedrifter og mennesker som har ulike ferdigheter. Kommunisere spiller en viktig rolle i fremdriften av prosjektet, og hvordan etter å ha gjort forskjellige ting, kan man se hvordan kunnskap og kommunikasjon fungerer sammen (Hårberg, Kommunikasjon som fagarbeider, 2020). Det er flere elementer som gir god kommunikasjon. Så det er viktig å forstå hva som påvirker det og hvilke ulike former for kommunikasjon vi har.

For å kunne oppnå effektiv kommunikasjon er disse faktorene viktig (Grenness, 2007).

- Evne til å tåle og mestre tvetydighet og usikkerhet
- Evne til å observere og analysere
- Evne til å predikere fremtidige hendelser
- Evne til å kontrollere egen atferd
- Evne til å reflektere over egen atferd
- Evne til å synkronisere egen atferd med andres
- Kommunikasjonsinnstilling
- Imøtekommende, åpne, villige og empatiske lyttere
- Orientert mot å spørre eller overtale i motsetning til krevende eller fortellende
- Følsom for underordnedes behov og følelser
- Åpen for å formidle informasjon til underordnede



### **2.3.2 Ulike typer kommunikasjon**

Flere faktorer muliggjør god kommunikasjon. Derfor er det viktig å forstå hva som påvirker det og hvilke ulike kommunikasjonsformer vi har. Kommunikasjon har mange forskjellige former, avhengig av antall og utførelse av deltakerne. Det ville vært fint om aktøren kjenner noen av hovedstilene for å vite litt mer om metoden aktøren skal bruke. I det daglige vil aktøren hovedsakelig møte en eller annen form for kommunikasjon, for eksempel: Vi ser på nyheter og snakker med venner. Dette er eksempler på kommunikasjon også kjent som toveiskommunikasjon og enveiskommunikasjon. Hovedgruppen for kommunikasjon kan være enveiskommunikasjon, toveiskommunikasjon eller personlig kommunikasjon (Torgrim Gram Økland, 2021). Disse forgrener seg videre til flere underformer for kommunikasjon.

Eksisterende korte funksjoner er beskrevet som følger:

#### **Enveiskommunikasjon**

Ved å bruke dette skjemaet har vi en avsender og en mottaker, avsender snakker og mottakeren lytter. Dette kan beskrives som en aktiv avsender og passiv lytter, hvor kommunikasjon føles bra. Ulempen med denne typen kommunikasjon er at passive lyttere får ikke svar på spørsmål eller kommentarer de måtte ha basert på gidd informasjon fra avsender. Her kommer inn i bildet det gitte eksempelet ovenfor med nyheter. (Torgrim Gram Økland, 2021)

#### **Toveiskommunikasjon**

Her har vi som ovenfor også sender og mottaker, men forskjellen er at for begge er det positivt. Dette gir aktive sendere og mottakere hvor roller byttes, noe som resulterer i at en person kan snakke sammen om for eksempel mulig problemløsning. Bruk for eksempel denne formen for kommunikasjon i et møte på en byggeplass, men da ønsker det å bli oppringt massekommunikasjon, fordi mer enn to personer er involvert. Ved kommunikasjon bruker avsendere ofte en eller annen form for verbal og ikke-verbal kommunikasjon. Verbal kommunikasjon er bruk av ord, mens ikke-verbal kommunikasjon er for eksempel gester, kroppsspråk og ansiktsuttrykk som kan gi en form for forståelse av hva en person kommuniserer. (Torgrim Gram Økland, 2021)

## Personlig kommunikasjon

Kjennetegnet på dette skjemaet er en samtale mellom flere personer, som er basert på personlig innhold. f.eks. Samtale mellom prosjektleder og byggeleder, hvor byggeleder trenger å snakke om et personlig problem som har oppstått, som har fått ham/henne til å være litt fraværende. Nedenfor finner vi også personlig digital kommunikasjon, som er av samme type, men dette skjer med digitale verktøy. Vi kan bruke samme eksempel som ovenfor, men her går for eksempel kommunikasjonen utover Facebook eller Teams. (Torgrim Gram Økland, 2021)

### 2.3.3 Kommunikasjon på et prosjekt

Alle som er involvert i bygg- og anlegg prosjekt spiller en rolle i et komplekst kommunikasjonsnettverk. Prosjektmiljøet bør sees på som et nett av koblinger mellom aktører. Det er fordi ethvert slikt initiativ, uansett hvor lite og veldefinert det er, kan ikke gjennomføres uten form for interaksjon, interaksjoner eller transaksjoner mellom mennesker og organisasjoner.

**Eksempel nr.1:** Vurder å bygge en enkel en-etasjes boligutvidelse på toppen av et tradisjonelt murhus. Selv for et så enkelt prosjekt vil kommunikasjonsnettverket inkludere interaksjoner mellom eier som kunde, designer som arkitekt, entreprenør og medarbeider, deres ansatte, materialleverandører, planleggere og bygningsinspektører.

**Eksempel nr. 2:** Med tanke på å bygge en ny terminal og en ny rullebane på en stor internasjonal flyplass, kan denne typen prosjekter kreve årevis med planlegging og etterforskning for å fullt ut mobilisere operasjoner på stedet. Det kan involvere hundrevis av organisasjoner og tusenvis av enkeltpersoner rundt om i verden som jobber sammen i en samarbeidende og integrert innsats. Informasjonsflyten som er involvert i en slik bestrebelse kan være enorm, men må håndteres med forsiktighet hvis ønskede resultater skal oppnås.

I begge tilfeller vil imidlertid prosjektets suksess avhenge av hvor effektivt deltakerne kommuniserer sine behov og synspunkter til andre. Det er mangfoldet av menneskelige interaksjoner som gjør det så problematisk å forstå og praktisere effektiv kommunikasjon.

„Every expression of human mental life can be understood as a kind of language, and this understanding, in the manner of a true method, everywhere raises new questions. “

(Benjamin, 1996, s. 62)

Konstruksjon er ikke unik i sin avhengighet av effektiv kommunikasjon. Blant forplantningsfenomenene presenterer imidlertid konstruksjon en spesielt kompleks og interessant kontekst å utforske (Katz, 1978). Fordi det er prosjektbasert, endres team og nettverk med relasjoner og interaksjoner hele tiden for å gjenspeile arbeidsplassens dynamiske natur. Selve prosjektet kan oppsummeres i sin egenart, kompleksitet og diskontinuitet.

Hvert prosjekt vil ha unike egenskaper og involvere mange ulike aktører, som alle har et spesifikt og begrenset engasjement i arbeidet. Å overvinne kompleksiteten og tidsbegrensningene som et prosjekt pålegger deltakerne er grunnleggende for vellykket utvikling. Derfor, mens byggebransjen er en moden bransje med prosesser og protokoller veletablerte for å lette intern kommunikasjon, er det alltid usikkerheter som kan forstyrre kommunikasjonskanalene som trengs for prosjektsuksess (Goczol, 2003). Det er gjort betydelige investeringer i informasjon og kommunikasjonsteknologi (IKT), men kommunikasjon mellom mennesker og grupper forblir uatskillelig fra byggeprosessen.

Suksessen eller fiaskoen til ethvert prosjekt stammer fra disse interaksjonene, ikke hastigheten til kommunikasjonskonsepter og det internett-tilkoblede miljøet eller kompatibiliteten til to datastøttede designsystemer (CAD), ettersom disse tekniske problemene støtter prosessen. Derfor er det, som nevnt ovenfor, viktig å tenke på konstruksjon-prosjekt som en sosial aktivitet der kommunikasjon spiller en viktig rolle (Hårberg, Kommunikasjon som fagarbeider, 2020).

Gitt den sentrale rollen til effektiv mellommenneskelig kommunikasjon for suksessen til industrien, er det overraskende at mange av bransjens nylige utfordringer med å forbedre ytelsen har fokusert på prosess- og produktforbedringer, og ignorerer behovet for å forbedre komplekse interorganisatoriske og mellommenneskelige relasjoner (Stephen Emmitt, 2003, ss. 12-18). Man kan faktisk ikke tro at aktører som jobber innen konstruksjons-prosjekt handler og samhandler på samme måte fordi de kommer fra mange ulike perspektiver og bakgrunner og derfor har en tendens til å samhandle med ulike behov.

I følge (Moe, 2018) mange av punktene nedfor refererer til de fleste sammenhenger ved å oppnå bedre kommunikasjon og lykkelige arbeidsmiljø.

1. Vær en aktiv lytter
2. Vær en aktiv deltaker
3. Husk at du har noe å lære andre
4. Husk at andre har noe å lære deg
5. Respekter andre sine synspunkt
6. Hold deg til saken
7. Legge bånd på deg, ikke vær en møteplager
8. Ikke vær redd for å stille spørsmål
9. Vær åpen for gruppearbeid
10. Vær ærlig mot deg selv og andre

#### **2.3.4 Dårlig kommunikasjon på arbeidsplassen og konsekvenser**

Kommunikasjon er en kjernedel av den menneskelige opplevelsen. Noen mennesker sliter imidlertid fortsatt med det. Til tross for eksplosjonen av kommunikasjonsteknologi, er utilstrekkelig kommunikasjon fortsatt en stor utfordring på jobben. Det hindrer organisasjoner og ansatte i å nå sitt fulle potensial (Urnes, 2019). I en undersøkelse utført av studenter ved (Kristiania, 2015) dårlig kommunikasjon trukket frem som en av hovedårsakene til uthulingen av 80 % av tilliten mellom ansatte og ledelse. Samtidig er det gjennom empiri også en drøm om at manglende åpenhet mellom partene, følelsen av diskriminering og ledernes manglende forståelse for jernbanen også fører til svekkelse av tilliten blant de ansatte.

Dårlig kommunikasjon skaper usikkerhet og tvil. Det kan få ansatte til å stille spørsmål ved jobbene sine og ansvaret, plass i selskapet og til og med aktørens egen verdi. Samtidig får det aktøren til å lure på hvordan det forholder seg til selve selskapet. Det går nesten alltid rykter og sladder når de ulike aktørene ikke vet hva som skjer på arbeidsplassen. Det er menneskelig natur å prøve å finne ut ubesvarte spørsmål, løse mysterier og fylle ut hull i kunnskapen vår. Mangel på kommunikasjon gjør også ofte at ansatte ikke har god peiling på hva de skal gjøre

(Paasche, 2020). Som undersøkelsen overfor (Kristiania, 2015) påpeker, at misfornøyde ansatte har en tendens til å forlate bedriften. Bevaring av ansatte er avhengig av ansattes engasjement og tilfredshet. Ansattes engasjement og tilfredshet avhenger av følelsen av at arbeidet er meningsfullt og verdsatt i organisasjonen.

## 2.4 Ledelse som hovedfaktor for et vellykket konstruksjonsprosjekt

For at et byggeprosjekt skal kunne lykkes er det avhengig av hvilke motiver, holdninger og mål prosjektlederen har. Både når det gjelder relasjonsbygging, milepæler, atferd og kommunikasjon med UE har lederen en avgjørende rolle. En prosjektleder står ikke alene om ledelsen, men skal være noen å se opp til, et forbilde. Nedenfor blir det hovedsakelig tatt hensyn til ulike lederstiler som påvirker motivasjon, fremdrift og trivsel hos medarbeiderne. I tillegg blir det sett nærmere på hva som motiverer medarbeiderne til å stå på, og hvilken rolle en prosjektleder har for å bidra til trivselen og motivasjonen blant folket samt sikre ferdigstillelse og overlevering til avtalt tid og uten merkostnader.

### 2.4.1 Lederstiler og atferd

Det finnes ulike typer lederstiler, men begrepet tar ikke utgangspunktet i hvem lederen er eller hva han mestrer. Lederstil tar i betraktning typiske adferdsmønstre lederen har i utøvelsen av lederrollen. Alle er forskjellige, derfor er alle ledere også forskjellige. Av den grunn er de beskrevne lederstilene en pekepinn på hvordan en leder skal handle i ulike situasjoner og ikke en oppskrift som lederen skal følge slavisk. Videre i dette delkapittelet blir teorien bak forskjellige lederstiler beskrevet.

#### The managerial grid

Den mest klassiske og en av de eldste lederstilene er "The managerial grid". Modellen er basert på to adferdsegenskaper til en leder. Malen plasserer lederen ut fra vedkommende sitt grad av henholdsvis menneskeorientering og oppgaveorientering i lederens måte å utføre ledelse på (Wenche Aarseth, 2015). Hvis lederen vektlegger typisk mennesker og relasjoner er lederstilen menneskeorientert. Oppgaveorientert lederstil er når lederen er mest interessert i produktivitet og oppfølging av arbeidsoppgavene som skal løses. Primært sett gir denne modellen spillrom for å teste seg selv som leder på tvers av disse to dimensjonene og finne ut hva som passer best for egen utvikling og utøving av rollen som leder.

## Situasjonsbestemt ledelse

Situasjonsbestemt ledelse er som begrepet sier, ikke én fast lederstil. Den ble i første omgang knyttet til forskningsmiljøer i USA på 1960-tallet (Sagberg, 2021). Deretter ble en kjent teori om situasjonsbestemt ledelse utformet av Paul Hersey og Kenneth H. Blanchard. Teorien går ut på å tilpasse lederstilen til medarbeidernes egenskaper, roller og forhold til sine arbeidsoppgaver (Pär Svensson, 2022). En av viktige konklusjoner Blanchard kom frem til i etterkant av teoriens dannelse er at alle medarbeidere kan bli målrettede og selvstendige hvis de blir ledet på den riktige metoden. For å kunne oppnå dette ble det utformet fire utviklingsnivåer medarbeiderne må gå gjennom. Nivåene karakteriseres av ulike grader av kompetanse og engasjement. Forskjellige typer ledelse er også nødvendig under de ulike stadiene av utviklingen til medarbeiderne. Det fjerde trinnet som kjennetegnes av høyt kompetanse- og engasjementnivå kan oppnås ved bidrag og samarbeid fra lederen. Det er først på siste utviklingsnivået at medarbeiderne er uavhengige og selvstendige. Før man kommer dit må lederen danne tre følgende ferdigheter:

1. Bedøm situasjonen – øv på å gjenkjenne hvilken type ledelse dine underordnede har behov for.
2. Vær fleksibel – lær å gjenkjenne hvilket lederskap det kreves av situasjonen, og tilpass ditt lederskap deretter.
3. Oppnå prestasjoner i fellesskap – lederen skal kunne sammen med medarbeiderne identifisere hva de trenger fra hverandre for å kunne oppnå gode resultater og prestasjoner.

Avhengig av kompetansen og engasjementnivået skal ulike lederstiler benyttes for utviklingen av enkelte medarbeidere. Har medarbeideren lite kunnskap, men er ivrig og engasjert skal lederen være støttende om nødvendig, men hovedsakelig instruerende. På den annen side, har medarbeideren mye kunnskap, men lavt engasjement er det viktig å være meget instruktiv og støttende. Da er det viktig å oppmuntre og ta avgjørelser sammen. Genuine målet med teorien er å dra medarbeiderne opp på fjerde nivå der de er helt selvstendige og uavhengige. I denne situasjonen er det viktig å være delegerende, litt instruktiv og støttende hvis nødvendig. For å hjelpe dem å opprettholde engasjementet på høyt nivå er det også viktig å tilrettelegge utfordringene på arbeidsplassen og gi dem nødvendige ressurser og rom for å bestemme selv.

En annen modell til teorien om situasjonsbestemt ledelse er den såkalte «sti-mål»-modellen som ble utviklet av Robert House i 1971 (Wenche Aarseth, 2015). Denne modellen tar hensyn til hvilke utviklingsmål medarbeiderne har for å føle seg oppfylt og motivert på arbeidsplassen sin. Det krever igjen av lederen å være elastisk og holistisk i kontakt med arbeiderne. Ulik lederstil må benyttes for å kunne gi riktige råd til arbeiderne og gi dem grunnlag for motivasjon og utvikling. Modellen bygger på betingelsen at medarbeiderne er motiverte til å gå stien selv under lederens vinger for å oppnå sine mål. House understreker at så lenge medarbeiderne tror på at lederens atferd fører til positive bidrag og resultater for deres utvikling, vil de akseptere lederens stil og legge inn en innsats (Sander, 2022).

### **2.4.2 Gode ferdigheter for en prosjektleder på et konstruksjonsprosjekt**

Bortsett fra lederstiler er motivasjon hos medarbeiderne direkte påkjent av prosjektlederens menneskesyn. McGregors Teori X og Teori Y (Wenche Aarseth, 2015, s. 42) er avgjørende for hvordan dynamikken og relasjonen mellom medarbeider og leder på et prosjekt er. Videre vil det resultere i fremdriftsutspillet på prosjektet. Teorien dreier seg om at dersom en leder har som grunnleggende antakelse (Teori X) at medarbeiderne må være kontrollert fordi de ikke vil gjøre noe ekstra uten betaling, skaper lederen akkurat de holdningene mellom dem. Derimot hvis lederen har som antakelse (Teori Y) at medarbeiderne ikke trenger å bli kontrollert og er til å stole på fordi de står på når det trengs, så blir dette vice versa en selvoppfyllende profeti.

Motivasjon og hva som får mennesker til å stå på over lengst mulig tid er et viktig forskningstema også i dag. Nyere studier som tar som utgangspunkt i hvordan vi som mennesker søker sammenheng og mening i arbeidet vi utfører viser at det varierer fra person til person. Noen blir motivert av rivalisering om å være mest effektiv eller dyktigst, andre motiveres av ønske om å hjelpe, mens noen blir motivert av å se resultater i arbeidet de utfører (Wenche Aarseth, 2015). Det som er til felles og muligens mest effektivt er Adams Grants forskning som viser at anerkjennelse fra andre mennesker, og spesielt av de som direkte blir hjulpet av arbeidet som blir utført, motiverer de som utfører på et høyt nivå. Innen byggeprosjekter vil direkte møter mellom arbeiderne og byggherren/brukerne av fasiliteten som blir bygd være et godt eksempel. Derfor vil det være et godt initiativ av en prosjektleder å invitere for eksempel barnehagetantene og barna til en barnehage som blir bygd mens byggefasen foregår. På denne måten kan arbeiderne vise sitt engasjement over jobben og ta ei runde rundt anleggsområdet sammen med besøkende, noe som sannsynligvis vil resultere i relasjonsbygging og økt motivasjon hos arbeiderne. Hvis dette blir ivarettatt og utført stadig

under ulike deler av byggefasen vil det trolig resultere i bedre kommunikasjon mellom arbeiderne og prosjektleder, samt føre til kortere produksjonstid.

Roller til prosjektlederen beskrives ofte i betegnelser som administrasjon og orden, mens den reelle lederhverdagen krever – mer enn noe annet – lederskap. Erkjennelsen av at mennesker drives av å utføre en god og meningsfull jobb er en av årsakene til at transformasjonsledelse har blitt et av de viktigste temaene innen ledelsesfeltet de siste ti årene (Wenche Aarseth, 2015). Teorien om transformasjonsledelse ble utviklet av McGregor Burns i 1978. Den tar som grunnlag at mennesker motiveres av forskjellige faktorer og burde derfor få dekket grunnleggende behov før de vil utføre noe som setter dem på skinner mot belønning. En god prosjektleder som tar i bruk transformasjonsledelse, vil bruke aspektet om at medarbeiderne fundamentalt har et ønske om å prestere og samarbeide. Gjennom tilfredsstillelsen av det aspektet blant arbeiderne vil han ideelt sett utvikle et team som er motivert til å utføre arbeidet sitt raskt, kostnadsbesparende og med god kvalitet. De tre overnevnte elementene beskriver en vellykket prosjektledelse.

Sett bort ifra det relasjonelle og psykologiske om hva som definerer en god prosjektleder er det spesielt tre ulike felt som prosjektledelsen må legge fokus på for at prosjekter skal lykkes (Hansen, 2019, s. 130):

1. Utvikle og forankre målene for prosjektet både hos byggherre og i prosjektorganisasjonen.
2. Legge komplette og realistiske planer med tydelige milepæler og aktiviteter.
3. Tett oppfølging og rapportering når det gjelder framdrift, kostnader og kvalitet.

Egenskapene til prosjekter som organisasjonsform, kompleksitet, tilgang på leverandører og størrelse gjør jobben til en prosjektleder svært krevende. Ikke bare skal en leder ha god evne til å være en støttende og tydelig person, men hans evne til å ha kontroll og styring er like viktig. Det å skape retning og fremdrift er det mest utfordrende.

- Ofte blir mange mennesker som ikke kjenner hverandre fra før samlet på et prosjekt. Det forventes at de i løpet av kort tid skal være i stand til å effektivt samarbeide med hverandre.

- Mange løsninger som blir brukt i noen prosjekter er uaktuelle for det nåværende prosjektet da det som regel finnes innovative aspekter til den grad at nye løsninger kreves.

- Trange rammer og balansering av tid, ressurser og kvalitet er aktuelt på hovedsakelig alle prosjekter. I tillegg har ulike aktører sine egne behov og forventinger.



Blant annet de overnevnte argumenter, samt mange flere avhengig av prosjekt krever stor fleksibilitet av prosjektlederen. Å holde hodet kaldt og være rolig i stressende situasjoner sier derfor ikke seg selv. Arbeidssituasjonen leder derfor frem til at «management» oftest er et mindre problem i forhold til at lederne utfordres i sitt lederskap. De skal sørge for felles forståelse der det ikke finnes, finne på nye løsninger og skape muligheter der fundamentet er vanskeligheter, og sørge for motivasjon og energi når arbeiderne har tunge tider eller ikke engasjerer seg (Wenche Aarseth, 2015, s. 44). Nesten ingen prosjekter oppstår og fullføres under ideelle forutsetninger, og det er derfor lederskap er like viktig som «management».

## **2.5 LEAN i byggeprosjekter**

LEAN konstruksjonsprinsipper omhandler ikke bare om å øke effektiviteten på et prosjekt, men føre til bedre holdninger på tvers av hele bedriften. Kjernen i LEAN konstruksjonen er at aktøren er pålitelig og frigjør arbeid fra en konstruksjon til den neste. For eksempel hvis man overlater arbeidet til neste aktør i køen for å gjøre jobben sin, vel vitende om at alt vil gå etter planen. Så aktøren som venter i kø kan forstå ideen om konstruksjonspålitelighet som er gått i arv og kan bli overrasket over at aktøren kan endre design, forsyning, montering og kontroll for bedre resultater, alt mens de vet at det vil fungere uten bekymringer.

### **2.5.1 Lean i dagens byggeprosjekter**

Et byggeprosjekt har faser, som starter med bygging og slutter med ferdigstillelse. Hver interessent utfører sin funksjon som spesifisert i kontrakten. I Lean konstruksjonsprinsippet skifter fokus fra en enkelt interessent som kun fokuserer på deltakernes individuelle roller til alle interessenter som jobber som et team. Ved å anvende lean konstruksjonsprinsippet får prosjektet en ekstra dimensjon ved å ta hele livssyklusen i betraktning når det bestemmes hva en aktør skal bygge og hvordan det skal bygges.

Tradisjonelle byggeprosjekter med omarbeid og endringsordrer gjenspeiler de kortsiktige tendensene til moderne tenkning. På den annen side, i designfasen av et lean byggeprosjekt, evaluerer deltakerne hele livssyklusen til strukturen. Ikke bare hva som skjer med den i middelalderen, men hva som skjer når den logiske konklusjonen av livet. Lean byggeprosjektdeltakere evaluerer også hvordan deltakernes individuelle interesser samhandler med hverandre for å tilpasse kort- og langsiktige interesser til deltakerne til styrken til prosjektet (Lauri Koskela, 2002).

Dagens prosjekter lover godt for fremtidige prosjekter. Hva som er rett og galt er bare lærerikt når man analyserer det. I et lean byggeprosjekt hedrer deltakerne fremtiden ved å trekke lærdom fra fortiden på alle nivåer.

## 2.6 Anvendelse av innovative logistikkprogrammer i byggebransjen

Som bygg ingeniør er man avhengig av ulike scenarioer på et prosjekt som har blitt nevnt i forrige kapitler. Ved hjelp av de ulike dataprogrammer kan man forkorte tiden og øke effektiviteten ved utførelsen av daglige oppgaver på en bygg -og anlegg prosjekt.

### 2.6.1 Typer logistikkprogrammer

Mange dataprogrammer består i realiteten av flere moduler som til sammen utgjør hele programmet. Et brukerprogram er et dataprogram som lastes inn i en datamaskin for å utføre spesifikke oppgaver for datamaskinbrukeren. Disse kalles applikasjoner eller apper (Vihovde, 2020). Ulike applikasjoner for prosjektingeniører inkluderer: Revit, Naviate Simple BIM og CoBuilder.

#### Revit

Utviklende evner og tverrfaglige verktøysett i Revit hjelper alle fagfolk innen arkitektur, teknologi og konstruksjon med å jobbe optimalt, både individuelt og i team. Revit brukes til å designe, dokumentere, visualisere og levere arkitektoniske, tekniske og byggeprosjekter. Ulike disipliner som kan jobbe sammen på byggeprosjekter inkluderer: arkitekter, bygningsingeniører, mekanikere, elektro og rørleggerteknikere, bygningsarbeidere, fabrikanter, beregningsdesignere, eiere og flere, ved å bruke Revit for å oppnå design- og konstruksjonsmål. (Autodesk, 2022)

#### Naviate Simple BIM

Bygningsinformasjonsmodeller inneholder et vell av informasjon som også er verdifull for andre deltakere i et byggeprosjekt, men i dag er det noen tekniske og prosessmessige problemstillinger i prosessen. Naviate Simple BIM kan endres ved å lage enkle modeller som kun inneholder informasjonen som trengs for en spesifikk oppgave. Datautvekslingskravet i byggebransjen er at den administrerte informasjonen er pålitelig og av garantert kvalitet. Derfor skaper unødvendig informasjon unødvendige problemer. Naviate Simple Bim kan påberopes. Grunnen til dette er å beskjære programmet og fjerne unødvendige eller upålitelige objekter og

egenskaper. Ved å trimme størrelsen på IFC-modellen kan man bedre forhåndsvisse objekter som er forenklet ved å eliminere ulike problemer. Når man er ferdig med å redigere IFC-filen, kan den redigerte modellen lagres fra Naviate Simple BIM til en ny, forbedret IFC-fil. (“Naviate Simple BIM - Symetri”) Det betyr at man kun utveksler data som er relevant og godkjent i den eksporterte modellen. I de fleste tilfeller er størrelsen på den nye IFC-filen bare en brøkdel av størrelsen på den originale filen, og filen importerer mye raskere og mer rent i mottakerprogrammet. (Naviate, 2022)

### CoBuilder

CoBuilder leverer en integrert løsningsplattform som møter de spesifikke behovene til ulike aktører i byggebransjen, samtidig som det muliggjør samarbeid og sømløs datautveksling på tvers av plattformen (CoBuilder, 2022).

## **2.6.2 Moderne programmer som letter logistikkprosesser**

### VREX og Bimsync

Med Vrex kan Bimsync-team gå inn i 3D-modeller av byggeprosjektene sine og oppleve dem på en måte som alle interessenter kan forstå. Med Vrex sin Bimsync-integrasjon kan team samarbeide praktisk talt hvor som helst, på en måte som alle kan forstå. Å diskutere et Bimsync-prosjekt i VR lar teammedlemmer uten BIM-erfaring delta i diskusjonen og ta bedre beslutninger sammen. En direkte tilkobling til Bimsync lar deltakerne få tilgang til å stille spørsmål fra virtuell virkelighet. Dette lar aktørene jobbe sømløst gjennom hele arbeidsflyten. Fra BIM-redigeringsverktøy til Bimsync til VR og tilbake igjen. (VREX, 2022)

### Solibri

Basert på forhåndsdefinerte og justerbare regler, gir Solibris svært avanserte modellsjekking aktøren de mest fleksible verktøyene, enten for å fullføre rutinesjekker (som grunnleggende kollisjonskontroll) eller spesifikke behov (som å sjekke BIM-krav, nasjonale forskrifter og bygninger og kode). Bruk av regelsett gir uendelige muligheter for å forenkle og automatisere designkoordineringen og kontrollprosessen, og sikre at riktig informasjon også er tilgjengelig i felten, noe som gir aktørene smidigere prosjekter, tids- og kostnadsbesparelser og

kvalitetsmodellbygging for løpende støtte (ledelse også etter byggefasen). (Solybri, 2022)

### Holte

Diverse aktørene på et prosjekt kaster utrolig mye tid på kalkulasjon av materialer og kostnader. Holte er et komplett program som man kan benytte ved bruk av pc-en på arbeidsplassen eller til og med ved bruk av telefonen om man er ikke tilgjengelig på prosjektet. Ved å bruke Holte kan man enkelt og raskt finne hvilken kostnad et prosjekt for materialer tilbringer. Samtidig når man kalkulerer material kostnader kan man enkelt og greit bestille det man trenger og material leverandøren blir oppløyst med en gang ved å ha en bestilling på x-mengden av produkter som må leveres til kunden. På denne måten spare begge partene mye tid samtidig har full kontroll over bestillingen og kalkulasjonen av produkter som man trenger. (Holte, 2022)

### **2.6.3 Anvendelse av SYNCHRO 4D-programvaren i byggebransjen**

- SYNCHRO 4D gir mulighet til å forbedre byggeplanleggingen og driften digitalt med den fjerde dimensjonen.

Det er en sanntids skyløsning som muliggjør forbedret planlegging og drift digitalt. Det er den eneste plattformen som fungerer sammen med alle store 3D- modellerings- og planleggingsverktøyene på markedet, og det kan stoles på at SYNCHRO 4D håndterer de mest komplekse byggeprosjekter. Et prosjekt kan trygt leveres i tida og innenfor budsjettet ved hjelp av løsninger gitt av SYNCHRO 4D. (Bentley.com, 2022)

- Programmet gir muligheter for å jobbe med modellbasert byggearbeidsflyter.

SYNCHRO 4D lar deg bygge, planlegge, og spore prosjekter basert på en konstruksjonsmodell. Kommunikasjon blir enklere, byggeplanlegging og tidsplanen kan enkelt presenteres ved hjelp av programmet. Det er noe som gir mulighet for samarbeid og engasjement med handelspartene, med tillit, utførelse og levering til rett tid. Teamet i et prosjekt kan effektivt få tilgang til å skrive data for å ta mer presise beslutninger. (Bentley.com, 2022)

- Programmet gir tidsbesparelse, og gjør at byggeprosjektet blir levert i tide.

Byggeprosjekt kan bli planlagt med fremdriftsoppdatering i sanntid. Man kan enkelt planlegge, administrere, konstruere, spore og gjennomgå byggeprosjekter i 4D.

- Prosjektet kan sikres høyere kvalitet. Omarbeidet kan bli eliminert og det bidrar til et beskyttet budsjett.

I et digitalt og interaktivt visuelt miljø, kan prosjektteamet gjennomgå, kommunisere og samarbeide. Alle kan prestere på et høyere nivå med tilgang til samtidiginformasjon.

Prosjektplanen kan valideres og optimeres mange år før vi starter på stedet. Med SYNCHRO 4D kan det spares tid og penger når planleggingsproblemer identifiseres i forkant av arbeidet.

Vi kan stole på data som er sikre, oppdaterte og tilgjengelige fra en rekke enheter basert på roller og tillatelser. (Bentley.com, 2022)

## 2.7 HMS – Helse, miljø og sikkerhet

På norske arbeidsplasser stiller lover og regler strenge krav til sikkerhet. Likevel skjer det fortsatt ulykker og alvorlige hendelser, spesielt i byggebransjen. HMS, forkortelse for helse, miljø og sikkerhet, er en fellesbetegnelse for arbeid som utføres på den enkeltes arbeidsplass for å forbedre arbeidsmiljøet og redusere skader på det ytre miljø, som forurensning. HMS-arbeid er regulert av internkontrollforskrifter (Jakhelln, 2020).

# Internkontrollforskriften

Dato	FOR-1996-12-06-1127
Departement	Arbeids- og inkluderingsdepartementet
Ikrafttredelse	1997-01-01
Sist endret	<u>FOR-2017-06-09-719</u>
Endrer	<u>FOR-1991-03-22-159</u>
Gjelder for	Norge
Hjemmel	lov/1929-05-24-4/§3, lov/1929-05-24-4/§9, lov/1953-07-17-9/§41, lov/1953-07-17-9/§48, lov/2010-06-25-45/§39, lov/1971-05-21-47/§14, lov/1974-06-14-39/§14, lov/1976-06-11-79/§8, lov/1981-03-13-6/§52b, lov/1993-04-02-38/§17, lov/2000-05-12-36/§11, lov/2002-06-14-20/§8, lov/2002-06-14-20/§43, lov/2005-06-17-62/§3-1, lov/2000-05-12-36/§11,
Rettet	2014-12-05 (Kommentarene)
Korttittel	Internkontrollforskriften

(Arbeidstilsynet, Internkontrollforskriften, 2014)

Prosjekterings- og planleggingsfasen er før selve bygge- eller anleggsarbeidene starter, inntil kontrakten er signert og videre planlagt av avtalepartene. Det må avsettes tilstrekkelig tid til planlegging. I følge (Arbeidstilsynet, HMS i bygg og anlegg, 2022) byggherren skal under planlegging og prosjektering ivareta sikkerhet, helse og arbeidsmiljø særlig ved:

- de arkitektoniske, tekniske eller organisasjonsmessige valg som foretas
- "å beskrive og ta hensyn til de risikoforholdene som har betydning for arbeidene som skal utføres" ("Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø ... - Lovdata")
- "at det settes av tilstrekkelig tid til prosjektering og utførelse av de forskjellige arbeidsoperasjonene" ("HMS i bygg og anlegg - Arbeidstilsynet")

### **2.7.1 SHA**

Byggherreforskriften §7 (Arbeidstilsynets, 2020) sier at det før igangsetting av bygge- eller anleggsarbeider skal foreligge en skriftlig Sikkerhet, Helse og Arbeidsmiljøplan (SHA Plan) som beskriver hvordan risikosituasjoner i prosjektet skal håndteres. SHA er unike sikkerhets-, helse- og arbeidsmiljøplan for et spesifikt bygge- eller anleggsprosjekt. Fordi hver arbeidsplass har sine egne spesifikke sikkerhetsutfordringer, krever hvert prosjekt en spesifikk SHA-plan. Så man kan ikke kopiere en plan fra ett prosjekt og bruke den på et annet. (Arbeidstilsynet, Forskjellen på HMS og SHA, 2022)

SHA-planen skal inneholde (Arbeidstilsynet, Forskjellen på HMS og SHA, 2022):

- "Beskrivelse av bygge- og anleggsplassens organisering, roller, ansvarsfordeling og entreprisform" ("Formelle krav - Faglig ledelse")
- "Framdriftsplan for anlegget som viser når og hvor de ulike arbeidsoperasjoner skal finne sted" ("SHA-plan guide og gratis mal - Svensn | Svensn")
- "Beskrivelser av de spesifikke tiltakene knyttet til arbeid som kan innebære fare for liv og helse" ("SHA-plan - Alt du trenger å vite + Gratis SHA-mal ...")
- Rutine for behandling av endringer og oppdatering av planen

### **2.7.2 Risikofaktor**

Byggebransjen er kompleks og krever spesialkunnskap. Bransjen er preget av strenge krav til fremdrift og økonomi. Kontraktskjeder har en tendens til å være lange og mulighetene for å ansette og bruke underleverandører er stort (Arbeidstilsynet, HMS i bygg og anlegg, 2022).

Risikofaktorer (Arbeidstilsynet, HMS i bygg og anlegg, 2022):

- "Flere virksomheter og yrkesgrupper på samme sted for å utføre arbeidsoppgaver" ("HMS i bygg og anlegg - Arbeidstilsynet")
- Stadig endring i arbeidssted og samarbeidsrelasjoner
- Ulik sikkerhetskultur mellom ulike virksomheter, yrker og nasjonaliteter
- Arbeidstidsordninger (lange arbeidsdager/-uker, skift- og nattarbeid)
- Ulykker og skader
- Støy, vibrasjoner og ugunstige temperaturforhold
- Tungt fysisk arbeid, ugunstige arbeidsstillinger og gjentatte bevegelser
- "Inhalasjon av støv, røyk, gass og damp, hudkontakt med vann og kjemikalier" ("HMS i bygg og anlegg - Arbeidstilsynet")

Uønskede hendelser skyldes ofte (Arbeidstilsynet, HMS i bygg og anlegg, 2022):

- Mangelfulle HMS-rutiner
- For liten oppmerksomhet på HMS i anbudsprosessen
- Mangelfull planlegging og koordinering
- "Manglende systemer for registrering av nesten-ulykker, ulykker, farer og uønskede hendelser" ("HMS i bygg og anlegg - Arbeidstilsynet")
- Manglende medvirkning ved utarbeidelse av sikker jobb analyser (SJA)
- Mangelfull eller manglende opplæring
- Uklare ansvarsforhold
- Rotete og uoversiktlige arbeidsplasser
- Språk- og kommunikasjonsproblemer
- Krevende klimatiske forhold (is, snø, regn og vind)

Eksempler på særlig risikofylt arbeid (Arbeidstilsynet, HMS i bygg og anlegg, 2022):

- Arbeid i høyden (tak, stillas, lift, container)
- Lasting og lossing
- "Bruk av kjøretøy og ferdsel i trafikken i kombinasjon med tidspress" ("HMS i bygg og anlegg - Arbeidstilsynet")
- Elementmontasje
- Rivningsarbeid (f.eks. asbest)
- "Bruk av maskiner og utstyr som stillas, stige, kran, lift, ulike typer sager, spikerpistol, vinkelsliper og mobilt arbeidsutstyr som gravemaskin, lastebiler, dumpere, traktor, lift og kran" ("Yrkeshygiene - Salutis HMS")
- Tunnelarbeid
- Sprengningsarbeid

### **2.7.3 Trygge bygge- og anleggsplasser**

Byggherren bør stille krav til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) og integrere SHA i prosjektet. Når byggherren har kontroll over alle deltakerne som utfører planen, kan dette resultere i (Arbeidstilsynet, HMS i bygg og anlegg, 2022):

- Klare ansvarsforhold
- Forsvarlig framdriftsplan som også omfatter HMS
- Informasjonsrutiner som følges opp
- Hovedbedrift som samordner de enkelte virksomhetenes HMS-arbeid
- Virksomheter med gode rutiner for oppfølging av sin internkontroll
- Rutiner som sikrer at avvik meldes og følges opp

*„Suksessfaktorer er opplæring, informasjon, kommunikasjon, motivasjon og erfaringsutveksling.“* (Arbeidstilsynet, HMS i bygg og anlegg, 2022)



# Kapittel 3 - Metode

## 3.1 Dimensjoneringsprosess

I denne delen av oppgaven vår, skal vi bruke det teoretiske grunnlaget av dimensjonering som er beskrevet i kapittel 1 for å komme videre. Prosessen starter med beregninger av de ytre laster og egenlast. Vi kommer til å finne her, de parameterne og faktorer som er gitt i de norske standarder, og som er med i beregninger av de naturlastene slik som vindlast og snølast. Her finner vi ut den karakteristiske vindlasten og snølasten i bygningsområdet, og ganger dem med de tilhørende faktorene. Deretter beregner vi størrelsen på nyttelasten, ved å ta i betraktning de verdiene for karakteristisk nyttelast i tilhørende bygningskategori gitt i norsk standard, og de reduksjonsfaktorer som arealreduksjonsfaktor og etasjereduksjonsfaktor. Etter det, beregner vi den permanente lasten som bærekonstruksjonen skal ta. Det vil si konstruksjonens egen tyngde. Her ganger vi tyngdetettheten av materialer med dens volum.

Etter at alle aktuelle laster blir ferdig beregnet, begynner vi å kombinere disse lastene ved bruk av ligningene B1 og B2 for lastkombinasjon beskrevet i kapittel 1. Ved kombinasjonsberegning av disse lastene med de tilhørende lastfaktorer for variabelast og permanentlast, finner vi ut den lastkombinasjonen som gir den mest ugunstige verdien. Denne verdien bruker vi videre i beregningene av de aktuelle lastvirkningene som skal opptre på konstruksjonen.

Ved lastvirkningsberegningen skal vi også bruke de formlene beskrevet i kapittel 1. Vi skal beregne den vertikale aksialkraften ( $N_{Ed}$ ) resulterende av naturlastene, nyttelast og permanentlast. Heissjakten skal ta horisontale krefter, og den har som funksjon å avstive konstruksjonen mot horisontale laster. Vi kommer til å beregne da det største momentet ( $M_{Ed}$ ) som skal opptre i denne konstruksjonsdelen på grunn av vindlasten.

Med alle lastvirkningene ferdig beregnet, begynner vi endelig å beregne dimensjonen på materialer som skal brukes. Som sagt, de formlene beskrevet i kapittel 1 gir grunnlag for disse beregningene. Vi skal beregne hvor mye armering som skal brukes i denne konstruksjonsdelen og ikke minst velge den betongtypen som passer best i denne konstruksjonsdelen.

Den siste delen av denne prosessen går ut på kapasitetskontroll. Her skal vi beregne kapasiteten av bærekonstruksjonen med de valgte dimensjonerte materialer. Hensikten med dette her, er å sørge for at de beregnede lastvirkningene ikke overskrider den beregnede kapasiteten av konstruksjonsdelen.

## 3.2 Logistikk Kvalitative Metoder

En kvalitativ metode er forskningsmetode som brukes til å samle inn og analysere egenskapene til en eller flere ikke-numeriske form av data (kvantitative metoder) (Grønmo, 2020). Denne typen metode kan være et enkelt og mye brukt ord, men med alternative og fullstendige definisjoner. Enkelt sagt er denne datainnsamlingen en måte å lagre, overføre og behandle informasjon i et bestemt dataformat, som finnes både i analog og digital form. Dette skjer vanligvis i skriftlig form av tekst, i motsetning til en metode for å samle inn kvantitative data uttrykt som av tall eller andre kollektive symboler.

Hensikten med å bruke kvalitativ metode i vår oppgave er å få dybdekunnskap og helhetlig forståelse av kapittel 2 «Logistikk». Ved å bruke denne metoden skriftlig kan vi utvikle konsepter, kategorier og typologier. Slike metode er også ment å danne hypoteser og teorier eller å gjøre teoretiske generaliseringer. Som nevnt bør denne metoden brukes til å bedre forstå logistikk ved å forstå sosiale prosesser og sosiale interaksjoner i byggeprosjekter og gi oss dypere kvalitative resultater og forståelse, tydeligere årsaken bak dem. Denne tilnærmingen gir dermed et annet syn på livet og fokuserer mindre på årsakssammenhenger og mer på hvordan ulike aktører oppfatter verden og hvordan bruk av logistikken kan tilbyr dem bedre oppfatning og søkelyst på prosjekter.

## 3.3 Datainnsamling Metoder

### 3.3.1 Databruk i beregningene

De karakteristiske verdier for naturlaster, nyttelast, og demmes faktorer og parameter for reduksjon er hentet fra norsk standarder NS-EN 1991-1-4 laster på konstruksjoner, og NS-EN 1991-1-1. Andre faktorer som materialfaktorer, og faktorer for dimensjonering er hentet fra EN-NS 1992-1-1 prosjektering av betongkonstruksjoner. Disse dataene anses å være av høy kvalitet og sikkerhet.

### **3.3.2 Data bruk i logistikken**

For å imøtekomme alle logistikdataene i oppdraget vårt, vil vi bruke en rekke forskjellige datainnsamlingsmetoder. Den teoretiske delen av *Kapittel 2 Logistikk* handler i hovedsak om å bruke logistikk for å bedre effekt og reflektere de ulike fasene i prosjektet. Med logistikkprogrammet Synchrono 4D ønsket vi å formidle blant annet: organiseringen av stedet, utviklingen av prosjektet og beregning av tid ved hjelp av Gantt-diagrammer. Ta samtidig hensyn til HMS, SHA, kommunikasjon og logistikk for å oppnå prosjekteffektivitet.

### **3.4 Samarbeidet med bedriften (Frekvensstudier)**

Samarbeidet med bedriften begynte da vi mailet infoposten til Christie om vår interesse om å skrive oppgave for dem. Videre svarte de positivt på mailen og vi avtalte å møtes på kontoret deres i Ålesund for å snakke om problemstillingen og de gjeldende prosjektene de jobbet med. Der møtte vi prosjektsjefen for bygg Laurent Lacavaliere og daglige lederen Andreas Andenæs. Etter jul avtalte vi et nytt møte ved vår oppstart av oppgaveskrivingen. Da dro vi på befaring til Molde og møtte Laurent, prosjektlederen Halvard Jensen og prosjektingeniøren Arve Sæter. Ut av befaringsen fikk vi se situasjonen på byggeplassen per da. Vi fikk også en breiere forståelse av prosjektet i sin helhet og gikk nærmere i detaljer ved å se og oppleve.

I senere tid kontaktet vi også Trude Bøe som er anleggslederen på Høghallen i Molde for å få tilgang til IFC-filen av modellen til prosjektet. Vi trengte den blant annet for å se på ulike detaljer i Revit og for å bruke den til å opprette en Gantt-diagram i Synchrono 4D. Vi fikk også riggplan og SHA-plan som vi får bruk for i resultatet.

#### **3.4.1 Befaringsrapport**

**Dato: 03.02.22**

**Tidspunkt: 13.00**

Målet med befaringsen var å bli kjent med eksisterende situasjon når det gjelder Høghallen ved Granfjæra i Molde, og det som skal gjøres til prosjektets overlevering. Vi møtte Laurent Lacavaliere, Halvard Jensen og Arve Sæter. Laurent er prosjektsjef bygg, mens Halvard er prosjektleder og Arve er prosjektingeniør. Etter en introduksjon av oss selv og prosjektet gikk vi en runde på byggeplassen.

Pearbeid for å forsterke kaia på sørsiden var nesten ferdig, og arbeiderne hadde påbegynt å forskale og armere den nye heissjakten som skulle bli plasstøpt.



*Figur 30 Den påbegynte heissjakta som forskales ved bruk av Peri kasettsystem*



*Figur 31 Den påbegynte heissjakt som forskales banker pelene med i fastberg*

Ellers hadde riving av det som skulle rives på eksisterende bygg blitt ferdigstilt og de neste operasjonene var å bygge heissjakt som skal avstive de tilbygde delene før prosjektets overlevering. Målet er å oppnå tett tak før sommeren. Etter hvert skal det påbygges to etasjer for å kunne bygge flere kontorer samt en trappesjakt i prefabrickerte betongelement for å nå opp til etasjene.

### **3.5 Innovativ tenkning og analyse av data**

Ved beregning av last og bruke de logistikks problemstillinger på et prosjekt (X) ønsket vi å bygge på en prosess som bygger på eksisterende prosjektløsninger samtidig som vi tar hensyn til vår kunnskap om materialer og løsninger. Våre løsninger er tilgjengelige for ulike deler av prosjektområdet og deler av bygningen. Tanken bak dette var at Christie Opsahl ønsket å bygge innsikt i effektiviteten til dette og fremtidige prosjekter. I konstruksjonsberegning og logistikktenkning ønsker vi å forbedre statusen til prosjektet, deretter presentere våre ideer og kunne forbedre ideen for å oppnå effektiviteten til bygge- og byggeprosjektet.

## Kapittel 4 - Resultat

Ved å introdusere vår problemstilling, dimensjonere en strukturell del av prosjektet og ved å utarbeide prosjektlogistikk og tidsplan, vil vi i dette kapittelet fremheve resultatene våre for prosjekt Høghallen i Molde. De fremhevede resultatene er forankret av det teoretiske grunnlaget som er vurdert av temaets beregninger, digitale verktøy og prosjektlogistikk knyttet til praksisen. Ikke minst også samarbeidet med Christie & Opsahl.

### 4.1 Resultat av beregning

Som nevnt i innledningen skal vi dimensjonere den plasstøpte heissjakten på østsiden av bygget. Heissjakten samt veggskiven på sørøst siden står for hoved vertikalavstivning på prosjektet. Nedunder viser vi våre beregninger gjort på teorigrunnlaget fra kapittel 1.

#### 4.1.1 Beregning av naturlaster

Snølast: (S)

*Karakteristisk snølast på mark (Sk)*

$$S_k = S_{k0} + n \cdot \Delta s_k \quad (\text{formel 7.1 kapittel 1})$$

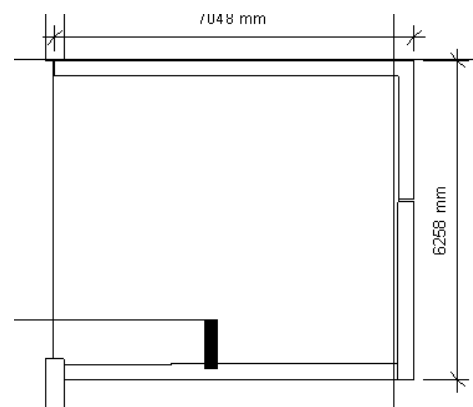
$$n = (H - H_g) / 100 \text{ dersom } H > H_g$$

$$H = 0 \text{ moh } < \text{ enn høydegrense } H_g.$$

NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015/NA:2018  
Nasjonalt tillegg NA

Kommune	$S_{k,0}$ kN/m <sup>2</sup>	$H_g$ m	$\Delta s_k$ kN/m <sup>2</sup>	$S_{k,max}$ kN/m <sup>2</sup>
Halsa	4,5	150	1,0	–
Haram	2,5	150	1,0	–
Hareid	3,0	150	1,0	–
Herøy	2,5	150	1,0	–
Kristiansund	3,5	150	1,0	–
Midsund	3,0	150	1,0	–
Molde	3,5	150	1,0	–

Figur 33 Kommunal snølast tabell



Figur 32 Tverrsnitt av etasje på heissjakt

$S_k = S_{k0}$  (fordi byggestedet står innenfor høydegrense Hg for Molde kommune).

Karakteristisk snølast på mark er da **3,5 KN/m<sup>2</sup>**

Karakteristisk snølast på tak (S)

$S = \mu * C_e * C_t * S_k$  (formel 7.2 kapitel 1)

$C_e = 1,0$

$C_t = 1,0$

$\mu = 1,0$  (flatt tak) takvinkel  $0 < \alpha < 30^\circ$ .

**$S = \mu * C_e * C_t * S_k = 1,0 * 3,5 \text{ KN/m}^2 = 3,5 \text{ KN/m}^2$ .**

$\text{Tak\_areal} = (7,048\text{m} * 6,258\text{m}) + 58,308 \text{ m}^2 = 102,408 \text{ m}^2$

**Total Snølast (S) = karakteristisk snølast \* takarealet =  $3,5 \text{ KN/m}^2 * 102,408 \text{ m}^2 = \underline{\underline{358,43}}$**   
**kN**

Vindlast (V)

Vindhastighetstrykk (q)

$q = 0,625 * V^2$  (formel 7:7 Rørvik)

Referanse vindhastighet  $V_b, 0$ .



NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009  
 Nasjonalt tillegg NA

Kommune	V <sub>b,0</sub> m/s	Fylke
Solund	29	Sogn og Fjordane
Hyllestad	26	Sogn og Fjordane
Høyanger	26	Sogn og Fjordane
Vik	24	Sogn og Fjordane
Balestrand	24	Sogn og Fjordane
Leikanger	24	Sogn og Fjordane
Sogndal	24	Sogn og Fjordane
Aurland	25	Sogn og Fjordane
Lærdal	26	Sogn og Fjordane
Årdal	24	Sogn og Fjordane
Luster	24	Sogn og Fjordane
Askvoll	28	Sogn og Fjordane
Fjaler	26	Sogn og Fjordane
Gaular	26	Sogn og Fjordane
Jølster	24	Sogn og Fjordane
Førde	26	Sogn og Fjordane
Naustdal	26	Sogn og Fjordane
Bremanger	29	Sogn og Fjordane
Vågsøy	31	Sogn og Fjordane
Selje	31	Sogn og Fjordane
Eid	26	Sogn og Fjordane
Homindal	26	Sogn og Fjordane
Gloppen	26	Sogn og Fjordane
Stryn	24	Sogn og Fjordane
<b>Molde</b>	29	Møre og Romsdal

Figur 34 Vindhastighetsstyrke tabell

V<sub>b,0</sub> Molde kommune = 29m/s

$V_b = C_{dir} * C_{season} * C_{alt} * C_{prop} * V_{b,0}$  , formel 7:8

C<sub>dir</sub> = C<sub>season</sub> = C<sub>alt</sub> = C<sub>prop</sub> = 1,0

V = V<sub>b</sub> = V<sub>b,0</sub> = 29m/s

## Vindhastighetstrykk

$$q = 0,625 * V^2 = 0,625 * (29\text{m/s}) = \mathbf{0,53 \text{ kN/m}^2}$$

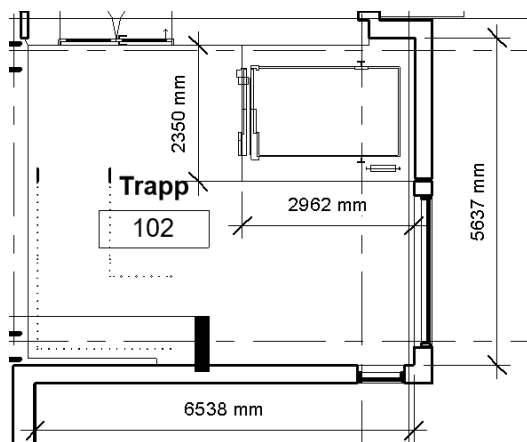
Vindlast (V) = Vindhastighetstrykk (q) \* takarealet

$$= 0,53 \text{ kN/m}^2 * 102,408 \text{ m}^2$$

$$= 54,3 \text{ kN}$$

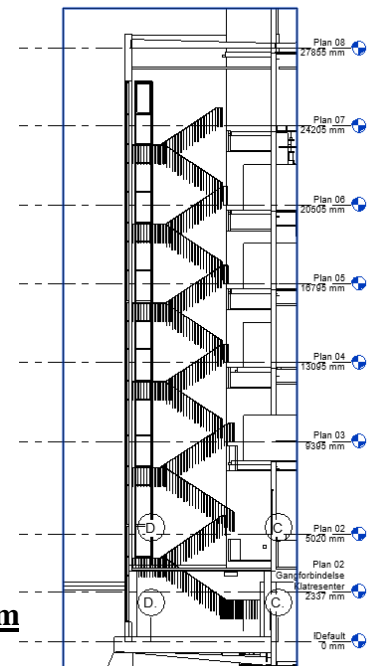
## 4.1.2 Nyttelast (P)

Nyttelast på trappa (P).



Figur 36 Trappearealet av en etasje

$$\text{Trappearealet av en etasje} = (6,538 * 5,637) - (2,962 * 2,350) = \mathbf{29,89 \text{ m}^2}$$



Figur 35 Trappe elementer snitt

**Tabell 6.2 – Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger**

Kategorier for belastede områder	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Kategori A</b>		
– Gulv	1,5 til <u>2,0</u>	<u>2,0</u> til 3,0
– Trapper	<u>2,0</u> til 4,0	<u>2,0</u> til 4,0
– Balkonger	<u>2,5</u> til 4,0	<u>2,0</u> til 3,0
<b>Kategori B</b>	2,0 til <u>3,0</u>	1,5 til <u>4,5</u>
<b>Kategori C</b>		
– C1	2,0 til <u>3,0</u>	3,0 til <u>4,0</u>
– C2	3,0 til <u>4,0</u>	2,5 til 7,0 ( <u>4,0</u> )
– C3	3,0 til <u>5,0</u>	<u>4,0</u> til 7,0
– C4	4,5 til <u>5,0</u>	3,5 til <u>7,0</u>
– C5	<u>5,0</u> til 7,5	3,5 til <u>4,5</u>
<b>Kategori D</b>		
– D1	<u>4,0</u> til 5,0	3,5 til 7,0 ( <u>4,0</u> )
– D2	4,0 til <u>5,0</u>	3,5 til <u>7,0</u>

*Figur 37 Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger*

**Karakteristisk nyttelast på trappa P = 3,0 KN/m**

konstruksjonen tilhører kategori B i tabell NA. 6.2 NS-EN 1991-1-1

**Nyttelast P\_trapp** = Karakteristisk Nyttelast \* trappearealet \* antall etasjer

$$= 3,0 \text{ kN/m}^2 * 29,894 \text{ m}^2 * 7$$

$$= \underline{627,774 \text{ kN}}$$

- Etasjereduksjonsfaktor  $\alpha_n$

$$- \alpha_n = \frac{[2+(n-2)*0,7]}{n}$$

$$- = \frac{2+(7-2)*0,7}{7} = 0,786$$

- Arealreduksjonsfaktor  $\alpha_A$

$$\alpha_A = 5 \frac{\psi_0}{7} + \frac{15}{A} \leq 1,0$$

A – gulvarealet er mindre enn 30 m<sup>2</sup> så  $\alpha_A$  er lik 1,0.

**Total nyttelast P\_trapp** = 627,774 \*  $\alpha_n$  \*  $\alpha_A$  = 627,774 KN \* 0,786 \* 1,0 = **493,43 KN**

## Nyttelast P på etasjeskillere

Tabell 6:1 Karakteristiske nyttelaster på golv. Fra (5).

Kategori	Bruk	Eksempler	$q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)
A	Arealer for inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter	Rom i boligbygg og hus; rom og avdeliger i sykehus; soverom i hoteller og gjestgiverier; kjøkken og toaletter.		
		- Gulv	2,0	2,0
		- Trapper	3,0	2,0
		- Balkonger	4,0	2,0
		- Loft med liten takhøyde eller begrenset adgang	1,0	1,5
B	Kontorarealer		3,0	2,0

Figur 38 Karakteriske nyttelaster på golv

Bygning tilhører kategori B (kontor arealer)

Karakteristisk  $P_{\text{etasjeskillere}} = 3,0 \text{ KN/m}^2$

Gulvarealet = 58,308 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} - \alpha_n &= \frac{[2+(n-2)*0,7]}{n} \\ &= \frac{2+(7-2)*0,7}{7} = 0,786 \end{aligned}$$

$$- \alpha_A = 5 \frac{\psi_0}{7} + \frac{15}{A} \leq 1,0$$

For brukskategoriene A – D blir da

$$(6.2) \quad \alpha_A = 0,5 + \frac{15}{A} \leq 1,0$$

$$\begin{aligned} - \alpha_A &= 5 \frac{\psi_0}{7} + \frac{15}{A} \leq 1,0 \\ &= 0,5 + 15/58,308 = 0,757 \end{aligned}$$

Total nyttelast på etasjeskillere  $P_{\text{etasjeskillere}}$

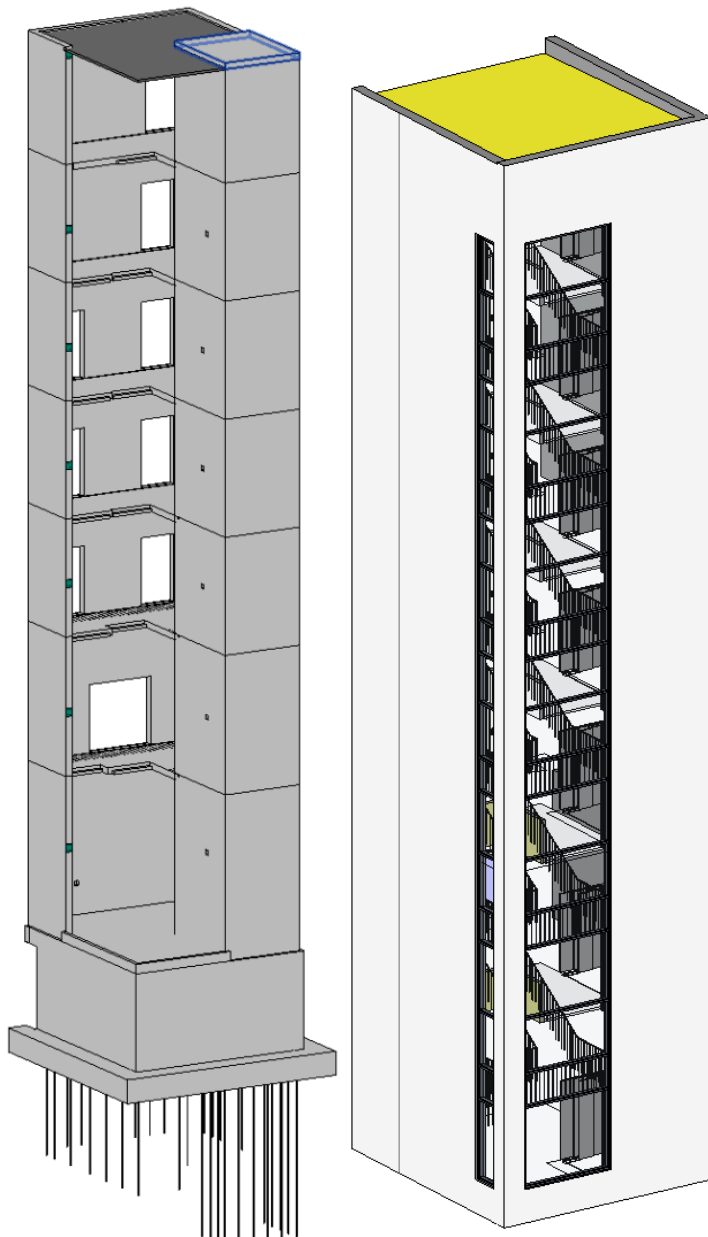
$$= 7 \text{ etasjer} * 3,0 \text{ KN/m}^2 * 58,308 \text{ m}^2 * \alpha_n * \alpha_A = 0,786 * 0,757 = \mathbf{728,561 \text{ kN}}$$

### Nyttelast P

$$P = P_{\text{trapp}} * P_{\text{etasjkillere}}$$

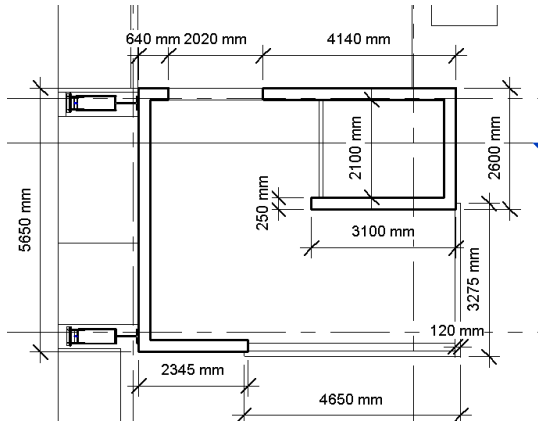
$$= 493,43 \text{ KN} + 728,561 \text{ KN} = \underline{\underline{1222,0 \text{ kN}}}$$

### 4.1.3 Beregning av Egenvekt (G)

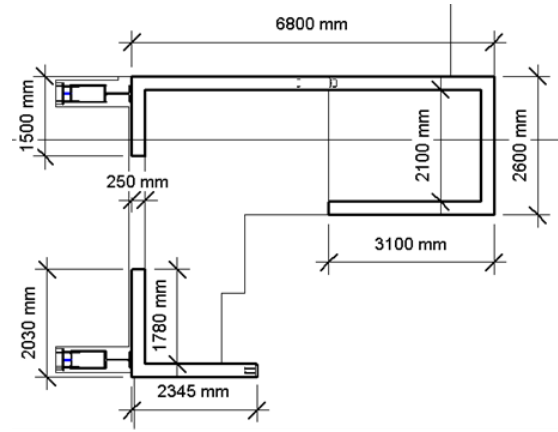


*Figur 39 Modeller av RIB- og ARK modell av heissjakta*

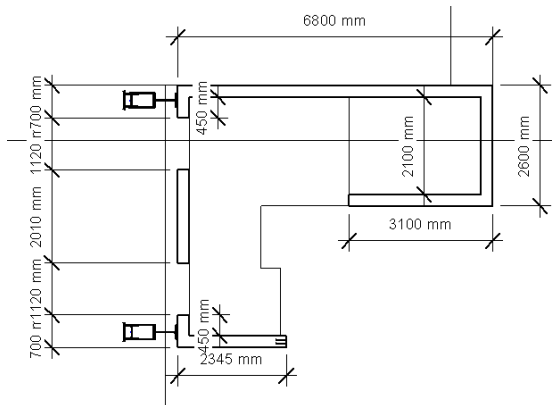
**1. etasje RIB**



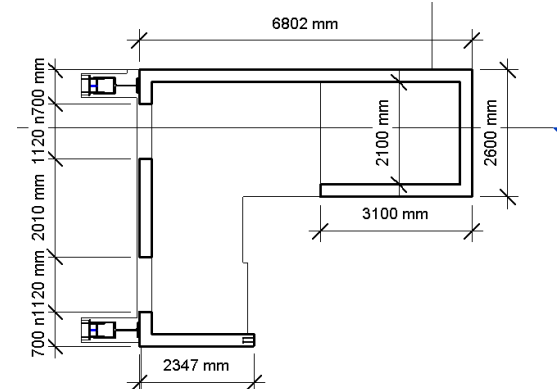
**2. etasje RIB**



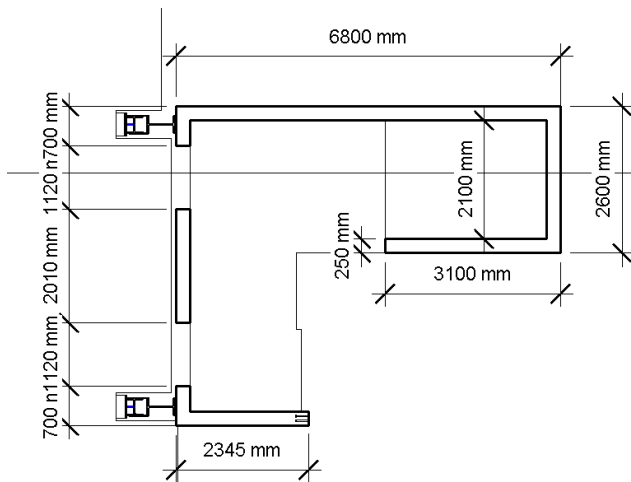
**3. etasje RIB:**



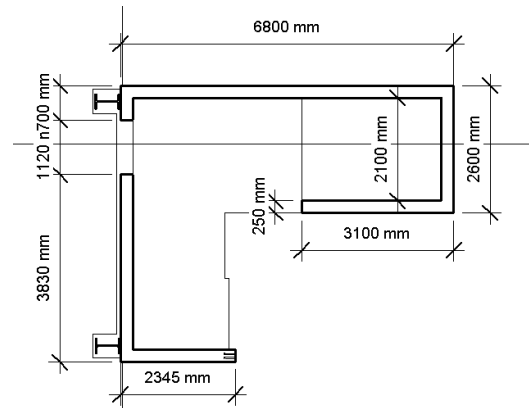
**4. etasje RIB**



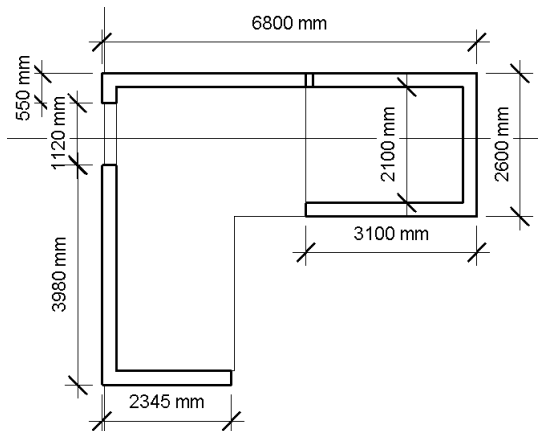
**5. etasje RIB**



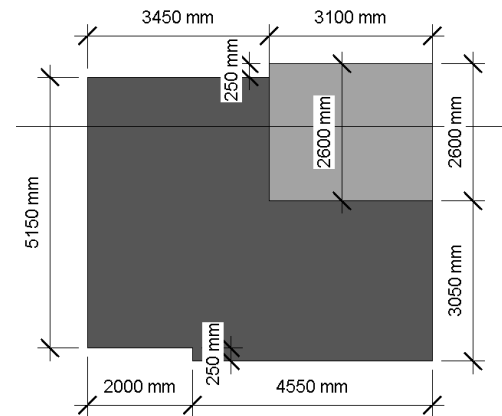
**6. etasje RIB**



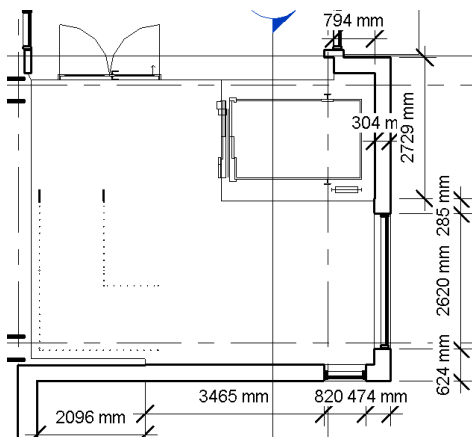
### 7. etasje RIB



### Tak RIB



### 1. Etasje ARK



**Heissjakta egenvekt** = Egenvekt RIB\_modell + egenvekt ARK\_modell

$$= 4451,818 \text{ kN} + 685,622 \text{ KN}$$

$$= 5137,44\text{kN} \text{ (Beregnet på excelark)}$$



**Egenlast G = 5137,44 KN (beregnet i Excel-ark)**

RIB model							
<b>Egenvekt plan 1</b>							
Tyngdetetthet betong: $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$							
Volum sør	$(2345 \cdot 5200 \cdot 250) + (3100 \cdot 5200 \cdot 250) + (4650 \cdot 120 \cdot 300) = 7.2459 \text{ m}^3$						
Volum vest	$(5150 \cdot 5200 \cdot 250) = 6.695 \text{ m}^3$						
Volum nord	$(6800 \cdot 5200 \cdot 250) - (2140 \cdot 2020 \cdot 250) = 7.7593 \text{ m}^3$						
Volum øst	$(2100 \cdot 5200 \cdot 250) + (3155 \cdot 120 \cdot 300) = 2.84358 \text{ m}^3$						
Volum dekke	$(6542,1 \cdot 5215 \cdot 100) - (2920 \cdot 2250 \cdot 100) = 2.75471 \text{ m}^3$						
SUM volum (m <sup>3</sup> )	27,29849						
<b>Egenlast (kN)</b>	682,46225					<b>Total Plan 1 [KN]</b>	<b>682,462</b>
<b>Egenvekt plan 2</b>							
Volum sør	$(2345 \cdot 4375 \cdot 250) + (3100 \cdot 4375 \cdot 250) = 5.9555 \text{ m}^3$						
Volum vest	$(5150 \cdot 4375 \cdot 250) - (2120 \cdot 2140 \cdot 250) = 4.4986 \text{ m}^3$						
Volum nord	$(6800 \cdot 4375 \cdot 250) = 7.4375 \text{ m}^3$						
Volum øst	$(2100 \cdot 4375 \cdot 250) = 2.297 \text{ m}^3$						
Volum dekke	$(5150 \cdot 1430 \cdot 200) + (3815 \cdot 440 \cdot 200) + (2350 \cdot 1580 \cdot 200) = 2.58395 \text{ m}^3$						
SUM volum (m <sup>3</sup> )	22,77255						
<b>Egenlast (kN)</b>	569,31375					<b>Total Plan 2 [KN]</b>	<b>569,314</b>
<b>Plan 3,4 og 5</b>							
Modell Rib							
	material	Areal	høyde [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	tyngdetetthet [KN/m <sup>3</sup> ]	kraft [KN]	
vegg1	armertbetong	0,775	3,7	2,8675	25	71,688	
vegg2	armertbetong	0,525	3,7	1,9425	25	48,563	
vegg3	armertbetong	1,6375	3,7	6,05875	25	151,469	
vegg4	armertbetong	0,175	3,7	0,6475	25	16,188	
vegg5	armertbetong	0,5025	3,7	1,85925	25	46,481	
vegg6	armertbetong	0,175	3,7	0,6475	25	16,188	
vegg7	armertbetong	0,52375	3,7	1,937875	25	48,447	
Betongdekke							
plata 1	armertbetong	8,1075	0,2	1,6215	25	40,538	
	armertbetong	2,08475	0,2	0,41695	25	10,424	
	armertbetong	2,859075	0,2	0,571815	25	14,295	
<b>Total kraft x 3etasjer</b>						464,279	<b>1 392,836</b>
<b>Plan 6</b>							
	material	Areal [m <sup>2</sup> ]	høyde [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	tyngdetetthet [KN/m <sup>3</sup> ]	kraft [KN]	
vegg1	armertbetong	0,775	3,7	2,8675	25	71,688	
vegg2	armertbetong	0,525	3,7	1,9425	25	48,563	
vegg3	armertbetong	1,6375	3,7	6,05875	25	151,469	
vegg4	armertbetong	0,175	3,7	0,6475	25	16,188	
vegg5	armertbetong	0,9575	3,7	3,54275	25	88,569	
vegg6	armertbetong	0,52375	3,7	1,937875	25	48,447	
Betongdekke							
plata 6	armertbetong	8,1075	0,2	1,6215	25	40,538	
	armertbetong	2,51515	0,2	0,50303	25	12,576	
	armertbetong	2,859075	0,2	0,571815	25	14,295	
<b>Total kraft</b>							<b>492,331</b>

Figur 40 Egenlast (beregnet i Excel-ark)

Plan 7							
	material	Areal	høyde [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	tyngdetetthet [KN/m <sup>3</sup> ]	kraft [KN]	
vegg1	armertbetong	0,775	3,57	2,76675	25,000	69,169	
vegg2	armertbetong	0,525	3,57	1,87425	25,000	46,856	
vegg3	armertbetong	1,6375	3,57	5,845875	25,000	146,147	
vegg4	armertbetong	0,1375	3,57	0,490875	25,000	12,272	
vegg5	armertbetong	0,995	3,57	3,55215	25,000	88,804	
vegg6	armertbetong	0,52375	3,57	1,8697875	25,000	46,745	
Betongdekke							
plata 7	armertbetong	8,1075	0,2	1,6215	25,000	40,538	
	armertbetong	2,51515	0,2	0,50303	25,000	12,576	
	armertbetong	2,859075	0,2	0,571815	25,000	14,295	
plata 8	armertbetong	8,06	0,2	1,612	25,000	40,300	
TRP 75 takplate	Stål	27,585			KN/m <sup>2</sup>	0,016	0,455
<b>Total kraft</b>							<b>518,155</b>
Etasjeskillere							
	Areal [m]	tykkelse m	tyngde [KN/m <sup>3</sup> ]	antall etasje	kraft KN 1 etasje	7 etasjer	
betongpåstøp 50mm	58,308	0,05	25	7	72,885		510,195
Hulldekke	58,308	0,225	3,12	7	40,932		286,526
total KN							796,721
<b>Total aksial kraft RIB</b>							<b>4 451,818</b>

Figur 41 Egenlast (beregnet i Excel-ark) total aksial kraft RIB

Egenvekt hele ARK modell								
ARK model								
	Materiale	Areal/1m <sup>2</sup> vegg[m <sup>2</sup> ]	Total veggareal [m <sup>2</sup> ]	Tykkelse [m]	Volum [m <sup>3</sup> ]	Tyngdetetthet [KN/m <sup>3</sup> ]	Samlet kraft per element	Kraft [KN]
<b>Vegg 1_nord solid</b>								
	Tre (sammensatt yttervegg)		95,224	0,302				
	Stender 248*48	0,080		0,248	1,889	4,20000		7,935
	Steniplate	1,000		0,006	0,571	19,22100		10,982
	Lekter og luftesjikt	0,080		0,036	0,274	4,20000		1,152
	Asfaltplate	1,000		0,012	1,143	3,15654		3,607
	Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920		0,25	21,902	0,32550		7,129
							30,804	
<b>Vegg2_øst solid</b>								
	Tre (sammensatt yttervegg)		77,831	0,302				
	Stender 248*48	0,080		0,248	1,544	4,20000		6,486
	Steniplate	1,000		0,006	0,467	19,22100		8,976
	Lekter og luftesjikt	0,080		0,036	0,224	4,20000		0,941
	Asfaltplate	1,000		0,012	0,934	3,15654		2,948
	Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920		0,25	17,901	0,32550		5,827
							25,178	
<b>Vegg3_øst m/åpning</b>								
	Tre (sammensatt yttervegg)		34,060	0,313				
	Stender (198*48) + (48*48)	0,080		0,246	0,670	4,20000		2,815
	Steniplate?	1,000		0,019	0,647	For tykt for å være steni		
	Lekter og luftesjikt	0,080		0,023	0,063	4,20000		0,263
	Asfaltplate	1,000		0,012	0,409	3,15654		1,290
	Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920		0,25	7,834	0,32550		2,550
	Gipsplate (glassfiberforsterket)	1,000		0,013	0,443	7,14312		3,163
							10,081	

Figur 42 Egenvekt hele ARK modell

Vegg4_sør m/åpning			Tre (sammensatt yttervegg)	105,846	0,313			
Function	Material	Thickness	Stender (198*48) + (48*48)	0,080	0,246	2,083	4,20000	8,749
1	Core Boundary Layers Above	0.0 mm	Steniplate?	1,000	0,019	2,011	For tykt for å være steni	
2	Structure [1]	Hvit 13.0 mm	Lekter og luftesjikt	0,080	0,023	0,195	4,20000	0,818
3	Structure [1]	Luftsjikt 23.0 mm	Asfåltplate	1,000	0,012	1,270	3,15654	4,009
4	Structure [1]	Asfåltplate 12.0 mm	Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920	0,25	24,344	0,32550	7,924
5	Structure [1]	Stender/isola 200.0 mm	Gipsplate (glassfiberforsterket)	1,000	0,013	1,376	7,14312	9,829
6	Structure [1]	Stender/isola 50.0 mm						
7	Structure [1]	Vegg - Gips 13.0 mm						31,329
Vegg5_sør solid			Tre (sammensatt yttervegg)	60,063	0,302			
Function	Material	Thickness	Stender 248*48	0,080	0,248	1,192	4,20000	5,005
1	Core Boundary Layers Above	0.0 mm	Steniplate	1,000	0,006	0,360	19,22000	6,926
2	Structure [1]	Hvit 6.0 mm	Lekter og luftesjikt	0,080	0,036	0,173	4,20000	0,727
3	Structure [1]	Luftsjikt 36.0 mm	Asfåltplate	1,000	0,012	0,721	3,15654	2,275
4	Structure [1]	Asfåltplate 9.0 mm	Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920	0,25	13,815	0,32550	4,497
5	Structure [1]	Stender/isola 250.0 mm						19,430
6	Core Boundary Layers Below	0.0 mm						

Figur 43 Egenvekt hele ARK modell 2.

Panel (glass) vegg 3	Glass og aluminiumramme	66,587					20,590
	Glass						19,331
	Aluminium						20,590
Panel (glass) vegg 4	Glass og aluminiumramme	20,840					6,660
	Glass						5,896
	Aluminium						6,660

Figur 44 Egenvekt hele ARK modell 3.

Railings med glassfelt (sum all)	900mm Stål Ø30 cc120	116,854	0,00876	1,024	24,50		25,079
Systemhimling (sum alle)	Glassullplate		0,06	6,347			4,688
Trapp og repo (sum alle)	Prefab betong			19,026	25,00		475,650
Dører 11 x 21 M (8stk)	Laminatdør	3,059	0,04				1,569
Dør 21 x 21 M	Laminatdør med glassfelt	5,718	0,04				1,522
Dør 20 x 21 M	Laminatdør med glassfelt	5,480	0,04				1,441
Heisskinner 1,5 x 2,4m (7stk)	Aluminium? (regnet 50kg per)	3,600	0,0728	0,262			3,432
Heis (300 kg egenvekt)							2,942
						516,323	
<b>SUM AKSIALKRAFT ARK</b>							<b>685,622</b>

Figur 45 Sum Aksialkraft ARK

#### 4.1.4 Lastkombinasjon for aksialkraft

Tabell 4:1 Lastfaktorer  $\gamma$  inkludert kombinasjonsfaktorer ( $\xi$  og  $\psi$ ) ved forenklet påvisning i bruddgrensetilstanden i pålitelighetsklasse 3. Fra (4).

Lastkombinasjoner som skal påvises	Permanente laster		Dominerende variabel last $Q_I$	Øvrige variable laster $Q_i$
	Ugunstig	Gunstig		
	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{QI}\psi_{0,1}$	$\gamma_{Qi}\psi_{0,i}$
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)*

\*Dersom øvrige variable laster er vindlast eller temperaturlast skal verdien 0,90 nyttes.

\*Nyttelast på tak (unntatt snølast) skal ikke inkluderes i en lastkombinasjon dersom denne nyttelasten tilhører kategorien *øvrige variable laster*.

Figur 46 Lastfaktor inkludert kombinasjonsfaktor ved forenklet påvisning i bruddgrensetilstanden i pålitelighetsklasse 3

	lasttype	Last verdi [KN]	lastfaktor ( $\gamma_G, \gamma_Q$ )	kraft [KN]
Ligning B1	Vindlast	54,300	0,95	51,314
	Snølast	358,428	1,05	376,349
	Nyttelast	1222,000	1,05	1283,100
	Egenlast	5137,440	1,35	6935,544
<b>Q<sub>ed</sub> 1</b>				<b>8646,307 kN</b>
Ligning B2	Vindlast	54,300	0,95	51,314
	Snølast	358,428	1,50	537,642
	Nyttelast	1222,000	1,50	1833,000
	Egenlast	5137,440	1,20	6164,928
<b>Q<sub>ed</sub> 2</b>				<b>8586,884 kN</b>

Figur 47 Den dimensjonerende Aksialkraft  $Q_{ed}$  1 og  $Q_{ed}$  2

Den dimensjonerende Aksialkraft =  $Q_{ed1} = N_{Ed} = 8646,31 \text{ KN}$

Vi velger den likningen som gir det største resultatet, i dette tilfellet likning B1.

### **4.1.5 Betong- og armerings dimensjonering i bruddgrensetilstand**

#### **1) Armering og aksialkraftkapasitet**

- Spenning i betong og armering
- Betongfasthet B35?
- Stålfasthet B500C

#### **Dimensjonerende betongfasthet $f_{cd}$**

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{cd} = 0,85 * 35 / 1,5 = 18,8 \text{ MPa}$$

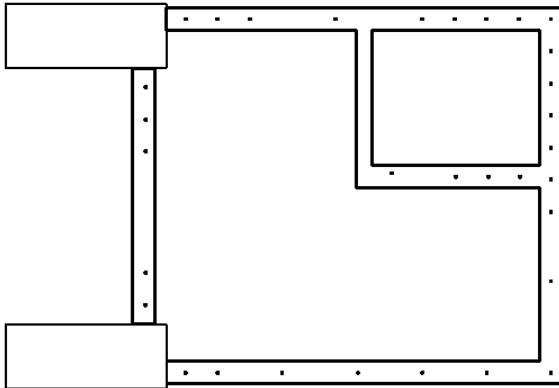
#### **Dimensjonerende stålfasthet $f_{yd}$**

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

#### **Dimensjoneringskriterium**

$$N_{Rd} = f_{cd} * (A_c - A'_s) + f_{yd} * A'_s \geq N_{ed}$$

#### **Betongverrsnitt $A_c$**



*Figur 48 Tverrsnitt av dimensjoneringsdel*

$A_c \text{ total} = 13,783 \text{ m}^2$  (beregnet i Excel ark)

$A_c \text{ vegg øst} = 5,85\text{m} * 0,35\text{m} = 2,048 \text{ m}^2$

### **Prosentandel av last fordelt i vegg sør**

$A_c \text{ vegg sør} / A_c \text{ total} = 2,048 \text{ m}^2 / 13,783 \text{ m}^2 = 15\%$

### **Aksialkraft ( $N_{Ed}$ ) i vegg øst**

$N_{Ed\_sør} = N_{Ed\_total} * 15\% = 8646,31 \text{ KN} * 15\% = 1297 \text{ KN}$

### **Armeringsmengde ( $A_s$ )**

$N_{Rd} = f_{cd} * (A_c - A'_s) + f_{yd} * A'_s \geq N_{Ed}$

$A_s \geq (N_{Ed\_øst} - f_{cd} * A_{c\_sør}) / (f_{yd} - f_{cd})$

$A_s \geq (1297 * 10^3 \text{ N} - 19,8 \text{ MPa} * 2,048 * 10^6 \text{ mm}) / (434,78 \text{ MPa} - 19,8 \text{ MPa})$

$A_s \geq -94591 \text{ mm}^2$

Aksialkraften fra vegg øst i seg selv er veldig lite for å oppnå et resultat som gir grunnlag for armeringsmengde.

Minimusarmering er benyttet her.

### **Minimusarmering:**

$0,01A_c = 0,01 * 2,336 \text{ m}^2$   
 $= 0,02336 \text{ m}^2$

$0,2A_c f_{cd} / f_{yd} = (0,2 * 2,336 \text{ m}^2 * 19,8 \text{ MPa}) / 434,78 \text{ MPa}$   
 $= 0,020202 \text{ m}^2$

Her er  $0,01A_c = 0,02336 \text{ m}^2 = 23,36 \text{ mm}^2$  er størst, og vi velger den.

### **Max armering EC2, 9,5**

$A_{s,max} = 0,08 * A_c = 0,08 * 2048000 = 163840$

**Senter avstand mellom bøyer,  $S_{cl,tmax}$**

$S_{cl,tmax}$  settes lik minst av:

- 1) 15 ganger diameteren av lengdearmeringsstengene,  $(15 * \varnothing) = 1,5 * 32 \text{ mm} = 49 \text{ mm}$
- 2) Søylens minste tverrsnitts dimensjon, 350 mm
- 3) 400 mm

Senter avstand = 400 mm

Vi velger å ta i betraktning armering som er basert på momentlastvirkning beregnet i neste undertema.

#### 4.1.6 Lastkombinasjon for momentkrefter

MOLDE - HINDALSRØRA værstasjon 

[Møre og Romsdal - Molde](#) - (MET.NO, MOLDE KOMMUNE)



Vindstyrke, vindretning og temperatur nå

	21:10	21:00	20:50	20:40	20:30	20:20	20:10	20:00	19:50	19:40	19:30	19:20	19:10	19:00	18:00
m/s	2.2	2.6	2.9	3.2	3.2	3.4	3.2	2.8	3	3.1	2.8	2.8	3	3.1	2.5
max	4	4.8	5.4	5	5.3	5.5	5.4	4.9	4.6	4.6	4.5	4.6	5.3	4.8	4.5
	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
	NØ (51)	NØ (51)	NØ (55)	NØ (57)	NØ (55)	NØ (54)	NØ (51)	NØ (46)	NØ (50)	NØ (52)	NØ (50)	NØ (49)	NØ (51)	NØ (59)	NØ (53)

Figur 49 Molde vindhastighet

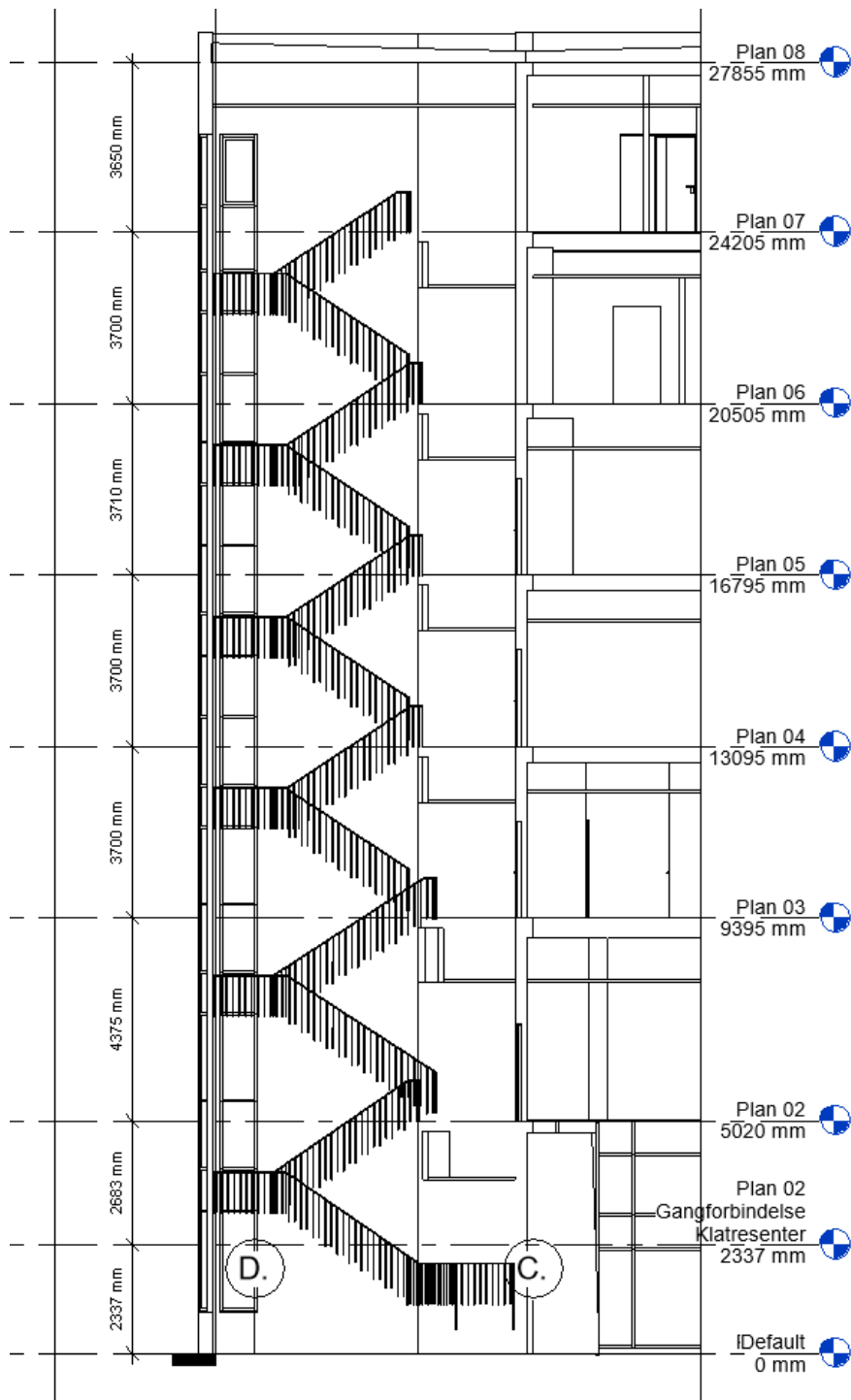
(Værstasjon, 2022)

Som man kan se så blåser vinden i Molde fra nordøst, men i forhold til Høgshallen blåser vinden mer eller mindre ortogonalt på østfasaden.

Vindhastighetstrykk  $q = 0,53 \text{ kN/m}^2$



**Den dimensjonerende Moment (Med)**



Figur 50 Moment i trappesjakt



Figur 51 Fasade snitt av Høghallen

Momenter resulterende av vindkraft						
	Kraft (Fi)	Vindhastighetstrykk q (KN/m <sup>2</sup> )	Arealet (Ai) [m <sup>2</sup> ]	Kraftsstørrelse (KN)	Momentarm Zi (m)	Moment (Mi) KN.m
6	F1	0,53	401,162	212,616	5,120	1088,594
7	F2	0,53	224,723	119,103	9,495	1130,886
8	F3	0,53	205,938	109,147	13,195	1440,199
9	F4	0,53	206,217	109,295	16,895	1846,536
10	F5	0,53	206,217	109,295	20,595	2250,926
11	F6	0,53	192,456	102,002	24,295	2478,133
12	F7	0,53	89,487	47,428	27,945	1325,379
14	<b>ΣFi= V</b>			<b>808,886</b>		
15	<b>Σmi=M</b>					<b>11560,653</b>

Figur 52 Moment av vindkraft

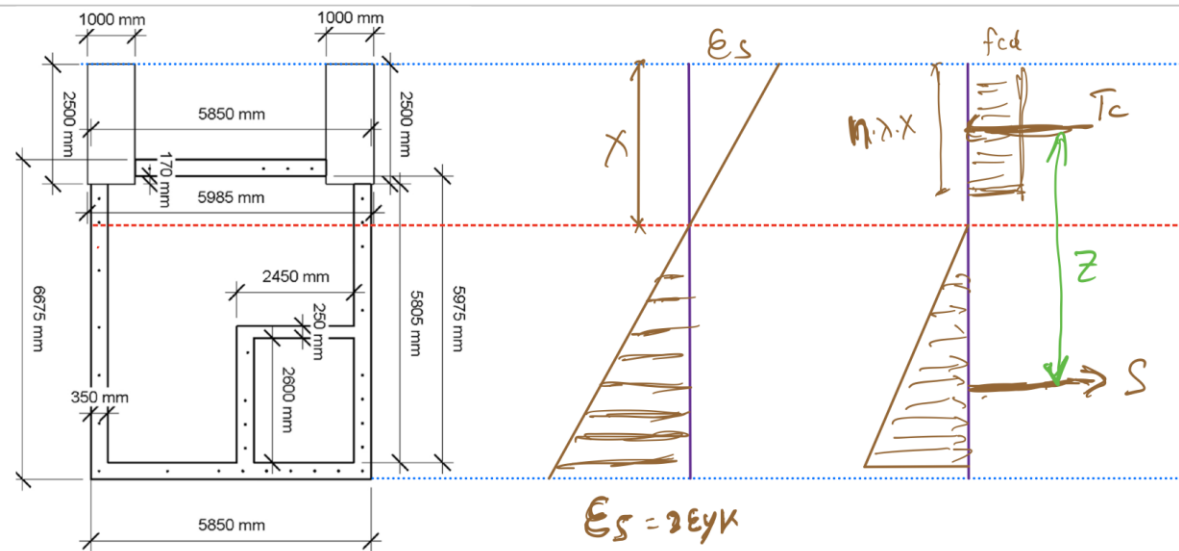
Dimensjonerende Skjærkraft Ved		
Horisontal Last V (Fx) [KN]	Last faktor γQ	Ved [KN]
808,886	1,5	1213,329

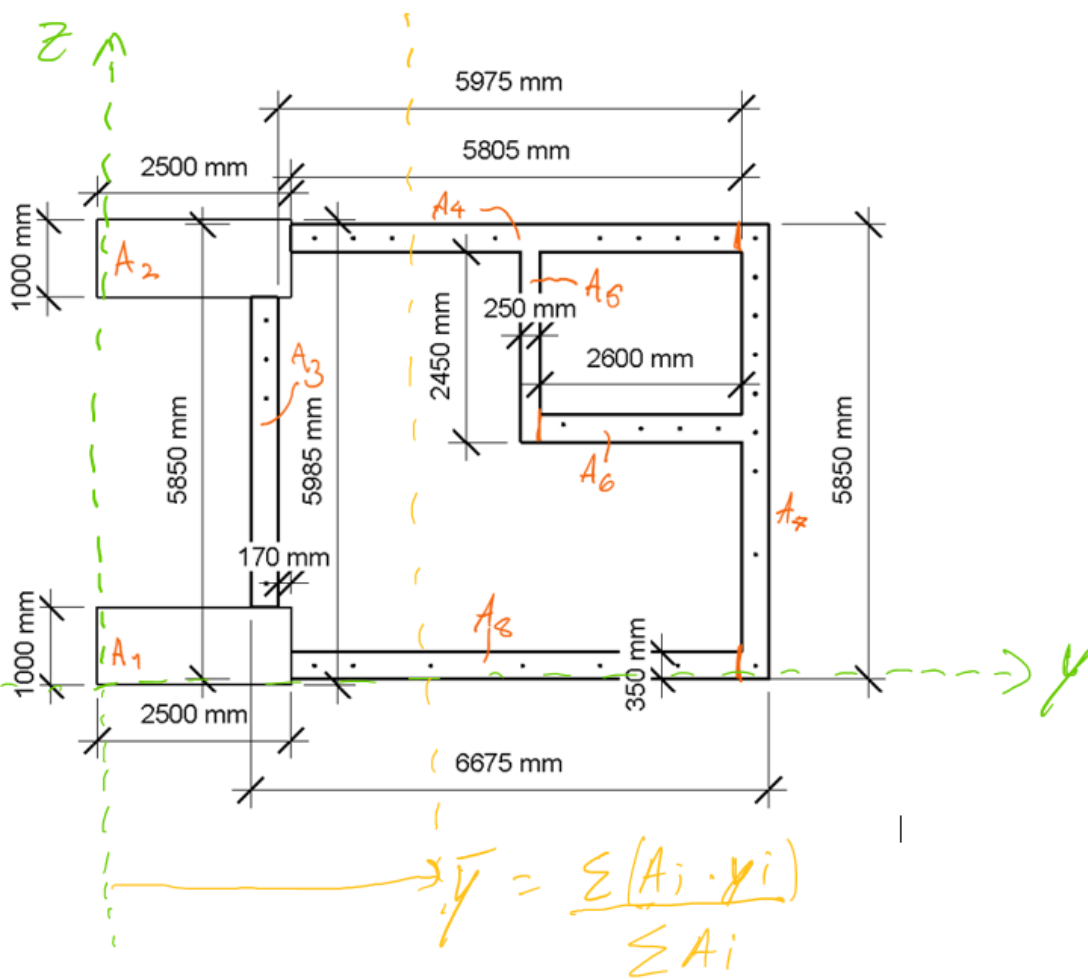
Dimensjonerende moment Med		
Moment M	last faktor γQ	Med [KNm]
11560,653	1,5	17340,979

Figur 53 Dimensjonerende Skjærkraft ved (KN og KNm)

**Trykksone x i tverrsnittet**



Figur 54 Trykksone x i tverrsnittet



Figur 55 Trykksone x i tverrsnittet 2.

12 Beregninger for å finne nøytralaksen				
13	Arealdel (A <sub>i</sub> )	Areal (m <sup>2</sup> )	y <sub>i</sub> (m)	A <sub>i</sub> *y <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )
14	A1		2,500	1,250
15	A2		2,500	1,250
16	A3		1,395	2,155
17	A4		2,032	5,403
18	A5		0,613	5,580
19	A6		0,910	7,005
20	A7		2,048	8,480
21	A8		2,032	5,403
22	∑ A <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> ) (total areal av b)		14,028	
23	∑ A <sub>i</sub> *y <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )			58,364
24	ȳ (tyngdepunkt) (m)			4,160
25				
26				

Figur 56 Beregning nøytralaksen

### Trykksones momentkapasitet. (M<sub>Rd</sub> trykk)

- Normalarmert armeringstrversnitt  $\epsilon_s = 2 * \epsilon_{yk} = 0,005$
- $\epsilon_s = 0,0035$
- $\alpha = 0,412$  for betongens trykkfasthet B20 til B45,
- Beregnet alpha på vår beregning:  $\alpha = x/d = 4084 \text{ mm} / 7923 \text{ mm} = \mathbf{0,515}$
- Vi velger betongfasthet B35
- $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = \mathbf{35 \text{ mm}}$
- Valgt armering =  $\mathbf{\text{Ø}32}$

### Effektive høyde (d)

$$d = \text{tverrsnittets høyde} - 2 * C_{nom} - 2 * (\text{Ø}32 / 2)$$

$$= 8655 \text{ mm} - 2 * 350 \text{ mm} - 2 * 16 \text{ mm}$$

$$= \mathbf{7923 \text{ mm}}$$

### Momentarm (Z) for momentkapasitet i trykksone

$$\begin{aligned} Z &= d - 0,5 * \lambda * x - 1/3 * [d - x + C_{nom}] \\ &= 7923 - (0,5 * 0,8 * 4084) - (1/3 * (7923 - 4084 + 35)) \\ &= 4998 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Trykksones areal Ac

$$A_{c\_trykksone} = 7312450 \text{ mm}^2$$

### Dimensjonerende betongfastheten B35

$$f_{cd} = 19,8 \text{ MPa}$$

### Momentkapasitet i trykksone MRd

$$\alpha = x/d = 4084 \text{ mm} / 7923 \text{ mm} = 0,515$$

$$MR_d = T_c * Z$$

$$\begin{aligned} &= \lambda * \eta * \alpha * f_{cd} * A_{c\_trykksone} * Z \\ &= 0,8 * 1,0 * 0,515 * 19,8 \text{ MPa} * (7312450) \text{ mm}^2 * 4998 \text{ mm} \\ &= 298140,9 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$M_{Ed} < MR_d$$

$$17341 \text{ KNm} < 298140,9 \text{ KNm}$$

Heissjaktas trykksones momentkapasitet er derfor delvis utnyttet.

### 4.1.7 Armeringsmengde i strekksone, basert på metoden i et delvis utnyttet trykktversnitt

#### Dimensjonerende armeringsstølfastheten

$$f_{yd} = 434,78$$

#### Indre momentarm (Z) mellom trykkraft og strekkraft

$$C = 0,17 \text{ for betongtype B20 til B45}$$

$$Z = [1 - (C * (M_{Ed} / MR_d))] * d$$

$$Z = [1 - 0,17 * (17341 / 298140,9)] * 7923$$

Z = 7844,6 mm

### Armeringsmengden i strekksone

$$\begin{aligned}
 A_s &= (M_{ed} * 10^6) / (f_{yd} * Z) \\
 &= (17341 * 10^6 \text{ Nmm}) / (434,78 \text{ MPa} * 7844,6 \text{ mm}) \\
 &= 5084,3 \text{ mm}^2 \text{ (total nødvendig strekkarmeringsmengde)}
 \end{aligned}$$

### Strekkarmerings fordeling på veggene i strekksone

Armeringsfordeling i strekksone			
	Areal mm <sup>2</sup>	armeringsprosentdel	armeringsmengden i hver vegg mm <sup>2</sup>
Vegg A4 strekk	1450400	0,224	1139,622
Vegg A5	612500,000	0,095	481,259
Vegg A6	910000,000	0,141	715,014
Vegg A7	2047500,000	0,316	1608,782
Vegg A8_strekk	1450400	0,224	1139,622
Total strekksones arealet A_Strekk	6470800		
Total strekk armering A <sub>s</sub>	5084,300		

Figur 57 Armeringsfordeling i strekksone

Armeringsfordeling i strekksone				
	Areal mm <sup>2</sup>	armeringsprosentdel	armeringsmengden i hver vegg mm <sup>2</sup>	antall stenger
Vegg A4 strekk	1477350	0,226	1151,209	5,727
Vegg A5	612500,000	0,094	477,284	4,224
Vegg A6	910000,000	0,139	709,107	3,528
Vegg A7	2047500,000	0,314	1595,492	7,938
Vegg A8_strekk	1477350	0,226	1151,209	5,727
Total strekksones arealet A_Strekk	6524700			
Total strekk armering A <sub>s</sub>	5084,300			
Areal 1Ø12	113			
Areal 1Ø16	201			

Figur 58 Armeringsfordeling i strekksone 2

Dimensjonerte armeringen i hver vegg				
	antall stenger Ø16	Ø [mm]	senter avstand (mm)	Areal n*Ø16 [mm <sup>2</sup> ]
Vegg A4 strekk	6	16,000	1905,000	1206,000
Vegg A5	6	12,000	1190,000	678,000
Vegg A6	4	16,000	1905,000	804,000
Vegg A7	8	16,000	1905,000	1608,000
Vegg A8_strekk	6	16,000	1905,000	1206,000
Søyle A1=A2	6	16,000	1191,000	2412,000
<b>Total ny armeringsmengde</b>				<b>7914,000</b>

Figur 59 Dimensjonerte armeringen i hver vegg

**Krav for minimum armering i det totale tverrsnittet**

$$\begin{aligned} A_{s,\min} &\geq 0,26 * b * d * f_{ctm}/f_{yk} \\ &= 0,26 * 13783250 * ((0,3 * (35)^{2/3})/500) \\ &= 23006,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s,\min} &\geq 0,0013 * b * d \\ &0,0013 * 13783250 \\ &17918,225 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Maksimum armeringsmengde**

$$\begin{aligned} A_{s,\max} &= 0,04 * A_c \\ &0,04 * 13783250 \\ &551330 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Horisontalt senter avstand mellom armeringsstenger i veggene (ah)**

$$\begin{aligned} ah &\geq 2 * \emptyset \\ 1190 \text{ mm} &\geq 2 * 16 = 32 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Her er 1190 mm den minste senteravstanden vi beregnet oss frem til ut av totale armeringsarealet på både strekk og trykksiden.

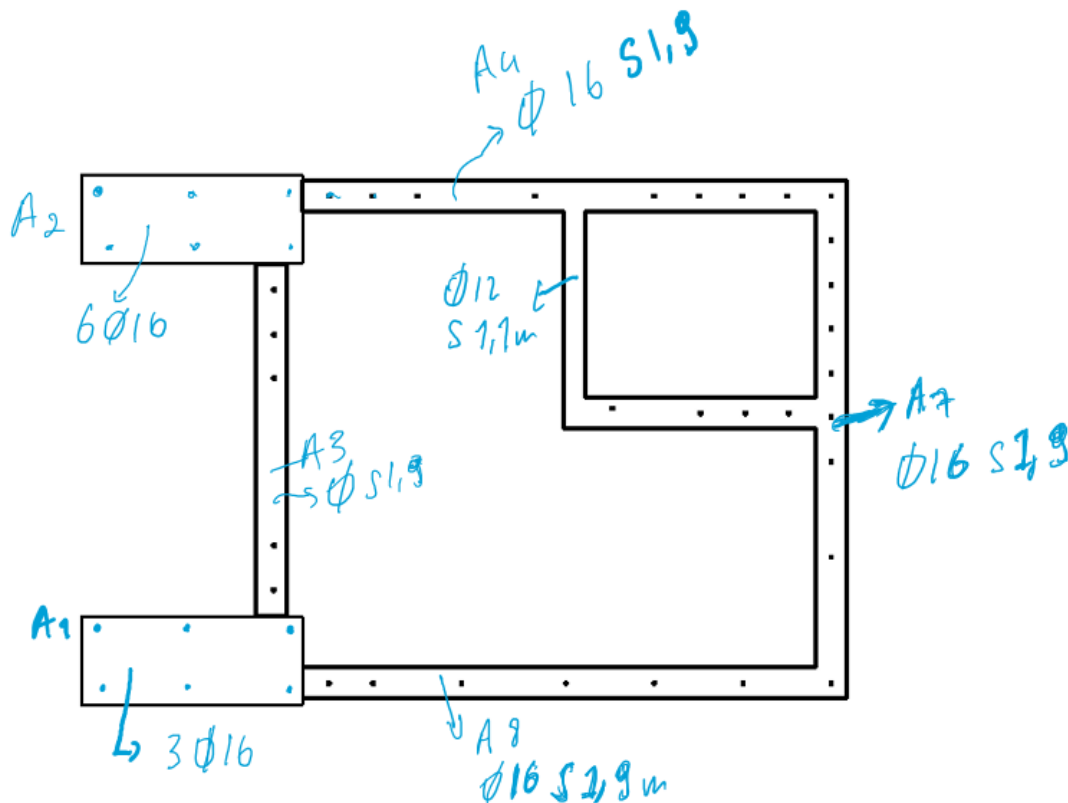
Minimums armering $A_{s,min}$ [mm <sup>2</sup> ]						
	$AC = b \cdot d$	$A_{s,min} \geq A_{s,min} = 0,26 \cdot b \cdot d$	$A_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b \cdot d$ [mm]	$A_{s,max} = 0,04 \cdot AC$	Beregnet $A_s$ , [mm]	Kontrol
Vegg A4 strekk	1477350	2458,3104	1920,555	5909,400	1206,000	ikke Ok
ikke	612500,000	1019,2	796,250	2450,000	678,000	ikke ok
Vegg A6	910000,000	1514,24	1183,000	3640,000	804,000	ikke ok
Vegg A7	2047500,000	3407,04	2661,750	8190,000	1608,000	ikke Ok
Vegg A8_strekk	1477350	2458,3104	1920,555	5909,400	1206,000	ikke ok

Figur 60 Kontroll på Armeringskrav i tverrsnittet for hver vegg

Minimums armering $A_{s,min}$ [mm <sup>2</sup> ]						
	$AC = b \cdot d$	$A_{s,min} \geq A_{s,min} = 0,26 \cdot b \cdot d$	$A_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b \cdot d$ [mm]	$A_{s,max} = 0,04 \cdot AC$	Beregnet $A_s$ , [mm]	Kontrol
Vegg A4 strekk	1477350	2458,3104	1920,555	5909,400	1206,000	ikke Ok
ikke	612500,000	1019,2	796,250	2450,000	678,000	ikke ok
Vegg A6	910000,000	1514,24	1183,000	3640,000	804,000	ikke ok
Vegg A7	2047500,000	3407,04	2661,750	8190,000	1608,000	ikke Ok
Vegg A8_strekk	1477350	2458,3104	1920,555	5909,400	1206,000	ikke ok

Figur 61 Minimums armering

### Valgt armering i tverrsnittet



Figur 62 Fordeling av armeringsmengde i hver vegg element av fundamentet



### Kontroll for skjærkraft $V_{Ed} < V_{Rd}$

$V_{Ed} = 1213,329 \text{ KN}$  (den dimensjonerende skjærkraft)

#### Kriterium

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

#### Skjærstrekk kapasitet ( $V_{Rd,c}$ )

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_L * f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} * b_w d$$

$$C_{Rd,c} = k_2 / \gamma_c = 0,18/1,5 = \underline{0,12}$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 = 1 + \sqrt{200/3811} = 1,2291 \leq 2,0 \quad \text{OK!}$$

$$\rho_L = A_{sL} / b_w d \leq 0,02 =$$

$$A_{s, \min} = 0,26 * b * d * (f_{ctm}/f_{yk}) = 0,26 * A_c * (f_{ctm}/f_{yk})$$

$$= 0,26 * 13783250 * 3,2 / 500 = 22935,3$$

#### Antall stenger skjærarmoring (fjellbolter)

Ø32

$$22935,3/804 = 29,028 = \underline{\mathbf{30 \text{ stenger}}}$$

#### Senteravstand $S_{\max}$

$$S_{\max} = \text{tverrsnittets omkrets} = 2*(5850-350) + 2 * 86675-350) + 2600 = 26250 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 26250 / 29,028 = 904,3 \text{ mm}$$

$S_{\max} = 900 \text{ mm}$

#### Skjærkraftsarmering

Ø32 S.900

## 4.2 Kommunikasjon

### **4.2.1 Kommunikasjon ved prosjektet hos Christie**

Christie stiller krav til bruk av norsk språk på byggeplasser. Dette gjør at ulike aktører kan kommunisere med hverandre og unngå avbrudd i kommunikasjonen. Samtidig, i mange store og mangfoldige prosjekter, ansetter Christie flere entreprenører etter behov for å unngå ytterligere prosjektforsinkelser. Dette kan imidlertid føre til misforståelser i kommunikasjonen når Christie stiller krav om norsk språk, men må jobbe sammen med utleide aktører som ikke snakker norsk og kanskje litt engelsk.

Christie-ansatte har funnet ut at de fysisk må påpeke og vise hvilke typer oppgaver som må utføres for å unngå forstyrrelser i kommunikasjonen, men samtidig kunne de ha brukt den unødvendige tiden de bruker på å forklare enkle oppgaver til andre oppgaver som kan føre til bedre prosjekteffektivitet.

Ved det scenarioet bruker Christie-ansatte enveiskommunikasjon der en avsender snakker, og mottakeren lytter. Grunnen er at aktøren som lytter kan lite norsk og har ikke ordbegrep for å si sin mening. Det fører til ulemper fordi at passivlytteren får ikke svar på spørsmål ved kun påpeking. Vedkommende kan heller ikke uttrykke kommentarer som han har basert på det gitte oppdraget ved ikke-verbal kommunikasjon som gester, kroppsspråk og ansiktsuttrykk.

### **4.2.2 Kommunikasjonsformer hos Christie**

Vanlige kommunikasjonsformer på prosjektet kan være så enkelt som borddiskusjoner i pausen, diskusjoner ute på arbeidsplassen og kroppsspråk for ansatte som skal utføre det fysiske arbeidet. For ingeniører dermed er det som oftest både fysiske og digitale møter, prosjekteringsprogrammer, dimensjoneringsprogram og skriftlig kommunikasjon, for eksempel i form av e-post.

Det som kan være utfordrende er at alle får ikke med seg like mye informasjon på prosjektet. Ved startfasen av et prosjekt bruker ingeniørene i Christie å gjennomføre et felles møte som oppgir den nødvendige informasjonen om prosjektet for de aktørene som skal delta, men som oftest er det ikke like enkelt å få med seg alle i startfasen på et prosjekt. Dermed kommer formann og basen inn i bildet. De to aktørene er ansvarlig for forbindelsen mellom ingeniørene og ansatte som skal formidle nødvendig informasjon fram og tilbake fra begge sider på prosjektet. Om formann eller bas er ute på byggeplass og aktøren ikke er tilgjengelig

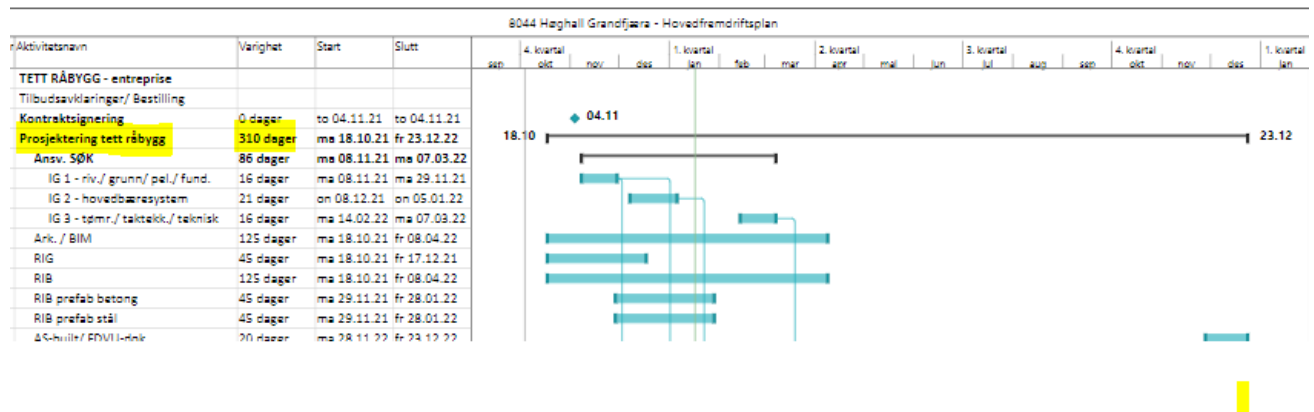
så bruker de å ringe for å gi informasjon eller sende den informasjonen i form av SMS for å påpeke hva de trenger for å holde fremdriften ute på arbeidsplassen.

### 4.3 Anvendte effektivitetsstudier i logistikkprogrammet

#### SYNCHRO 4D for selskapet CHRISTIE prosjekt Høghallen

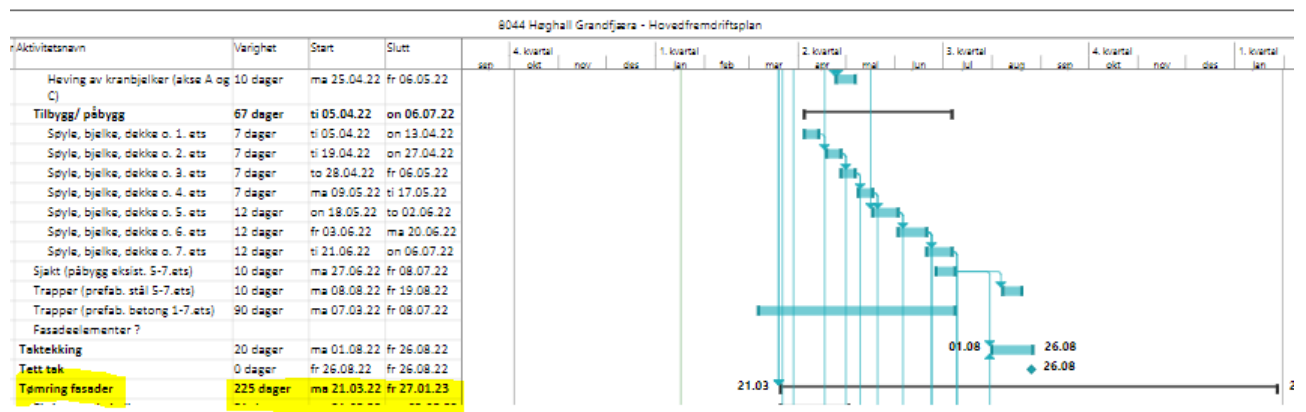
Den logistiske delen av problemstillingen vår var å bruke Synchro 4D-programvareverktøyet for å finne den riktige planleggingsprosessen. Grunnen til dette er at Christie ønsket å se resultatet av fremdriftskalkylen for Høghallen-prosjektet i Molde.

Etter å ha mottatt en omtrentlig fremdriftsplan fra bedriften med gitt informasjon, har vi nå beregnet en fremdriftsplan som skal gjennomføres med beste logistikk-løsninger og effektivitet, fra første til siste fase av prosjektet.



Figur 63 Synchro 4D Gantt-diagram av ulike faser

Ser man på Figur 62, kan det sies at Christie beregnet 310 dager for "Prosjektering tett råbygg". Dette gjelder både grunnarbeider, betongarbeider, stålkonstruksjon, og fordeling av ulike oppgaver til parter ved bygge operasjonen på Høghall-prosjektet i Molde.



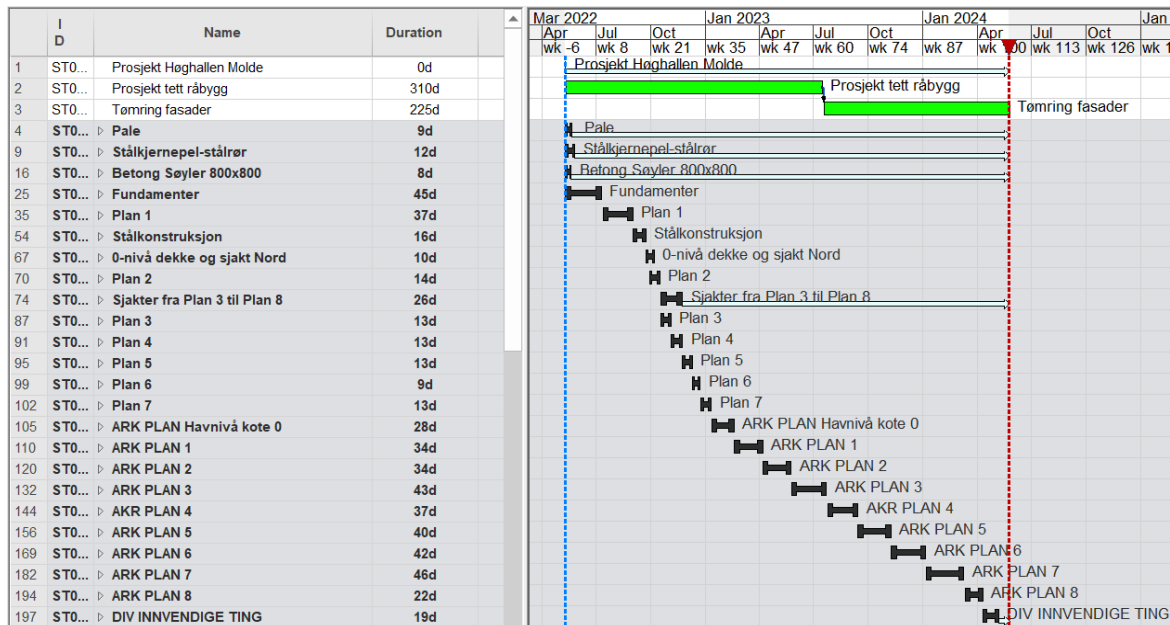
Figur 64 Synchro 4D Gantt-diagram av ulike faser samt til tømring

Dermed på Figur 63, kan vi se at Christie har beregnet 225 dager for «Tømring Fasader» som er fasadeelementer, gips, himling og innvendig tømring.

Ved den gitte informasjonen har vi fått vite om at Christie har beregnet 535 dager for prosjektet Høghallen for å overlevere den til byggherren. Beregningen som nevnt tidligere er cirka kalkulasjon av Christie. Dermed kommer våre kalkulasjoner og sammenligning av fremdriftsplanen ved bruk av logistikkprogrammet Synchro 4D.

### 4.3.1 Resultatet av Synchro 4D

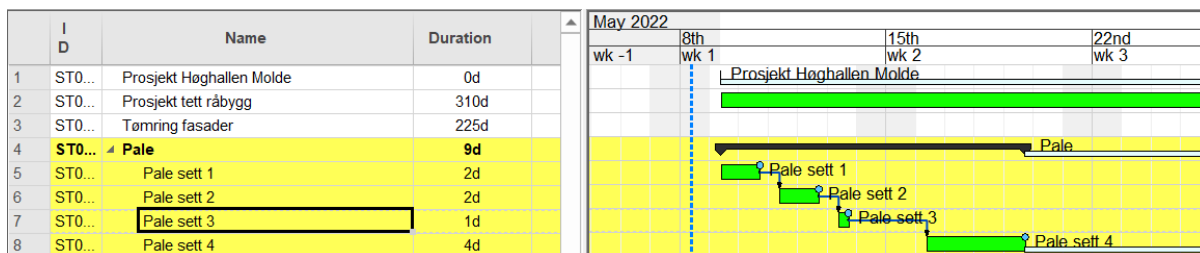
Ved å sette samme 535-dagers mål som Christie, distribuerte vi de ulike prosessene i prosjektet til Synchro 4D. Dette lar oss bruke logistikk, byggerfaring og simulering for å maksimere prosjektrekkevidden.



Figur 65 Oversikt over hele Gantt-diagrammet Synchro 4D

Når vi antar og setter inn forskjellige oppgaver i den vestlige kolonnen vist i bildet ovenfor, for eksempel forskjellige prosesser i prosjektet (Peler 9d), vil det si at det er avsatt 9 dager for peleboring. Dermed blir denne kolonnen flyttet automatisk til høyre. Den forskjøvnede kalenderen konverteres til østlige siden som et Gantt-diagram.

For å visualisere det gitte eksemplet (Peler 9d) i resultatet, kan vi åpne denne kolonnen for å se de ulike faseprosessene som er tenkt å gjennomføres på prosjektet.



Figur 66 Visualisere det gitte eksemplet (Peler 9d) i resultatet

Vi fant også ut at Synchro 4D tar egne beslutninger og vurderinger av forventede ferier som helger og røde dager i fremdriftsprosessberegningene. Dette er en viktig innsikt for å beregne fremdriftsprosessen, gitt at hvis man bruker et vanlig Excel-dokument og glemmer å inkludere feriedagene i beregningen av fremdriften vil prosjektforsinkelsen bli enda større. Hvis man tenker løst på det, vil det spare oss for den viktigste tiden, effektiviteten og kostnadene i byggebransjen.

### 4.3.2 Flere prosesser samtidig

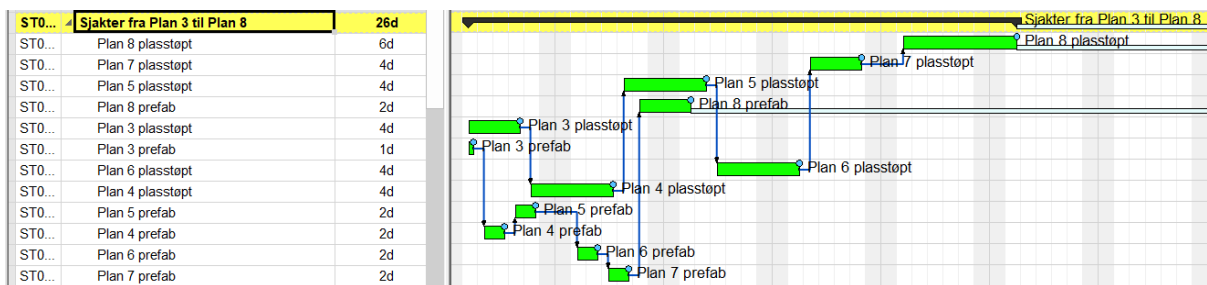
Som en del av planleggingsprosessen kom vi frem til at en del av de fordelte byggefaser skulle være ferdige samme tid og dag som på fremdriftsplanen i Synchro. Dette gir oss en god arbeidsflyt samt effektivitet og tidsbesparelse for prosjektet.



Figur 67 Byggefaser skulle være ferdige samme tid og dag som på fremdriftsplanen i Synchro

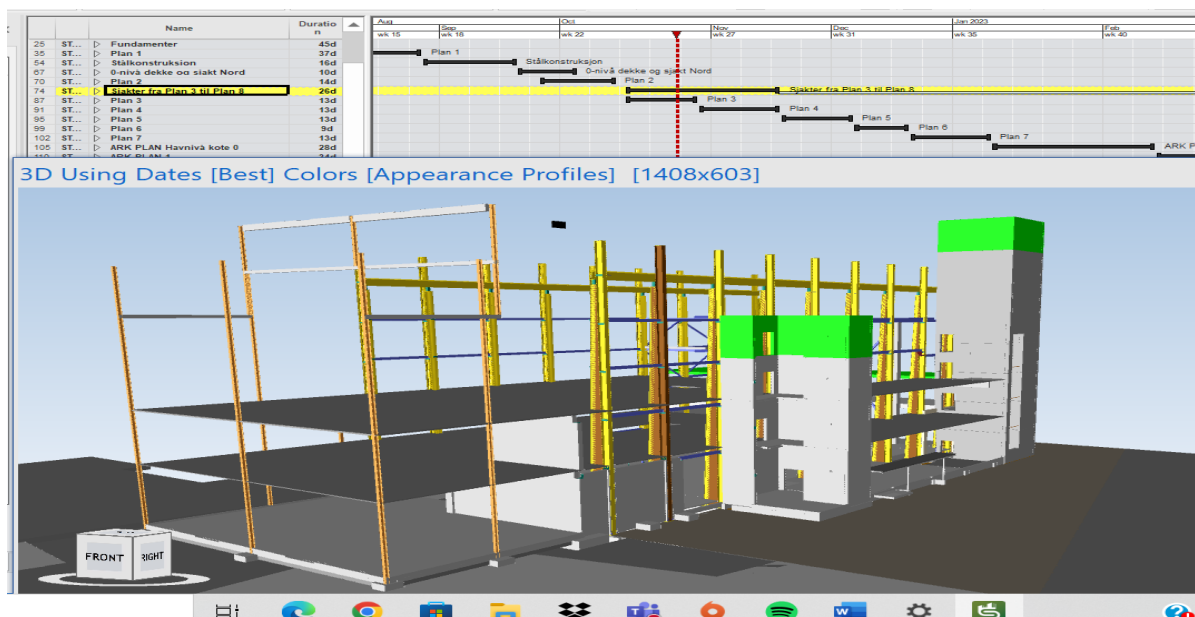
Samtidig valgte vi hvilke oppgaver som var mest fornuftige og i hvilken rekkefølge vi skulle forberede de på bestemte dager. Som vi kan se i det gitte Synchro 4D-bildet, har vi bestemt rekkefølgen på peleboring, stålkjernepel-stålrør, betong søyler 800x800 mm, betong søyler 1000x1000 mm og fundamenter som skal gjennomføres samtidig. To av fem oppgaver, som er betong søyler 1000x1000 mm og stålkjernepel-stålrør, bestemte vi at det må muligens jobbes overtid. Grunnen til overtid på de to oppgavene er at neste fasene av prosjektet er avhengige av de to og for å unngå store avvik har vi derfor bestemt overtid på de om vi er nødt til det.

På prosjektet har vi to heissjakter. Fra og med (Plan 3 til Plan 8) har vi tatt i bruk en løsning om at de to kan bygges samtidig. De to heissjakter på prosjektet er ikke lik. Ulik på grunn av at den ene sjakten er prefabrikkert som er ferdige elementer. Elementene skal kun kranes og monteres på plass mens den andre sjakten er plasstøpt og tar lengre tid ved å sette opp en systemforskaling og siden den må armeres.



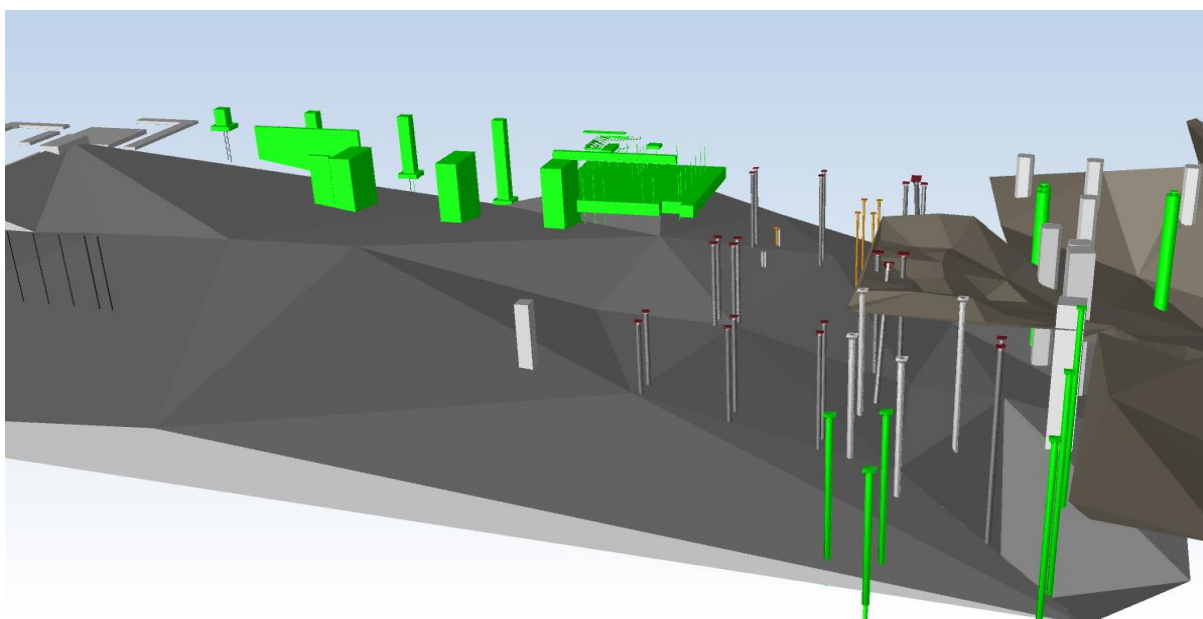
Figur 68 To heissjaktene bygges samtidig

Resultatet av dette som vi ser på Figur 67 over. Selv om de to heissjaktene bygges samtidig så vil den plasstøpte ta lengre tid enn den prefabrikkerte. Så lenge det er et monteringssteam som monterer den prefabrikkerte heissjakta slik at Christie arbeiderne kan jobbe med å sette opp forskaling og armere den plasstøpte heissjakta skal arbeidet kunne foregå uten kollisjon.



Figur 69 Den logistiske planen og sammen arbeidet samt med ulike oppgaver

I den logistiske planen er det tatt forbehold til at pelearbeidet samt kaipåstøp og bygging av heissjaktene fra Plan 0 til og med Plan 2 er utført før oppstart av fasen der de resterende etasjene i sjaktene skal oppføres.

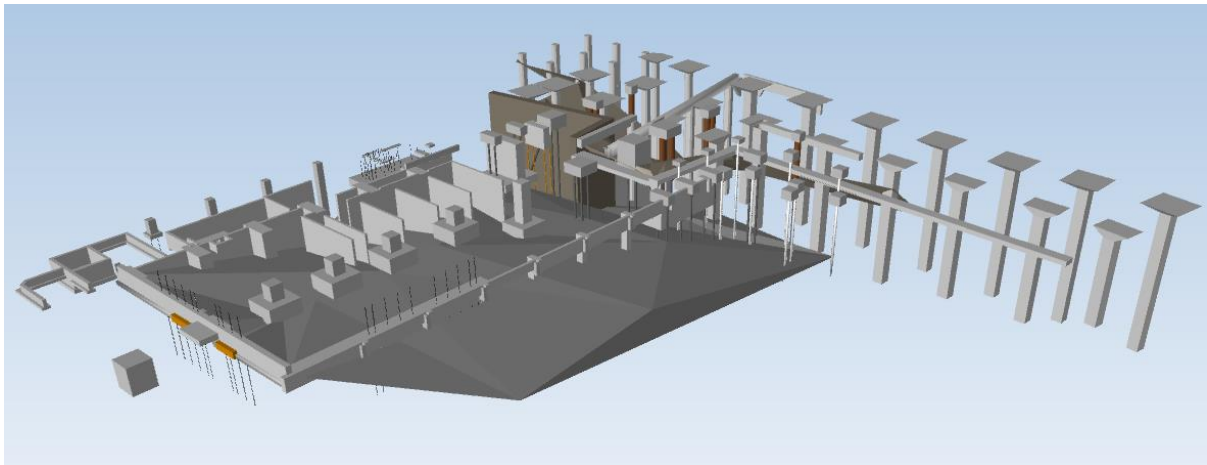


Figur 70 Plan 0 til og med Plan 2 Synchro 4D

### **4.3.3 Simulering av prosjektet**

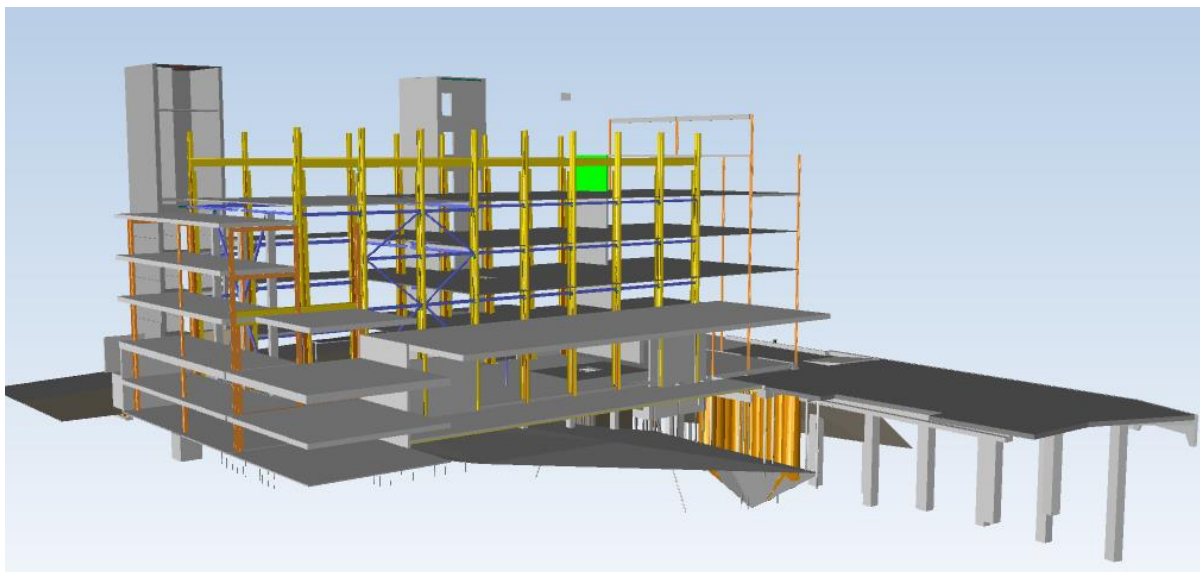
Siden vi har beregnet og gitt x antall dager for hver oppgave i de ulike fasene av prosjektet, kjørte vi prosjektsimuleringen ved hjelp av Synchro 4D. En simulering av prosjektet vises som en 3D modellanalyse. Gjennom dette kan vi se at ulike trinn skal bygges samtidig og hver for seg. Som beskrevet tidligere i underavsnittet " Fleire prosesser samtidig », bruker vi den mest effektive og logistiske planleggingen av de ulike fasene for å få prosjektet til å skride godt frem.

Det totale transaksjonsvolumet for prosjektet er 1163, det vil si at det er 1163 ulike faser av prosjektet, som støping, boring, riving, etc. Dremed er det enkelt å avvike fra tidsplanen ved å regne, men ved hjelp av simulering i Synchro 4D har vi sett de ulike fasene i prosjektet for å komme frem til resultatet. På grunn av det åpenbare avviket kan ikke ulike deler av bygget bygges samtidig med tanke på HMS og tid, vi kan enkelt ordne dette i en kalender som forandrer Gantt-diagram for prosjektet. Dette gir oss bedre resultater. Hvis vi ikke hadde kjørt simuleringen, kunne de samme avviken oppstått på arbeidsplassen, og gitt oss unødvendige problemer og høyere prosjektkostnader. Derfor er vi sikre på at x-dagsberegningene for prosjekter og ulike faser i vedlagte resultater er korrekte.

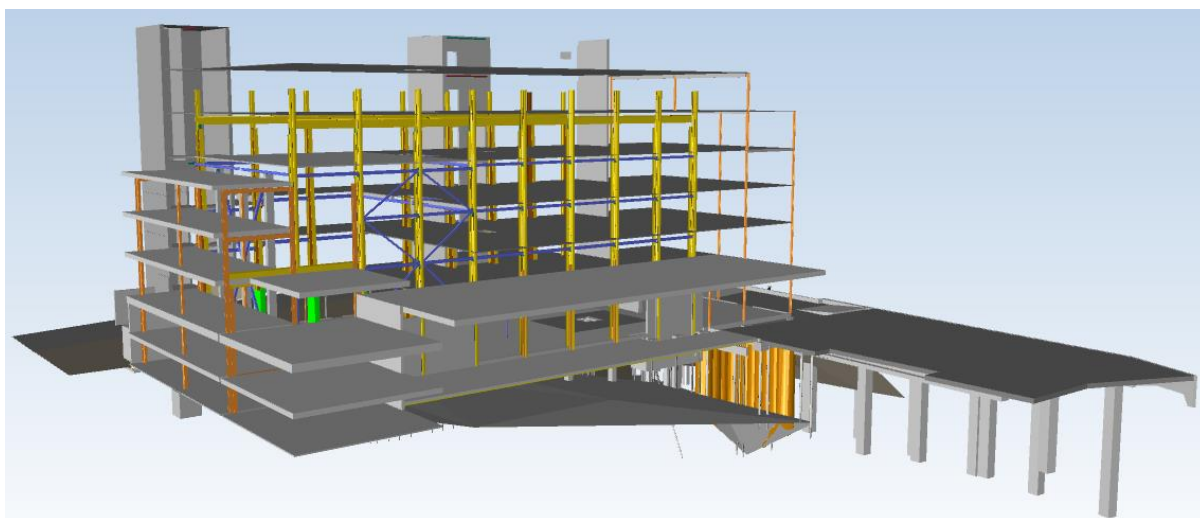


*Figur 71 Startprosessen av RIB*

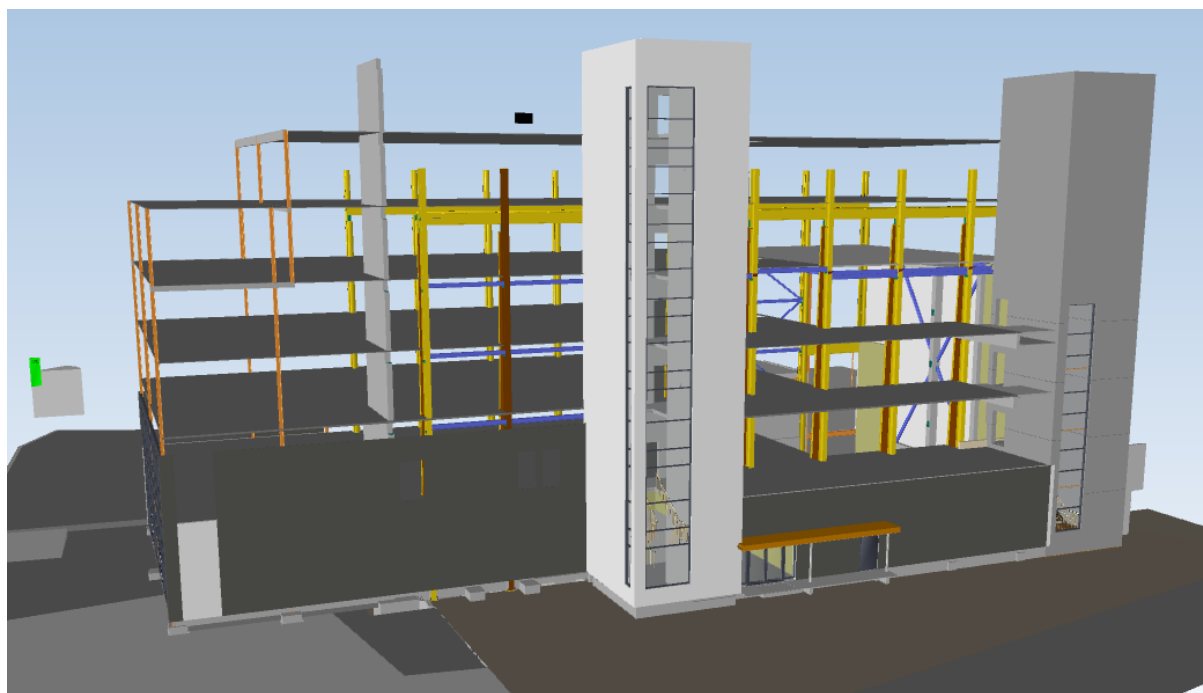




*Figur 72 Midtprosessen av RIB*



*Figur 73 Sluttprosessen av RIB*



*Figur 74 Startprosessen av ARK*



*Figur 75 Midtprosessen av ARK*



*Figur 76 Sluttprosess av ARK*



*Figur 77 Sluttprosess av ARK 2.*

#### **4.3.4 Slutt resultatet av Synchro 4D**

Christie begynte sin fysiske oppstart på Høghallen med riving og klargjøring for utvidelse av kaifronten samt grunnarbeid fra østsiden og innover i den eksisterende verkstedhallen. Deres utgangspunkt var derfor riving av hallens eksisterende fasader og stålelement montasje for å utbedre og klargjøre konstruksjonen til å dele hallen i etasjer med hulldekke i betong. Slik styrket de deler av søylene med bjelker som skal ta dekkenes lastvirkning nedover i konstruksjonen, til slutt i fundamentnivået.

Som i eksempelet over var det også flere deler av det eksisterende bygget som måtte utbedres og rehabiliteres for at Christie kunne forberede konstruksjonen til å bli slik den skal etter overleveringen. Blant annet blir det bygd på to etasjer over hallen og et tilbygg på nordvest siden. Ikke minst skal det være klatrehall i nederste etasje pluss hele høyden til sørsiden av hallen.

Ved den gitte informasjonen av hele kapittelet om «Anvendte effektivitetsstudier i logistikkprogrammet Synchro 4D for selskapet Christie prosjekt Høghallen» har vi derimot tatt i logistikkplanleggingen betraktning for at hele bygget skulle reises fra første pele og fundament, til siste stålelement og gipsplate. Av den grunn regnet vi med tid på hele stålkonstruksjonen og den prefabrikkerte heissjakta som hadde en påvirkning på vårt resultat.

Våre fremdriftskalkulasjoner, logistikken og effektive løsninger har gitt oss et resultat på 515 dager. Som nevnt har Christie beregnet en framdriftsplan på 535 dager ved mindre prosjektarbeid. Dermed sluttresultatet ved å sammenligne våre og Christie sin framdriftsplan gir oss 20 dager mindre enn det som var opprinnelig estimert i følge av Christie. Det er flere årsaker til dette. En av de er at vi har gjennomtenkt nøye hvilken byggeprosess kan linkes ilagt for å oppnå god framdrift og flyt på prosjektet. Ved simulering av oppbygging av hele prosjektet i Synchro 4D kunne vi sikre oss får at de arbeidsoppgavene kan gjennomføres samtidig og unngå avvik. De 20 dagene kan brukes til å spare tid, kostnader og eventuelt bruke de dagene som er igjen i betraktning av forsinkelser på prosjektet.

## 4.4 HMS og SHA ved Høghallen-prosjektet

### 4.4.1 HMS

Christie og Opsahl AS har som mål å gjennomføre sine prosjekter uten å skade personell og det ytre miljø. For dette formål må vi arbeide for å identifisere risikofylte arbeidsaktiviteter/aktiviteter som er kritiske for sikkerheten til alle ansatte på bygget/prosjektstedet så raskt som mulig. Vi har etablert prosedyrer for å identifisere en forretningsaktivitet/aktivitet, produkt- eller tjenesterisikoaspekt og basert på dette vurdere viktigheten av disse og deretter iverksette tiltak deretter.

Christies HMS-system er integrert mot KS-system for å sikre at prosjekter gjennomføres ansvarlig og ansvarlig. Alt prosjektarbeid skal planlegges og gjennomføres på en slik måte at arbeidsplassen fremstår som trygg og sikker. I tillegg skal arbeidsmiljøet fremme trivsel, personlig og faglig vekst, og ingen skal bli syke eller skadet som følge av arbeidet sitt.

**Viktige tiltak for å oppnå HMS mål ved prosjektet Høghall (Christie, HMS, 2022):**

- Alle byggeplasser har utpekt et verneombud, som har ansvar for gjennomføring av HMS og vernerunder, etter HMS-planen. (utføres minimum hver 14. dag)
- Verneombud rapporterer til HMS-leder i bedriften ved alvorlige hendelser og HMS-leder rapporterer videre til daglig leder.
- Prosjekteringsgruppen skal gjennom sitt arbeid med driftsplanlegging og eventuelle endrede driftsoperasjoner, ivareta HMS i prosjektet.
- HMS er fast punkt på Byggherre-, prosjekterings-, bygge- og bas-møter samt på daglige morgenmøter som avholdes hver dag før arbeidet tar til.
- Sikker Jobb Analyse (SJA) skal utføres når det skal utføres et arbeid som involverer risikoelementer som kan forårsake skade på personell, miljø eller materielle verdier der selve arbeidet ikke er tilstrekkelig beskrevet og kontrollert gjennom prosedyrer eller instruksjoner i vårt KS-system.
- HMS-leder i bedriften foretar besøk på våre byggeplasser for å sikre at HMS blir ivaretatt på en god måte.
- Det etableres elektronisk adgangskontroll for å hele tiden ha kontroll på hvem som er på anleggsområdet.
- Korrekt bekledning –Det skal som et minimum alltid brukes godkjent hjelm og vernesko synlighetsbekledning.

- Lagring av materialer, maskiner og utstyr skal lagres forsvarlig på anvist sted ihht Riggplan.
- Det etableres en HMS-tavle i brakkeriggen der all HMS-informasjon er tilgjengelig.
  - Protokoller fra vernerunder
  - Oversikt over RUH
  - Oversikt over gjennomførte SJA.
- Alle maskiner og produksjonsutstyr skal være i forskriftmessig stand og gjennomgått årlig kontroll. Sertifikater på sjåførere og maskiner kan fremlegges for kontroll dersom byggherre skulle kreve dette.

#### **4.4.2 Rapportering av RUH**

Alle uønskede hendelser i Christie and Opsahl som har medført skade på person, miljø eller materiell samt alvorlige tilløp til slike hendelser varsles umiddelbart til Verneombud eller arbeidsleder.

En RUH kan være:

- Ulykker med skade på person, miljø eller materiell
- Tilløp til ulykker (Nestenulykke)
- Tilstander (Andre farlige arbeidsforhold)

Alle uønskede hendelser rapporteres i Viscenario-styringssystemet, på standard rapporteringsskjema eller i RUH Blokk. Plassleder / prosjektverneombud har ansvar for å levere rapport til leder / HMS-leder, og hendelsen vil bli diskutert på neste morgenmøte og gjennomgått der.

RUH skal inneholde:

- Fakta om hendelsen (når, hvor og hva)
- Beskrivelse av årsaker
- Beskrivelser av konsekvenser
- Beskrivelser av tiltak for å hindre gjentakelse

Personskader som krever medisinsk behandling eller som resulterer i fravær etter skadedato skal umiddelbart rapporteres internt til Christie's HMS-sjef, som igjen rapporterer til daglig leder. Det er prosjektleders ansvar å informere Arbeidstilsynet, Tlf: 73 19 97 00 og nærmeste politistasjon ved en alvorlig ulykke. HMS-leder skal bekrefte meldingen skriftlig til Arbeidstilsynet.

### **4.4.3 SHA**

Byggherrens mål er å utføre alt arbeid på prosjektet med oppmerksomhet på alle stadier av sikkerheten slik at det ikke oppstår skade på ansatte. Fokuser på helse for å minimere uheldige helseeffekter forårsaket av arbeidsforhold og faktorer i arbeidsmiljøet som kan føre til uønsket stress, samt lykke og relasjoner mellom individer.

SHA-planen skal være lett tilgjengelig på byggeplassen og kjent for alle som beveger seg i byggeområdet. Det er individuelle kontraktørers ansvar å gjennomgå planen med sine ansatte og gjøre seg kjent med gjeldende SHA-prosedyrer. Hver kontraktspartner skal planlegge og utføre arbeid basert på nødvendige risikovurderinger og utføre løpende risikovurderinger for risikoområdene identifisert i denne planen. De relevante delene av planen skal integreres i virksomhetens internkontrollsystem.

Teknisk SHA-koordinator har ansvar for å oppdatere SHA-planen i prosjekteringsfasen i samarbeid med ingeniørteamet. SHA-koordinator for implementeringsfasene har ansvar for å overvåke identifiserte risikofaktorer og virksomheter som implementerer sikkerhets-, helse- og arbeidsmiljøplanen. Samordning og overvåking skal sikre og legge til rette for dialog og samarbeid mellom interessenter. Målet med en slik dialog er å sette ulike parter i stand til å identifisere og finne løsninger på sine risikofaktorer og lære av hverandre.’

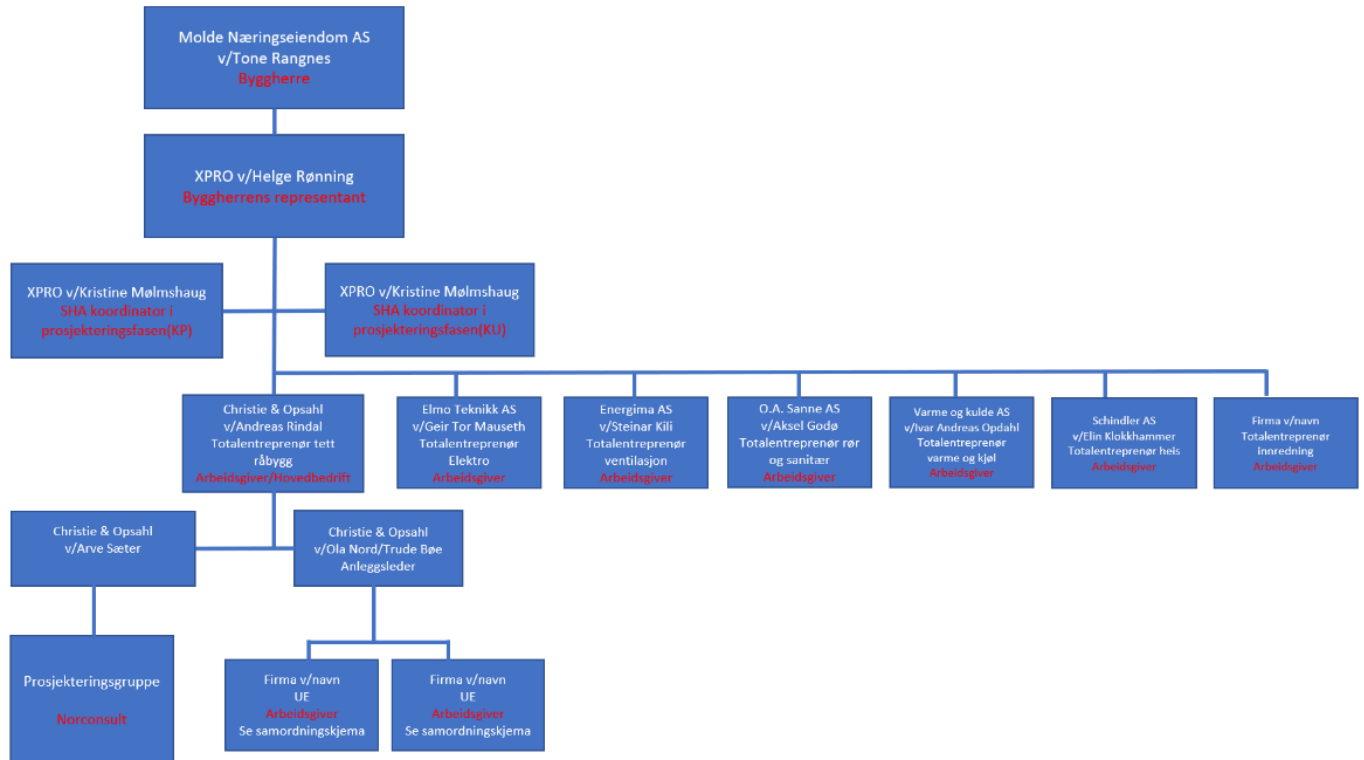
Ved informasjon om endringer og tiltak skal alle i henhold til distribusjonsliste under formidles:

<b>Funksjon:</b>	<b>Kontaktperson:</b>	<b>Firma:</b>
Byggherre:	Tone Rangnes	Molde Næringseiendom AS
SHA Koordinator Prosjektering (KP)	Kristine Mølmshaug	XPRO AS
SHA Koordinator Utførelse (KU)	Kristine Mølmshaug	XPRO AS
Totalentreprenør Tett råbygg:	Andreas Rindal	Christie & Opsahl AS
Totalentreprenør elektro:	Geir Tor Mauseth	Elmo Teknikk AS
Totalentreprenør ventilasjon:	Steinar Kili	Energima AS
Totalentreprenør rør og sanitær:	Aksel Godø	O.A. Sanne AS
Totalentreprenør varme og kjøll:	Ivar Andreas Opdahl	Varme og Kulde AS
Totalentreprenør heis:	Elin Klokkhammer	Schindler AS
Totalentreprenør innredning:	NN	

*Figur 78 Distribusjonsliste*

#### 4.4.4 Byggeplassorganisering

Oppdrag og ansvar for byggherrerepresentant, prosjekteringskoordinator og resultatkoordinator er spesifisert i avtaler med byggherren. For øvrige organisasjoner vises til organisasjonskart/koordineringsstyre for hovedvirksomheten.



Figur 79 Organisasjonskart/koordineringsstyre

#### 4.4.5 Framdriftsplan av Høghallen Molde

Ved planlegging av tidsplaner bør det tas hensyn til tidskrav til ulike arbeidsaktiviteter slik at arbeid ikke tvinges i den grad at det kan sette sikkerhet, helse eller arbeidsmiljø i fare. Det må også tas tilstrekkelig tid til å planlegge, organisere og koordinere arbeidet på stedet. I tillegg bør det være nok tid mellom operasjonene til at fuktighet tørker, skadelige gasser slipper ut og materialet stabiliserer seg.

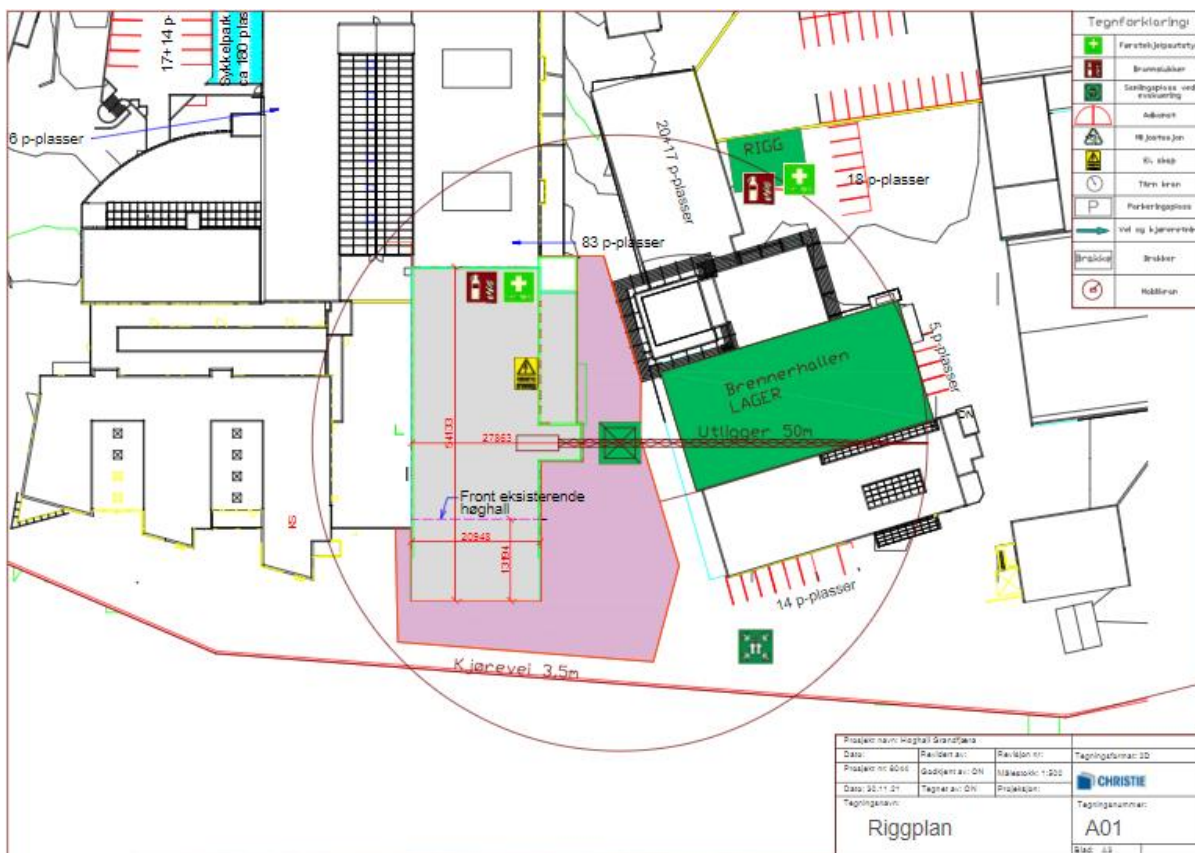
Hovedplanen er utarbeidet på bakgrunn av anbudsgrunnlagets forutsetninger, forslag fra oppdragsgiver og etter gjensidig avklaring. Den detaljerte tidsplanen utarbeides av totalentreprenøren og vil være tilgjengelig hos Dalux som er felles verktøy for aktørene på det prosjektet. Fremdriftsplanen skal legges ut på nettstedets oppslagstavle. Den må oppdateres når det er endringer. Informasjon om endringer vil bli gjort senest ved neste SHA/byggemøte, samt ved innkalling.



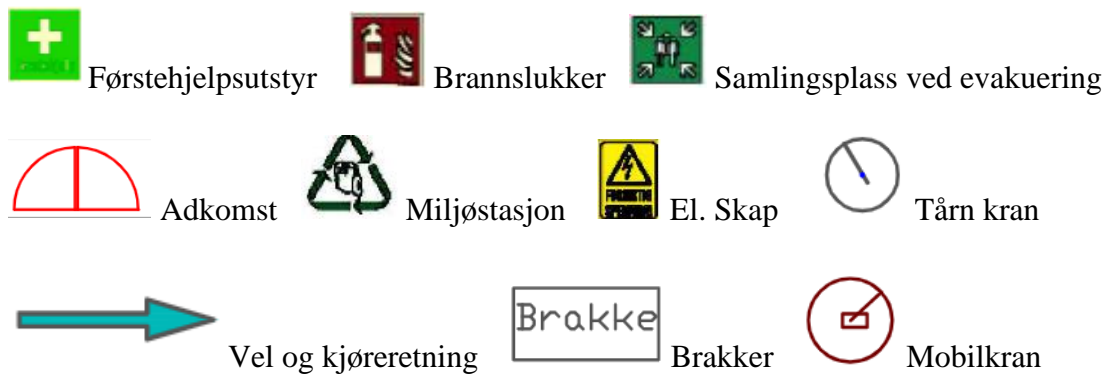
#### 4.4.6 Tiltak

XPRO AS har sammen med oppdragsgiver identifisert og beskrevet hvordan man skal forholde seg til risikoforholdene som følger av kunde- og designvalg. Konkrete tiltak som anses nødvendige for å redusere risiko for liv og helse er basert på en risikovurdering utført av byggherre og prosjekterende som en del av prosjektets planlegging og prosjektering. Totalentreprenøren vil videre samarbeide med KP/KU for å oppdatere planen med eventuelle nye tiltak som kreves, for eksempel detaljprosjektering eller valg av metode/utstyr.

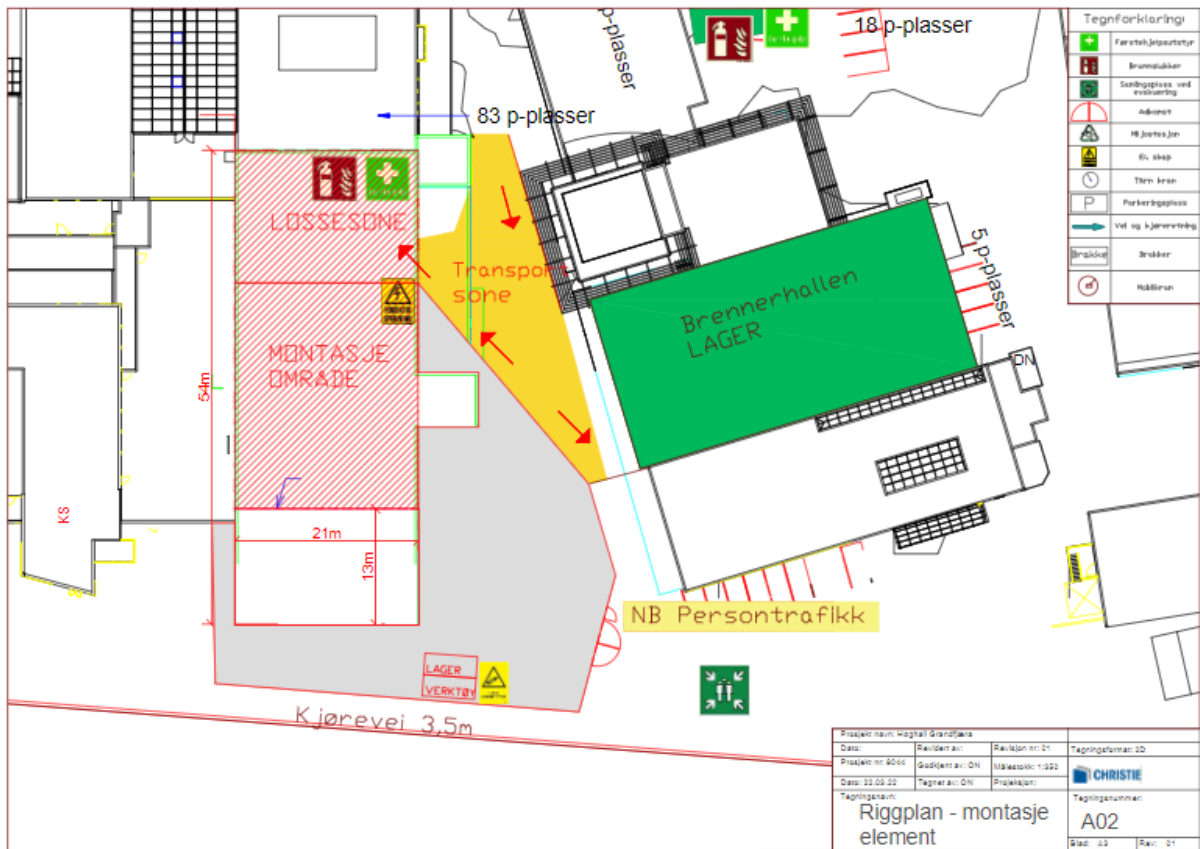
#### 4.4.7 Riggplan Høghall



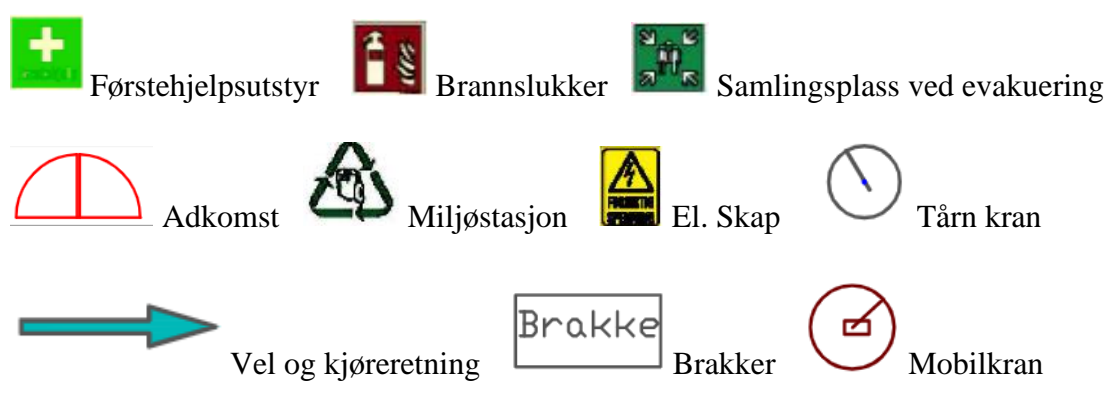
Figur 80 Riggplan Høghall



### 4.4.8 Riggplan montasje element



Figur 81 Riggplan montasje element



# Kapittel 5 - Drøfting

## 5.1 Beregning

### 5.1.1 Hvorfor valgte vi å dimensjonere heissjakt

For at et byggverk ikke skal kollapse må den stabiliseres og avstives med ulike komponenter som styrker bygget mot hele spekteret av ulike lastvirkninger. Det finnes ulike avstivningssystemer, bla. vindfagverk, horisontal avstivning (plater, fugede eller påstøpte hulldekker som danner stiv skive), fjellbolter og vertikal avstivning (veggskiver og heissjakter). Det er ikke ulikt for prosjektet som danner bakgrunnen for vår oppgave, hvor det finnes avstivning av alle overnevnte. I tillegg klassifiseres avstivningssystemer av ulike grader av belastning, primære og sekundære.

Med andre ord er avstivning en kritisk del av et bygg. Vi valgte nettopp derfor å dimensjonere heissjakt på Høghallen. Heissjakt sammen med veggskiven står for hovedavstivning på bygget. Heissjakt sammen med vindkryss overfører bla. de horisontale vindlastene ned i fundamentet og stiver av på tvers av alle etasjene. Samtidig tar den opp momentkrefter samt horisontale og vertikale skjærkrefter fra hulldekkeelementene. Betingelsen er at heissjakt er plasstøpt, som den er i vårt tilfelle.

### 5.1.2 utfordringer med dimensjonering

En av utfordringene med dimensjonering av større element for hånd er at det krever mye jobb og stor nøyaktighet. Alle eksisterende materialene som belaster heissjakt med aksialkraft, må regnes egenvekten på som kan gi utfordringer. Ulike typer veggskjikt er det bare å bruke massetettheten til det gitte materialet fra standarder, men indre komponenter som innredning rekkverk av glass/stål, lys og dører kan det være vanskelig å finne. Som regel finner man det meste av nødvendig informasjon i materialets tekniske datablad.

Andre utfordringer vi støtet på var å kombinere lastvirkningene for å oppnå relevant kapasitetsutnyttelse. Det vi kunne gjort annerledes her er å velge et mindre komplekst bæreelement av bygget for å oppnå mer presise resultater.

## 5.2 Logistikk

### **5.2.1 Hvorfor ville vi framheve logistikk i bygg- og anlegg prosjekter**

For å møte alle logistikkdata i byggeprosjekter, hovedsakelig for å oppnå effektivitet og bedre reflektere de ulike fasene i prosjektet. Logistikk i seg selv handler om å planlegge, administrere og organisere all informasjon på et prosjekt for å få de beste resultatene. Fra signering av første kontrakt til overlevering av nøklene til kunden. Logistikk bør planlegges av personer som er nøkkellressurser i byggeprosjekter. Når det gjelder all bevegelse og fysisk aktivitet på en byggeplass, må alle sider ved den planlegges i orden før gjenstander kommer til arbeidsplassen.

Når det gjelder kommunikasjon mellom konsulenter og ulike tjenestemenn, er logistisk tenkning brukt i designprosessen. Det handler om å få god informasjonsflyt og unngå misforståelser. Det samme gjelder kommunikasjon mellom prosjektledere og selgere. En god presentasjon av en bestemt aktivitet i et plenum med god logistisk bakgrunn fremmer gjensidig forståelse. Dermed ved å gjennomtenke de ulike aspekter og prosesser på byggeplassen kan effektiviteten økes samt med å unngå avvik på HMS-feltet og arbeidsmiljøet.

### **5.2.2 Fordeler**

Mellom de ulike fasene i et byggeprosjekt vil effektiviteten og konkurransekraften øke ettersom byggefirmaer søker og forbedrer hverandre. Dette betyr mer effektivitet etter planen, noe som betyr prosjekter med utmerkede forhold som gir bedre mobilitet på arbeidsplassen. Ikke bare forbedre arbeidet, men også ledelsen med klar visjon om virksomheter, siden det dekker mange områder betyr det at alle forretningsprosesser bør være ett og alle områder er koblet sammen, koble sammen og samhandle med hverandre. Noen kostnader kan reduseres ved logistikkplanleggingsprosesser som også øker mellommenneskelige relasjoner. Hvert punkt i byggefasene vil bli utviklet av ulike aktører, noe som vil føre til forbedring av fasiliteter gjennom logistikk.

### **5.2.3 Ulemper**

Ulempene med logistikk for et bygge- og anleggsprosjekt kan være betydelige, da de ulike byggefasene innebærer arbeid fra aktører med ulike perspektiver. Samtidig kan kvaliteten på arbeidet og avsatt tid variere da det kan oppstå, for eksempel materialleverandørforsinkelser, som fører til mer frustrasjon og regulering av hver enkelt prosedyre.

## 5.3 Applikasjon Synchro 4D

### **5.3.1 Hva den hjelper med og hvorfor er den nyttig**

Logistikk omhandler hovedsakelig prosjekter ved å oppnå effektivitet og reflektere de ulike fasene i prosjektet. Med logistikkprogrammet Synchro 4D kan man bruke Gantt-diagrammer for å øke organiseringen av ulike faser, utviklingen av prosjektet og beregningen av tid. Fokuser også på HMS og SHA. Ved å bruke Synchro 4D til å håndtere de ulike stadiene i et prosjekt kan man bedre forstå prosjektet, noe som kan føre til bedre løsninger og som nevnt ovenfor å øke effektiviteten i prosjektet. Synchro 4D er en av få plattformer som fungerer med alle de store 3D-modellerings- og planleggingsverktøyene på markedet, og samtidig håndterer de mest komplekse arkitektoniske prosjektene som kreves mye arbeid som noen av programmer har problemer med det.

Like sakte som Synchro 4D kan det de aktører forbedre ulike stadier, fra begynnelsen av konstruksjonen til slutten av ferdigstillelsen. Samtidig kan man flytte fokus fra en enkelt interessent som kun fokuserer på deltakernes individuelle roller til alle interessenter som jobber som et team. Ved å bruke lean konstruksjons-prinsippet og Synchro 4D får prosjekter en ekstra dimensjon ved å vurdere hele livssyklusen når de bestemmer hva aktører skal bygge og hvordan de skal bygge. Tradisjonelle byggeprosjekter med omarbeid og endringsordrer gjenspeiler de kortsiktige tendensene til moderne tenkning. På den annen side, under designfasen av et lean byggeprosjekt og ved å bruke Synchro 4D logistiske tankesett, evaluerer deltakerne hele livssyklusen til strukturen.

Ved å bruke Synchro 4D kan man vurdere, analysere og simulere hva som er rett og galt i et prosjekt. Samtidig referere til det kan man respektere deltakere på alle nivåer og forutse fremtiden og lære av fortiden.

## Kapittel 6 - Selvreflektering

I dette kapittelet ønsket vi å formidle i hvilken grad hendelseslogistikktilnærmingen påvirker prosjektet. Også som nevnt i begynnelsen av kapittel 2 (Teoretisk grunnlag og essensen av logistikk), hadde gruppen liten erfaring med bruk av logistikkmeter i et prosjekt. Dette er et enormt tema og utfordrende med tanke på hvordan prosjekter gjennomføres, men ved å skrive om ulike logistikkemner har gruppen etter hvert fått lærerikt og bredt innblikk i hvordan man kan bruke disse temaene til byggeprosjekter.

Gruppen kommer garantert til å fordype seg videre inn i arbeidslivets temaer basert på effektivitet, og viktigheten av disse temaene for prosjektet.

- Hvor viktig kommunikasjon er og hvordan man bruker den til riktige tider
- Bruk av LEAN om hvordan man kan gjennomføre prosjektet ved henhold til tidssparende, effektivitet på arbeidsplassen samtidig tanken på kostnader
- Hvor viktig er HMS og SHA for et prosjekt skal unngå avvik, skader samt med hvor viktig det er og følger alle forskrifter
- Riktig byggeplassorganisering gir større oversikter over prosjektet som transport, avfall henting, setting/ kjøring av kran og alle viktigste god tilkomst for at ulike operasjoner kan gjennomføres uten noe hindring
- Ulike programvern kan gi oss bedre innblikk i de komplekse stadier av prosjektet og samtidig bedre informasjon på forhånd av byggefasen

Kommunikasjon er hovednøkkelen til mottakeren av budskapets forståelse av budskapet. Det vi mener er at deltakeren forstår oppgavene som skal utføres i prosjektet, men for å forstå dette må deltakeren som sender meldingen forstå hindringene deltakeren møter. Derfor, i nærvær av språkmisforståelser og språkkonflikter, kan presentasjonskommunikasjonen vår være utfordrende. Derfor må byggefirmaer eksplisitt ta opp disse problemene for å unngå unødvendige konflikter som kan føre til tilbakeslag og til og med prosjektforsinkelser.

Samtidig må det holdes mange møter for ulike faser av et prosjekt. Det er viktig å holde møtet objektivt for å vurdere flyten i prosjektet og de ytterligere effektivitetene aktørene kan tilføre prosjektet. Ved å holde møter så objektivt som mulig er det viktig å være forberedt og begrense alle møter så mye som mulig.

Å bruke Synchro 4D som et programvareverktøy muliggjør planleggingsprosesser, prosjektforståelse og innsikt i de logistiske aspektene ved å finne de mest relevante

løsningene. Aspekter kan brukes videre i prosjektplanen for å oppnå et tydeligere og effekt-drevet prosjekt. Planlegg også fremdriftsoppdateringer i sanntid. I dette tilfellet bruker vi prosedyreverktøy i Lean-prinsipper, som omhandler optimal bruk av eksisterende teknologier. Ved å gjøre det kan vi legge til lønnsomme og effektive måter å påvirke flyt og logistikk på en positiv måte.

Avvik som personskaade kan forebygges ved å følge alle lover og forskrifter som gjelder for HMS og SHA. I tillegg til risikovurderingen kan man også plote RUH (rapport om uønsket hendelser) som oppsto etter hvert punkt og skissere antall skader. Med oversikt over skaden kan du lære av den og eventuelt finne løsninger for å hindre at samme skade skjer igjen. Samtidig må du mestre det og bruke erfaringene på et annet prosjekt som kan by på samme risiko.

Byggeplassorganisasjonen gir en bedre oversikt over hele prosjektet med tanke på hvordan de enkelte arealene skal brukes. Dette gjelder gode ankomster for materialleveranser, avfallstransport, objektflytting, parkeringsplasser, containerplassering, og hvor brakkerigger skal plasseres i prosjektet. Regional logistikkplanlegging med blikk på fremdriften i prosjektet kan gi god flyt på arbeidsplassen, og planlegging for de nevnte områdene kan begrense unødvendige konflikter i arbeidsområdet.

## Kapittel 7 - Konklusjon

Prosjektet på Høgshallen i Molde ved samarbeid med Christie Opsahl AS ga gruppen diverse resultater på bakgrunn av teori og det gruppen erfarte ved å løse problemstillingen. Problemstillingen ga utgangspunkt for arbeid med to store temaer som gruppa fordypet seg i. Teorien av dimensjonering ga gruppa en basis da resultatet ble utformet. Ved å gi et forsøk på beregning av egenlast og lastvirkningene til heissjakta viste det seg at kapasiteter og dimensjonerende laster har liten utnyttelse. Gruppa hadde i løpet av studiet lært å dimensjonere diverse bærende elementer uavhengig av hverandre. Det førte til utfordringer ved å ta alle virkende laster i betraktning. Allikevel har gruppa utarbeidet store deler av lastberegningen og forsøkt å ta hensyn til alle enkeltdeler ved dimensjoneringen. Lastvirkningen av moment og skjærkrefter ga gruppa et bakgrunn for videre arbeid med kapasitetene til disse. På den annen side var forsøket en meget lærerik prosess som ga gruppa mulighet til å prøve seg på beregning av en mye mer kompleks strukturel enn i skolepensum.

Teorien og metoden av logistikken på byggeprosjekter førte til at gruppa kom frem til flere viktige undertemaer som ga utgangspunkt for videre forskning. Direkte og entydig informasjonsflyt er kritisk for å skape felles forståelse av ulike løsninger, byggefaser, disponering av materiale, byggeplassorganisering og herunder aspekter ved HMS. For å oppnå dette kom gruppa frem til at møter bør ledes på en strukturert måte ved hjelp av 4D-planlegging og et tilpasset lederskap som sikrer at alle blir sett. Et godt forarbeid med SHA og logistikkprosesser utviklet holistisk til hvert prosjekt vil kunne bidra til nettopp dette fra den teknologiske siden. Virkninger av gode holdninger fra ledelsen, jevn informasjonsflyt, strukturerte møter og ryddig arbeidsplass vil kunne gi økning av motivasjon for mestring og gjennomføringsevne blant medarbeiderne.

Resultatet viser blant annet at det er store gap mellom menneskelig kommunikasjon og teknologi som det blir investert enorme summer i. Som regel er det mange faktorer som spiller inn på dette. Resultatet og drøftingen viser at kulturen innad i bedriften eller på det gitte prosjektet er hovedårsaken for de påvirkende faktorene. For å utbedre dette bør ledelsen på prosjektet være i nærmere kontakt med medarbeiderne for å kunne få øye på hva som foregår på prosjektet og legge til rette for å unngå situasjoner som skaper personlig konflikt.



## Bibliografi

- (DFØ), D. f. (2020, Desember 1). *Byggeprosessen*. Hentet fra anskaffelser.no:  
<https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/konseptutvikling-og-bearbeiding/konseptutvikling/organisering-av-prosjektet>
- Arbeidstilsynet. (2014, Desember 5). *Internkontrollforskriften*. Hentet fra arbeidstilsynet.no:  
<https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/internkontrollforskriften/>
- Arbeidstilsynet. (2022, April 4). *Forskjellen på HMS og SHA*. Hentet fra arbeidstilsynet.no:  
<https://www.arbeidstilsynet.no/hms/hms-i-bygg-og-anlegg/forskjellen-pa-hms-og-sha/>
- Arbeidstilsynet. (2022, April 20). *HMS i bygg og anlegg*. Hentet fra arbeidstilsynet.no:  
<https://www.arbeidstilsynet.no/hms/hms-i-bygg-og-anlegg/>
- Arbeidstilsynets. (2020, September 11). § 7. *Plan for sikkerhet, helse og arbeidsmiljø*. Hentet fra arbeidstilsynet.no:  
<https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/byggherreforskriften/2/7/>
- Autodesk. (2022, Mai 2). *Revit: BIM-programvare for designere, byggere og utførere*. Hentet fra autodesk.no: <https://www.autodesk.no/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Benjamin, W. (1996). On Language as Such and on the Language of Man. I W. Benjamin, *On Language as Such and on the Language of Man* (s. 62). Paris: Harcourt Brace Jovanovich.
- Bentley. (2021, September). *SYNCHRO™ Control*. Hentet fra prod-bentleycdn.azureedge.net:  
[https://prod-bentleycdn.azureedge.net/-/media/files/documents/product-data-sheet/pds\\_synchro\\_control\\_ltr\\_en\\_lr.pdf?la=en&modified=20210920114303](https://prod-bentleycdn.azureedge.net/-/media/files/documents/product-data-sheet/pds_synchro_control_ltr_en_lr.pdf?la=en&modified=20210920114303)
- Bentley.com. (2022). Hentet fra Virtuosity.bentley.com:  
[https://virtuosity.bentley.com/product/synchro-4d/?utm\\_term=synchro%20d%20software&utm\\_campaign=EU:+Brand+-+Synchro&utm\\_source=google&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=4163683292&hsa\\_cam=16101938289&hsa\\_grp=136023298467&hsa\\_ad=580638382067&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-551](https://virtuosity.bentley.com/product/synchro-4d/?utm_term=synchro%20d%20software&utm_campaign=EU:+Brand+-+Synchro&utm_source=google&utm_medium=ppc&hsa_acc=4163683292&hsa_cam=16101938289&hsa_grp=136023298467&hsa_ad=580638382067&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-551)
- Christie. (2020). *Christie tør å satse!* Hentet fra christie.no: <https://www.christie.no/om-christie/>
- Christie. (2022, Mai 6). HMS. (S. o. Opshal, Intervjuer)
- CoBuilder. (2022, Mai 2). *Gjør data til ditt fortrinn standardbaserte løsninger for datastyring i byggenæringen*. Hentet fra cobuilder.com: <https://cobuilder.com/nb/>
- Franzefoss. (2020, November 3). *6 tips til organisering av byggeplassen*. Hentet fra franzefoss.no:  
<https://www.franzefoss.no/blogg/6-tips-til-organisering-av-byggeplassen>
- Gjenvinning, N. (2022, April 29). *Skilting og merking*. Hentet fra norskgjenvinning.no:  
<https://www.norskgjenvinning.no/bedrift/en-enklere-hverdag/skilting-og-merking/>
- Goczol, J. o. (2003, Mars 1). "Corporate communication and strategy in the field of projects". *Corporate Communications: An International Journal*. 8(1):. Hentet fra [www.ingentaconnect.com](http://www.ingentaconnect.com):  
<https://www.ingentaconnect.com/content/mcb/168/2003/00000008/00000001/art00007>

- Grenness, C. E. (2007, Mars). Hentet fra Powerpoint:  
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.uio.no%2Fstudier%2Femner%2Fsv%2Fpsykologi%2FPSY2400%2Fv07%2Fundervisningsmateriale%2Fkommunikasjon.ppt&wdOrigin=BROWSELINK>
- Grønmo, S. (2020, November 3). *kvalitativ metode*. Hentet fra sln.no:  
[https://sln.no/kvalitativ\\_metode](https://sln.no/kvalitativ_metode)
- Hagen, I. (2020, Oktober 10). *Hva er god kommunikasjon?* Hentet fra ndla.no:  
<https://ndla.no/subject:1:777ae87e-ca79-4866-920a-115cf7b7bbe1/topic:2:183732/topic:2:184512/resource:1cb93e7c-bcd3-4211-9787-969e10b15351>
- Hansen, G. K. (2019). Samspillet i byggeprosessen. I G. K. Hansen, *Samspillet i byggeprosessen* (s. 133). Bergen: Fagbokforlaget.
- Holte. (2022, Mai 2). *HoltePortalen*. Hentet fra holte.no: <https://holte.no/holteportalen/>
- Hårberg, T. M. (2020, Mai 7). *Kommunikasjon som fagarbeider*. Hentet fra ndla.no:  
<https://ndla.no/subject:1:777ae87e-ca79-4866-920a-115cf7b7bbe1/topic:2:183732/topic:2:184713/resource:1:19980>
- Hårberg, T. M. (2020, Mai 7). *Kommunikasjon som fagarbeider*. Hentet fra ndka.no:  
<https://ndla.no/subject:1:777ae87e-ca79-4866-920a-115cf7b7bbe1/topic:2:183732/topic:2:184713/resource:1:19980>
- J. M., L. N. (2017). *Universitetet i Oslo*. Hentet fra uio.no:  
<https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/61844/DUO%2bPhelps%2bCarlquist%2bGillespie%2bch%2b5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jakhelln, H. (2020, Februar 26). *sln.no*. Hentet fra HMS: <https://sln.no/HMS>
- Julie Ekensteen Bjørnstad, L. J. (2019, Juni). *4D-verktøy i den norske byggebransjen*. Hentet fra ntnuopen.ntnu.no: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2610479/no.ntnu%3Ainspera%3A2331885.pdf?sequence=1>
- Katz, D. a. (1978). *The Social Psychology or Organizations (2nd Edn)*,. Hentet fra Books.google.no.
- Kristiania, H. (2015, Vår). *kristiania.brage.unit.no*. Hentet fra <https://kristiania.brage.unit.no/kristiania-xmlui/bitstream/handle/11250/2357640/BCR3100%20Bacheloroppgave.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Larsen, P. K. (2020). *Dimensjonering av stålkonstruksjoner*. Fagforlaget.
- Lauri Koskela, G. H. (2002, Januar). *The foundations of lean construction*. Hentet fra researchgate.net: [https://www.researchgate.net/profile/Glenn-Ballard-2/publication/28578914\\_The\\_foundations\\_of\\_lean\\_construction/links/0deec52d174073ac8a000000/The-foundations-of-lean-construction.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Glenn-Ballard-2/publication/28578914_The_foundations_of_lean_construction/links/0deec52d174073ac8a000000/The-foundations-of-lean-construction.pdf)
- Lovdata. (2014, Juni 13). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)*. Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>

- Moe, E. M. (2018, Desember 21). *Kva er god kommunikasjon?* Hentet fra ndla.no:  
<https://ndla.no/nn/subject:1:18569f4e-5901-472a-96a0-b06c09b201fb/topic:2:185337/topic:2:21798/resource:1:122958>
- Naviate. (2022, Mai 2). *Naviate Simple BIM*. Hentet fra naviate.com:  
<https://www.naviate.com/naviate-cloud/naviate-simple-bim>
- NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. (2016). *NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016*. standardNorge.
- NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. (2016). *Norsk standard NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016*. Standard Norge.
- NS-EN 1991-1-1 Laster på konstruksjoner. (2019). Standard Norge.
- NS-EN 1992-1-1 prosjektering av Betongkonstruksjoner. (2018). Standard Norge.
- NS-EN 1993-1-3 Laster på konstruksjoen\_Almenne laster-snølast. (2018). Standardnorge.
- NS-EN\_vindlast. (2009). Del 1-4: Allmenne laster vindlast. *NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009*. Standard Norge.
- Pär Svensson, M. E. (2022). *discanalyse.dk*. Hentet fra Discanalyse:  
<https://discanalyse.dk/ledelsesstil/>
- Paasche, M. (2020, Mai 27). *Tydelig kommunikasjon - en forutsetning for god ledelse!* Hentet fra ledernytt.no: <https://www.ledernytt.no/tydelig-kommunikasjon-en-forutsetning-for-god-ledelse.4665133-419970.html>
- Reza Zanjirani Farahani, S. R. (2011). Logistics operations and management. I R. Z. Farahani, *Logistics operations and management* (s. 11). Waltham: Elsevier insights.
- Rørvik, T. (2010). *(konstruksjonssikkerhet og belastning (kompendium i lastberegning))*.
- Sagberg, I. (2021, April 13). *Store norske leksikon*. Hentet fra Store norske leksikon:  
[https://snl.no/situasjonsbestemt\\_ledelse](https://snl.no/situasjonsbestemt_ledelse)
- Sander, K. (2022, Februar 24). *estudie.no*. Hentet fra Estudie: <https://estudie.no/sti-mal-ledelse-a-path-goal-theory/>
- Schwantes, M. (2019, Juni 14). *Inc*. Hentet fra inc.com: <https://www.inc.com/marcel-schwantes/heres-tony-robbins-advice-on-how-to-dramatically-improve-your-communication-skills.html>
- Solybri. (2022, Mai 2). *Quality data to everyone*. Hentet fra solibri.com:  
[https://www.solibri.com/?utm\\_source=adwords&utm\\_campaign=SEM+-+Solibri+brand+term&utm\\_medium=ppc&utm\\_term=solibri&hsa\\_ver=3&hsa\\_grp=113092111805&hsa\\_acc=5457118427&hsa\\_ad=485000191638&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-298873150508&hsa\\_kw=solibri&hsa\\_cam=11804515865&h](https://www.solibri.com/?utm_source=adwords&utm_campaign=SEM+-+Solibri+brand+term&utm_medium=ppc&utm_term=solibri&hsa_ver=3&hsa_grp=113092111805&hsa_acc=5457118427&hsa_ad=485000191638&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-298873150508&hsa_kw=solibri&hsa_cam=11804515865&h)
- Stephen Emmitt, C. A. (2003). Construction Communication. I C. A. Stephen Emmitt, *Construction Communication* (ss. 12-18). 9600 Grasington Road, Oxford (UK): Blackwell Publishing Ltd Editorial Offices.
- Sørensen, S. I. (2017). *Betongkonstruksjoner*. Fagbokforlaget .

- Torgrim Gram Økland, M. A. (2021, Mars 11). *NDLA*. Hentet fra ndla.no:  
<https://ndla.no/nn/subject:1:1f1865fc-e4cc-48a0-918f-3530485ec424/topic:1:ae0e6304-d30e-4d3f-8e94-306d1a884e10/topic:1:b4a83480-e593-4b51-ae4c-9dee708c1616/resource:3c16f868-e2b2-4c14-864a-1bca9a363ee7>
- Urnes, Ø. (2019, Februar 14). *Personlighetsforstyrrelse: – Misforståelser oppstår*. Hentet fra psykiskhelse.no: [https://psykiskhelse.no/personlighetsforstyrrelse\\_urnes](https://psykiskhelse.no/personlighetsforstyrrelse_urnes)
- Vihovde, E. H. (2020, November 27). *Dataprogram*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/dataprogram>
- VREX. (2022, Mai 2). *VR integration for Bimsync*. Hentet fra vrex.no:  
[https://www.vrex.no/integrations/bimsync/?utm\\_term=bimsync&utm\\_campaign=Bimsync+World&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=3645430097&hsa\\_cam=16731319109&hsa\\_grp=134562922229&hsa\\_ad=590355932133&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-837146526860&hsa\\_kw=bimsync&hsa\\_m](https://www.vrex.no/integrations/bimsync/?utm_term=bimsync&utm_campaign=Bimsync+World&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=3645430097&hsa_cam=16731319109&hsa_grp=134562922229&hsa_ad=590355932133&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-837146526860&hsa_kw=bimsync&hsa_m)
- Værstasjon, H. (2022, Mai 15). *vindnå.no*. Hentet fra <https://xn--vindn-gra.no/vindstyrke/m%C3%B8re-og-romsdal/molde/molde-hindalsr%C3%B8ra-d1a59c>
- Wenche Aarseth, A. R. (2015). Lederskap i prosjekter. I A. R. Wenche Aarseth, *Lederskap i prosjekter* (ss. 40-41). Bergen: Fagbokforlaget.
- Wikipedia. (2022, April 3). *Molde*. Hentet fra wikipedia.org: <https://no.wikipedia.org/wiki/Molde>
- Ødemark, I. L. (2017). *FilMet*. Hentet fra Oslomet Universitetsbiblioteket:  
<https://film.oslomet.no/hvordan-vurdere-kilder>

## Kapittel 8 - Vedlegg

### 8.1 BYGA 2900 Bacheloroppgave LOGG

Utført arbeid i perioden

**Navn på studenter:**

**Stud1:** Adam Gaik

**Stud2:** Jose Luis Silva Freitas Margarida

**Stud3:** Kristian Korneliusz Slaski

**Navn på bedrift/organisasjon:** CHRISTIE & OPSAHL AS

**Navn på veileder ved bedrift/organisasjon:** Halvard Jensen, Laurent Lacavalerie

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer
Uka 5/6	3.02.22	<b>Møte og Befaring hos oppdragsgiver CHRISTIE OPSAHL AS</b>	4h	4h	4h
Uka 7/8	17.02.22	<b>Generell rapport/info-analyse av prosjektet</b>	28h	28h	28h
Uke 9/10	03.03.22	<b>Struktur, overskrifter/ innsamling av data og møter via. Teams</b> (mandag - fredag)	10h	10h	10h
Uke 11/12	17.03.22	<b>(Eksamensøving, arbeidskrav og mappe innlevering) og skrivning av bacheloroppgave</b>	28h	28h	28h
Uke 13/14	31.03.22	<b>Fordeling av arbeidet, skrivning og møte via. Teams (arbeid fra kl. 08-16) og 1,5h mat pause fri lørdag og søndag</b>	65h	65h	65h
Uke 15/16	14.04.22	<b>Vider skrivning av de fordelte tema, skrivning av under kapitler og møte via. Teams</b> Teams (arbeid fra kl. 08-16) og 1,5h mat	56h	59h	53h

		Pause fri lørdag og søndag (og annen student jobb) eventuelt jobbe da man kommer hjem.			
Uke 17/18	28.04.22	<b>Gå gjennom det som er beskrevet, forbedring, starte på resultat og møte via Teams (som beregningen, Synchro 4D og logistikk)</b> Teams (arbeid fra kl. 08-16) og 1,5h mat Pause/fri lørdag og søndag (og annen student jobb) eventuelt jobbe da man kommer hjem.	63h	57h	61h
Uke 19	12.05.22	<b>Fullføre resultatet, starte på drøfting og møte via Teams</b> Teams (arbeid fra kl. 08-16) og 1,5h mat Pause/fri lørdag og søndag (og annen student jobb) eventuelt jobbe da man kommer hjem <b>De som vil tar fri 17.mai !</b>	53h	62h	60h
Uke 20	19.05.22	<b>Jobbe med hele teksten, skrive det som mangler og møte på NTNU</b> Møtes på NTNU kl. 08 og jobbe til innlevering av teksten. <b>Innlevering !</b>	27	27	27
Sum timer			334h	337h	338h

## 8.2 Beregninger og kalkulasjoner av dimensjonering

1									
2									
3	<b>RIB model</b>								
4	<b>Eigenvekt plan 1</b>								
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21	<b>Eigenvekt plan 2</b>								
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39	<b>Plan 3,4 og 5</b>								
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
59	<b>Plan 6</b>								
60									
61									
62									
63									
64									
65									
66									
67									
68									
69									
70									
71									
72									
73									
74									
75									

76	Plan 7									
77										
78						tyngdetetthet				
79	vegg1	armertbetong	Areal	høyde [m]	Volume [m³]	[KN/m³]	kraft [KN]			
80	vegg2	armertbetong	0,775	3,57	2,76675	25,000	69,169			
81	vegg3	armertbetong	0,525	3,57	1,87425	25,000	46,856			
82	vegg4	armertbetong	1,6375	3,57	5,845875	25,000	146,147			
83	vegg5	armertbetong	0,1375	3,57	0,490875	25,000	12,272			
84	vegg6	armertbetong	0,995	3,57	3,55215	25,000	88,804			
85			0,52375	3,57	1,8697875	25,000	46,745			
86	Betongdekke									
87	plata 7	armertbetong	8,1075	0,2	1,6215	25,000	40,538			
88		armertbetong	2,51515	0,2	0,50303	25,000	12,576			
89		armertbetong	2,859075	0,2	0,571815	25,000	14,295			
90										
91	plata 8	armertbetong	8,06	0,2	1,612	25,000	40,300			
92										
93	TRP 75 takplate	Stål	27,585			KN/m²	0,016	0,455		
94										
95	Total kraft								518,155	
96										
97										
98	Etasje skillere	Areal [m]	tykkelse m	tyngde [KN/m³]	antall etasje	kraft KN 1 etasje	7 etasjer			
99	betongpåstøp 50mm	58,308	0,05	25	7	72,885	510,195			
100	Hulldykke	58,308	0,225	3,12	7	40,932	286,526			
101	total KN						796,721		796,721	
102										
103	<b>Total Aksial kraft RIB</b>									<b>4 451,818</b>
107										
108	<b>ARK model</b>									
109	<b>Egenvekt hele ARK modell</b>									
110										
111										
112										
113	<b>Vegg 1_nord solid</b>	Tre (sammensatt yttervegg)		95,224	0,302					
114		Stender 248*48	0,080	0,248	1,889	4,20000	7,935			
115		Steniplate	1,000	0,006	0,571	19,22100	10,982			
116		Lekter og luftesjikt	0,080	0,036	0,274	4,20000	1,152			
117		Asfaltplate	1,000	0,012	1,143	3,15654	3,607			
118		Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920	0,25	21,902	0,32550	7,129			
119									30,804	
120	<b>Vegg2_øst solid</b>	Tre (sammensatt yttervegg)		77,831	0,302					
121		Stender 248*48	0,080	0,248	1,544	4,20000	6,486			
122		Steniplate	1,000	0,006	0,467	19,22100	8,976			
123		Lekter og luftesjikt	0,080	0,036	0,224	4,20000	0,941			
124		Asfaltplate	1,000	0,012	0,934	3,15654	2,948			
125		Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920	0,25	17,901	0,32550	5,827			
126									25,178	
127										
128	<b>Vegg3_øst m/åpning</b>	Tre (sammensatt yttervegg)		34,060	0,313					
129		Stender (198*48) + (48*48)	0,080	0,246	0,670	4,20000	2,815			
130		Steniplate?	1,000	0,019	0,647	For tykt for å være steni				
131		Lekter og luftesjikt	0,080	0,023	0,063	4,20000	0,263			
132		Asfaltplate	1,000	0,012	0,409	3,15654	1,290			
133		Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920	0,25	7,834	0,32550	2,550			
134		Gipsplate (glassfiberforsterket)	1,000	0,013	0,443	7,14312	3,163			
135									10,081	
136										
143	<b>Vegg4_sør m/åpning</b>	Tre (sammensatt yttervegg)		105,846	0,313					
144		Stender (198*48) + (48*48)	0,080	0,246	2,083	4,20000	8,749			
145		Steniplate?	1,000	0,019	2,011	For tykt for å være steni				
146		Lekter og luftesjikt	0,080	0,023	0,195	4,20000	0,818			
147		Asfaltplate	1,000	0,012	1,270	3,15654	4,009			
148		Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920	0,25	24,344	0,32550	7,924			
149		Gipsplate (glassfiberforsterket)	1,000	0,013	1,376	7,14312	9,829			
150									31,329	
151										
152										
153	<b>Vegg5_sør solid</b>	Tre (sammensatt yttervegg)		60,063	0,302					
154		Stender 248*48	0,080	0,248	1,192	4,20000	5,005			
155		Steniplate	1,000	0,006	0,360	19,22000	6,926			
156		Lekter og luftesjikt	0,080	0,036	0,173	4,20000	0,727			
157		Asfaltplate	1,000	0,012	0,721	3,15654	2,275			
158		Isolasjon (Rockwool A-plate)	0,920	0,25	13,815	0,32550	4,497			
159									19,430	
160										
161										
162	<b>Panel (glass) vegg 3</b>	Glass og aluminiumramme		66,587						20,590
163		Glass								19,331
164		Aluminium								
165									20,590	
166	<b>Panel (glass) vegg 4</b>	Glass og aluminiumramme		20,840						6,660
167		Glass								5,896
168		Aluminium								
169									6,660	
170										
171										
172										
173	Railings med glassfelt (sum alle)	900mm Stål Ø30 cc120	116,854	0,00876	1,024	24,50	25,079			
174	Systemhimling (sum alle)	Glassullplate		0,06	6,347		4,688			
175	Trapp og repo (sum alle)	Prefab betong			19,026	25,00	475,650			
176	Dører 11 x 21 M (8stk)	Laminatdør		3,059	0,04		1,569			
177	Dør 21 x 21 M	Laminatdør med glassfelt		5,718	0,04		1,522			
178	Dør 20 x 21 M	Laminatdør med glassfelt		5,480	0,04		1,441			
179	Heisskinner 1,5 x 2,4m (7s)	Aluminium? (regnet 50kg per)		3,600	0,0728	0,262	3,432			
180	Heis (300 kg egenvekt)						2,942			
181									516,323	
182										



184 **SUM AKSIALKRAFT ARK** 685,622

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

Function	Material	Thickness	Tykkelse [m]
Core Boundary Layers Above		0,0 mm	
Structure [1]	Pluss	0,2 mm	0,006
Structure [1]	Luftgjikt	36,0 mm	0,036
Structure [1]	Asfaltplate	12,0 mm	0,012
Structure [1]	Stender	200,0 mm	0,248
Core Boundary Layers Below		0,0 mm	
			0,25

Oppbygging yttervegg

Steniplate

Lekter og luftesjikt

Asfaltplate

Stender

Isolasjon

Tabell A.3 – Byggematerialer – tre

Materialer	Tyngdetetthet $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
tre (se NS-EN 338 for styrkeklasser for trevirke)	
styrkeklasse for trevirke C14	3,5
styrkeklasse for trevirke C16	3,7
styrkeklasse for trevirke C18	3,8
styrkeklasse for trevirke C22	4,1
styrkeklasse for trevirke <b>C24</b>	4,2

Total egenvekt Rib + Ark 5 137,440

215 **Last kombinasjon for aksialkraft**

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

**Tabell 4:1 Lastfaktorer  $\gamma$  inkludert kombinasjonsfaktorer ( $\xi$  og  $\psi$ ) ved forenklet påvisning i bruddgrensetilstanden i pålitelighetsklasse 3. Fra (4).**

Lastkombinasjoner som skal påvises	Permanente laster		Dominerende variabel last $Q_1$	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)*

\*Dersom øvrige variable laster er vindlast eller temperaturlast skal verdien 0,90 nyttes.

\*Nyttelast på tak (unntatt snølast) skal ikke inkluderes i en lastkombinasjon dersom denne nyttelasten tilhører kategorien *øvrige variable laster*.

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

	lasttype	Last verdi [l lastfaktor ( $\gamma$ G kraft [KN]		
<b>Ligning B1</b>	Vindlast	54,300	0,95	51,314
	Snølast	358,428	1,05	376,349
	Nyttelast	1222,000	1,05	1283,100
	Egenlast	5137,440	1,35	6935,544
<b>Qed 1</b>				<b>8646,307 kN</b>
<b>Ligning B2</b>	Vindlast	54,300	0,95	51,314
	Snølast	358,428	1,50	537,642
	Nyttelast	1222,000	1,50	1833,000
	Egenlast	5137,440	1,20	6164,928
<b>Qed 2</b>				<b>8586,884 kN</b>

Momenter resulterende av vindkraft						
Kraft (Fi)	Vindhastighetstrykk q (KN/m <sup>2</sup> )	Arealet (Ai) [m <sup>2</sup> ]	Kraftsstørrelse (KN)	Momentarm Zi (m)	Moment (Mi) KN.m	
F1	0,53	401,162	212,616	5,120	1088,594	
F2	0,53	224,723	119,103	9,495	1130,886	
F3	0,53	205,938	109,147	13,195	1440,199	
F4	0,53	206,217	109,295	16,895	1846,536	
F5	0,53	206,217	109,295	20,595	2250,926	
F6	0,53	192,456	102,002	24,295	2478,133	
F7	0,53	89,487	47,428	27,945	1325,379	
<b>ΣFi= V</b>			<b>808,886</b>			
<b>Σmi=M</b>						<b>11560,653</b>
Dimensjonerende Skjærkraft Ved						
Horizontal Last V (Fx) [KN]	Last faktor γQ	Ved [KN]				
808,886	1,5	1213,329				
Dimensjonerende moment Med						
Moment M	last faktor γQ	Med [KNm]				
11560,653	1,5	17340,979				

Skjærkrefter resulterende vindlasten			
Kraft	Areal Ai (fasaden)	Vindhastighetstryk	Kraftstørrelse (kN/m <sup>2</sup> )
F1	401,162	0,530	212,616
F2	224,723	0,530	119,103
F3	205,938	0,530	109,147
F4	206,217	0,530	109,295
F5	206,217	0,530	109,295
F6	192,456	0,530	102,002
F7	89,487	0,530	47,428
			808,886
Beregninger for å finne nøytralaksen			
Areal del (Ai)	Areal (m <sup>2</sup> )	yi (m)	Ai*yi (m <sup>3</sup> )
A1	2,500	1,250	3,125
A2	2,500	1,250	3,125
A3	1,395	2,155	3,006
A4	2,032	5,403	10,977
A5	0,613	5,580	3,418
A6	0,910	7,005	6,375
A7	2,048	8,480	17,363
A8	2,032	5,403	10,977
$\sum Ai (m^2) (total areal)$	14,028		
$\sum Ai*yi (m^3)$			58,364
$\hat{y}$ (tyngdepunkt) (m)			4,160
	Areal mm <sup>2</sup>	Areal i m <sup>2</sup>	
Areal av tverrsnitt i	7503550,000	7,504	
Areal av tverrsnitt i	6524700,000	6,525	
			14028250,000

35							
36							
37	<b>Armeringsfordeling i strekksone</b>						
38		<b>Areal mm<sup>2</sup></b>	<b>Armeringsprosent</b>	<b>dehngsmengden i hver vegg</b>	<b>antall stenger</b>		
39	Vegg A4 strekk	1477350	0,226	1151,209	5,727		
40	Vegg A5	612500,000	0,094	477,284	4,224		
41	Vegg A6	910000,000	0,139	709,107	3,528		
42	Vegg A7	2047500,000	0,314	1595,492	7,938		
43	Vegg A8_strekk	1477350	0,226	1151,209	5,727		
44							
45	Total strekksones a	6524700					
46	Total strekk armeri	5084,300					
47	Areal 1Ø12	113					
48	Areal 1Ø16	201					
49							
50							
51	<b>Dimensjonerte armeringen i hver vegg i strekksone</b>						
52		<b>antall stenger Ø16</b>	<b>Ø [mm]</b>	<b>senter avstand (mm)</b>	<b>real n*Ø16 [mm<sup>2</sup>]</b>		
53	Vegg A4 strekk	6	16,000	1905,000	1206,000		
54	Vegg A5	6	12,000	1190,000	678,000		
55	Vegg A6	4	16,000	1905,000	804,000		
56	Vegg A7	8	16,000	1905,000	1608,000		
57	Vegg A8_strekk	6	16,000	1905,000	1206,000		
58	Søyle A1=A2	6	16,000	1191,000	2412,000		
59							
60	<b>Total ny armeringsmengde</b>				<b>7914,000</b>		
61							
62							
62							
63	<b>Minimums armering As,min [mm<sup>2</sup>]</b>						
64		<b>AC = b*d</b>	<b>0,26 * b * d * fctm/fyk</b>	<b>As, min ≥ 0,0013 * b * d [mm]</b>	<b>As,max = 0,04 *</b>	<b>Beregnet As, [mm]</b>	<b>Kontrol</b>
65							
66	Vegg A4 strekk	1477350	2458,3104	1920,555	5909,400	1206,000	ikke Ok
67	ikke	612500,000	1019,2	796,250	2450,000	678,000	ikke ok
68	Vegg A6	910000,000	1514,24	1183,000	3640,000	804,000	ikke ok
69	Vegg A7	2047500,000	3407,04	2661,750	8190,000	1608,000	ikke Ok
70	Vegg A8_strekk	1477350	2458,3104	1920,555	5909,400	1206,000	ikke ok