

Dimensjonering av avstivende dekkeskiver

Vidar Danielsen Aunan

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Leidulv Vinje, KT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for konstruksjonsteknikk



MASTEROPPGAVE 2012

FAGOMRÅDE: Betongkonstruksjon	DATO: 11.06.2012	ANTALL SIDER: 110
----------------------------------	---------------------	----------------------

TITTEL:

Dimensjonering av avstivende dekkeskiver
Structural Design of Hollow Core Slabs

UTFØRT AV:

Vidar Danielsen Aunan



SAMMENDRAG:

Betongelementer er bygningsdeler som er produsert i fabrikker eller et annet sted enn der de skal brukes, og senere transportert og montert på byggeplassen. De blir ofte spennarmert for å oppnå økt bæreevne og spennvidder, og samtidig være slanke elementer. I dekker og tak er bruk av hulldekkeelement det mest vanlige valget i Norge i dag.

Når hulldekkeelementer monteres sammen, vil de statisk opptre som en *skive*. En skive vil ha stor stivhet i sitt eget plan og fungere avstivende for konstruksjonen for horisontale laster. Sammen med de vertikale skivene fungerer dette som et avstivningssystem for skivebygg. På grunn av forskjellene i stivheter mellom de horisontale og de vertikale skivene, kan man ved beregning betrakte skiven som en bjelke med de vertikale skivene som oppleggspunkter for bjelken.

Dataprogrammet "HD-Skive" har en hovedhensikt å effektivisere prosjekteringsarbeidet for dimensjonering av avstivende dekkeskiver. Noen fordeler med programmet er:

- Man slipper å beregne snittligninger for skjærkraft og moment. For dekker med komplisert geometri og lastpåkjenning kan dette være særdeles tidsbesparende.
- Snittene man velger blir ferdigregnet ved kun å føre inn posisjonens X- eller Y-verdi. Ved mange tester og snitt kan dette også være tidsbesparende.
- Man får en sammenligning av alle strekkrefter for de forskjellige lasttilfellene og kan derfor raskt finne dimensjonerende forankringsmengde.

HD-Skive krever Microsoft Excel versjon 2007 eller nyere for å fungere. Programmet er delt inn i seks sider der hver side kan beskrives av følgende:

- 1 – INPUT DEKKE: Definerer modulaksene, dekkets dimensjoner og geometri.
- 2 – INPUT LASTER: Definerer de påførte lastenes størrelser og utstrekninger.
- 3 – INPUT SKIVER: Definerer posisjonene og reaksjonskreftene til de vertikale skivene.
- 4 – RESULTAT Y-RETN: Beregner nødvendig lengde- og tverrarmring for last i Y-retning.
- 5 – RESULTAT X-RETN: Beregner nødvendig lengde- og tverrarmring for last i X-retning.
- 6 – OPPSUMMERING: Oppsummerer alle beregningsresultat i en tabell.

FAGLÆRER: Leidulv Vinje

VEILEDER(E): Leidulv Vinje

UTFØRT VED: Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU

OPPGAVETEKST

**Norges teknisk-
naturvitenskapelige universitet
NTNU**

Institutt for
konstruksjonsteknikk



**MASTEROPPGAVER TILBUD 2012
Betongelementer
Leidulv Vinje**

4.9 Dimensjonering av avstivende dekkeskiver

Bygninger bestående av hulldekkegulv opplagt på bærende veggelementer i prefabrikkert betong er en svært aktuell byggemetode. Det er samtidig svært vanlig å benytte de samme konstruksjonene som avstivende skiver for horisontale laster.

Oppgaven er å utvikle beregningsprogrammer (for eksempel i Excel) for de horisontale hulldekkeskivene inkludert lastberegninger og dimensjonering av de tilhørende knutepunktene.

Type oppgave: Litteraturstudium, beregningsoppgave
Antall studenter: 1
Kontaktperson: L. Vinje

Institutt for konstruksjonsteknikk

FAKULTET FOR INGENIØRVITENSKAP OG TEKNOLOGI
NTNU – Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

MASTEROPPGAVE 2012

Dimensjonering av avstivende hulldekkeskiver

Vedlegg

Foreløpig stikkord:

Teorigrunnlag hentes fra Betongelementboken og forelesningsnotatene fra Betong 2 (4. årskurs) og evt. Prosjektering av konstruksjoner (5.årskurs).

For øvrig følges relevante Eurokoder EC0, EC1 (ikke jordskjelv), EC2 osv.

Programmet skal ikke inneholde kraftfordelingsberegning av de horisontale lastene til de vertikale skivene.

Det forutsettes at dette gjøres for hånd, eller at kreftene er funnet ved hjelp av programmet V-skive (Ove Sletten)

Studere dagens programmer (Spenncon har ingen). Søke etter evt. slike programmer hos rådgivere og betongelementprodusenter.

Avdekke brukerbehov hos Spenncon AS Trøndelag, evt. hos andre for å bestemme hvilke skivevarianter (og veggskiveplasseringer) som trengs.

Avdekke brukerbehov hos Spenncon AS Trøndelag, evt. hos andre for å bestemme hvilke knutepunktsutførelser og ståldeler som skal inngå i modellen.

Dimensjoneringsprogrammet utføres i Excel (evt. annet etter avtale).

Lage brukermanual med teorigrunnlag, forutsetninger, forklaring av input og output.

Håndberegninger som verifiserer resultatene.

Output som passer inn i praktiske statiske beregninger iht. brukerbehov.

Omfanget av oppgaven , hvilke parametre som skal variere etc. vurderes av studenten og avtales med faglærer.

Leidulv Vinje

Faglærer

TAKK

Først og fremst vil jeg takke veileder Professor II Leidulv Vinje for støtten rundt bakgrunnsteorien til dimensjonering av dekkeskiver. Videre vil jeg takke konstruktørene ved Spenncon AS i Trondheim for lån av prosjekter til testing og samarbeidet rundt utviklingen av beregningsprogrammet. En takk rettes også til Geir Ove Overrein ved COWI AS i Trondheim for møtet som ga mange gode tips til innholdet i programmet. Til slutt vil jeg takke følgende personer for svarene de ga på brukerundersøkelsen som var med på å avdekke brukerbehovet:

- Trond Obrestad, AS Betong
- Edin Mahmutcehajic, Kynningsrud Prefab AS
- Stig Jespersen, Block Berge Bygg AS
- Asbjørn Hermstad, Spenncon AS
- Geir Udahl, Contiga AS
- Henrik Lurén, Spenncon AS
- Eivind Bøe, Spenncon AS

Jeg vil også takke samboer Monica Tjørhom for hjelp til gjennomlesning og retting av oppgaven i slutfasen.

FORORD

Denne masteroppgaven er utført ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim våren 2012. Oppgaven har hovedsakelig bestått i å utvikle et beregningsprogram i Microsoft Excel for dimensjonering av avstivende dekkeskiver.

Oppgaven ble valgt fra en liste av foreslåtte oppgaver fra Institutt for konstruksjonsteknikk. Valget ble gjort hovedsakelig på bakgrunn av to personlige interesser:

- Interesse for betong som konstruksjonsmateriale
- Interesse for programutvikling i Microsoft Excel

Disse interessene har både blitt imøtegått og utfordret både i programutviklingsfasen og ellers under rapportskrivningen. I programutviklingen har det vært utfordrende å få til et program som både er omfattende og brukervennlig nok til å effektivisere prosjekteringen av horisontale dekkeskiver.

Masteroppgaven er utarbeidet individuelt, og har gitt et spesielt godt læringsutbytte både innenfor hulldekkeskiver og programutvikling i Visual Basic og Microsoft Excel.

Beregningsprogrammet vil heretter bli omtalt som "*HD-Skive*".

Trondheim,

11. juni 2012



Vidar Aunan

SAMMENDRAG

Betongelementer er bygningsdeler som er produsert i fabrikker eller et annet sted enn der de skal brukes, og senere transportert og montert på byggeplassen. De blir ofte spennarmert for å oppnå økt bæreevne og spennvidder, og samtidig være slanke elementer. I dekker og tak er bruk av hulldekkeelement det mest vanlige valget i Norge i dag.

Når hulldekkeelementer monteres sammen, vil de statisk opptre som en *skive*. En skive vil ha stor stivhet i sitt eget plan og fungere avstivende for konstruksjonen for horisontale laster. Sammen med de vertikale skivene fungerer dette som et avstivningssystem for skivebygg. På grunn av forskjellene i stivheter mellom de horisontale og de vertikale skivene, kan man ved beregning betrakte skiven som en bjelke med de vertikale skivene som oppleggspunkter for bjelken.

Dataprogrammet "HD-Skive" har en hovedhensikt å effektivisere prosjekteringsarbeidet for dimensjonering av avstivende dekkeskiver. Noen fordeler med programmet er:

- Man slipper å beregne snittligninger for skjærkraft og moment. For dekker med komplisert geometri og lastpåkjenning kan dette være særdeles tidsbesparende.
- Snittene man velger blir ferdigregnet ved kun å føre inn posisjonens X- eller Y-verdi. Ved mange tester og snitt kan dette også være tidsbesparende.
- Man får en sammenligning av alle strekkrefter for de forskjellige lasttilfellene og kan derfor raskt finne dimensjonerende forankringsmengde.

HD-Skive krever Microsoft Excel versjon 2007 eller nyere for å fungere. Programmet er delt inn i seks sider der hver side kan beskrives av følgende:

- 1 – INPUT DEKKE: Definerer modulaksene, dekkets dimensjoner og geometri.
- 2 – INPUT LASTER: Definerer de påførte lastenes størrelser og utstrekninger.
- 3 – INPUT SKIVER: Definerer posisjonene og reaksjonskreftene til de vertikale skivene.
- 4 – RESULTAT Y-RETN: Beregner nødvendig lengde- og tverrarmering for last i Y-retning.
- 5 – RESULTAT X-RETN: Beregner nødvendig lengde- og tverrarmering for last i X-retning.
- 6 – OPPSUMMERING: Oppsummerer alle beregningsresultat i en tabell.

ABSTRACT

Precast concrete elements are structural parts which are produced in factories or in another position than its final position, and later transported and mounted on construction site. They are often reinforced with tensioned (pre- or post-) reinforcing steel to achieve increased load carrying capacity and spans, and also be slender elements. In slabs and roofs is the usage of hollow core elements the most common choice in Norway nowadays.

When hollow core elements are mounted together, they will static act as a *plate*. A *plate* will have a larger stiffness in its own plane and thereby brace the construction for horizontal forces. Together with the vertical walls it will give stiffening to the construction. In calculation, due to differences in the stiffness between the horizontal plate and the vertical walls, the plate can be considered as a beam.

The computing program “HD-Skive” has a main purpose to make the projecting phase in structural design of hollow core slabs more efficient. Some of the program’s advantages are:

- The calculation of cross-section equations for shear force and moment is not needed. For slabs with complicated geometry and loading this can give a lot of time-saving.
- The chosen cross-sections get calculated with just entering the position’s X- or Y-value. With several tests this could also give a lot of time-saving.
- One gets a comparison of stretch forces from the different load cases and can thereby easily find the necessary reinforcement.

HD-Skive requires Microsoft Excel version 2007 or newer to work properly. The program is divided into six worksheets. The sheets are described below:

- 1 – INPUT DEKKE: Defines the modular axis and the slab’s dimension and geometry.
- 2 – INPUT LASTER: Defines the applied loads with its dimension and extensions.
- 3 – INPUT SKIVER: Defines the positions and reaction forces to the vertical walls.
- 4 – RESULTAT Y-RETN: Calculates the necessary longitudinal and transverse reinforcements caused by loading in the Y-direction.
- 5 – RESULTAT X-RETN: Calculates the necessary longitudinal and transverse reinforcements caused by loading in the X-direction.
- 6 – OPPSUMMERING: Summarizes the calculation results into a table.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	Introduksjon.....	19
1.1	Generelt om betongelementer	19
1.2	Hulldekkeelementet	19
1.3	Plater og skiver.....	20
1.4	Skiver av hulldekker.....	21
1.5	Beregningsgangen for skiver av betongelementer.....	22
2.	Dimensjoneringsregler og teorigrunnlag.....	23
2.1	Indre Momentarm	23
2.1.1	Indre momentarm i HD-Skive.....	23
2.2	Kraftoverføring.....	23
2.2.1	Overføring av moment.....	24
2.2.2	Overføring av skjærkraft.....	24
2.2.3	Aksialkraft.....	25
2.2.4	Oppleggslast.....	25
2.2.5	Kraftoverføring i HD-Skive.....	25
2.3	Minimumskrefter.....	26
2.3.1	Minimumskrefter i HD-Skive.....	26
2.4	Kraftinnføring i vertikalskiver	27
2.4.1	Kraftinnføring til lang vegg ved sidekant.....	27
2.4.2	Kraftinnføring til kort vegg ved sidekant.....	27
2.4.3	Kraftinnføring til kort vegg inne i dekkeskiven.....	27
3.	Brukerbehov.....	29
3.1	Brukerundersøkelse.....	29
3.1.1	Respons.....	29
4.	Brukerveiledning.....	31
4.1	Presentasjon av HD-Skive	32
4.1.1	Excel-versjon.....	32
4.1.2	Filformat.....	32
4.1.3	Bruksområde	32
4.1.4	Begrensninger	32
4.1.5	Beregningsforutsetninger	32
4.1.6	Aktivering av makroer	33
4.2	Gjennomgang av inputsidene i regnearket	33
4.2.1	Generelt.....	33
4.2.2	Input Dekke	33
4.2.3	Input Laster	36
4.2.4	Input Skiver	38
4.3	Beregningsresultat.....	41
4.3.1	Resultat X-retn og Resultat Y-retn	41
4.3.2	Skjærkraft- og momentdiagram.....	42
4.3.3	Skjema for lengdearmring.....	44
4.3.4	Skjema for tverrarmring.....	45
4.4	Oppsummering.....	46
4.4.1	Kraftinnføring i vertikalskiver.....	46
4.4.2	Oppsummeringstabell.....	46

4.4.3	Lagre som PDF.....	46
5.	Verifisering med håndregning	47
5.1	Generelt.....	47
5.2	Beregningsmodell av avstivingssystemet	47
5.3	Laster i X- og Y-retning.....	48
5.3.1	Lasttilfelle 1 – Vindlast i X-retning.....	48
5.3.2	Lasttilfelle 2 – Vindlast i Y-retning.....	48
5.3.3	Lasttilfelle 3 – Skjevstillingslast i X-retning.....	48
5.3.4	Lasttilfelle 4 – Skjevstillingslast i Y-retning.....	48
5.3.5	Vindsug.....	48
5.3.6	Lastkombinajsoner.....	49
5.4	Vertikalskivenes posisjonsdata	49
5.5	Kraftfordeling til vertikalskivene.....	49
5.6	Snittkrefter på dekkeskiven	50
5.6.1	Last i X-retningen – Lastkombinasjon 1	50
5.6.2	Last i Y-retningen – Lastkombinasjon 2	52
5.7	Dimensjonering av dekkeskive med last i X-retning.....	54
5.7.1	Dimensjonering av lengdearmering.....	54
5.7.2	Dimensjonering av tverrarmring.....	56
5.7.3	Kontroll av øvre grense for skjærspenninger	57
5.8	Dimensjonering av dekkeskive med last i Y-retning.....	57
5.8.1	Dimensjonering av lengdearmering.....	57
5.8.2	Dimensjonering av tverrarmring.....	59
5.8.3	Kontroll av øvre grense for skjærspenninger	60
5.8.4	Kraftinnføring i vertikalskiver.....	61
5.9	Oppsummering.....	63
5.10	Beregning i HD-Skive	63
6.	Konklusjon	67
	Kildeliste	68
	Vedlegg A.....	I
	Vedlegg B.....	I
	Vedlegg C	I
	Vedlegg D.....	I

FIGURLISTE

Figur 1 – Bygningseksempel der hovedkonstruksjonen består av betongelementer (bærende yttervegger med hulldekker).....	19
Figur 2 – Eksempel på hulldekkeelement. Antall hull pr. element og utformingen av hullene varierer med elementtykkelse og produsent.....	19
Figur 3 – Dekkeelement som virker som en plate.....	20
Figur 4 – Dekkeelement som virker som en skive.....	20
Figur 5 – Fler-etasjes skivebygg med avstivende dekkeskive og vertikale veggskiveelementer..	20
Figur 6 – Forenklet figur av en dekkeskive sammensatt av elementer som blir påført horisontallast og opptrer som en liggende bjelke.....	21
Figur 7 – Flytskjema som viser fremgangsmåten for beregning av skiver av betongelementer. Punkt 1, 2, og 3 må beregnes før man kan ta i bruk HD-Skive.....	22
Figur 8 – Indre momentarm i skiver.....	23
Figur 9 – Enkleste form for skive av hulldekker. Fordeling av snittkrefter etter bjelket teori.....	24
Figur 10 – Kraftmodell for hulldekke opplagt på LB.....	25
Figur 11 – Anbefalt minimumskrefter i et typisk dekke i bruddgrensetilstand.....	26
Figur 12 – Kraftinnføring til lang vegg ved sidekant.....	27
Figur 13 – Kraftinnføring til kort vegg ved sidekant.....	27
Figur 14 – Kraftinnføring til kort vegg inne i dekkeskiven.....	27
Figur 15 – Sikkerhetsadvarsel.....	33
Figur 16 – Definerings av modulakser.....	33
Figur 17 – Modulnett med inputdataene fra Figur 16.....	34
Figur 18 – Eksempel på ytterveggsbredde og akseforskyvning fra bind H (Figur H5.1).....	34
Figur 20 – Eksempel på sammenhengen mellom matrisen og dekkefiguren.....	35
Figur 19 – Eksempel på ytterveggsbredde og akseforskyvning fra bind C (Figur C13.25).....	35
Figur 21 – Soneinndeling og notasjon av vindlasten.....	36
Figur 22 – Eksempel på lastfigur. Alle kreftene er i den definerte positive retningen.....	37
Figur 24 – Veggskivenes lokale akseplassing.....	38
Figur 23 – Lokale krefter fra vindsug som opptas av hulldekkenes endefuger.....	38
Figur 25 – Illustrasjon av Skive 5 sin posisjonsdata.....	39
Figur 26 – Hjelpefigur som viser skivereaksjonenes plassering og retning. Denne gjelder for fordeling av last i X-retning.....	40
Figur 28 – Skjærkraft- og momentdiagram fra HD-Skive fra last i X-retning.....	42
Figur 27 – Skjærkraft- og momentdiagram fra dimensjoneringseksempelen i bind H (Figur H5.5). Last i X-retning.....	42
Figur 30 – Skjærkraft- og momentdiagram fra HD-Skive fra last i Y-retning.....	43
Figur 29 – Skjærkraft- og momentdiagram fra dimensjoneringseksempelen i bind H (Figur H5.7). Last i Y-retning.....	43
Figur 31 – Skjema for beregning av lengdearmering.....	44
Figur 32 – Skjema for beregning av tverrarmering.....	45
Figur 33 – Forenklet beregningsmodell av plantegningen.....	47
Figur 34 – Fire lasttilfeller:.....	48
Figur 35 – Forenklet bjelkemodell av dekkeskiven for lastkombinasjon 1.....	50
Figur 36 – Moment- og skjærkraftdiagram fra lastkombinasjon 1.....	51
Figur 37 – Forenklet bjelkemodell av dekkeskiven for lastkombinasjon 2.....	52
Figur 38 – Moment- og skjærkraftdiagram fra lastkombinasjon 2.....	53

TABELLISTE

Tabell 1 – Inputtabell for vindlastens størrelse, utstrekning og lastfaktor i Y-retning.	36
Tabell 2 – Inputtabell for skjevstillingslastens størrelse og lastfaktor i Y-retning.....	37
Tabell 3 – Inputtabell for de X- og Y-orienterte skivene fra eksempelet i bind H (Tabell H5.3)....	39
Tabell 4 – Inputtabell for reaksjonskreftene til de vertikale veggskivene.....	40
Tabell 5 – Tabell med snittkrefter og posisjon for egendefinerte snitt.....	41
Tabell 6 – Utdrag fra kraftinnføring i vertikalskiver i Y-retning.....	46
Tabell 7 – Vertikalskivenes posisjonsdata.....	49
Tabell 8 – Reaksjonskrefter fra vind- og skjevstillingslast i X-retning.....	49
Tabell 9 – Reaksjonskrefter fra vind- og skjevstillingslast i Y-retning.....	49
Tabell 10 – Oppsummering av snittligninger. Fullstendig utregning finnes i Vedlegg C.....	50
Tabell 11 – Oppsummering av snittligninger. Fullstendig utregning finnes i Vedlegg C.....	52
Tabell 12 – Oversikt over dimensjonerende beregningsresultat.....	63
Tabell 13 – Oppsummering med utvalgte bilder fra fremgangsmåten i HD-Skive.....	64
Tabell 14 – Oppsummeringstabell fra beregningsutskriften.....	65

DEFINISJONER

M – Moment

V – Skjærkraft i de langsgående fugene

V_H – Skjærkraft langs endefugen

N – Aksialkraft

S_M – Strekkraft på grunn av moment

S_V – Strekkraft på grunn av skjærkraften V

S_H – Strekkraft på grunn av skjærkraften V_H

S_N – Strekkraft på grunn av aksialkraft

b – Elementbredde

σ – Spenning

F_C – Trykkresultant i trykksonen

z – Indre momentarm

τ_V – Skjærspenning i langsgående fuge

τ_H – Skjærspenning i endefuge

N_f – Oppleggslast/Hyllelast

LB-bjelker – Rette bjelker med L-tverrsnitt

DLB-bjelker – Rette bjelker med omvendt T-tverrsnitt

DT-element – Tak- og dekkeelement med dobbel T-tverrsnitt. Også kalt ribbeplate

HD-Skive – Navn på utviklet beregningsprogram

V-Skive – Beregningsprogram utviklet av Ove Sletten (<http://www.ove-sletten.no>)

Beregner kraftfordelingen av de horisontale lastene til de vertikale skivene

Input – Data som legges inn i beregningsprogrammet

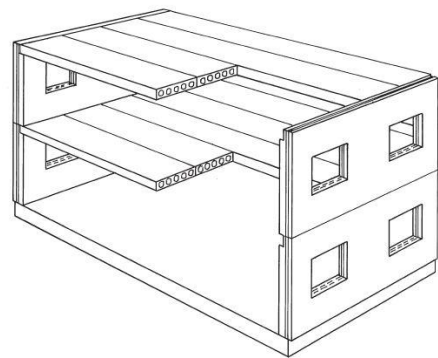
Output – Beregningsresultater

1. INTRODUKSJON

Dette kapittelet vil starte med å gi en generell introduksjon om betongelementer, og videre gi en nærmere presentasjon av hulldekkeelementet. Videre vil kapittelet fokusere på å definere begrepene plate og skive og hvordan hulldekker sammen opptrer mot de horisontale og vertikale lastene.

1.1 GENERELT OM BETONGELEMENTER

Betongelementer er bygningsdeler som er produsert i fabrikker eller et annet sted enn der de skal brukes, og senere transportert og montert på byggeplassen. I Norge startet produksjonen av betongelementer sent på 1950-tallet, som en del av oppbyggingen etter 2. verdenskrig. I dag går tilnærmet 15 % av Norges totale sementforbruk til betongelementer(1). Elementene går ofte under begrepet "prefabrikkert betong" eller bare "prefab", og kan utføres enten med spennarmert eller slakkarmert armering. Spennarmering deles inn i to undertyper: *fjoroppspent* og *etteroppspent*. Skillet går mellom om armeringen spennes opp før betongen støpes eller etter betongen har herdet. I motsetning er slakkarmering ordinær armering som brukes i tradisjonell betongstøping. De mest vanlige elementene som blir produsert er bjelker, søyler, tak-, dekke- og fasadelementer. Figur 1 viser et bygningseksempel hvor det er brukt bærende yttervegger og hulldekker som hovedkonstruksjon (2).



Figur 1 - Bygningseksempel der hovedkonstruksjonen består av betongelementer (bærende yttervegger med hulldekker).

1.2 HULLDEKKEELEMENTET

Ofte blir prefabrikkerte betongelementer spennarmert for å oppnå økt bæreevne og spennvidder, men samtidig være slanke elementer. Et eksempel på dette er *hulldekkeelementet*. Hulldekke beskrives av betongelementprodusenter som planparallelt dekkeelement som er meget velegnet, stabilt og svært økonomisk til dekker og tak (3). Standard modulbredde er 1200 mm, høyde er fra 200 til 500 mm og betongfasthetsklasse er B45. Elementet gir muligheten til frie spenn på opptil 20 meter uten bærende innervegger, bjelker og søyler (4). Det kan også skilte med god lydisolasjonsevne, kort byggetid, fine overflater og brannmotstandstid på 60 minutter i standard utførelse. Kanalene gir også muligheter til fremføring av elektro- og VVS-installasjoner, eller kan benytte direkte som ventilasjonskanaler. Elementene er stort sett brukt i tak og dekker i kontor- og forretningsbygg, boliger, skoler og sykehus (2). Figur 2 illustrerer et eksempel på hulldekkeelement. Antall hull pr. element og utforming av hullene varierer med elementtykkelse og produsent.



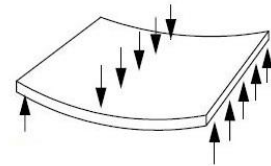
Figur 2 - Eksempel på hulldekkeelement. Antall hull pr. element og utforming av hullene varierer med elementtykkelse og produsent.

1.3 PLATER OG SKIVER

Som nevnt i forrige avsnitt har betongelementer, som hulldekker og DT-elementer, ofte en funksjon som dekker i etasjeskiller eller tak. Statisk kan elementene som "bindes" sammen i fugene virke som *plater* eller *skiver*:

a) Plater

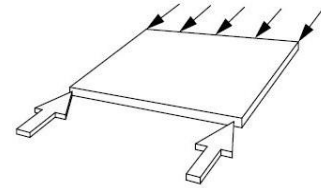
- Når laster blir påført normalt på elementets plan, virker elementet som en *plate*. For hulldekker vil de vertikale kreftene, som for eksempel *egenlast* og *nyttelast*, bli tatt opp og ført ut til bjelker og søyler eller vegger og videre ned til fundamentet (5). Figur 3 illustrerer prinsippet (6).



Figur 3 – Dekkeelement som virker som en plate.

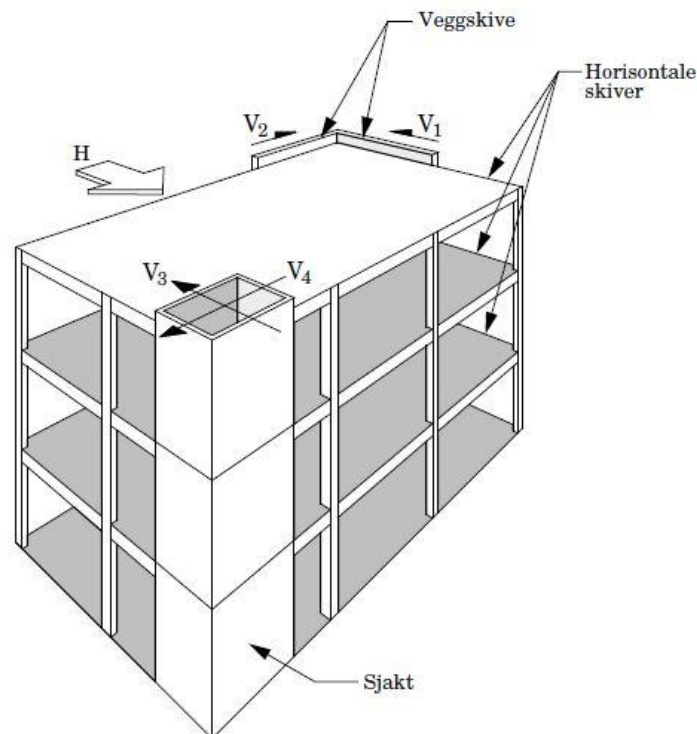
b) Skiver

- Når laster blir påført i elementets eget plan, virker elementet som en *skive*. For hulldekker vil de horisontale kreftene, som for eksempel *vindlast* og *skjevstillingslast*, bli tatt opp og ført ut til den vertikale avstivende konstruksjonen og ned til fundamentet. Figur 4 illustrerer prinsippet (6).



Figur 4 – Dekkeelement som virker som en skive.

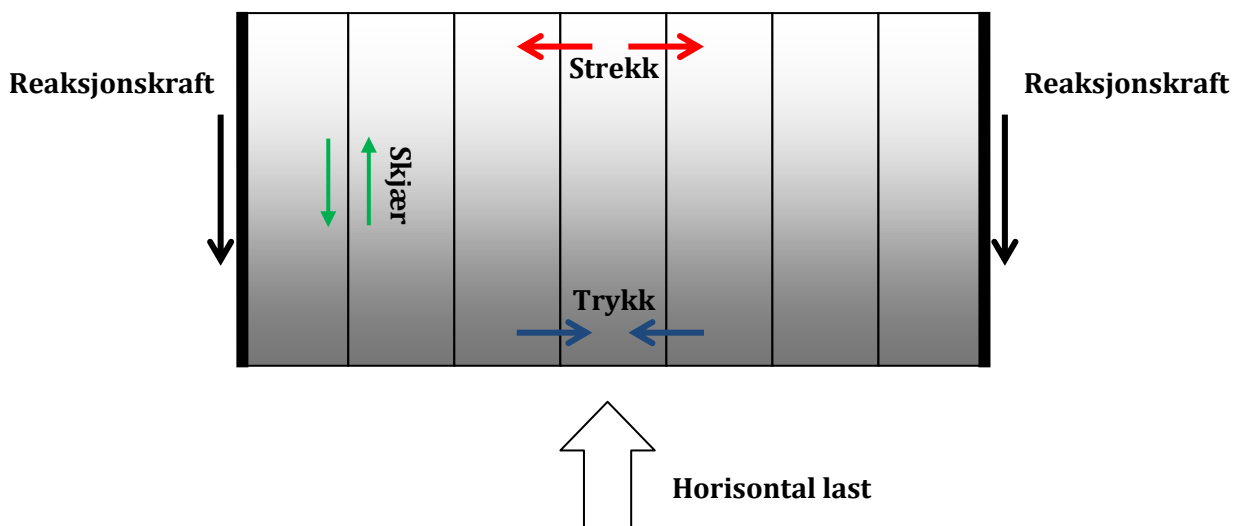
En skive vil tåle en større lastpåføring enn plater på grunn av forskjellene i stivheter. Det er derfor fordelaktig og veldig vanlig å utforme en avstivende konstruksjon slik at kreftene i størst mulig grad opptas ved skivevirkning. Fellesbetegnelsen på slike bygg er *skivebygg*, hvor de horisontale og de vertikale skivene fungerer som *avstivningssystem* (7). Et typisk eksempel på et slikt bygg er vist i Figur 5 (8).



Figur 5 – Fler-etasjes skivebygg med avstivende dekkeskive og vertikale veggskiveelementer.

1.4 SKIVER AV HULLDEKKER

Hulldekker er det mest vanlige elementet i horisontale dekkeskiver i Norge i dag (8). Det armeres vanligvis kun i fugene mellom elementene, noe som medfører begrenset plass til armering. Ved store påkjenninger kan bruk av armert påstøp eller sveisede kompaktplater i de mest kritiske områdene bli aktuelt (6). Ved beregning blir horisontalskiven betraktet som en bjelke hvor de vertikale skivene virker som oppleggspunkter for bjelken. Figur 6 viser en forenklet tegning av hvordan en skive satt sammen av elementer opptrer som en bjelke:



Figur 6 – Forenklet figur av en dekkeskive sammensatt av elementer som blir påført horisontallast og opptrer som en liggende bjelke.

Antagelsen om at dekkeskiven kan betraktes som en bjelke gjelder kun hvis skiven er høy og tynn og er lavt utnyttet. Årsaken til dette begrunner betongelementboken bind B¹ med følgende (6):

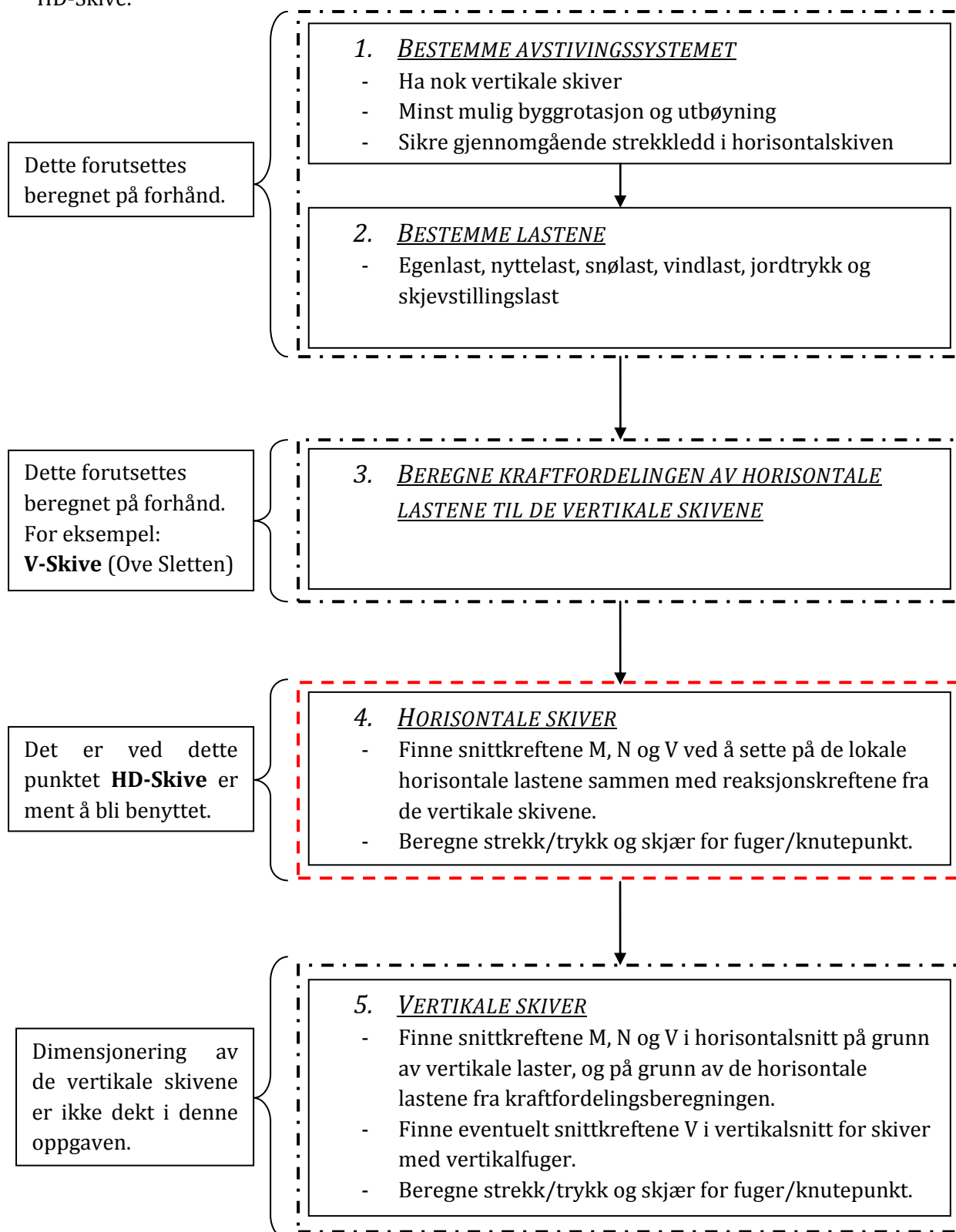
- "Beregningsmodellen for lastfordelingen på de vertikale deler forutsetter meget stive horisontalskiver.
- De typiske skiver som behandles (...) kan normalt ikke utformes slik at man kan plassere og forankre store armeringsmengder eller ta opp store skjærkrefter konsentrert ved forankringen til de vertikale skivene.
- Erfaring viser at horisontalskiver dimensjonert etter de regler som er angitt i det følgende blir lavt utnyttet som bjelker, men får likevel en stivhet som er så stor at forutsetningen om stor stivhet i forhold til de vertikale skiver stemmer rimelig bra."

En nærmere beskrivelse av kraftoverføringen og dimensjoneringsregler som gjelder for skiver av hulldekker kommer i kapittel 2.

¹ Sitat hentet fra betongelementboken bind B kapittel B12 side 110

1.5 BEREGNINGSGANGEN FOR SKIVER AV BETONGELEMENTER

Flytskjemaet i Figur 7 viser en generell fremgangsmåte for beregning av skiver av betongelementer (7). Det er markert med rød stiplet linje hvor HD-Skive kommer inn i beregningsgangen. Det viser også hva som må være beregnet på forhånd før man kan ta i bruk HD-Skive.



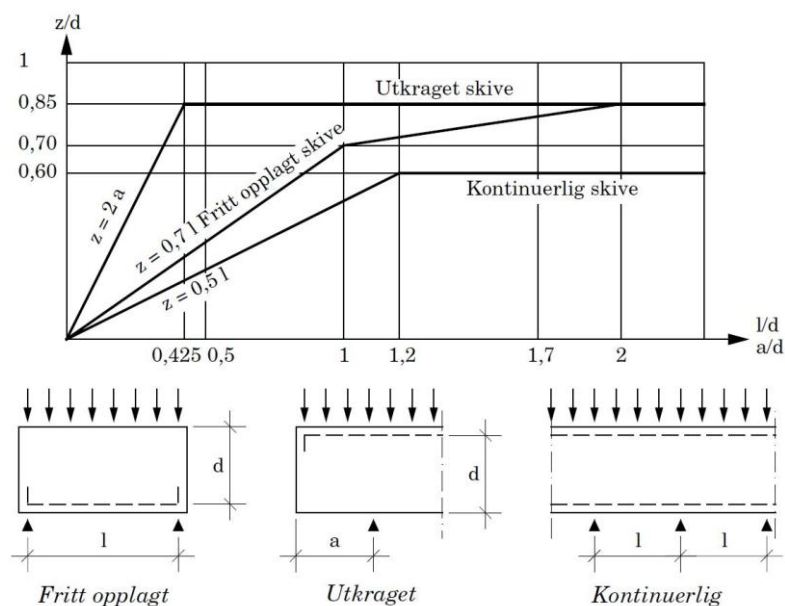
Figur 7 – Flytskjema som viser fremgangsmåten for beregning av skiver av betongelementer. Punkt 1, 2, og 3 må beregnes før man kan ta i bruk HD-Skive.

2. DIMENSJONERINGSREGLER OG TEORIGRUNNLAG

Dette kapitlet vil gi en presentasjon av de aktuelle dimensjoneringsreglene og teorigrunnlaget som gjelder for HD-Skive.

2.1 INDRE MOMENTARM

Indre momentarm (z) er avstanden mellom kraften i strekkarmeringen og trykkresultanten av betongspenningene i trykksonen. Den indre momentarmen i skiver følger diagrammet i Figur 8 (6):



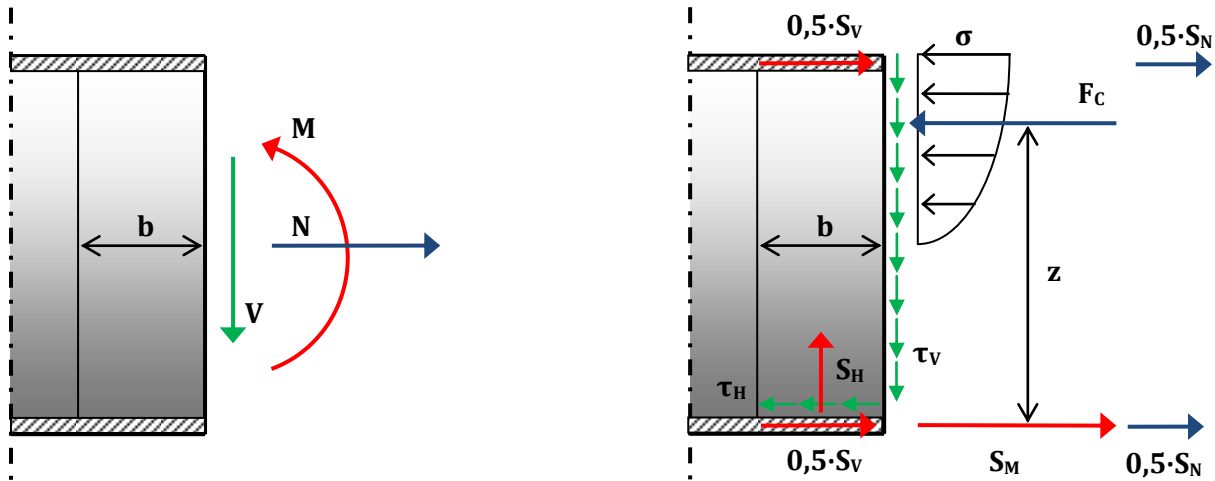
Figur 8 – Indre momentarm i skiver

2.1.1 INDRE MOMENTARM I HD-SKIVE

Etter samtaler med konstruktørene på Spenncon AS i Trondheim og veileder Leidulv Vinje er det funnet hensiktsmessig å la indre momentarm være en input i HD-Skive. Det er viktig å bruke en verdi som gir en fornuftig sammenheng i skiven. Det kan også hende at man må interpolere mellom to verdier i diagrammet i Figur 8. Disse bedre at brukeren foretar disse vurderingene enn at programmet gjør det.

2.2 KRAFTOVERFØRING

Elementer og forbindelser dimensjoneres for strekk/trykk og skjær som snittkreftene moment, skjærkraft og aksialkraft gir. Det er normalt vindkrefter som skaper disse snittkreftene, derfor må det dimensjoneres for at strekk- og trykksonen kan bytte side. For hulldekkeskiver prøver man å tilnærme vanlig teori for armert betong så godt som mulig (6). Figur 9 viser den enkleste form for skive av hulldekker og hvordan snittkreftene fordeles.



Figur 9 – Enkleste form for skive av hulldekker. Fordeling av snittkrefter etter bjelketeori

2.2.1 OVERFØRING AV MOMENT

Momentet (M) overføres som kraftpar med en indre momentarm (z) som hentes fra Figur 8. Kraftparet består av momentstrekket (S_M) og trykkresultanten (F_C) til momenttrykket (σ). Momentstrekket tas vanligvis opp av strekkarmeringen på tvers av de langsgående fugene, og momenttrykket av betongtrykket. Formelen (1.1) for momentstrekket blir dermed:

$$S_M = \frac{M}{z} \quad (1.1)$$

2.2.2 OVERFØRING AV SKJÆRKRAFT

Skjærkraften (V) overføres langs de utstøpte fugene mellom elementene som skjærspenning (τ_v). Den aktuelle formelen for skjæroverføring i hulldekkefuger er funnet i Eurokode 2 (8; 9):

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} \cdot A_i + \mu \cdot f_{yd} \cdot A_s \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad [\text{EC2 6.2.5(1)}]$$

I tillegg settes den øvre grensen for skjærspenninger i fugen lik 0,15 MPa for glatt fuger:

$$\tau_{\max} = 0,15 \text{ MPa} \quad [\text{EC2 10.9.3(12)}]$$

Dette er betydelig lavere enn den generelle øvre grensen $0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$. Det antas videre ekstrudert overflate og glatt fuger:

$$c = 0 \quad [\text{EC2 6.2.5(4)}]$$

$$\mu = 0,6 \quad [\text{EC2 6.2.5(2)}]$$

Vi får dermed formel (1.2) for skjærkapasitet i hulldekkefuger etter Eurokode 2:

$$V = \mu \cdot f_{yd} \cdot A_s \leq 0,15 \cdot A \quad (1.2)$$

I Figur 9 opptas denne skjærkraften av strekkarmeringen i strekk- og trykksonen. Det er altså to fuger som tar opp kraften ($n = 2$). Formelen (1.3) for skjærstrekket blir dermed:

$$S_v = \frac{V}{\mu \cdot n} \quad (1.3)$$

I tillegg overføres skjærkraften (V_H) ved endefugen. Her gjelder formel (1.4):

$$V_H = \frac{V}{z} \cdot b \quad (1.4)$$

Dette medfører at det må strekkarmeres på tvers av endefugen. Formelen (1.5) for skjærstrekket blir dermed:

$$S_H = \frac{V \cdot b}{\mu \cdot z} \quad (1.5)$$

Øvre grense for skjærspenning gjelder både i de langsgående fugene og i endefugene. Her gjelder formel (1.6):

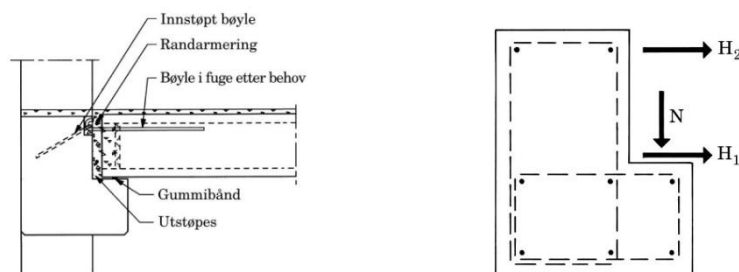
$$\tau_{\max} = \frac{V}{z \cdot t} < 0,15 \text{ MPa} \quad (1.6)$$

2.2.3 AKSIALKRAFT

Horisontale skiver er vanligvis ikke påkjent av aksialkrefter av noen betydning (6). Vanligvis tas det hensyn til vindsugets strekkraft på gavlvegger i dimensjoneringen av strekkarmering. Er det betydelige aksialkrefter må dette kontrolleres spesielt, for eksempel i dekkekonstruksjoner utsatt for store jordtrykk (10).

2.2.4 OPPLEGGSLAST

I dimensjoneringen av nødvendig armering på tvers av endefugene må det også tas hensyn til kreftene som oppstår på grunn av oppleggslasten pr. hulldekker. Figur 10 viser kraftmodellen (10):



Figur 10 – Kraftmodell for hulldekke opplagt på LB.

Dette gir dermed et tillegg i den totale strekkraften etter formel (1.7):

$$S_{N_f} = H_2 = \frac{N_f \cdot e}{h} \quad (1.7)$$

2.2.5 KRAFTOVERFØRING I HD-SKIVE

Kraftoverføring blir aktuelt når man skal dimensjonere dekket for aktuell lengde- og tverrarmering. De aktuelle formlene som brukes i beregnings skjemaene blir da:

2.2.5.1 LENGDEARMERING

Strekkraft:
$$S_L = S_M + S_V + S_{N, \text{vindsug}} = \frac{M}{z} + \frac{V}{\mu \cdot n} + N_{\text{vindsug}} \quad (1.8)$$

Armeringsareal:
$$A_{S,L} = A_{S,M} + A_{S,V} + A_{S,N, \text{vindsug}} = \frac{M}{z \cdot f_{yd}} + \frac{V}{\mu \cdot n \cdot f_{yd}} + \frac{N_{\text{vindsug}}}{f_{yd}} \quad (1.9)$$

2.2.5.2 TVERRARMERING

$$\text{Strekraft: } S_T = S_V + S_M + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{V \cdot b}{\mu \cdot z} + \frac{M}{n \cdot z} + \frac{N_f \cdot e}{h'} + q_{vindsug} \cdot b \quad (1.10)$$

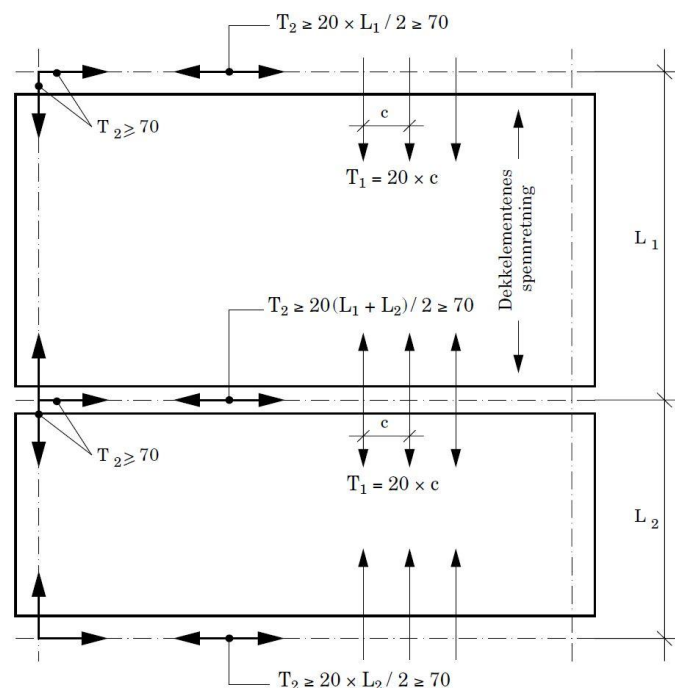
$$\begin{aligned} \text{Armeringsareal: } A_{S,T} &= A_{S,V} + A_{S,M} + A_{S,N_f} + A_{S,N,vindsug} \\ &= \frac{V \cdot b}{\mu \cdot z \cdot f_{yd}} + \frac{M}{n \cdot z \cdot f_{yd}} + \frac{N_f \cdot e}{h' \cdot f_{yd}} + \frac{q_{vindsug} \cdot b}{f_{yd}} \end{aligned} \quad (1.11)$$

2.3 MINIMUMSKREFTER

I betongelementboken anbefales det at normale betongelementbygg armeres for minimumskrefter. Disse kreftene skal ikke adderes til de allerede opptredende kreftene, men betraktes som en nedre grense. Hovedregelen hentet fra betongelementboken bind B² er (6):

"I dekker og vegger skal det ligge en fordelt armering i to kryssende retninger med en kapasitet som ikke er mindre enn 20,0 kN/m."

Figur 11 illustrer hvordan denne regelen praktiseres i et typisk dekke:



Figur 11 – Anbefalt minimumskrefter i et typisk dekke i bruddgrensetilstand

2.3.1 MINIMUMSKREFTER I HD-SKIVE

Alle strekkrefter som blir funnet i HD-Skive ved beregning av nødvendig lengdearmoring og tverrarmoring blir testet opp mot minimumskreftene. Hvis nødvendig strekkraft er mindre enn minimumskraften blir den automatisk overstreket. Når HD-Skive beregner lengdene L_1 og L_2 fra Figur 11 tar det ikke hensyn til utsparinger og hakk i skiva. Man må da fylle inn en overstyreende lengde i skjemaet for å få riktig minimumskraft (se punkt 7 i kapittel 5.3.3).

² Sitat hentet fra betongelementboken bind B kapittel B8 side 51

2.4 KRAFTINNFØRING I VERTIKALSKIVER

Når kreftene føres inn i de vertikale skivene, må man i tillegg kontrollere at elementene har kapasitet til å overføre skjærkraften ut til randarmeringen (7). Det er tre tilfeller som behandles:

- 1) Kraftinnføring til lang vegg ved hulldekkets sidekant
- 2) Kraftinnføring til kort vegg ved hulldekkets sidekant
- 3) Kraftinnføring til kort vegg inne i dekkeskiven

2.4.1 KRAFTINNFØRING TIL LANG VEGG VED SIDEKANT

Her følges en skjær-strekk modell hvor antall forankringsforbindelser (n) avhenger av størrelsen på skjærkraften (V). Figur 12 viser prinsippet. Forankringen er typisk innstøpte stålplater av flattstål. Strekkraften som må kontrolleres følger formel (1.3):

$$S_v = \frac{V}{\mu \cdot n}$$

2.4.2 KRAFTINNFØRING TIL KORT VEGG VED SIDEKANT

Når hele skiven er utnyttet og skjærkraften skal overføres til en mindre vertikal skive, kan man ikke overføre hele skjærkraften inn i vertikalskivens sidekant via skjær-friksjon. Betongelementboken anbefaler derfor en fordeling av skjærkraften (8). Fordelingen følger formel (1.12), (1.13) og (1.14) og vises i Figur 13:

$$V_T = \frac{l_1}{l} V \quad (1.12)$$

$$V_H = \frac{l_2}{l} V \quad (1.13)$$

$$V_S = \frac{l_3}{l} V \quad (1.14)$$

Eventuelt andre lokale opphengingslaster kommer i tillegg (7).

2.4.3 KRAFTINNFØRING TIL KORT VEGG INNE I DEKKESKIVEN

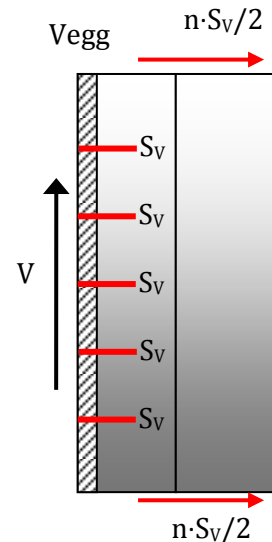
Prinsippet er tilsvarende som ved kraftinnføring til kort vegg ved sidekant (7). Formlene følger (1.12), (1.13) og (1.14) og viser skjærkreftene på høyre side av veggene i Figur 14:

$$V_{T,h} = \frac{l_1}{l} V$$

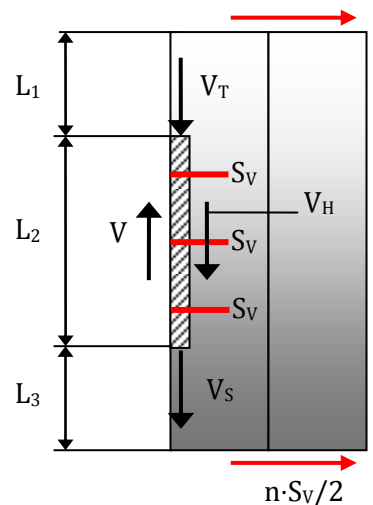
$$V_{H,h} = \frac{l_2}{l} V$$

$$V_{S,h} = \frac{l_3}{l} V$$

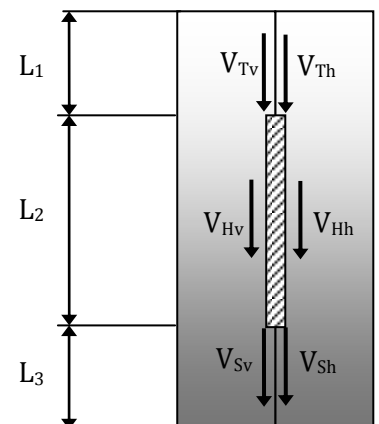
Tilsvarende gjelder også for venstre side.



Figur 12 – Kraftinnføring til lang vegg ved sidekant. $n \cdot S_v/2$



Figur 13 – Kraftinnføring til kort vegg ved sidekant.



Figur 14 – Kraftinnføring til kort vegg inne i dekkeskiven.

3. BRUKERBEHOV

HD-Skives hovedhensikt er at det skal effektivisere prosjekteringsarbeidet for dimensjonering av avstivende dekkeskiver. Dette kapittelet vil beskrive hvordan brukerbehovet ble kartlagt, og hvordan HD-Skive vil møte dette brukerbehovet.

3.1 BRUKERUNDERSØKELSE

Tidlig i programutviklingsfasen ble det utviklet en elektronisk brukerundersøkelse som ble sendt ut til utvalgte firma som til vanlig jobber med blant annet å prosjektere dekkeskiver av betongelementer. Brukerundersøkelsen inneholdt følgende spørsmål:

- Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?
- Hva brukes eventuelt for å dimensjonere dekkeskivene?
- Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?
- Hvordan fungerer programmet?
- Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?
- Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

3.1.1 RESPONS

Undersøkelsen fikk respons fra totalt 9 personer i forskjellige bedrifter i Norge. Svarene kan leses i sin helhet i Vedlegg B. Noen viktige punkter fra undersøkelsen blir diskutert her.

3.1.1.1 OVE SLETTENS V-SKIVE

Alle bedriftene benyttet Ove Slettens program V-Skive til å beregne de vertikale skivekreftene. Her legges inn dimensjoner og posisjoner til de vertikale skivene, størrelse på de påkjente horisontale lastene og dimensjoner på det horisontale dekket. Resultatet blir reaksjonskreftene fra de vertikale skivene. Dette er informasjon som er essensiell for dimensjoneringen av dekkeskiven. Det ble derfor først undersøkt om det fantes en løsning som automatisk kunne overføre input og output fra V-Skives beregningsutskrift og inn i HD-Skive. Det ble sendt en forespørsel til Ove Sletten som ble gitt følgende svar (11):

- Er det mulig å skrive ut/overføre resultatene (skivekrefter, koordinater, plassering, etc.) i V-skive til et regneark?
"Det er ikke mulig i programmet. Det er antagelig teknisk mulig å lage en løsning."
- Vet du om det finnes et beregningsprogram for hulldekkeskiver i bransjen?
"Nei."
- Har dere vurdert et slikt program?
"Nei."

Denne løsningen ble altså ikke ført videre, og det er derfor nødvendig at input og output fra V-Skive må føres inn i HD-Skive manuelt.

3.1.1.2 ANDRE BEREGNINGSPROGRAM FOR DEKKESKIVER I BRANSJEN

Ut ifra brukerundersøkelsen viste det seg at det eneste som finnes av beregningsprogrammer for de horisontale dekkeskivene er egenutviklede Excel-program. Disse programmene er til internt bruk og var derfor ikke mulig å studere videre.

3.1.1.3 BEHOV FOR STANDARDISERT PROGRAM

Flere i brukerundersøkelsen nevnte at det er ønskelig med et program som hjelper til med dimensjonering av hulldekkeskiver. Det viser at HD-Skive har et generelt behov i bransjen.

3.1.1.4 EFFEKTIVISERING AV PROSJEKTERINGSARBEIDET

Ut ifra svarene på brukerundersøkelsen, samt samtale med konstruktørene hos Spenncon AS i Trondheim og møte med Geir Ove Overrein hos COWI AS, er det blant annet ved følgende punkter HD-Skive kan effektivisere prosjekteringsarbeidet (12):

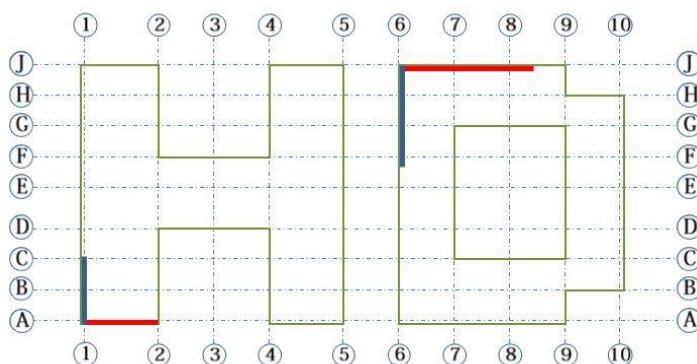
- Man slipper å beregne snittligninger for skjærkraft og moment. For dekker med komplisert geometri og lastpåkjenning kan dette være særdeles tidsbesparende.
- Snittene man velger blir ferdigregnet ved kun å føre inn posisjonens X- eller Y-verdi. Ved mange tester og snitt kan dette også være tidsbesparende.
- Man får en sammenligning av alle strekkrefter for de forskjellige lasttilfellene, samt kraftinnføring i vertikalskiver, og kan derfor raskt finne dimensjonerende forankringsmengde.

4. BRUKERVEILEDNING



Versjon 1.1

Juni 2012



HD-Skive © er utarbeidet i Microsoft Excel 2007 av:

Vidar Aunan
Korsgata 12 A
7030 TRONDHEIM
Tlf.: 92 09 63 26

Vidar Aunan 2012

4.1 PRESENTASJON AV HD-SKIVE

4.1.1 EXCEL-VERSJON

HD-Skive krever Microsoft Excel versjon 2007 eller nyere for å fungere.

4.1.2 FILFORMAT

HD-Skive er lagret som en makroaktivert mal for Microsoft Excel (.xltm). Denne filen er umulig å overskrive og vil alltid åpne en ny fil uten inputdata. Før man begynner på et nytt prosjekt bør man lagre filen som *makroaktivert arbeidsbok* (.xslm) med ønsket navn og plassering.

4.1.3 BRUKSOMRÅDE

HD-Skive brukes til å:

- Beregne snittkreftene M , N og V som opptrer i dekkeskiven på grunn av reaksjonskreftene fra de vertikale skivene og den påkjente horisontallasten.
- Benytte nevnte snittkrefter til å finne nødvendig lengdearmring og tverrarmring i fuger på grunn av last i X- og Y-retning.

4.1.4 BEGRENSNINGER

4.1.4.1 GENERELLE BEGRENSNINGER

- Tar ikke direkte hensyn til hakk eller store utsparinger i dekket.
- Ikke mulig med skrå geometri på dekkeskiven.
- X- og Y-koordinater til de vertikale skivenes posisjon bør avrundes til nærmeste 50 mm.

4.1.4.2 INPUTBEGRENSNINGER

- Maksimalt 10 vertikale skiver orientert i X-retning
- Maksimalt 10 vertikale skiver orientert i Y-retning
- Maksimalt 10 modulakser i X-retning
- Maksimalt 10 modulakser i Y-retning

4.1.5 BEREGNINGSFORUTSETNINGER

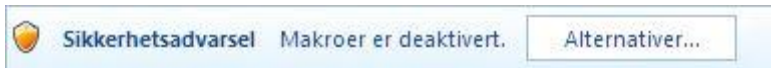
HD-Skive følger formlene fra teorigrunnet som er beskrevet i kapittel 2. For beregningene gjelder det noen forutsetninger:

- Momentet veggskivene normalt på lastretningen gir gjøres om til en ekvivalent linjelast ved at momentbidragene summeres og etterpå deles på den totale lengden. Det samme er gjort i kapittel 5, se for eksempel Figur 36. Dette er en forenkling som ikke er helt riktig, og ved store rotasjoner bør enten avstivningssystemet revurderes eller nøyaktigere beregninger foretas som for eksempel FEM-analyse.
- HD-Skive beregner snittligninger etter forenklet bjelketeori. Det vil si at antagelsene at skiven kan betraktes som en bjelke i kapittel 1.4 må gjelde.
- Lasttilfellene man benytter må stemme overrens med de man benyttet for å beregne reaksjonskreftene i de avstivende vertikale veggskivene for å oppnå likevekt.
- Alle resultater bør kontrolleres, og programutvikler tar ingen ansvar for direkte eller indirekte følger feil i programmet medfører.

4.1.6 AKTIVERING AV MAKROER

Makroer automatiserer oppgaver som brukes ofte i Microsoft Office programvaren. Som en forhåndsinnstilling hos Microsoft Excel er makroer deaktivert av sikkerhetshensyn. Det kan leses mer om makroer og sikkerhet i Excels Hjelp-funksjon som fås frem ved å trykke tasten F1 og søke opp ordet "Makro".

HD-Skive inneholder funksjoner som krever at makroer er aktivert for at man skal få et resultat. I Microsoft Excel versjon 2007 og nyere får man opp en sikkerhetsadvarsel som vist i Figur 15. Der trykker man "Alternativer..." og videre "Aktiver dette innholdet".



Figur 15 – Sikkerhetsadvarsel.

Som en forhåndsinnstilling i Microsoft Excel må denne aktiveringen gjøres hver gang HD-Skive åpnes. Hvis man vil skru av dette varselet trykker man Office-knapp -> "Alternativer for Excel" -> "Klareringscenter" -> "Innstillinger for klareringscenter". Der velger man "Aktiver alle makroer". Denne innstillingen blir da gjeldende for alle Office dokumenter, og bør kun gjøres av brukere med kompetanse på området.

4.2 GJENNOMGANG AV INPUTSIDENE I REGNEARKET

4.2.1 GENERELT

Her vil alle inputsidene bli gjennomgått og vist med eksempler. Verdiene som er brukt er hentet fra dimensjoneringseksemplene i betongelementboken bind C og H³ (10; 8).

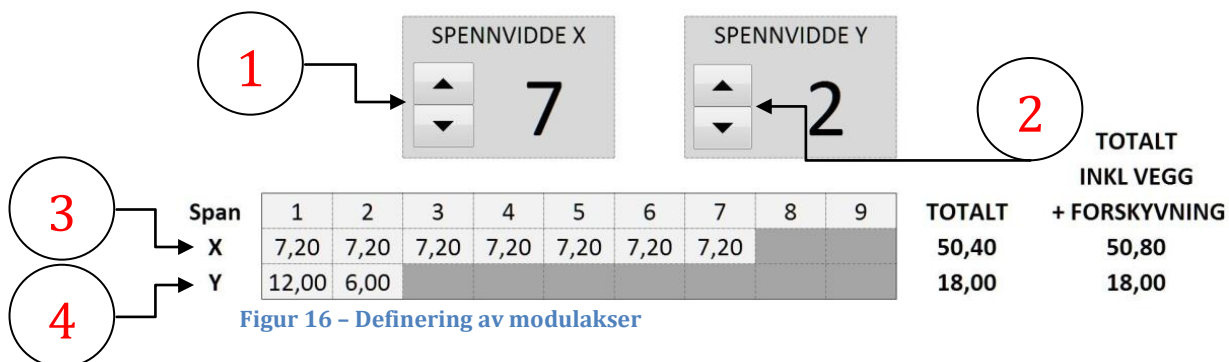
4.2.2 INPUT DEKKE

Den første siden man møter er "1 – INPUT DEKKE". Her er hensikten å definere modulaksene, dekkets dimensjoner og geometri.

4.2.2.1 DEFINERE MODULAKSENE

Første steg er å definere modulaksene til dekket. Dette gjøres ved å bruke piltastene **(1)** og **(2)**. Det er en begrensning på minimalt 1 og maksimalt 9 spennvidder i begge retninger. Deretter fylles inn avstandene mellom aksene i X- og Y-retning i radene **(3)** og **(4)**.

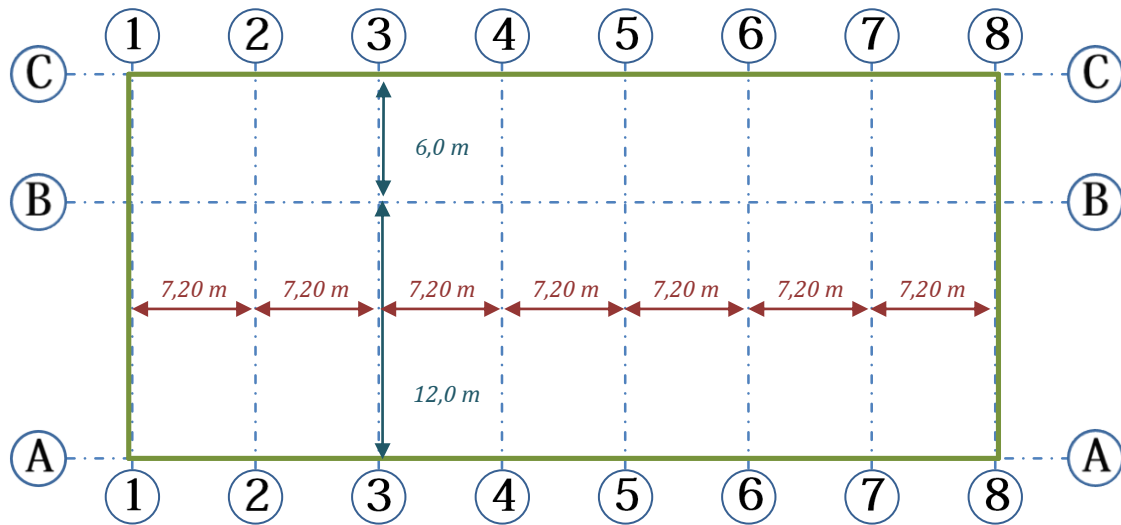
Dimensjoneringsksempelen i bind H har følgende modulaksler:



Figur 16 – Definerings av modulaksler

³ Verdiene er hentet fra betongelementboken bind H kapittel H5 side 69 – 86 og betongelementboken bind C kapittel C13.4 side 257 – 279.

Inputdataene i Figur 16 gir modulnettet vist i Figur 17:

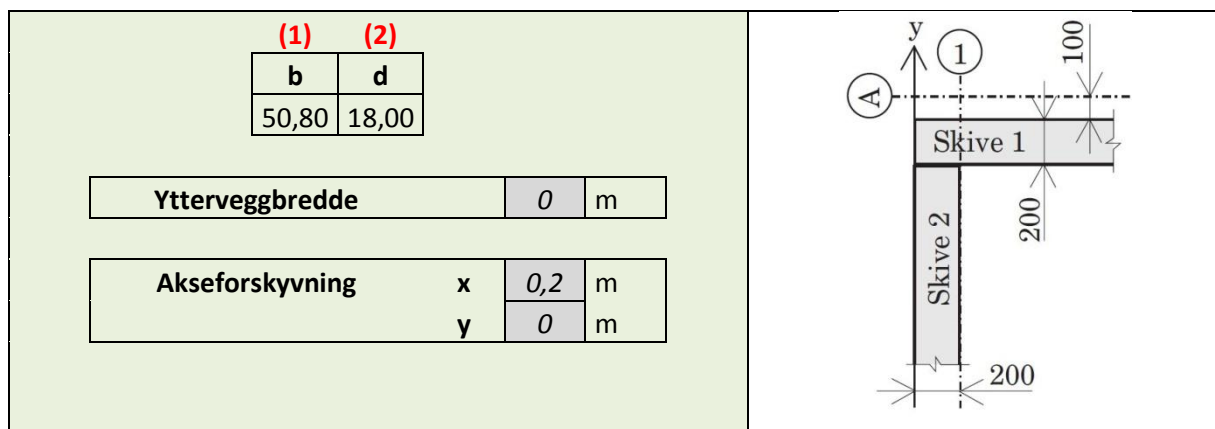


Figur 17 – Modulnett med inputdataene fra Figur 16.

4.2.2.2 FORSKYVE AKSER OG VEGGTYKKELSE

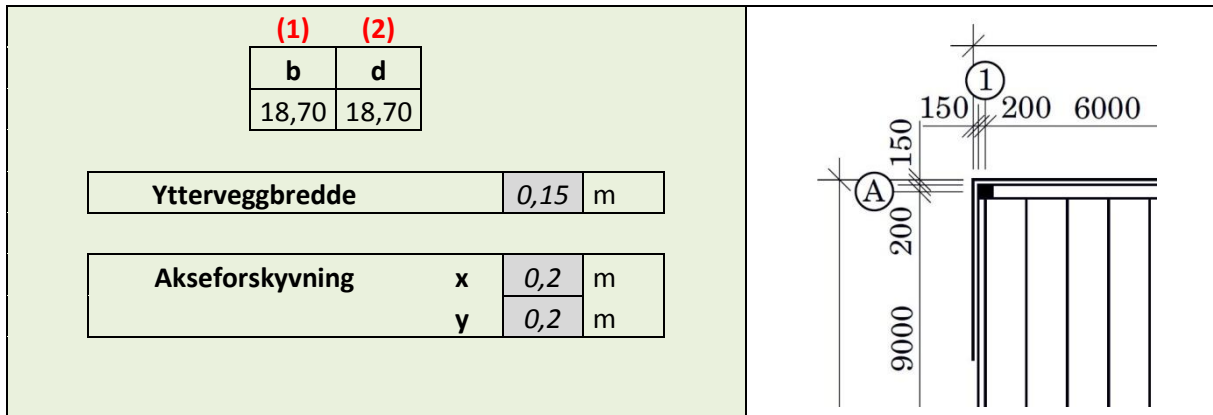
Avhengig av prosjektets aksestystem kan det være aktuelt å forskyve modulaksene slik at de blir helt eller delvis sentrisk plassert over søylene. Dette kan gjøres i cellene *akseforskyvning* hvor man forskyver aksestjæringspunktet A-1 med en X- og en Y-lengde. I tillegg har man mulighet å legge til en ytterveggbredde. Den valgte akseforskyvningen og ytterveggbredden legges til variablene **b (1)** og **d (2)** som henholdsvis er bredde i X- og Y-retning. Disse variablene er sentrale i den videre utregningen og er viktig å få korrekte.

Figur 18 viser akseforskyvningen fra dimensjoneringseksempelet i bind H (8):



Figur 18 – Eksempel på ytterveggbredde og akseforskyvning fra bind H (Figur H5.1).

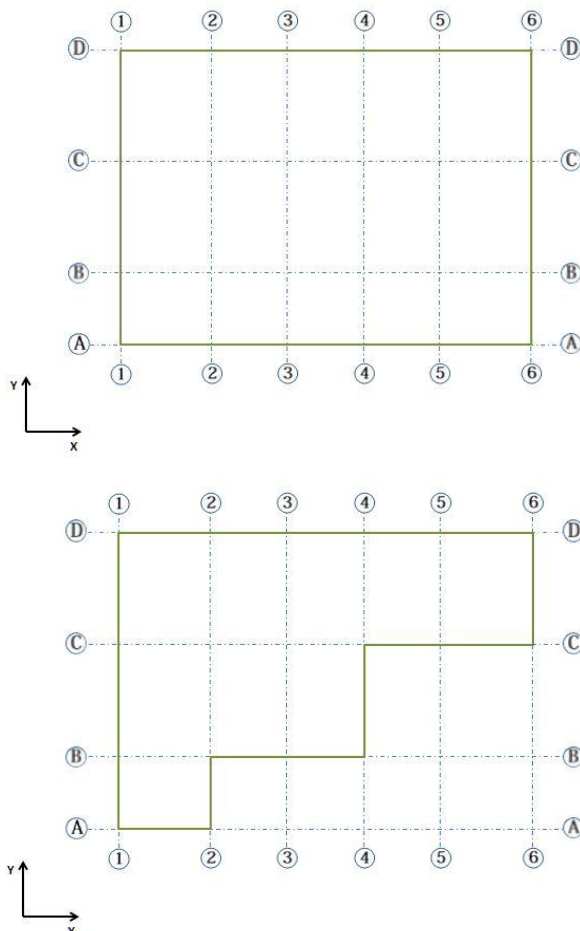
Figur 19 viser akseforskyvning og ytterveggbredde fra dimensjoneringseksemplet i bind C (10):



Figur 19 – Eksempel på ytterveggbredde og akseforskyvning fra bind C (Figur C13.25).

4.2.2.3 DEKKETS FORM I AKSESYSTEMET

Det neste steget er å tegne inn dekket i det definerte akse-systemet. Dette gjøres ved å fylle inn tallet **1** i den tilhørende matrisen. Dekket får da form etter hvilke elementer i matrisen som inneholder tallet **1** og hvilke som er *tomme*. Noe annet enn tallet **1** og *tom celle* (eventuelt **0**) vil ikke fungere. Figur 20 viser to eksempler, ett hvor dekket har rektangulær form og ett hvor dekket har en mer irregulær trappeform.



Eksempel 1

E						
D						
C	1	1	1	1	1	
B	1	1	1	1	1	
A	1	1	1	1	1	
	1	2	3	4	5	6

NB! De tallene som er ført feil blir overstreket og røde. Det er viktig at disse tallene slettes.

Eksempel 2

E		1	1			
D		1	1			
C	1	1	1	1	1	
B	1	1	1			
A	1					
	1	2	3	4	5	6

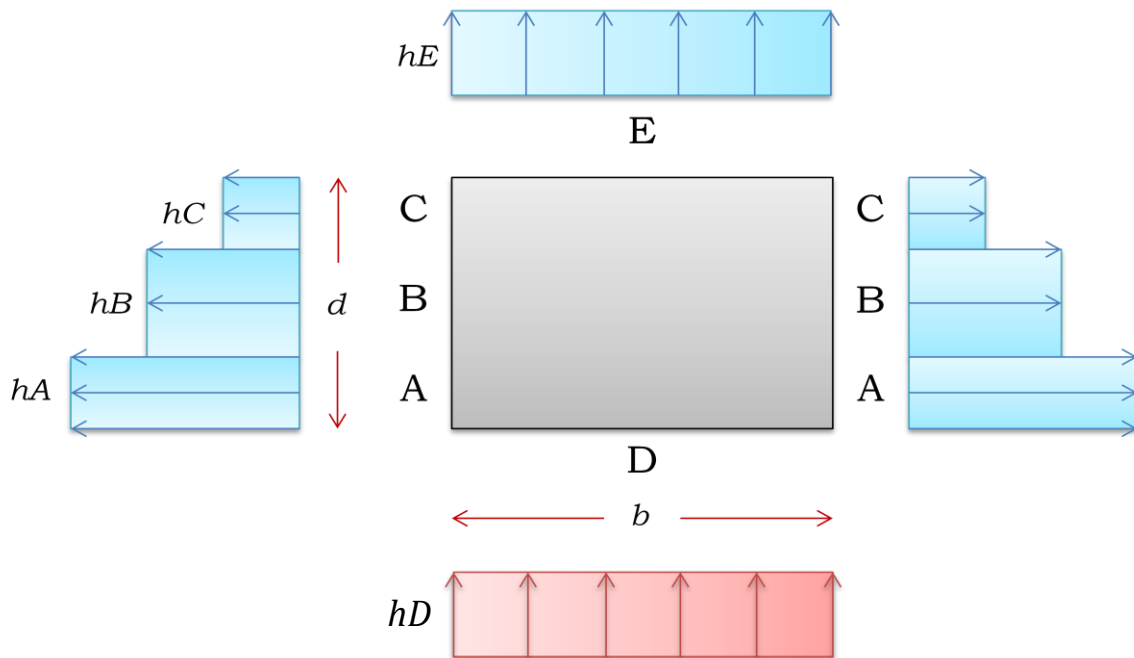
Figur 20 – Eksempel på sammenhengen mellom matrisen og dekkefiguren.

4.2.3 INPUT LASTER

Den neste siden "2 – INPUT LASTER" skal man legge inn dataene for de påførte lastenes størrelse og utstrekning i X- og Y-retning. De aktuelle lastene er vindlast og skjevstillingslast.

4.2.3.1 JEVNT FORDELT VINDLAST

Vindlasten følger samme notasjon og soneinndeling i henhold til prosjekteringsstandarden EC1. Vindlasten har positiv retning med trykk i sone D og sug i sone A, B, C og E som vist i Figur 21.



Figur 21 – Soneinndeling og notasjon av vindlasten.

Lastens størrelse og utstrekning, samt lastfaktor, føres inn i Tabell 1. Det er kun de grønne feltene som skal fylles inn. Tallene i de blå feltene er formuler som følger utregningene under:

- (1) Utstrekningen til hC: $u_C = d - u_A - u_B$
- (2) Total utstrekning: $u_{Tot} = u_A + u_B + u_C = d$
- (3) Utstrekning til hD og hE: $u_D = u_E = b$

Dimensjoneringsseksempelet i bind C har følgende vindlaster(10):

VINDLAST I Y-RETNING

		q_{vind_Y} [N/m]	γ_F	Utsrekning [m]	
Sug	hA	6570	1	3,74	
Sug	hB	4370	1	5,61	
Sug	hC	4370	1	9,35	← (1)
	Total utstrekning			18,70	← (2)
Trykk	hD	4370	1	18,70	← (3)
Sug	hE	2970	1	18,70	

Tabell 1 – Inputtabell for vindlastens størrelse, utstrekning og lastfaktor i Y-retning.

4.2.3.2 JEVNT FORDELTE SKJEVSTILLINGSLAST

På samme måte som ved vindlasten føres kraftens størrelse og tilhørende lastfaktor inn i Tabell 2. Skjevstillingslastens utstrekning følger spennviddene mellom modulaksene og kan *ikke* endres. Det kan derfor følgelig legges inn totalt 9 forskjellige laster.

Dimensjoneringsseksempelet i bind C har følgende skjevstillingslaster (10):

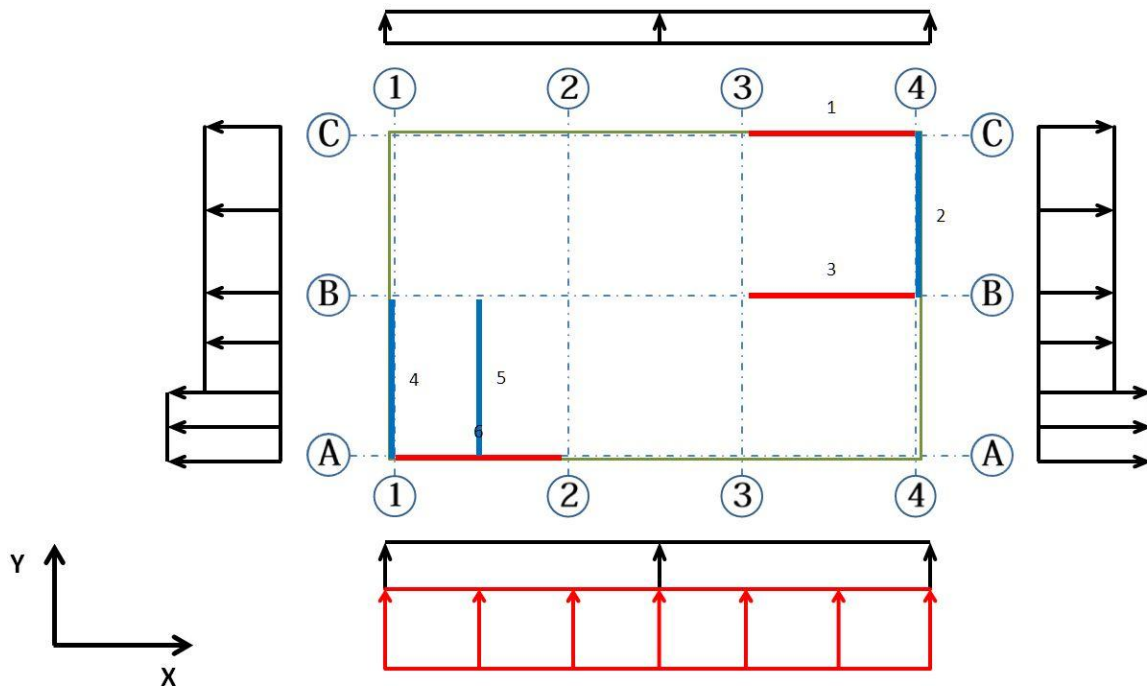
SKJEVSTILLINGSLAST I Y-RETNING

	q_{skjev_Y} [N/m]	γ_F	Utestrekning [m]
1	7600	1	6,35
2	7600	1	6,00
3	7600	1	6,35
4	-	±	0,00
5	-	±	0,00
6	-	±	0,00
7	-	±	0,00
8	-	±	0,00
9	-	±	0,00

Tabell 2 – Inputtabell for skjevstillingslastens størrelse og lastfaktor i Y-retning.

4.2.3.3 EKSEMPEL PÅ LASTFIGUR

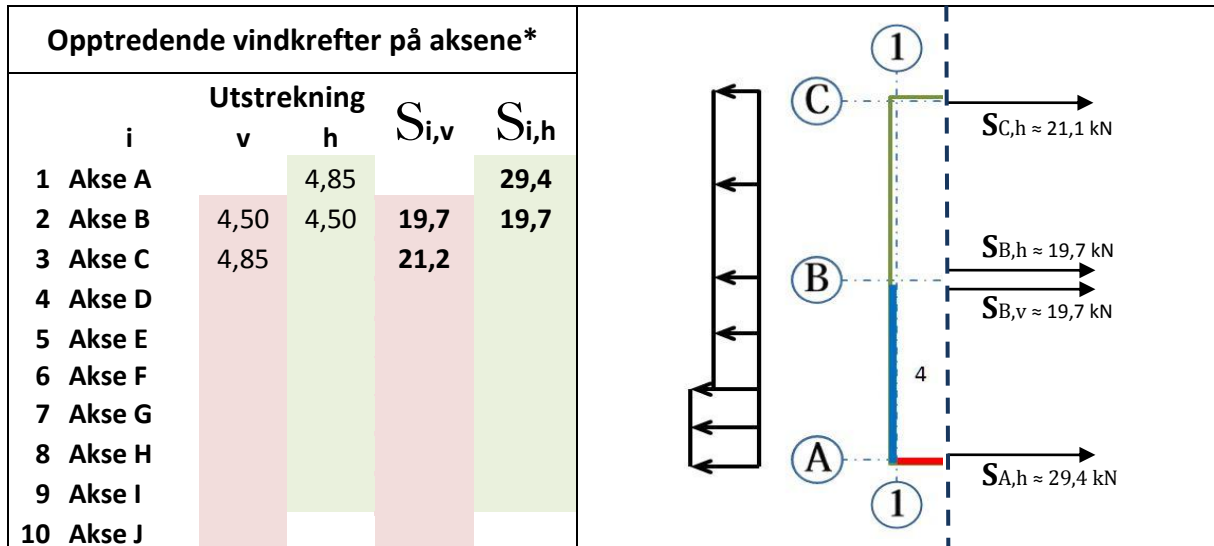
Med inputdataene som vist i Tabell 1 og 2 blir resultatet som vist i Figur 22. Vindlasten er sort og skjevstillingslasten er rød. Alle kreftene er positive og er dermed i den definerte positive retningen.



Figur 22 – Eksempel på lastfigur. Alle kreftene er i den definerte positive retningen.

4.2.3.4 LOKALE VIRKENDE KREFTER FRA VINDSUG

Man får også ut de opptredende strekkreftene som oppstår på grunn av vindsuget. På tvers av hulldekkene er det antatt at vindsuget blir tatt opp av endefugene ved modulaksene, med halvparten til hver side. Figur 23 viser kreftene som oppstår på grunn av vindsuget og tilhørende tabell fra HD-Skive. Hvis hulldekkene er orientert parallelt med det opptredende vindsuget, gjelder ikke disse verdiene.



*) For hulldekker orientert i Y-retning

Figur 23 – Lokale krefter fra vindsug som opptas av hulldekkenes endefuger.

Beregningen i Figur 23 er vist her, tilsvarende som i eksempelet i bind C:

$$S_{A,h} \approx 4,37 \cdot (4,85 - 3,74) + 6,57 \cdot 3,74 = \underline{29,4 \text{ kN}}$$

$$S_{B,v} \approx 4,37 \cdot 4,5 = \underline{19,7 \text{ kN}}$$

$$S_{B,h} \approx 4,37 \cdot 4,5 = \underline{19,7 \text{ kN}}$$

$$S_{C,h} \approx 4,37 \cdot 4,85 = \underline{21,1 \text{ kN}}$$

4.2.4 INPUT SKIVER

I arket "3 – INPUT SKIVER" fylles inn posisjonene, lengdene, tykkelsene og reaksjonskreftene til de vertikale veggskivene. X- og Y-koordinatene beskriver avstanden mellom veggskivens tyngdepunkt og origo som ligger i akseskjæringspunktet A-1. Figur 24 viser de lokale akseplasseringene til veggskivene. Rød skive er orientert i X-retning og blå skive er orientert i Y-retning.



Figur 24 – Veggskivenes lokale akseplassering

Det finnes fire inputtabeller, to for posisjon og geometri for henholdsvis veggskiver orientert i X- og Y-retning, og to for de tilhørende reaksjonskreftene.

4.2.4.1 POSISJON OG GEOMETRI FOR VEGGSKIVENE

Tabell 3 viser inntabellen for veggskivenes posisjon og geometri. Man fyller inn X- og Y-koordinatene i (1) og (2), skivens lengde i (3) og tykkelse i (4). Det anbefales at koordinatene avrundes til nærmeste 50 mm. Til slutt når alle skivene er ført inn trykker man på "Sorter" knappen ved (5) som automatisk sorterer tabellene i kronologisk rekkefølge etter X og Y-koordinat. **Sorteringen er essensiell for at HD-Skive skal beregne riktig resultat!**

Det er også viktig at skivene identifiseres med et nummer mellom 1 og 20. Hver skive må ha et unikt nummer.

Verdiene er hentet fra dimensjoneringseksempelet i bind H (8):

Skive	1	2	3	4	5	Sum
x (m)	3,0	0,1	32,0	33,7	30,3	-
y (m)	17,8	15,0	8,1	5,0	5,0	-

Sortér

(5)

SKIVER I Y-RETNING				
	(1)	(2)	(3)	(4)
Skive Nr	X	Y	L	t
2	100	15000	5500	200
5	30300	5000	6000	200
4	33700	5000	6000	200

SKIVER I X-RETNING				
	(1)	(2)	(3)	(4)
Skive Nr	X	Y	L	t
3	32000	8100	3600	200
1	3000	17800	6000	200

Tabell 3 - Inntabell for de X- og Y-orienterte skivene fra eksempelet i bind H (Tabell H5.3)

I Tabell 3 har Skive 5 dataene:

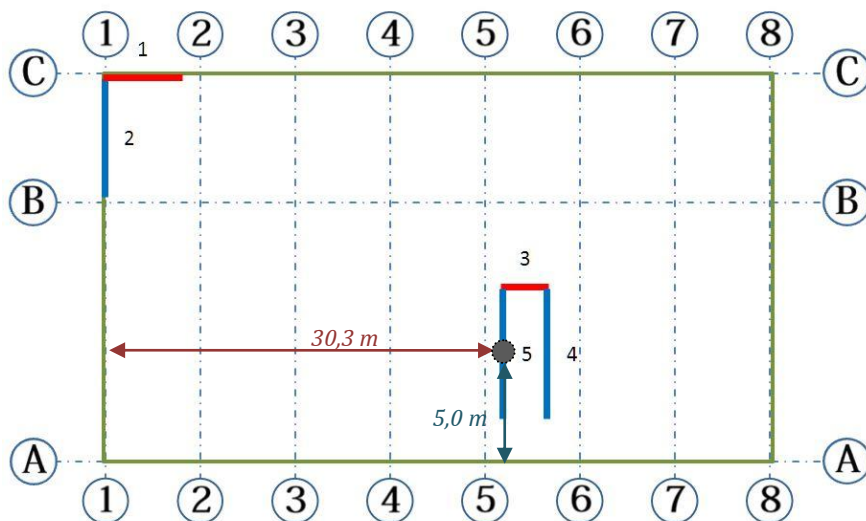
X = 30300 mm

Y = 5000 mm

L = 6000 mm

t = 200 mm

Figur 25 illustrer veggskivens følgende plassering:



Figur 25 - Illustrasjon av Skive 5 sin posisjonsdata.

4.2.4.2 VEGGSKIVENES TILHØRENDE REAKSJONSKREFTER

Reaksjonskreftene fylles inn i de tilhørende inputtabellene. Det er en tabell for last i X-retning, og en tabell for last i Y-retning. Kraftene har definerte positive retninger mot akseretningene. Det er kun de grønne feltene som skal ha input. Feilplasserte tall blir overstreket og røde. Tabell 4 viser et eksempel. Verdiene er hentet fra dimensjoneringseksempelet i bind H (8):

	Skive 1	Skive 2	Skive 3	Skive 4	Skive 5	Sum
Translasjon:						
H _x (kN)	- 349,2	0	- 81,8	0	0	- 431,0
H _y (kN)	0	0	0	0	0	0
Rotasjon:						
H _x (kN)	9,0	0	- 9,3	0	0	- 0,3
H _y (kN)	0	90,7	0	- 54,1	- 37,1	- 0,5
Sum:						
H _x (kN)	- 340,2	0	- 91,1	0	0	- 431,3
H _y (kN)	0	90,7	0	- 54,1	- 37,1	- 0,5

FORDELING AV LAST I X-RETNING		
Skive Nr	Hx [kN]	Hy [kN]
1	340,2	
2		-90,7
3	91,1	
4		54,1
5		37,1

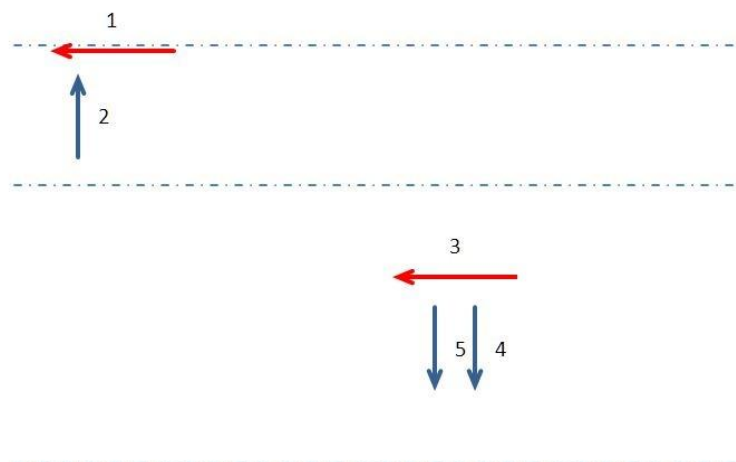
	Skive 1	Skive 2	Skive 3	Skive 4	Skive 5	Sum
Translasjon:						
H _x (kN)	0	0	0	0	0	0
H _y (kN)	0	- 145,5	0	- 183,3	- 183,3	- 512,1
Rotasjon:						
H _x (kN)	3,8	0	- 3,9	0	0	- 0,1
H _y (kN)	0	38,5	0	- 23,0	- 15,7	- 0,2
Sum:						
H _x (kN)	- 3,8	0	- 3,9	0	0	- 0,1
H _y (kN)	0	- 107,0	0	- 206,3	- 199,0	- 512,3

FORDELING AV LAST I Y-RETNING		
Skive Nr	Hx [kN]	Hy [kN]
1	-3,8	
2		107
3	3,9	
4		199
5	100	206,3

Tabell 4 - Inputtabell for reaksjonskreftene til de vertikale veggskivene Fra dimensjoneringseksempelet i bind H (Tabell H5.8 og H5.9).

Hvis kreftene hentes fra Ove Slettens V-Skive, som det er gjort i dimensjoneringseksempelet i bind H, må kreftene føres inn med motsatt fortegn på grunn av HD-Skives definerte positive retning. Feilplasserte tall blir overstreket og røde.

Ved siden av tabellen er det en hjelpefigur som beskriver kreftenes plassering og retning. Retningene i Figur 26 skal stemme overens med dataene i Tabell 4.



Figur 26 - Hjelpefigur som viser skivereaksjonenes plassering og retning. Denne gjelder for fordeling av last i X-retning.

4.3 BEREGNINGSRISULTAT

4.3.1 RESULTAT X-RETN OG RESULTAT Y-RETN

Når inputsidene er utfylt kan man begynne å tolke beregningsresultatene. Disse finnes på arkene "4 – RESULTAT Y-RETN" og "5 – RESULTAT X-RETN" som henholdsvis er dekkeskivens snittkrefter på grunn av last i Y- og X-retning.

4.3.1.1 INNHOLD

Resultatsidene inneholder:

- Et kombinert skjærkraft- og momentdiagram.
- Tabell med snittkrefter og posisjon for støttereaksjonene.
- Tabell med snittkrefter og posisjon for feltreaksjonene.
- Tabell med snittkrefter og posisjon for egendefinerte snitt.
- Tabell med kontroll av øvre grense for skjærspenning.
- Skjema for beregning av nødvendig lengdearmring.
- Skjema for beregning av nødvendig tverrarmring.

4.3.1.2 INDRE MOMENTARM

Indre momentarm z føres inn i en egen kolonne i tabellene for støttereaksjoner, feltreaksjoner og de egendefinerte snittene.

4.3.1.3 INKLUDERE DATAETIKETTER I SKJÆRKRAFT- OG MOMENTDIAGRAMMET

I tabellene med støttereaksjoner og feltreaksjoner kan man bestemme hvilke verdier som skal vises i skjærkraft- og momentdiagrammet. Dette gjøres i kolonnene med tittel "i?" (i? = inkludere?). Her legger man inn en "x" hvis verdien skal vises og har tom celle hvis verdien ikke skal vises.

4.3.1.4 EGENDEFINERTE SNITT

Her har man mulighet til å ta et snitt på dekkeskiven som ikke allerede er utregnet. Man setter inn en ønsket koordinat ved **(1)** (avrundet til nærmeste 50 mm) og fører inn aktuell indre momentarm ved **(2)**. Eksempelet i Tabell 5 viser et snitt ved $X = 10,60$ m og et snitt ved $X = 10,61$ m (som ikke fungerer fordi det *ikke* er avrundet til nærmeste 50 mm). Man får også opp en feilmelding ved **(3)** hvis man glemmer å legge inn indre momentarmen z .

EGENDEFINERTE FELTSNITT				
Nr	x [m] (1)	v [kN]	M [kNm]	z [m] (2)
x1	10,60	-0,06	548,37	12,80
x2	10,61	0,00	0,00	

(3) **Fyll inn z**

Tabell 5 – Tabell med snittkrefter og posisjon for egendefinerte snitt.

4.3.1.5 KONTROLL AV ØVRE GRENSE FOR SKJÆRSPENNINGER

Denne tabellen henter ut den maksimale skjærkraften som opptrer i skiven. I tillegg må man føre inn tilhørende indre momentarm z og hulldekke tykkelsen t i henhold følgende formel:

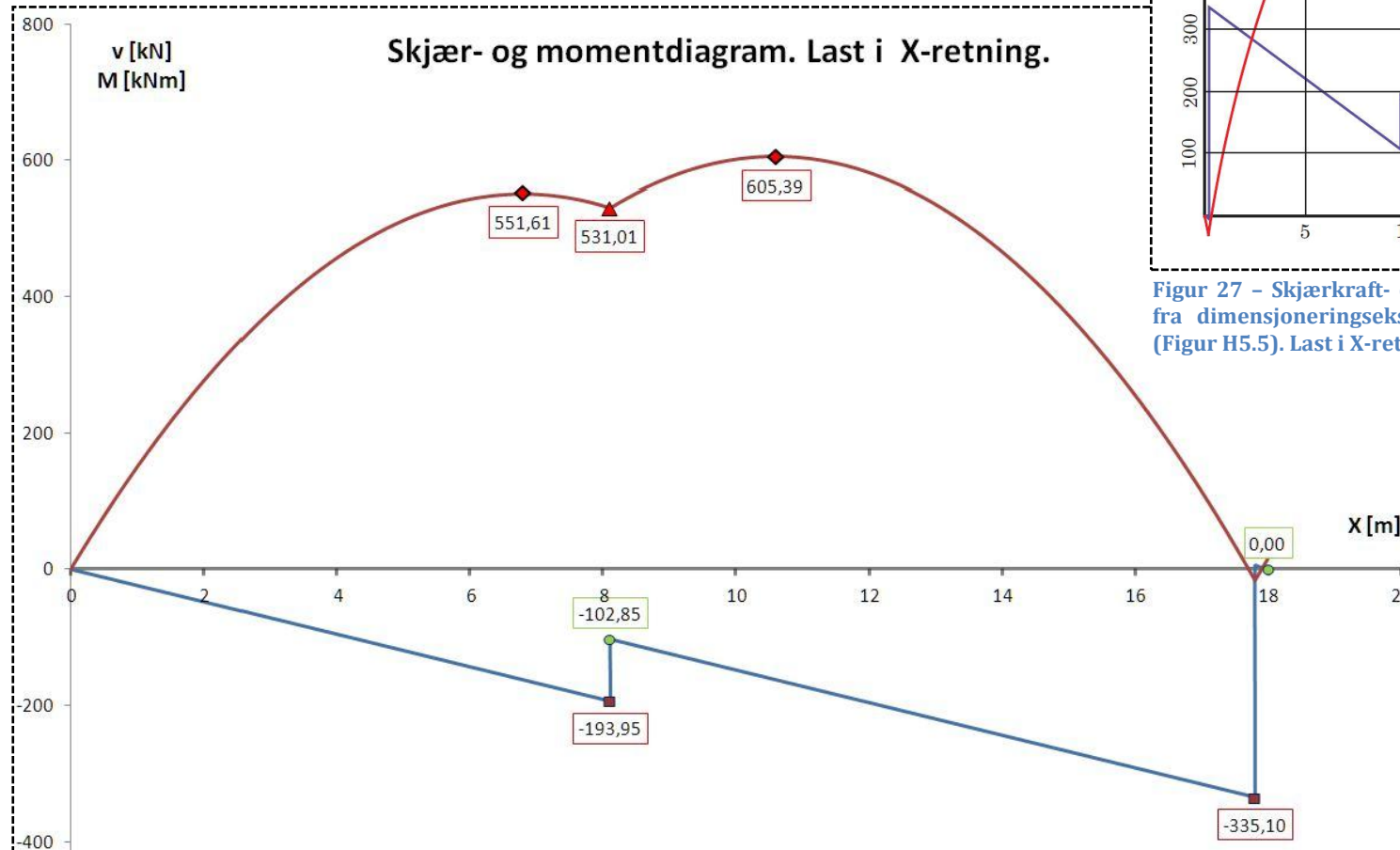
$$\tau = \frac{V}{z \cdot t}$$

4.3.2 SKJÆRKRAFT- OG MOMENTDIAGRAM

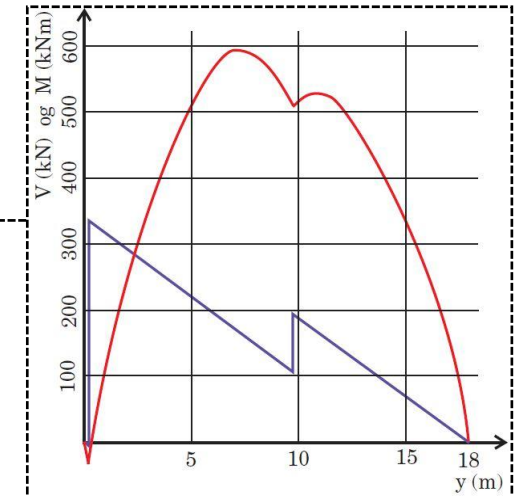
Her er det vist typiske skjærkraft- og momentdiagram som blir beregnet i HD-Skive.

4.3.2.1 LAST I X-RETNING

Resultat i X-retning med verdiene hentet fra dimensjoneringseksempellet i bind H (8):



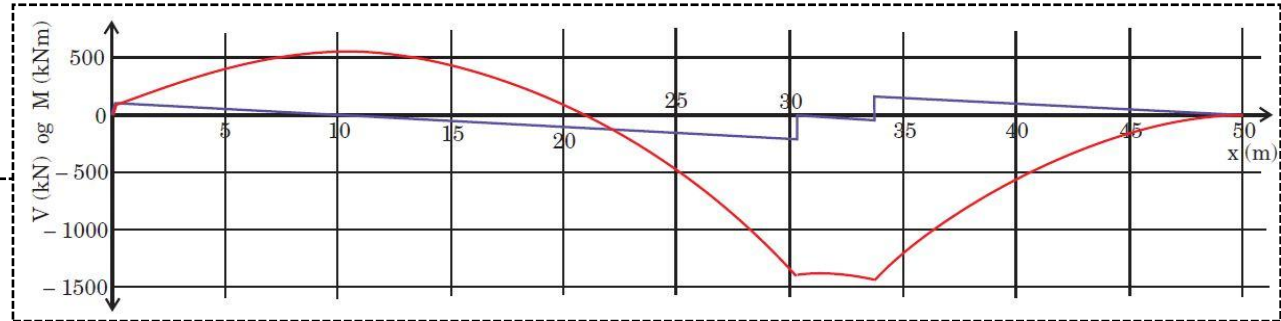
Figur 28 – Skjærkraft- og momentdiagram fra HD-Skive fra last i X-retning. Snittene er gjort fra motsatt side sammenlignet med eksempelet i bind H.



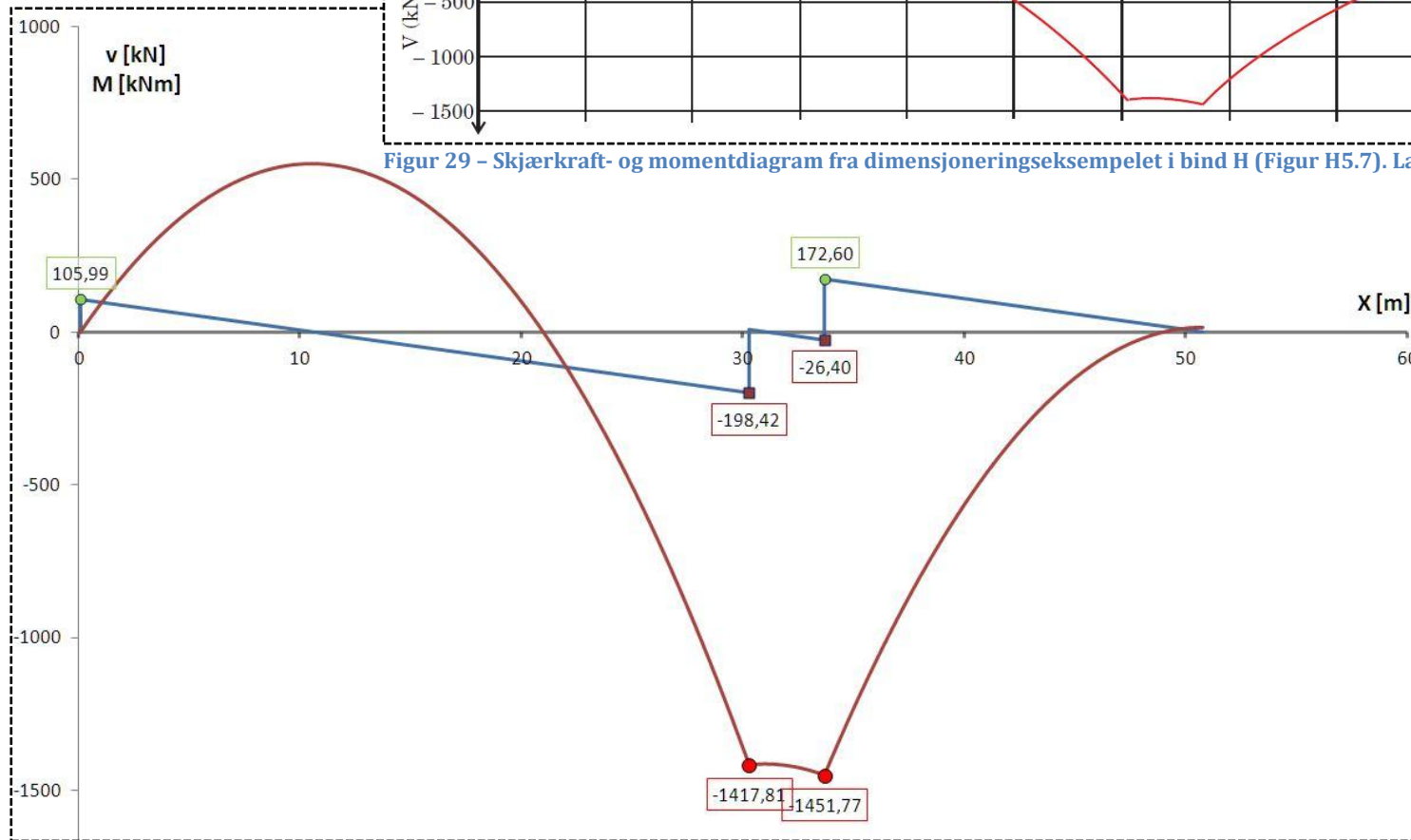
Figur 27 – Skjærkraft- og momentdiagram fra dimensjoneringseksempellet i bind H (Figur H5.5). Last i X-retning.

4.3.2.2 Y-RETNING

Resultat i Y-retning med verdiene hentet fra dimensjoneringseksempelet i bind H (8):



Figur 29 – Skjærkraft- og momentdiagram fra dimensjoneringseksempelet i bind H (Figur H5.7). Last i Y-retning



Figur 30 – Skjærkraft- og momentdiagram fra HD-Skive fra last i Y-retning.

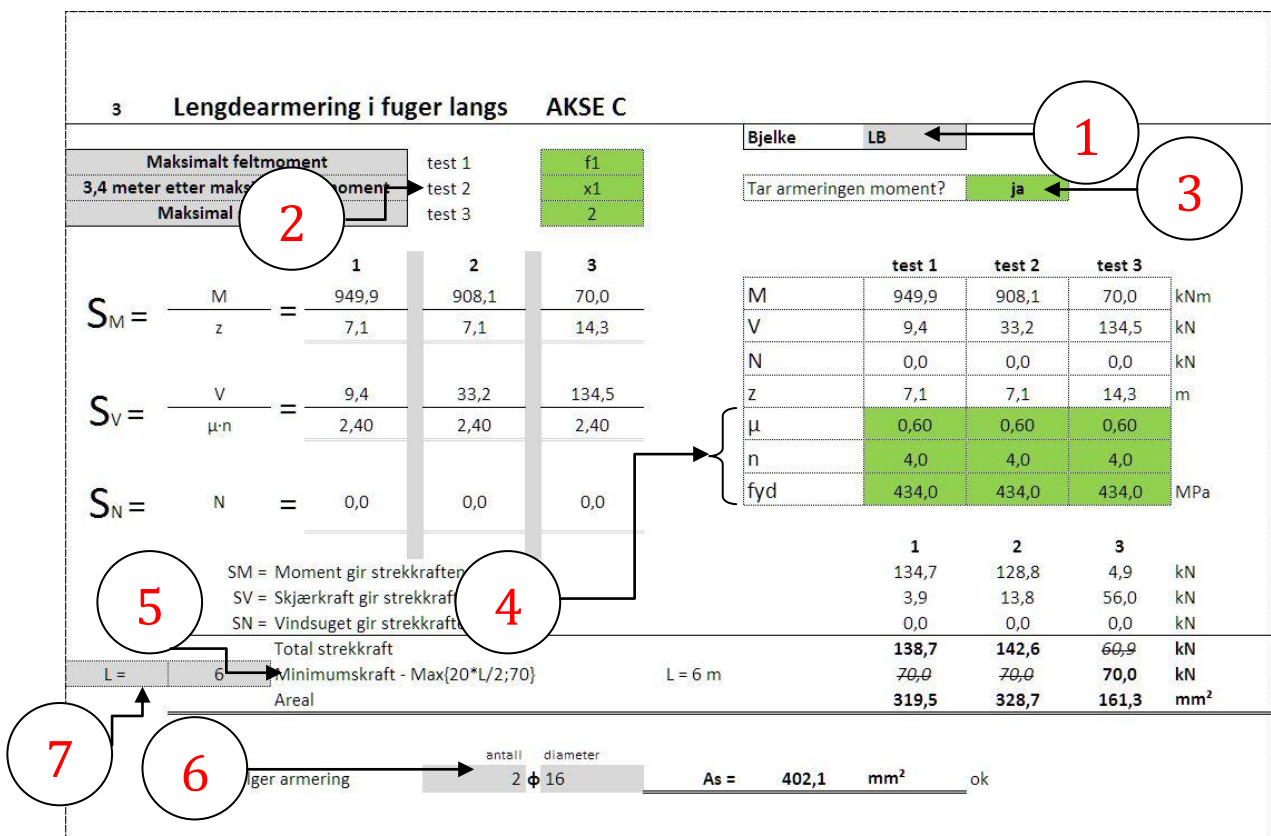
4.3.3 SKJEMA FOR LENGDEARMERING

Ved beregning av lengdearmering finner man et skjema for hver horisontale modulakse. Det er kun de grå og grønne feltene som skal ha input (se Figur 31). Lengdearmeringsarealet følger formel (1.9). Utledningen finnes i kapittel 2.2:

$$A_{S,L} = A_{S,M} + A_{S,V} + A_{S,N,vindsug} = \frac{M}{z \cdot f_{yd}} + \frac{V}{\mu \cdot n \cdot f_{yd}} + \frac{N_{vindsug}}{f_{yd}}$$

Her følger en beskrivelse av skjemaet i Figur 31:

1. Første steg er å føre inn bjelketypen som sier om det er en enkel fuge eller dobbel fuge. Her kan det velges mellom DLB og LB.
2. Her føres inn hvilke snitt man vil teste. Man kan dokumentere tre tester ved hver akse. Nummereringen i de grønne feltene velges fra "Nr"-kolonnen i tabellene til støttereaksjonene, feltreaksjonene og de egendefinerte snittene.
3. Hvis lengdearmeringen ikke tar moment kan man ekskludere momentet ved å skrive "nei". Hvis det derimot tar moment skiver man "ja".
4. Her føres inn friksjonskoeffisienten μ , antall endefuger n og den dimensjonerende flytspenningen f_{yd} .
5. Strekkraften testes opp mot minimumskraften i fugene anbefalt i betongelementboken. Formelen for minimumskrefter som er benyttet er $T \geq 20 \cdot L/2 \geq 70$ (Se Figur 11).
6. Tilsutt kan man benytte armeringsarealberegningen til å finne passende armeringsareal.
7. HD-Skive tar foreløpig ikke hensyn til utsparinger og hakk i skiven når det kommer til lengder ved beregning av minimumskrefter. Man kan derfor føre inn en overstyrende lengde hvis den foreslåtte lengden er feil.



Figur 31 – Skjema for beregning av lengdearmering

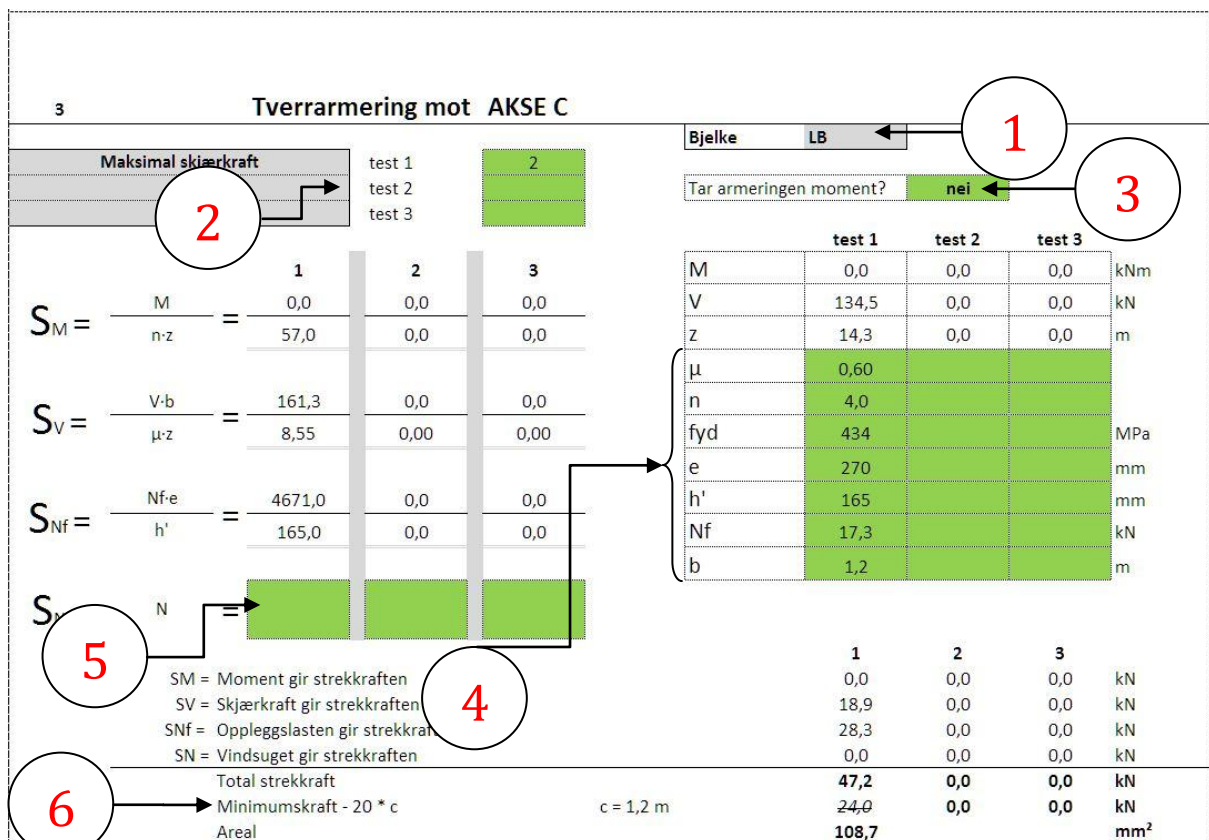
4.3.4 SKJEMA FOR TVERRARMERING

På samme måte som for lengdearmeringen finner man et skjema for hver horisontale modulakse for tverrarmeringen også. Tverrarmeringsarealet følger formel (1.11). Utledningen finnes i kapittel 2.2:

$$A_{S,T} = A_{S,V} + A_{S,M} + A_{S,N_f} + A_{S,N,vindsug} = \frac{V \cdot b}{\mu \cdot z \cdot f_{yd}} + \frac{M}{n \cdot z \cdot f_{yd}} + \frac{N_f \cdot e}{h' \cdot f_{yd}} + \frac{q_{vindsug} \cdot b}{f_{yd}}$$

Her følger en beskrivelse av skjemaet i Figur 32:

1. Samme beskrivelse som i avsnitt 4.3.3.
2. Samme beskrivelse som i avsnitt 4.3.3.
3. Samme beskrivelse som i avsnitt 4.3.3.
4. Her må man legge inn noen flere input enn ved skjema for lengdearmering. I tillegg til μ , n og f_{yd} må man legge inn eksentrisiteten e , momentarmen h' , oppleggslasten pr. hulldekke N_f og hulldekkebredden b .
5. Her føres inn kraften som oppstår per hulldekker på grunn av vindsug.
6. Strekkraften testes opp mot minimumskraften i fugene anbefalt i betongelementboken. Formelen for minimumskrefter som er benyttet er $T = 20 \cdot c$ (Se Figur 11).



Figur 32 – Skjema for beregning av tverrarmering

4.4 OPPSUMMERING

Alle resultatene som er funnet i skjemaene for lengdearmering og tverrarmring blir oppsummert i HD-Skives siste side "6 – OPPSUMMERING". Der er det også mulig å sjekke kraftinnføringen i vertikalskivene.

4.4.1 KRAFTINNFØRING I VERTIKALSKIVER

Her finnes en tabell for skiver i X-retning, og en for skiver i Y-retning. Tabell 6 viser et utdrag. Verdiene er hentet fra dimensjoneringseksempellet i bind H (8):

KRAFTINNFØRING I VERTIKALSKIVER								
SKIVER I Y RETNING								
Skive Y	V [kN]	F1	v'	S	τ [MPa]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]
2	107	0,67	71,7	119,5	0,05	0,25	5,50	12,25
5	206,3	0,44	91,7	152,8	0,06	10,00	6,00	2,00
4	199	0,46	91,5	152,6	0,06	10,00	6,00	2,00

Tverrarmring Skjærfriksjon			Lengdearmering Opphengskraft		
a	S_T	Akse	F2	S_L	Akse
1,00	119,5		0,00	0,0	
1,00	152,8		0,56	114,6	
1,00	152,6		0,56	111,4	

Tabell 6 - Utdrag fra kraftinnføring i vertikalskiver i Y-retning

Tabellen beregner nødvendig strekkraft (S) over fugen. Den fordeler også hvor mye som må tas opp som skjærfriksjon (S_T) og hvor mye som må tas opp som kanttrykk/strekk (S_L) ved hjelp av formfaktorene F1 og F2. Formfaktorene er identisk med faktorene L1/L, L2/L og L3/L fra formel (1.12), (1.13) og (1.14) eller en kombinasjon av disse. Beregningen ellers følger også samme notasjon og formel som i kapittel 2.4.

4.4.2 OPPSUMMERINGSTABELL

Her kan man sammenligne alle verdiene som er funnet i skjemaene for lengdearmering og tverrarmring. Tabellen er et viktig element i en oversiktlig beregningsutskrift. Her følger også en siste sjekk over at alle fuger har fått nødvendig forankringsmengde. Hvis valgte armeringsareal er for små blir disse feltene farget røde. Oppsummeringstabellen finnes som konklusjon i neste kapittel når HD-Skive skal verifiseres (se Tabell 14).

4.4.3 LAGRE SOM PDF

Når prosjektet er ferdig beregnet kan man lagre prosjektet som PDF-fil. Denne filen plasseres automatisk i samme mappe som Excel-filen. **Excel-filen må være lagret før man kan lagre filen som PDF-fil.**

5. VERIFISERING MED HÅNDREGNING

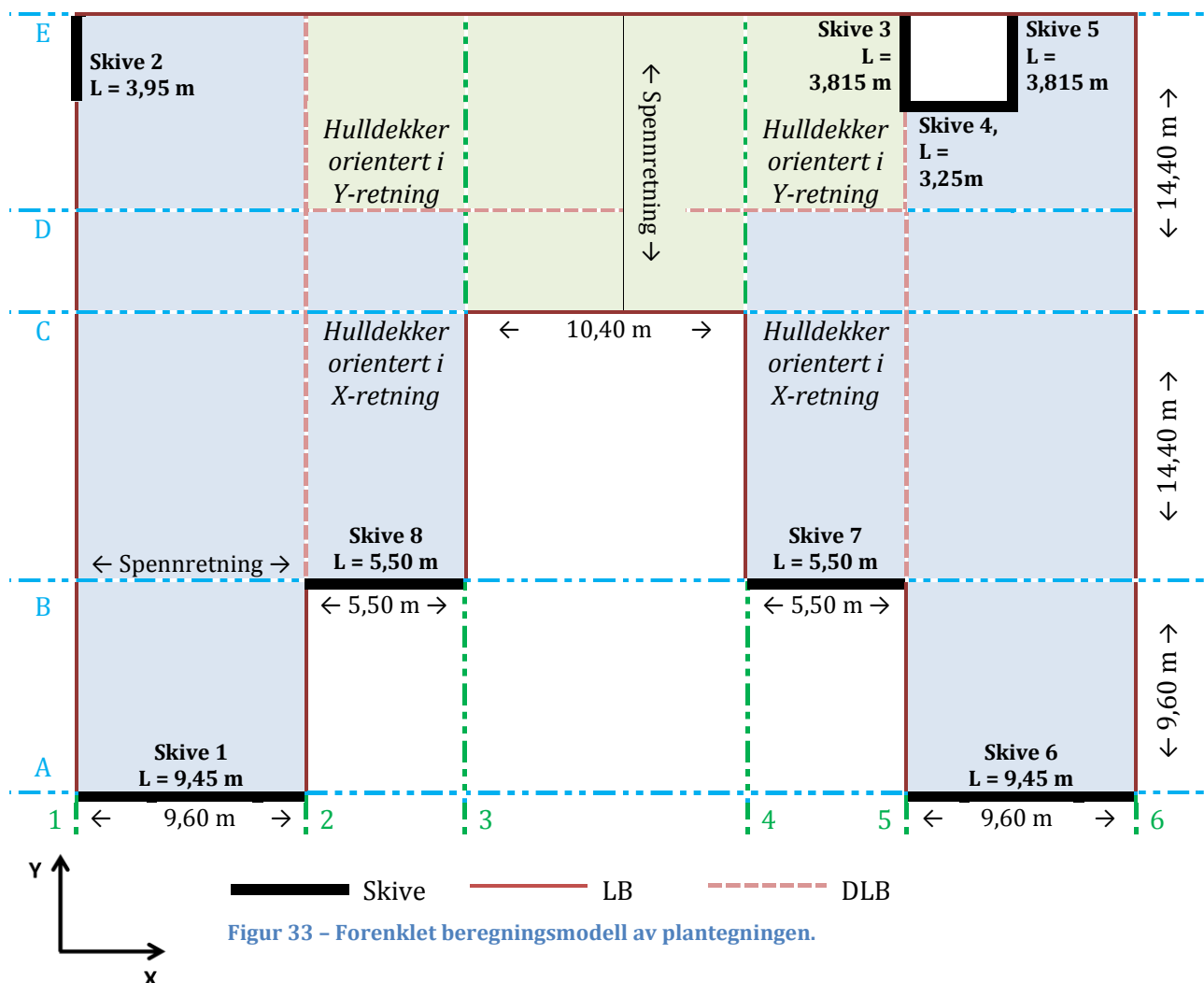
5.1 GENERELT

I dette kapittelet vil det gjøres en dimensjonering av en utvalgt dekkeskive ved hjelp av håndregning. Prosjektet som skal studeres er lånt fra Spenncon AS i Trondheim og er 1. etasje bygg 5 fra Nedre Melhus Omsorgssenter. Håndregningen vil beregne moment og skjærkrefter i aktuelle snitt og deretter dimensjonerende strekkrefter og nødvendig armeringsareal i utvalgte områder. Hensikten er å verifisere at håndregning og beregningsprogram gir samme resultat.

Håndregningen følger flytskjemaet i Figur 7 hvor punkt 1, 2 og 3 hentes fra en beregning som er gjort på forhånd i Ove Slettens V-Skive versjon 6.0.4.

5.2 BEREGNINGSMODELL AV AVSTIVINGSSYSTEMET

Figur 33 viser en forenklet beregningsmodell av etasjen. En mer detaljert plantegning ligger vedlagt i Vedlegg A. Hulldekkeplanet består av HD265 som er orientert både i X- og Y-retning. Det forutsettes at disse er opplagt på DLB- og LB-bjelker. Etasjen har åtte avstivende vertikale skiver, og alle disse fortsetter opp til etasjen over.



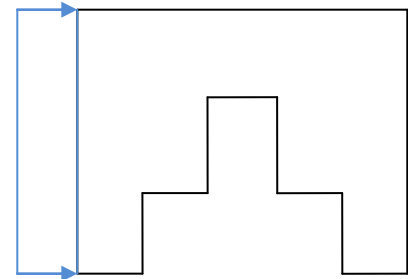
5.3 LASTER I X- OG Y-RETNING

Følgende lasttilfeller og lastkombinasjoner er brukt:

5.3.1 LASTTILFELLE 1 – VINDLAST I X-RETNING

$$q_{\text{vind,x}} = \underline{3,7 \text{ kN/m}}$$

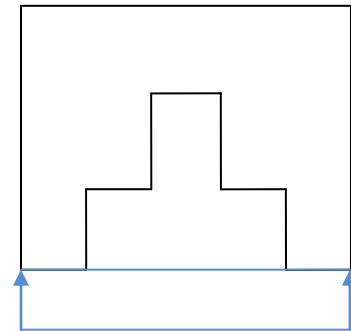
$$\gamma_{\text{F,vind}} = \underline{1,5}$$



5.3.2 LASTTILFELLE 2 – VINDLAST I Y-RETNING

$$q_{\text{vind,y}} = \underline{3,7 \text{ kN/m}}$$

$$\gamma_{\text{F,vind}} = \underline{1,5}$$



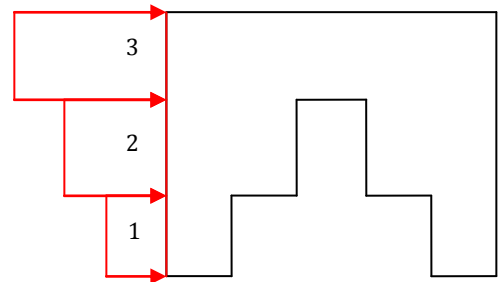
5.3.3 LASTTILFELLE 3 – SKJEVSTILLINGSLAST I X-RETNING

$$q_{\text{skjev,x,3}} = \underline{2,7 \text{ kN/m}}$$

$$q_{\text{skjev,x,2}} = \underline{2,0 \text{ kN/m}}$$

$$q_{\text{skjev,x,1}} = \underline{1,2 \text{ kN/m}}$$

$$\gamma_{\text{F,skjev}} = \underline{1,3}$$



5.3.4 LASTTILFELLE 4 – SKJEVSTILLINGSLAST I Y-RETNING

$$q_{\text{skjev,y,1}} = \underline{2,6 \text{ kN/m}}$$

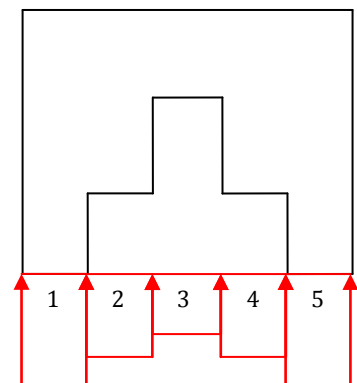
$$q_{\text{skjev,y,2}} = \underline{1,9 \text{ kN/m}}$$

$$q_{\text{skjev,y,3}} = \underline{1,0 \text{ kN/m}}$$

$$q_{\text{skjev,y,4}} = \underline{1,9 \text{ kN/m}}$$

$$q_{\text{skjev,y,5}} = \underline{2,6 \text{ kN/m}}$$

$$\gamma_{\text{F,skjev}} = \underline{1,3}$$



5.3.5 VINDSUG

Vindsuget er ikke tatt med i denne beregningen.

Figur 34 – Fire lasttilfeller:
 1 - Vindlast i X-retning
 2 - Vindlast i Y-retning
 3 - Skjevstillingslast i X-retning
 4 - Skjevstillingslast i Y-retning

5.3.6 LASTKOMBINASJONER

- **Last i X-retning**

Lastkombinasjon 1 = Lasttilfelle 1 + Lasttilfelle 3

- **Last i Y-retning**

Lastkombinasjon 2 = Lasttilfelle 2 + Lasttilfelle 4

5.4 VERTIKALSKIVENES POSISJONSDATA

Vertikalskivenes posisjonsdata er gjengitt i Tabell 7:

Skivenummer	X [mm]	Y [mm]	L [mm]	t [mm]
1	4750	100	9450	200
2	100	36600	3950	200
3	32150	36600	3815	200
4	33600	34900	3250	200
5	35300	36600	3815	200
6	35750	100	9450	200
7	27750	9600	5500	200
8	12350	9600	5500	200

Tabell 7 - Vertikalskivenes posisjonsdata

5.5 KRAFTFORDELING TIL VERTIKALSKIVENE

Reaksjonskreftene til de avstivende vertikale skivene er beregningsresultat i V-Skive. Tabell 8 og 9 viser kreftene for lastkombinasjon 1 og 2:

Lastkombinasjon 1

Skivenummer	H [kN]	Retning
1	-53,7	X
2	-57,1	Y
3	24,5	Y
4	-95,8	X
5	32,5	Y
6	-53,7	X
7	-56,2	X
8	-56,2	X

Tabell 8 - Reaksjonskrefter fra vind- og skjevstillingslast i X-retning

Lastkombinasjon 2

Skivenummer	H [kN]	Retning
1	6,1	X
2	-121	Y
3	-104	Y
4	-10,5	X
5	-103	Y
6	6,1	X
7	-0,9	X
8	-0,9	X

Tabell 9 - Reaksjonskrefter fra vind- og skjevstillingslast i Y-retning

5.6 SNITTKREFTER PÅ DEKKESKIVEN

Her vil moment og skjærkraft bli beregnet i aktuelle snitt.

5.6.1 LAST I X-RETNINGEN – LASTKOMBINASJON 1

Skive 2, 3 og 5 gir et moment på dekkeskiven:

$$M_y = H_{y2} \cdot (40,6/2 - x_1) + H_{y3} \cdot (40,6/2 - x_3) + H_{y5} \cdot (40,6/2 - x_5) \\ = -57,1 \cdot (40,6/2 - 0,1) + 24,5 \cdot (40,6/2 - 32,2) + 32,5 \cdot (40,6/2 - 35,3) = \underline{-1931,2 \text{ kNm}}$$

Dette momentet antas å virke jevnt fordelt langs lengden på dekkeskiven i Y-retning. Det gir ekvivalent momentlinjelast:

$$m_y = -1931,2/38,4 = \underline{-50,3 \text{ kNm/m}}$$

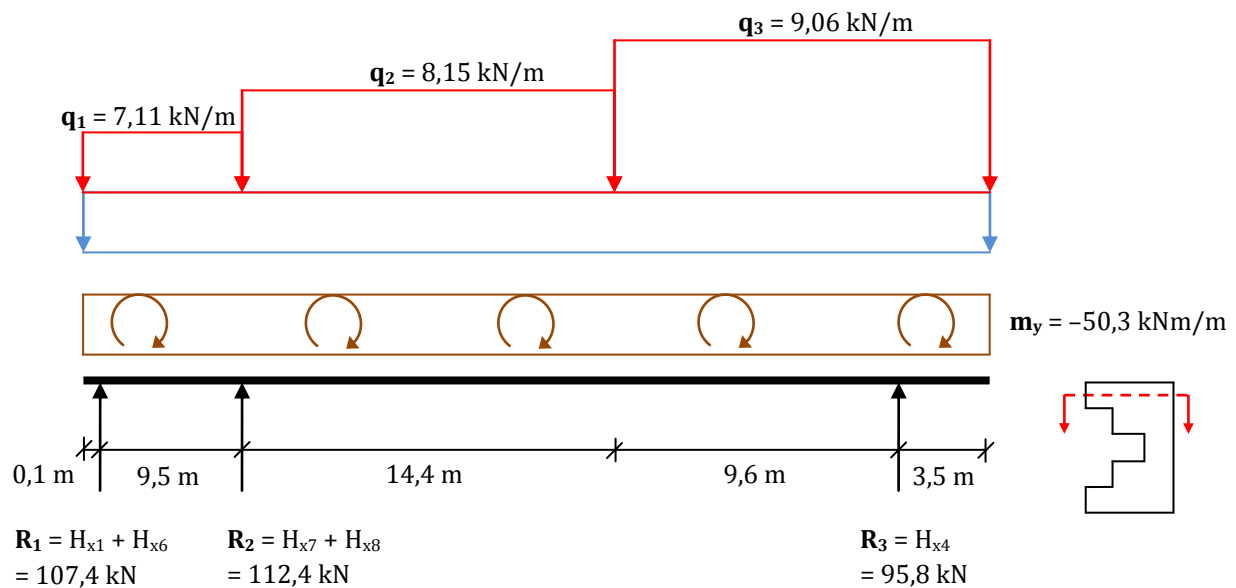
Laster i X-retning i bruddgrensetilstand:

$$q_1 = \gamma_{F,skjev} \cdot q_{skjev,x,1} + \gamma_{F,vind} \cdot q_{vind,x} = 1,3 \cdot 1,2 + 1,5 \cdot 3,7 = \underline{7,11 \text{ kN/m}}$$

$$q_2 = \gamma_{F,skjev} \cdot q_{skjev,x,2} + \gamma_{F,vind} \cdot q_{vind,x} = 1,3 \cdot 2,0 + 1,5 \cdot 3,7 = \underline{8,15 \text{ kN/m}}$$

$$q_3 = \gamma_{F,skjev} \cdot q_{skjev,x,3} + \gamma_{F,vind} \cdot q_{vind,x} = 1,3 \cdot 2,7 + 1,5 \cdot 3,7 = \underline{9,06 \text{ kN/m}}$$

Som gir følgende lastfigur:



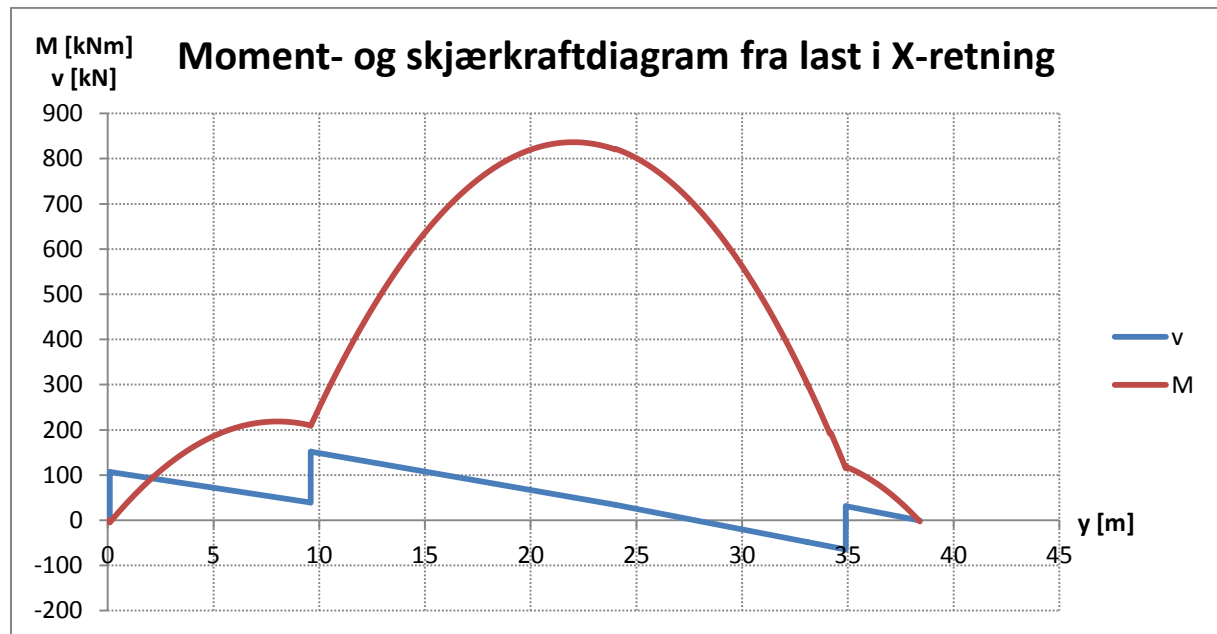
Figur 35 – Forenklet bjelkemodell av dekkeskiven for lastkombinasjon 1

Oppsummering av snittligninger:

Fullstendig utregning finnes i Vedlegg C.

Snitt	$v(y)$	$M(y)$
$0,0 > y > 0,1 \text{ m}$	$-7,11 \cdot y$	$-3,56 \cdot y^2 - 50,3 \cdot y$
$0,1 > y > 9,6 \text{ m}$	$-7,11 \cdot y + 107,4$	$-3,56 \cdot y^2 + 57,1 \cdot y - 10,74$
$9,6 > y > 24,0 \text{ m}$	$-8,15 \cdot y + 229,8$	$-4,08 \cdot y^2 + 179,4 \cdot y - 1137,8$
$24,0 > y > 34,9 \text{ m}$	$-9,06 \cdot y + 251,6$	$-4,53 \cdot y^2 + 201,3 \cdot y - 1399,8$
$34,9 > y > 38,4 \text{ m}$	$-9,06 \cdot y + 347,4$	$-4,53 \cdot y^2 + 297,1 \cdot y - 4743,2$

Tabell 10 – Oppsummering av snittligninger. Fullstendig utregning finnes i Vedlegg C

Moment og skjærkraftdiagram:

Figur 36 – Moment- og skjærkraftdiagram fra lastkombinasjon 1.

Utvalgte snittkrefter:- **Snittkrefter ved enden (y = 0,1 m)**

$$v(y = 0,1 \text{ m}) = -7,11 \cdot 0,1 + 107,4 = \underline{107 \text{ kN}}$$

$$M(y = 0,1 \text{ m}) = -3,56 \cdot 0,1^2 + 57,1 \cdot 0,1 - 10,74 = \underline{-5 \text{ kNm}}$$

- **Snittkrefter ved maksimal skjærkraft (y = 9,6 m):**

$$v(y = 9,6 \text{ m}) = -8,15 \cdot 9,6 + 229,8 = \underline{152 \text{ kN}}$$

$$M(y = 9,6 \text{ m}) = -4,08 \cdot 9,6^2 + 179,4 \cdot 9,6 - 1137,8 = \underline{208 \text{ kNm}}$$

- **Snittkrefter ved maksimalt feltmoment (y = 22,0 m):**

$$v(y = 22,0 \text{ m}) = -8,15 \cdot 22,0 + 229,8 = \underline{51 \text{ kN}}$$

$$M(y = 22,0 \text{ m}) = -4,08 \cdot 22,0^2 + 179,4 \cdot 22,0 - 1137,8 = \underline{834 \text{ kNm}}$$

- **Snittkrefter 3 m før maksimalt feltmoment (y = 19,0 m):**

$$v(y = 19,0 \text{ m}) = -8,15 \cdot 19,0 + 229,8 = \underline{75 \text{ kN}}$$

$$M(y = 19,0 \text{ m}) = -4,08 \cdot 19,0^2 + 179,4 \cdot 19,0 - 1137,8 = \underline{798 \text{ kNm}}$$

5.6.2 LAST I Y-RETNINGEN – LASTKOMBINASJON 2

Skive 1, 4, 6, 7 og 8 gir et moment på dekkesskiven:

$$\begin{aligned}
 M_x &= H_{x1} \cdot (38,4/2 - y_1) + H_{x4} \cdot (38,4/2 - y_4) + H_{x6} \cdot (38,4/2 - y_6) + H_{x7} \cdot (38,4/2 - y_7) \\
 &\quad + H_{x8} \cdot (38,4/2 - y_8) \\
 &= 6,1 \cdot (38,4/2 - 0,1) - 10,5 \cdot (38,4/2 - 34,9) + 6,1 \cdot (38,4/2 - 0,1) - 0,9 \cdot (38,4/2 - 9,6) \\
 &\quad - 0,9 \cdot (38,4/2 - 9,6) = \underline{380,6 \text{ kNm}}
 \end{aligned}$$

Dette momentet antas å virke jevnt fordelt langs lengden på dekkesskiven i X-retning. Det gir ekvivalent momentlinjelast:

$$m_x = 380,6/40,6 = \underline{9,4 \text{ kNm/m}}$$

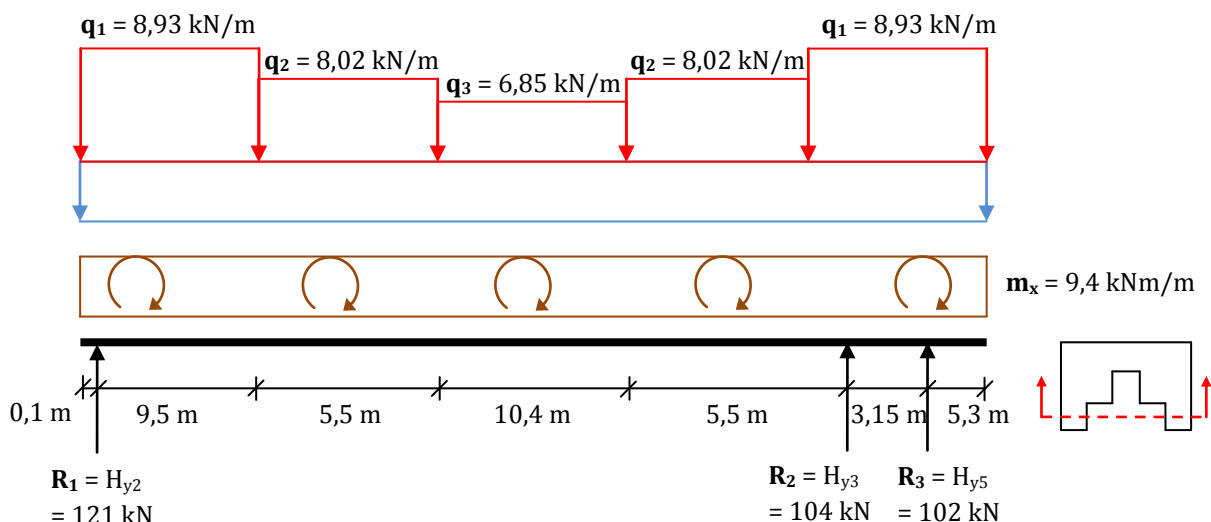
Laster i Y-retning i bruddgrensetilstand:

$$q_1 = q_5 = \gamma_{F,skjev} \cdot q_{skjev,y,1} + \gamma_{F,vind} \cdot q_{vind,y} = 1,3 \cdot 2,6 + 1,5 \cdot 3,7 = \underline{8,93 \text{ kN/m}}$$

$$q_2 = q_4 = \gamma_{F,skjev} \cdot q_{skjev,y,2} + \gamma_{F,vind} \cdot q_{vind,y} = 1,3 \cdot 1,9 + 1,5 \cdot 3,7 = \underline{8,02 \text{ kN/m}}$$

$$q_3 = \gamma_{F,skjev} \cdot q_{skjev,y,3} + \gamma_{F,vind} \cdot q_{vind,y} = 1,3 \cdot 1,0 + 1,5 \cdot 3,7 = \underline{6,85 \text{ kN/m}}$$

Som gir følgende lastfigur:



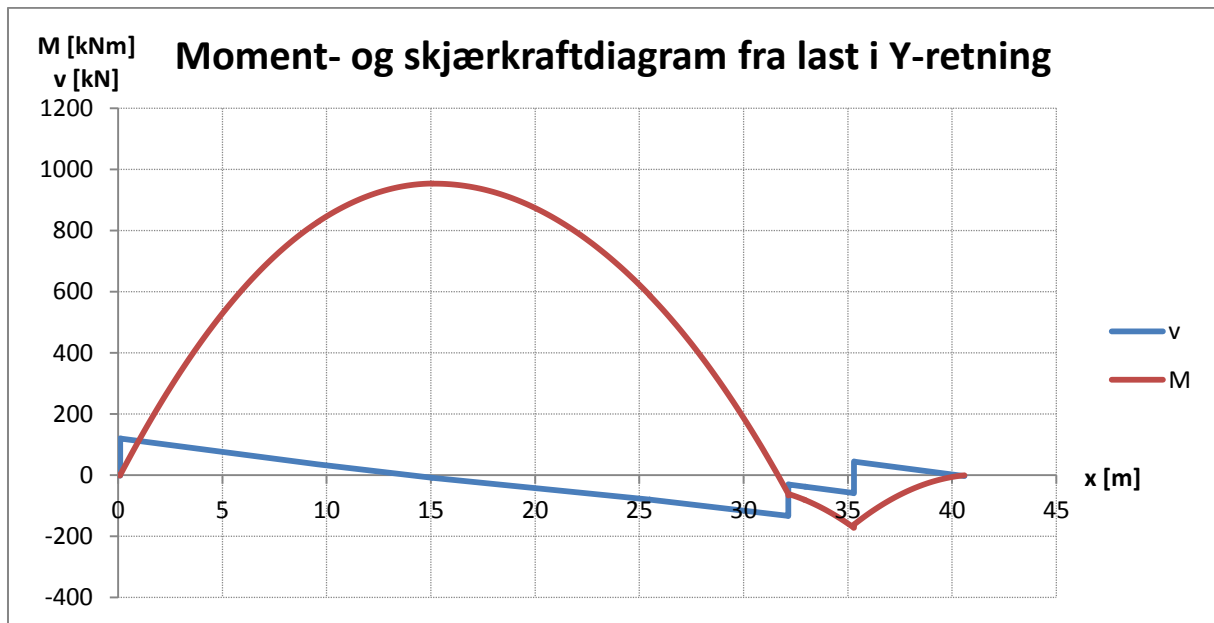
Figur 37 – Forenklet bjelkemodell av dekkesskiven for lastkombinasjon 2.

Oppsummering av snittligninger:

Fullstendig utregning finnes i Vedlegg C.

Snitt	$v(x)$	$M(x)$
$0,0 > x > 0,1 \text{ m}$	$-8,93 \cdot x$	$-4,47 \cdot x^2 + 9,4 \cdot x$
$0,1 > x > 9,6 \text{ m}$	$-8,93 \cdot x + 121$	$-4,47 \cdot x^2 + 130,4 \cdot x - 12,1$
$9,6 > x > 15,1 \text{ m}$	$-8,02 \cdot x + 112,3$	$-4,01 \cdot x^2 + 121,7 \cdot x + 29,8$
$15,1 > x > 25,5 \text{ m}$	$-6,85 \cdot x + 94,6$	$-3,43 \cdot x^2 + 104,0 \cdot x + 163,2$
$25,5 > x > 31,0 \text{ m}$	$-8,02 \cdot x + 124,4$	$-4,01 \cdot x^2 + 133,8 \cdot x - 217,2$
$31,0 > x > 32,15 \text{ m}$	$-8,93 \cdot x + 152,6$	$-4,47 \cdot x^2 + 162,0 \cdot x - 654,4$
$32,15 > x > 35,3 \text{ m}$	$-8,93 \cdot x + 256,6$	$-4,47 \cdot x^2 + 266,0 \cdot x - 3998,0$
$35,3 > x > 40,6 \text{ m}$	$-8,93 \cdot x + 359,6$	$-4,47 \cdot x^2 + 369,0 \cdot x - 7633,9$

Tabell 11 – Oppsummering av snittligninger. Fullstendig utregning finnes i Vedlegg C.

Moment og skjærkraftdiagram:

Figur 38 – Moment- og skjærkraftdiagram fra lastkombinasjon 2.

Utvalgte snittkrefter:**Snittkrefter ved enden (x = 0,1 m):**

$$v(x = 0,1 \text{ m}) = -8,93 \cdot 0,1 + 121 = \underline{120 \text{ kN}}$$

$$M(x = 0,1 \text{ m}) = -4,47 \cdot 0,1^2 + 130,4 \cdot 0,1 - 12,1 = \underline{1 \text{ kNm}}$$

Snittkrefter ved maksimal skjærkraft (x = 32,15 m):

$$v(x = 32,15 \text{ m}) = -8,93 \cdot 32,15 + 152,6 = -\underline{134 \text{ kN}}$$

$$M(x = 32,15 \text{ m}) = -4,47 \cdot 32,15^2 + 162,0 \cdot 32,15 - 654,4 = -\underline{66 \text{ kNm}}$$

Snittkrefter ved maksimalt feltmoment (x = 15,2 m):

$$v(x = 15,2 \text{ m}) = -6,85 \cdot 15,2 + 94,6 = -\underline{9 \text{ kN}}$$

$$M(x = 15,2 \text{ m}) = -3,43 \cdot 15,2^2 + 104,0 \cdot 15,2 + 163,2 = \underline{952 \text{ kNm}}$$

Snittkrefter 3,4 m etter maksimalt feltmoment (x = 18,6 m):

$$v(x = 18,6 \text{ m}) = -6,85 \cdot 18,6 + 94,6 = -\underline{33 \text{ kN}}$$

$$M(x = 18,6 \text{ m}) = -3,43 \cdot 18,6^2 + 104,0 \cdot 18,6 + 163,2 = \underline{911 \text{ kNm}}$$

5.7 DIMENSJONERING AV DEKKESKIVE MED LAST I X-RETNING

Det vil bli dimensjonert lengdearmring langs de vertikale aksene, tverrarmring langs de vertikale aksene, kontrollert grenseverdier for skjærspenninger og kraftinnføring i vertikalskiver.

5.7.1 DIMENSJONERING AV LENGDEARMERING

Det er åtte fuger ved enden av hulldekkene (endefuger): $n = 8$

Flytespenning (B500NC): $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

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

Indre momentarm (Antar kontinuerlig skive): $z = 0,5 \cdot l$

Forutsatt glatt, risset fuge: $\mu = 0,6$

Ved lengdearmring gjelder formel (1.9):

$$A_{S,L} = A_{S,M} + A_{S,V} + A_{S,N,vindsug} = \frac{M}{z \cdot f_{yd}} + \frac{V}{\mu \cdot n \cdot f_{yd}} + \frac{N_{vindsug}}{f_{yd}}$$

Lengdearmring i fuger langs LB (Akse 1 og 6) ($d = 30,2 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 29,9 \text{ m}$):

1) Snitt ved maksimal skjærkraft ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$A_{S,L} = \frac{208 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 29,9 \cdot 434} + \frac{152 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 8 \cdot 434} = \underline{105 \text{ mm}^2}$$

2) Snitt ved maksimalt feltmoment ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$A_{S,L} = \frac{834 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 29,9 \cdot 434} + \frac{51 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 8 \cdot 434} = \underline{153 \text{ mm}^2}$$

3) Snitt 3 meter før maksimalt feltmoment ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$A_{S,L} = \frac{798 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 29,9 \cdot 434} + \frac{75 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 8 \cdot 434} = \underline{159 \text{ mm}^2}$$

4) Sjekker minimumsarmering:

$$A_{S,L,\min} = \frac{1}{f_{yd}} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{L_1}{2}; 70\right] = \frac{1}{434} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{9,6}{2}; 70\right] = \underline{221 \text{ mm}^2}$$

Minimumsarmering dimensjonerende

- Akse 1 – Velger **2 ϕ 16 = 402 mm²** (på grunn av opphengskraften i Skive 2)
- Akse 6 – Velger **2 ϕ 12 = 226 mm²**

Lengdearmoring i fuger langs LB (Akse 3 og 4) ($d = 30,2 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 29,9 \text{ m}$):1) Snitt ved maksimal skjærkraft ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$A_{s,L} = \frac{208 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 29,9 \cdot 434} + \frac{152 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 8 \cdot 434} = \underline{105 \text{ mm}^2}$$

2) Snitt ved maksimalt feltmoment ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$A_{s,L} = \frac{834 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 29,9 \cdot 434} + \frac{51 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 8 \cdot 434} = \underline{153 \text{ mm}^2}$$

3) Snitt 3 meter før maksimalt feltmoment ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$A_{s,L} = \frac{798 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 29,9 \cdot 434} + \frac{75 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 8 \cdot 434} = \underline{159 \text{ mm}^2}$$

4) Sjekker minimumsarmering:

$$A_{s,L,\min} = \frac{1}{f_{yd}} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{L_1}{2}; 70\right] = \frac{1}{434} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{5,5}{2}; 70\right] = \underline{161 \text{ mm}^2}$$

Snitt 3 meter før maksimalt feltmoment dimensjonerende- Akse 3 og 4 – Velger **2 ϕ 12 = 226 mm²****Lengdearmoring i fuger langs DLB (Akse 2 og Akse 5):**

1) Snitt ved maksimal skjærkraft:

$$A_{s,L} = \frac{152 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 8 \cdot 434} = \underline{78 \text{ mm}^2} \quad (\text{pr. fuge})$$

4) Sjekker minimumsarmering:

$$A_{s,L,\min} = \frac{1}{f_{yd}} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{\left(\frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2}\right)}{2}; \frac{70}{2}\right] = \frac{1}{434} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{\left(\frac{9,6}{2} + \frac{5,5}{2}\right)}{2}; \frac{70}{2}\right] = \underline{174 \text{ mm}^2}$$

Minimumsarmering dimensjonerende- Akse 2 og 5 – Velger **2 ϕ 12 = 226 mm²**

5.7.2 DIMENSJONERING AV TVERRARMERING

Egenlast (HD265):

$$g = 3,8 \text{ kN/m}^2$$

Antar nyttelast:

$$p = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Forutsetter uten videre begrunnelse:

Eksentrisitet:

$$e = 270 \text{ mm}$$

Momentarm:

$$h' = 165 \text{ mm}$$

Lastkombinasjon:

$$q_f = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot p = 4,8 \text{ kN/m}^2$$

Ved tverrarmering gjelder formel (1.10):

$$S_T = S_V + S_M + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{V \cdot b}{\mu \cdot z} + \frac{M}{n \cdot z} + \frac{N_f \cdot e}{h'} + q_{vindsug} \cdot b$$

Tverrarmering mot LB (Akse 1 og 6)

Oppleggslast på LB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot 9,6/2 \cdot 1,2 = 27,6 \text{ kN}$$

1) Snitt ved enden ($d = 19,2 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 18,9 \text{ m}$) og ($z = 0,5 \cdot 18,9 \text{ m}$):

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{107 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 18,9} + \frac{27,6 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{68 \text{ kN}}$$

2) Snitt ved maksimal skjærkraft ($d = 30,2 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 29,9 \text{ m}$) og ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{152 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 29,9} + \frac{27,6 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{66 \text{ kN}}$$

Tverrarmering mot LB (Akse 3 og 4) ($d = 30,2 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 29,9 \text{ m}$):

Oppleggslast på LB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot 5,5/2 \cdot 1,2 = 15,8 \text{ kN}$$

1) Snitt ved maksimal skjærkraft ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{152 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 29,9} + \frac{15,8 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{47 \text{ kN}}$$

Tverrarmering mot DLB (Akse 2 og 5) ($d = 30,2 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 29,9 \text{ m}$):

Ubalansert oppleggslast på DLB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot (9,6/2 - 5,5/2) \cdot 1,2 = 11,8 \text{ kN}$$

1) Snitt ved maksimal skjærkraft ($z = 0,5 \cdot 29,9 \text{ m}$):

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{152 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 29,9} + \frac{11,8 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{41 \text{ kN}}$$

Tverrarming mot LB (Aakse C):

Denne er dimensjonert etter maksimal skjærkraft fra last i Y-retning, som er større enn skjærkraften ved denne akse i X-retning.

Strekraften funnet i Y-retning blir dimensjonerende. ($S_T = 48 \text{ kN}$)

Tverrarming mot DLB (Aakse D) ($d = 40,6 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 40,3 \text{ m}$):

Ubalansert oppleggslast på DLB pr. hulldekke: $N_f = 4,8 \cdot (8,4/2 - 6,0/2) \cdot 1,2 = 6,9 \text{ kN}$

1) Snitt ved maksimalt feltmoment ($z = 0,5 \cdot 40,3 \text{ m}$):

$$S_T = S_V + S_M + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{34 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 40,3} + \frac{824 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,5 \cdot 40,3} + \frac{6,9 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{25 \text{ kN}}$$

Tverrarming mot LB (Aakse E):

Det er ingen skjærkraft i denne fugen for last i X-retning.

Strekraften funnet i Y-retning blir dimensjonerende. ($S_T = 61 \text{ kN}$)

Minimumskraft:

$$S_T = 20 \cdot 1,2 = \underline{24 \text{ kN}}$$

5.7.3 KONTROLL AV ØVRE GRENSE FOR SKJÆRSPENNINGER

Ved kontroll av øvre grense for skjærspenninger gjelder formel (1.6):

$$\tau_{\max} = \frac{V}{z \cdot t} < 0,15 \text{ MPa}$$

Største skjærspenning ($z = 0,5 \cdot 28,5 \text{ m}$):

$$\tau_{\max} = \frac{V}{z \cdot t} = \frac{152 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 28500 \cdot 265} = \underline{0,04 \text{ MPa}} < 0,15 \text{ MPa} \quad \text{ok}$$

5.8 DIMENSJONERING AV DEKKESKIVE MED LAST I Y-RETNING

Det vil bli dimensjonert lengdearming langs de vertikale aksene, tverrarming langs de vertikale aksene, kontrollert grenseverdier for skjærspenninger og kraftinnføring i vertikalskiver.

5.8.1 DIMENSJONERING AV LENGDEARMERUNG

Det er fire fuger ved enden av hulldekkene (endefuger): $n = 4$

Flytespenning (B500NC): $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Dimensjonerende flytespenning: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 500 / 1,15 = 434 \text{ MPa}$

Indre momentarm (Antar kontinuerlig skive): $z = 0,5 \cdot l$

Ved lengdearmring gjelder formel (1.9):

$$A_{S,L} = A_{S,M} + A_{S,V} + A_{S,N,vindsug} = \frac{M}{z \cdot f_{yd}} + \frac{V}{\mu \cdot n \cdot f_{yd}} + \frac{N_{vindsug}}{f_{yd}}$$

Lengdearmring i fuger langs LB (Akse C og E) (d = 28,8 m – 0,3 m = 28,5 m):

1) Snitt ved maksimal skjærkraft (z = 0,5 · 28,5 m):

$$A_{S,L} = \frac{66 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 28,5 \cdot 434} + \frac{134 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 4 \cdot 434} = \underline{139 \text{ mm}^2}$$

2) Snitt ved maksimalt feltmoment (z = 0,5 · 28,5 m):

$$A_{S,L} = \frac{952 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 14,1 \cdot 434} + \frac{9 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 4 \cdot 434} = \underline{320 \text{ mm}^2}$$

3) Snitt 3,4 meter etter maksimalt feltmoment (z = 0,5 · 28,5 m):

$$A_{S,L} = \frac{912 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 14,1 \cdot 434} + \frac{33 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 4 \cdot 434} = \underline{330 \text{ mm}^2}$$

4) Sjekker minimumsarmering:

$$A_{S,L,\min} = \frac{1}{f_{yd}} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{L_1}{2}; 70\right] = \frac{1}{434} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{6,0}{2}; 70\right] = \underline{161 \text{ mm}^2}$$

Snitt 3,4 meter etter maksimalt feltmoment dimensjonerende

· Akse C og E – Velger **2φ16 = 402 mm²**

Lengdearmring i fuger langs DLB (Akse D)

2) Snitt ved maksimal skjærkraft:

$$A_{S,L} = \frac{135 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 4 \cdot 434} = \underline{130 \text{ mm}^2} \quad (\text{pr. fuge})$$

5) Sjekker minimumsarmering:

$$A_{S,L,\min} = \frac{1}{f_{yd}} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{\left(\frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2}\right)}{2}; \frac{70}{2}\right] = \frac{1}{434} \cdot \max\left[20 \cdot \frac{\left(\frac{8,4}{2} + \frac{6,0}{2}\right)}{2}; \frac{70}{2}\right] = \underline{166 \text{ mm}^2}$$

Minimumsarmering dimensjonerende

· Akse D – Velger **2φ12 = 226 mm²**

5.8.2 DIMENSJONERING AV TVERRARMERING

Egenlast (HD265):

$$g = 3,8 \text{ kN/m}^2$$

Antar nyttelast:

$$p = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Eksentrisitet:

$$e = 270 \text{ mm}$$

Momentarm:

$$h' = 165 \text{ mm}$$

Antar lastkombinasjon:

$$q_f = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot p = 4,8 \text{ kN/m}^2$$

Ved tverrarmering gjelder formel (1.10):

$$S_T = S_V + S_M + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{V \cdot b}{\mu \cdot z} + \frac{M}{n \cdot z} + \frac{N_f \cdot e}{h'} + q_{vindsug} \cdot b$$

Tverrarmering mot LB (Akse C) (d = 28,8 m – 0,3 m = 28,5 m):

Oppleggslast på LB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot 6/2 \cdot 1,2 = 17,3 \text{ kN}$$

1) Snitt ved maksimal skjærkraft (z = 0,5 · 28,5 m):

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{134 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 28,5} + \frac{17,3 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{47 \text{ kN}}$$

Tverrarmering mot DLB (Akse D) (d = 28,8 m – 0,3 m = 28,5 m):

Ubalansert oppleggslast på DLB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot (8,4/2 - 6,0/2) \cdot 1,2 = 6,9 \text{ kN}$$

1) Snitt ved maksimal skjærkraft (z = 0,5 · 28,5 m):

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{134 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 28,5} + \frac{6,9 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{30 \text{ kN}}$$

Tverrarmering mot LB (Akse E) (d = 28,8 m – 0,3 m = 28,5 m):

Oppleggslast på LB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot 8,6/2 \cdot 1,2 = 24,8 \text{ kN}$$

1) Snitt ved maksimal skjærkraft (z = 0,5 · 28,5 m):

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{134 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 28,5} + \frac{24,8 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{60 \text{ kN}}$$

Minimumskraft:

$$S_T = 20 \cdot 1,2 = \underline{24 \text{ kN}}$$

Tverrarming mot LB (Akse 1) (d = 38,4 m – 0,3 m = 38,1 m):

Oppleggslast på LB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot 5,5/2 \cdot 1,2 = 27,6 \text{ kN}$$

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{120 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 38,1} + \frac{27,6 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{58 \text{ kN}}$$

Strekraften funnet i Y-retning blir dimensjonerende ($S_T = 68 \text{ kN}$)

Tverrarming mot DLB (Akse 2 og 5) (d = 28,8 m – 0,3 m = 28,5 m):

Ubalansert oppleggslast på DLB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot (9,6/2 - 5,5/2) \cdot 1,2 = 11,8 \text{ kN}$$

1) Snitt ved maksimal skjærkraft (z = 0,5 · 28,5 m):

$$S_T = S_V + S_M + S_{N_f} + S_{vindsug} = \frac{35 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 28,5} + \frac{828 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,5 \cdot 28,5} + \frac{11,8 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{39 \text{ kN}}$$

Strekraften funnet i Y-retning blir dimensjonerende ($S_T = 41 \text{ kN}$)

Tverrarming mot LB (Akse 3 og 4):

Disse er dimensjonert etter maksimal skjærkraft fra last i X-retning, som er større enn skjærkraften ved disse aksene i Y-retning.

Strekraften funnet i X-retning blir dimensjonerende. ($S_T = 49 \text{ kN}$)

Tverrarming mot DLB (Akse 5) (d = 28,8 m – 0,3 m = 28,5 m):

Ubalansert oppleggslast på DLB pr. hulldekke:

$$N_f = 4,8 \cdot (9,6/2 - 5,5/2) \cdot 1,2 = 11,8 \text{ kN}$$

1) Snitt ved maksimal skjærkraft (z = 0,5 · 28,5 m):

$$S_T = S_V + S_{N_f} + S_M + S_{vindsug} = \frac{134 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,5 \cdot 28,5} + \frac{66 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,5 \cdot 28,5} + \frac{11,8 \cdot 10^3 \cdot 270}{165} = \underline{39 \text{ kN}}$$

Strekraften funnet i Y-retning blir dimensjonerende ($S_T = 41 \text{ kN}$)

Tverrarming mot LB (Akse 6)

Det er ingen skjærkraft i denne fugen for last i Y-retning.

Strekraften funnet i X-retning blir dimensjonerende. ($S_T = 68 \text{ kN}$)

5.8.3 KONTROLL AV ØVRE GRENSE FOR SKJÆRSPENNINGER

Ved kontroll av øvre grense for skjærspenninger gjelder formel (1.6):

$$\tau_{\max} = \frac{V}{z \cdot t} < 0,15 \text{ MPa}$$

Største skjærspenning:

$$\tau_{\max} = \frac{V}{z \cdot t} = \frac{134 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 28500 \cdot 265} = \underline{0,04 \text{ MPa}} < 0,15 \text{ MPa} \quad \text{ok}$$

5.8.4 KRAFTINNFØRING I VERTIKALSKIVER

Her vil kraftinnføringen i vertikalskivene bli sjekket. Her vil kraftfordelingsformlene (1.12), (1.13) og (1.14) bli brukt. I tillegg gjelder skjærstrekkformelen (1.3) (med $n = 1$) og øvre grense for skjærspenning i formel (1.6):

Skive 1 og Skive 6:

Reaksjonskraft: $V = 53,7 \text{ kN}$

Hele skjærkraften tas opp langs skiven som skjærfriksjon:

Strekkraft: $S = 53,7/0,6 = 90 \text{ kN}$ (Dimensjonerende langs akse A)

Skjærspenning i fugen:

$$\tau = \frac{V}{z \cdot t} = \frac{53,7 \cdot 10^3}{9450 \cdot 265} = 0,02 \text{ MPa} < 0,15 \text{ MPa} \quad \text{ok}$$

Skive 2

Reaksjonskraft: $V = 121 \text{ kN}$

Fordeler skjærkraften med $3,95/38,4 = 0,10$ langs skiven og $34,45/38,4 = 0,90$ i skiveende:

Strekkraft langs skive: $S = 0,10 \cdot 121/0,6 = 20 \text{ kN}$

Strekkraft pr. hulldekke: $S = 21/4 = 5 \text{ kN}$

Opphengskraft i enden: $S = 0,9 \cdot 121 = 109 \text{ kN}$

Nødvendig lengdearmering: $A_{SL} = 109\,000/434 = 251 \text{ mm}^2$

- Akse 1 – Velger **2 ϕ 16 = 402 mm²** (Dimensjonerende langs akse 1)

Skive 3

Reaksjonskraft: $V = 104 \text{ kN}$

Fordeler skjærkraften med $3,8/28,8 = 0,13$ langs skiven og $25,0/28,8 = 0,87$ i skiveende:

Strekkraft langs skive: $S = 0,13 \cdot 104/0,6 = 23 \text{ kN}$

Opphengskraft i enden: $S = 0,87 \cdot 104 = 90 \text{ kN}$

Nødvendig lengdearmering: $A_{SL} = 90\,000/434 = 207 \text{ mm}^2$

- Akse 5 – Velger **2 ϕ 12 = 221 mm²** (Dimensjonerende langs akse 5)

Skive 4

Reaksjonskraft: $V = 95,8 \text{ kN}$

Fordeler skjærkraften med $9,6/40,6 = 0,24$ langs skiven og $31,0/40,6 = 0,76$ i skiveende:

Strekraft langs skive: $S = 0,24 \cdot 95,8/0,6 = 38 \text{ kN}$

Opphengskraft i enden: $S = 0,76 \cdot 95,8 = 73 \text{ kN}$

Skjærspenning i fugen:

$$\tau = \frac{V}{z \cdot t} = \frac{0,24 \cdot 95,8 \cdot 10^3}{3250 \cdot 265} = \underline{0,03 \text{ MPa}} < 0,15 \text{ MPa} \quad \text{ok}$$

Skive 5:

Reaksjonskraft: $V = 103 \text{ kN}$

Fordeler skjærkraften med $3,8/40,6 = 0,09$ langs skiven og $36,8/40,6 = 0,91$ i skiveende:

Strekraft langs skive: $S = 0,09 \cdot 103/0,6 = 15 \text{ kN}$

Strekraft pr. hulldekke: $S = 15/3 = 5 \text{ kN}$

Opphengskraft i enden: $S = 0,91 \cdot 103 = 94 \text{ kN}$

Skive 7 og 8:

Reaksjonskraft: $V = 56,2 \text{ kN}$

Fordeler skjærkraften med $5,5/15,1 = 0,36$ langs skiven og $9,6/15,1 = 0,64$ i skiveende:

Strekraft langs skive: $S = 0,36 \cdot 56,2/0,6 = 34 \text{ kN}$ (Dimensjonerende langs akse B)

Opphengskraft i enden: $S = 0,64 \cdot 56,2 = 36 \text{ kN}$

$$\tau = \frac{V}{z \cdot t} = \frac{0,36 \cdot 56,2 \cdot 10^3}{5500 \cdot 265} = \underline{0,01 \text{ MPa}} < 0,15 \text{ MPa} \quad \text{ok}$$

5.9 OPPSUMMERING

Tabell 12 gir en oppsummering over alle dimensjonerende beregningsresultat. Lengdearmering gis i nødvendig armeringsareal mens tverrarmering gis i nødvendig strekkraft. Det gis også en oversikt over nødvendig strekkraft over fugen til de vertikale skivene.

	Beregnet resultat	Kommentar
Lengdearmering langs akse 1	251 mm²	Opphengskraft skive 2 dimensjonerende
Lengdearmering langs akse 2	174 mm²	Minimumsarmering dimensjonerende
Lengdearmering langs akse 3	168 mm²	Snitt y = 19 meter dimensjonerende
Lengdearmering langs akse 4	168 mm²	Snitt y = 19 meter dimensjonerende
Lengdearmering langs akse 5	207 mm²	Opphengskraft skive 3 dimensjonerende
Lengdearmering langs akse 6	221 mm²	Minimumsarmering dimensjonerende
Lengdearmering langs akse C	332 mm²	Snitt x = 18,6 meter dimensjonerende
Lengdearmering langs akse D	166 mm²	Minimumsarmering dimensjonerende
Lengdearmering langs akse E	332 mm²	Snitt x = 18,6 meter dimensjonerende
Tverrarmering langs akse 1	68 kN	Skjærkraft ved enden dimensjonerende (Last X-retn)
Tverrarmering langs akse 2	41 kN	Maksimal skjærkraft dimensjonerende (Last X-retn)
Tverrarmering langs akse 3	49 kN	Maksimal skjærkraft dimensjonerende (Last X-retn)
Tverrarmering langs akse 4	49 kN	Maksimal skjærkraft dimensjonerende (Last X-retn)
Tverrarmering langs akse 5	41 kN	Maksimal skjærkraft dimensjonerende (Last X-retn)
Tverrarmering langs akse 6	68 kN	Skjærkraft ved enden dimensjonerende (Last X-retn)
Tverrarmering langs akse A	180 kN	Strekraft langs skive 1 og 6 fuge dimensjonerende
Tverrarmering langs akse B	64 kN	Strekraft langs skive 7 og 8 fuge dimensjonerende
Tverrarmering langs akse C	48 kN	Maksimal skjærkraft dimensjonerende (Last Y-retn)
Tverrarmering langs akse D	31 kN	Maksimal skjærkraft dimensjonerende (Last Y-retn)
Tverrarmering langs akse E	61 kN	Maksimal skjærkraft dimensjonerende (Last Y-retn)
Fuge langs skive 1	90 kN	Langs akse A
Fuge langs skive 2	5 kN	Pr. hulldekker
Fuge langs skive 3	23 kN	
Fuge langs skive 4	38 kN	
Fuge langs skive 5	5 kN	Pr. hulldekker
Fuge langs skive 6	90 kN	Langs akse A
Fuge langs skive 7	34 kN	Langs akse B
Fuge langs skive 8	34 kN	Langs akse B

Tabell 12 – Oversikt over dimensjonerende beregningsresultat.

5.10 BEREGNING I HD-SKIVE

Den samme beregningen som i dette kapittelet er gjort i HD-Skive. Beregningsutskriften finnes i sin helhet i Vedlegg D. På neste side finnes Tabell 14 som er den samme oppsummeringstabellen som følger HD-Skives beregningsutskrift. Hvis man sammenligner resultatet med håndregningen ser man at alle resultatene er de samme som i Tabell 12.

Masteroppgave 2012 – Dimensjonering av avstivende dekkesskiver

Vidar Aunan

I Tabell 13 finnes en oppsummering med utvalgte bilder fra beregningsutskriften med beskrivelse av fremgangsmåten:

<p>HD-Skive 1 - INPUT DEKKE 05.06.2012</p> <p>FIRMA: NTNU KONSTRUKTØR: Vidar Aunan PROSJEKT: Nedre Mathus Omringcenter PROSJEKTDTEL: Dekke over etasje nummer 1 PROSJEKTNR:</p> <p>SLENNVIDDE X: 5 SLENNVIDDE Y: 4</p> <p>TOTALT RNN VEGG: 41,00 + KORSTYVING: 41,00 TOTALT: 82,00</p> <p>Ytreveggshøyde: 0,2 m Akselavstand: x: 0,2 m, y: 0,2 m</p> <p>Side 3 av 32</p>	<p>HD-Skive 2 - INPUT LASTER 05.06.2012</p> <p>FIRMA: NTNU KONSTRUKTØR: Vidar Aunan PROSJEKT: Nedre Mathus Omringcenter PROSJEKTDTEL: Dekke over etasje nummer 1 PROSJEKTNR:</p> <p>HORISONTALE LASTER Y-RETNING</p> <p>Vind- og skjevstillingslaster i Y-retning</p> <p>Side 5 av 32</p>																																																																																																			
<p>1. Først ble modulaksene og geometrien til dekket definert.</p>	<p>2. Vind- og skjevstillingslastene ble lagt inn.</p>																																																																																																			
<p>HD-Skive 3 - INPUT SKIVER 05.06.2012</p> <p>FIRMA: NTNU KONSTRUKTØR: Vidar Aunan PROSJEKT: Nedre Mathus Omringcenter PROSJEKTDTEL: Dekke over etasje nummer 1 PROSJEKTNR:</p> <p>SKIVER I X-RETNING</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Skive Nr</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>L</th> <th>t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4750</td> <td>100</td> <td>9450</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>35800</td> <td>100</td> <td>9450</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>28300</td> <td>9400</td> <td>5500</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>12300</td> <td>9000</td> <td>5500</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>33600</td> <td>18000</td> <td>3250</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table> <p>SKIVER I Y-RETNING</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Skive Nr</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>L</th> <th>t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>100</td> <td>36500</td> <td>3950</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>32150</td> <td>36500</td> <td>3815</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>35300</td> <td>36500</td> <td>3815</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table> <p>Side 8 av 32</p>	Skive Nr	X	Y	L	t	1	4750	100	9450	200	6	35800	100	9450	200	7	28300	9400	5500	200	8	12300	9000	5500	200	4	33600	18000	3250	200	Skive Nr	X	Y	L	t	2	100	36500	3950	200	3	32150	36500	3815	200	5	35300	36500	3815	200	<p>HD-Skive 5 - RESULTAT X-RETN 05.06.2012</p> <p>Skjær- og momentdiagram. Last i X-retning.</p> <p>Side 22 av 32</p>																																																	
Skive Nr	X	Y	L	t																																																																																																
1	4750	100	9450	200																																																																																																
6	35800	100	9450	200																																																																																																
7	28300	9400	5500	200																																																																																																
8	12300	9000	5500	200																																																																																																
4	33600	18000	3250	200																																																																																																
Skive Nr	X	Y	L	t																																																																																																
2	100	36500	3950	200																																																																																																
3	32150	36500	3815	200																																																																																																
5	35300	36500	3815	200																																																																																																
<p>3. Posisjon og reaksjonskreftene til de vertikale skivene blir fylt inn.</p>	<p>4. Dette ga følgende moment- og skjærkraftdiagram.</p>																																																																																																			
<p>HD-Skive 4 - RESULTAT Y-RETN 05.06.2012</p> <p>3 Lengdearmring i fuger langs AKSE C</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>test 1</th> <th>test 2</th> <th>test 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11</td> <td>11</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>11</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table> <p>Side 13 av 32</p>	test 1	test 2	test 3	11	11	11	11	11	11	<p>HD-Skive 6 - OPPSUMMERING 05.06.2012</p> <p>KRAFTINNFORING I VERTIKALSKIVER</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Skive X</th> <th>V [kN]</th> <th>F1</th> <th>V'</th> <th>S</th> <th>T [MPa]</th> <th>L1 [m]</th> <th>L2 [m]</th> <th>L3 [m]</th> <th>a</th> <th>Sr</th> <th>Akse</th> <th>F2</th> <th>Sr</th> <th>Akse</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>13,7</td> <td>1,00</td> <td>53,7</td> <td>89,5</td> <td>0,02</td> <td>0,03</td> <td>9,45</td> <td>31,53</td> <td>1,00</td> <td>89,5</td> <td>A</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>13,7</td> <td>1,00</td> <td>53,7</td> <td>89,5</td> <td>0,02</td> <td>0,03</td> <td>9,45</td> <td>0,40</td> <td>1,00</td> <td>89,5</td> <td>A</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>56,2</td> <td>1,00</td> <td>56,2</td> <td>93,7</td> <td>0,04</td> <td>0,55</td> <td>5,10</td> <td>9,95</td> <td>1,00</td> <td>93,7</td> <td>B</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>56,2</td> <td>1,00</td> <td>56,2</td> <td>93,7</td> <td>0,04</td> <td>5,60</td> <td>5,10</td> <td>25,90</td> <td>1,00</td> <td>93,7</td> <td>B</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>25,8</td> <td>1,00</td> <td>25,8</td> <td>159,7</td> <td>0,11</td> <td>31,90</td> <td>3,35</td> <td>5,70</td> <td>1,00</td> <td>159,7</td> <td>B</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Side 31 av 32</p>	Skive X	V [kN]	F1	V'	S	T [MPa]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	a	Sr	Akse	F2	Sr	Akse	1	13,7	1,00	53,7	89,5	0,02	0,03	9,45	31,53	1,00	89,5	A	0,00	0,0	0,0	6	13,7	1,00	53,7	89,5	0,02	0,03	9,45	0,40	1,00	89,5	A	0,00	0,0	0,0	7	56,2	1,00	56,2	93,7	0,04	0,55	5,10	9,95	1,00	93,7	B	0,00	0,0	0,0	8	56,2	1,00	56,2	93,7	0,04	5,60	5,10	25,90	1,00	93,7	B	0,00	0,0	0,0	4	25,8	1,00	25,8	159,7	0,11	31,90	3,35	5,70	1,00	159,7	B	0,00	0,0	0,0
test 1	test 2	test 3																																																																																																		
11	11	11																																																																																																		
11	11	11																																																																																																		
Skive X	V [kN]	F1	V'	S	T [MPa]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	a	Sr	Akse	F2	Sr	Akse																																																																																						
1	13,7	1,00	53,7	89,5	0,02	0,03	9,45	31,53	1,00	89,5	A	0,00	0,0	0,0																																																																																						
6	13,7	1,00	53,7	89,5	0,02	0,03	9,45	0,40	1,00	89,5	A	0,00	0,0	0,0																																																																																						
7	56,2	1,00	56,2	93,7	0,04	0,55	5,10	9,95	1,00	93,7	B	0,00	0,0	0,0																																																																																						
8	56,2	1,00	56,2	93,7	0,04	5,60	5,10	25,90	1,00	93,7	B	0,00	0,0	0,0																																																																																						
4	25,8	1,00	25,8	159,7	0,11	31,90	3,35	5,70	1,00	159,7	B	0,00	0,0	0,0																																																																																						
<p>5. Skjema for lengde- og tverrarmring ble utfylt.</p>	<p>6. Tilslutt ble kraftinnføring i vertikalskivene testet.</p>																																																																																																			

Tabell 13 - Oppsummering med utvalgte bilder fra fremgangsmåten i HD-Skive.

Lengdearmering langs horisontale akser

	Last i Y-retning		Kraftinnføring i Vertikalskive		Valgt armering	
	Kraft [kN]	Areal [mm ²]	Kraft [kN]	Areal [mm ²]		
Akse A						
Akse B						
Akse C	143,1	329,6			2 φ 16	402,1 mm ²
Akse D	72,0	165,9			2 φ 12	226,2 mm ²
Akse E	143,1	329,6			2 φ 16	402,1 mm ²
Akse F						
Akse G						
Akse H						
Akse I						
Akse J						

Tverrarmering langs horisontale akser

Last i Y-retning	Last i X-retning	Kraftinnf. V-skive	Dimensjonerende kraft
Kraft [kN]	Kraft [kN]	Kraft [kN]	
		179,0	179 kN
		67,4	67,4 kN
47,2			47,2 kN
30,2	24,9		30,2 kN
59,5			59,5 kN

Lengdearmering langs vertikale akser

	Last i X-retning		Kraftinnføring i Vertikalskive		Valgt armering	
	Kraft [kN]	Areal [mm ²]	Kraft [kN]	Areal [mm ²]		
Akse 1	96,0	221,2	108,9	250,9	2 φ 16	402,1 mm ²
Akse 2	75,5	174,0			2 φ 12	226,2 mm ²
Akse 3	70,0	161,3			2 φ 12	226,2 mm ²
Akse 4	70,0	161,3			2 φ 12	226,2 mm ²
Akse 5	75,5	174,0	90,5	208,5	2 φ 12	226,2 mm ²
Akse 6	96,0	221,2			2 φ 12	226,2 mm ²
Akse 7						
Akse 8						
Akse 9						
Akse 10						

Tverrarmering langs horisontale akser

Last i Y-retning	Last i X-retning	Kraftinnf. V-skive	Dimensjonerende kraft
Kraft [kN]	Kraft [kN]	Kraft [kN]	
67,7	57,8		67,7 kN
39,6	38,8		39,6 kN
46,1			46,1 kN
46,1			46,1 kN
39,6	39,2		39,6 kN
67,7			67,7 kN

Tabell 14 - Oppsummeringstabell fra beregningsutskriften.

6. KONKLUSJON

Vi kan se av forrige kapittel at det kreves mange sider med beregning hvis man skal dimensjonere dekkeskiver kun med håndregning. Dette er både tidkrevende og medfører en større sannsynlighet for regnefeil. HD-Skive med sine funksjoner kan derfor fungere som et godt hjelpemiddel til dimensjonering av avstivende dekkeskiver.

HD-Skive kan derimot ikke kalles ferdig utviklet. Dette er første versjon, og tilsvarende som for andre dataprogram krever også dette programmet mye testing for å lokalisere eventuelle feil og forbedringer. Nye versjoner vil bli utviklet dersom HD-Skive ønskes å brukes videre.

I det følgende er det listet opp noen idéer til hva som kan hjelpe til å gjøre programmet enda bedre:

- **Automatisk søk etter dimensjonerende strekkraft**
Slik som det er nå må man prøve seg fram med forskjellige X- eller Y-verdier i tabellen for egendefinerte snitt for å finne dimensjonerende strekkraft. Her hadde det vært en fordel å utvikle en funksjon som automatisk søkte etter snittet som gir den dimensjonerende strekkraften.
- **Automatisk overføring av inputdata fra Ove Slettens V-Skive**
Dette er en idé som raskt som ble diskutert tidlig i programutviklingsfasen. Dette ville spart noe tid ved at man slipper å føre inn inputdata to ganger.
- **Armeringstegning som gir en oversiktlig oppsummering av beregningsresultater**
Dette ville sammen med oppsummeringstabellen i programmet gitt en enda bedre oversikt over beregningsresultatet.
- **Autoutfylling av skjema for lengde- og tverrarmring**
Har dekket en mer komplisert geometri kan det fort bli mange skjema og holde styr på, og samtidig mange input (for eksempel μ , n , e , h' osv.) som må føres inn flere plasser. Det hadde derfor vært en fordel å kunne autoutfylle noen verdier etter eget ønske for å gjøre HD-Skive enda mer effektivt.
- **Feilsøking og advarsler til brukeren**
I HD-Skive finnes det mange formler som er avhengig av flere verdier. Det er ofte slik at enkelte formler ikke gir ut noe resultat før all input er på plass. Det er derfor en fordel at HD-Skive hjelper til å minne på brukeren hvilke verdier som *må* være ført inn. Det ligger innlagt noen steder (for eksempel ved indre momentarm), men kan være behov for påminnelser flere steder.

Dette er noen idéer, og flere vil sannsynligvis dukke opp ettersom programmet blir testet av brukerne.

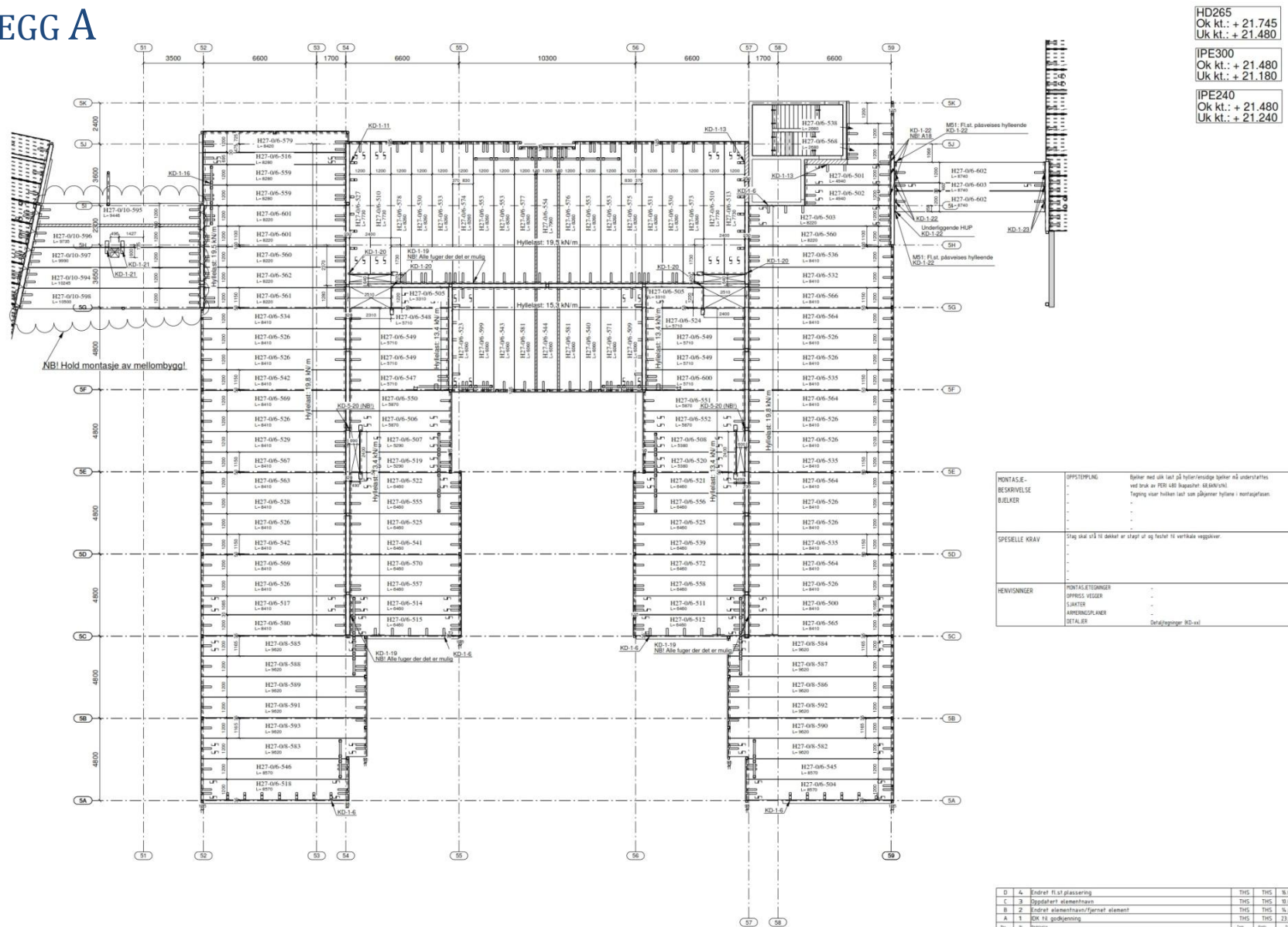
KILDELISTE

1. **Jacobsen, Stefan.** *TKT 4215 - Betongteknologi 1.* Trondheim : NTNU, 2009. side 1-11 til 1-13.
2. **Betongelementboken Bind A.** *Bygging med betongelementer.* Oslo : Betongelementforeningen, 2010. ISBN 978-82-993192-3-2.
3. **Contiga AS.** Hulldekker. [Internett] [Sisert: 6. mars 2012.] <http://www.contiga.no/produkter/betongprodukter/hulldekker.html>.
4. **Spenncon AS.** Etasjeskiller. [Internett] [Sisert: 6. mars 2012.] <http://www.spenncon.no/i.asp?Produkter/Etasjeskiller>.
5. **Fause, Siri.** Vedlegg 7.4 - Hulldekker Kraftoverføringer. Fredrikstad : Høgskolen i Østfold.
6. **Betongelementboken Bind B.** *Avstivning og kraftoverføring.* Oslo : Betongelementforeningen, 2005. ISBN 82-991880-5-9.
7. **Vinje, Leidulv.** Forelesningsnotater Betongkonstruksjon 2. Trondheim : NTNU, 2010.
8. **Betongelementboken bind H.** *Dimensjonering for jordskjelv.* Oslo : Betongelementforeningen, 2011. ISBN 978-82-993192-5-6.
9. **Standard Norge.** *Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1: Almenne regler og relger for bygninger.* Eurocode 2 : s.n., 2004. NS-EN 1991-1-1:2004+NA:2008.
10. **Betongelementboken Bind C.** *Elementer og knutepunkter.* Oslo : Betongelementforeningen, 2006. ISBN 82-991880-6-7.
11. **Sletten, Ove.** *E-post korrespondanse.* Trondheim, 24. Januar 2012.
12. **Overrein, Geir Ove.** *Møte.* Trondheim, 21. Mars 2012.

Masteroppgave 2012 – Dimensjonering av avstivende dekkesskiver

Vidar Aunan

VEDLEGG A



HD265	Ok kt.: + 21.745
	Uk kt.: + 21.480
IPE300	Ok kt.: + 21.480
	Uk kt.: + 21.180
IPE240	Ok kt.: + 21.480
	Uk kt.: + 21.240

MONTASJE- BESKRIVELSE BUELKER	OPPSLEPPLING	Bjelker med uk. last på byggerisidige bjelker må understøttes ved bruk av PER 480 (passer til 68 kN/m²).
		Tegning viser hvilken last som pålegges i montasjeplan.
SPESELLE KRAV		Slag skal stå til dekket er sluttet ut og festet til vertikale veggskiver.
HENVISNINGER	MONTASJELETTINGER	-
	OPPRIS VEGGER	-
	SÅKTER	-
	ARBEIDSPLENER	Detailtegninger KD-xx

PLAN +21.480
1:100

D 4	Endret flat plassering	THS	THS	18.06.2012
C 3	Dyddert elementbrett	THS	THS	18.06.2012
B 2	Endret elementbrett/fermet element	THS	THS	18.02.2012
A 1	OK til godkjenning	THS	THS	23.02.2012

PROJEKTSJEF		PRODUKSJONSSJEF	
Spenncon		NEDRE MELHUS OMSORGSSENTER	
Prosjekt	THS	Dato	DD 1 ETG. BYGG 5
Revisjon	THS	Dato	23.02.2012
Typ	THS 00 10 11 141	Vt	100295
		Oppgjør	P-105
			2

VEDLEGG B

Bedrift: AS Betong

Kontaktperson: Trond Obrestad

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Nei

Hva brukes eventuelt for å dimensjonere dekkeskivene?

Håndregning ut fra resultat i V-skiveprogram

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

V-skive (Ove Sletten)

Hvordan fungerer programmet?

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Kraftoverføring til vertikalskiver, endringer i indre momentarm, sjakter som bryter armeringsføring, store utsparinger eller hakk i skiva. Skiver som henger delvis sammen. Lastoverføring mellom skiver som er koblet sammen, men som allikevel må beregnes som separate skiver.

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

Bedrift: Kynningsrud Prefab AS

Kontaktperson: Edin Mahmutcehajic

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Nei

Hva brukes eventuelt for å dimensjonere dekkeskivene?

Håndregning, regneark. Bruker i noen tilfeller FEM-analyser

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

V-skive (Ove Sletten)

Hvordan fungerer programmet?

Bruker også FEM-design eller staad samt enkle excel-ark og håndberegner der det er tilstrekkelig. V-skive fungerer stor sett greit. Programmet er ikke tilstrekkelig ved jordskjelvsberegninger for bygg som ikke tilfredsstillt krav til regularitet. Programmet er ikke tilpasset for avstivning med annet enn skiver.

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Noen utfordringer: Sprang og utsparinger i dekket. Dekker med komplisert geometri som ikke nødvendigvis kan betraktes som bjelke for bestemmelse av M,V,N- diagrammer. Dimensjonering av dekkeskive for jordskjelvslaste for bygninger som krever romlig modal analyse.

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Det ville være tidsbesparende å ha et standardisert beregningsprogram som kan benyttes i flest mulig tilfeller.

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

Vi anser oppgaven som svært interessant og relevant.

Bedrift: Block Berge Bygg AS
Kontaktperson: Stig Jespersen

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Nei

Hva brukes eventuelt for å dimensjonere dekkeskivene?

Ekstern konsulent tar seg av dette. På store prosjekter er dette ok, men på mindre prosjekter er det ønskelig å kunne utføre dette arbeidet selv.

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

V-skive (Ove Sletten)

Hvordan fungerer programmet?

Brukes i liten grad i dag, men ønsker å bygge opp en kapasitet rundt dette.

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Definere det avstivende systemet og gi kreftene riktige størrelser.

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Vi kunne håndtert flere prosjekter på egenhånd og dermed unngått å måtte betale dyrt for å sette bort ansvaret.

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

Stå på, det er et behov for programmer som forenkler dimensjonering av hd-skiver.

Bedrift: COWI
Kontaktperson: Geir Ove Overrein

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Nei

Hva brukes eventuelt for å dimensjonere dekkeskivene?

Håndberegning

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

V-skive (Ove Sletten)

Hvordan fungerer programmet?

-Begrensninger: Regner bare med vertikale betongskiver. Ikke stålkruss. Tar ikke "alt" på seismiske beregninger. Stoler ikke på resultatene for snittkrefter i horisontalskivene (I alle fall ikke tidligere).

-Oversiktlig. Enkelt å bruke. Oversiktlig beregningsutskrift.

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Utsparinger. Plan med utfordrende geometri. Stor forskjell i stivhet på vertikalskivene.

Skjæroverføring. Varierende spennretning. Sprang i fasade. "Få momentdiagrammet til å gå opp ved kontroll fra to sider"

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Med et greit brukergrensesnitt og en oversiktlig beregningsutskrift vil jeg tro at det vil forenkle prosjekteringsarbeidet på enkelte bygg. Hulldekkeskiver kan fort få en geometri som kanskje blir utfordrende å ferdigregne i et beregningsprogram. Det blir sannsynligvis nødvendig å kombinere programmet med håndberegninger.

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

Kan være greit om beregningsprogrammet har "en side" der en kan sette inn snittkrefter, skivehøyde, antall endefuger osv selv. Fint dersom en har regnet snittkreftene i skiven for hånd og trenger en rask måte å kontrollere flere snitt i hulldekkeskiva.

Bedrift: Spenncon AS
Kontaktperson: Asbjørn Hermstad

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Ja

Hva er beregningsprogrammet?

V-Skive

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

V-skive (Ove Sletten)

Hvordan fungerer programmet?

Input er horisontalkreftene vind/skjevstilling, eller jordskjelv når tverrkraftmetoden kan benyttes. Lastberegningen foretas i eget excelark program

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Det blir problematisk når skjærstrøm i de langsgående fugene blir større enn anbefalt (0,1 - 0,15 MPa). Det gir krevende dimensjonering både for de langsgående fugene og endefugene.

Med for store spenninger må dekket utføres med konstruktiv påstøp.

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Programmet fordeler kreftene til de vertikale avstivende skivene, og regner ut moment og skjær i skiven

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

Innfestingen til de vertikale skivene blir ofte kritisk. Med for korte skiver er det ikke nok lengde til alle de slissene som kreves for å forankre den horisontale dekkeskiven til de vertikale skivene. I slike tilfeller vil det være nødvendig å legge inn stålbejelker mellom elementene ved vertikalskivene. Disse brukes for å forlenge overføringslengden av skjær, med sideslisser i tilstøpende hulldekker som forankres i stålbejelken. Stålbejelken må så sveises til den vertikale skiven.

Bedrift: Contiga AS
Kontaktperson: Geir Udahl

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Ja

Hva er beregningsprogrammet?

Enkelt Excel ark som finner strekkrefter i arm/stål knutepunkt som følge av påført moment, skjærkraft og aksialkraft. Kraver en del manuell input. Regnearket benytter kun kjente formler og er strengt tatt ikke noe "beregningsprogram".

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

V-skive (Ove Sletten)

Hvordan fungerer programmet?

Vi benytter V-Skive og Robot for beregning av de vertikale skivekreftene. Begrensningene ligger her i å vite hva programmet gjør:

V-Skive: Enkelt å modellere og lett å få ut resultater. Programmet regner med uendelig stiv horisontalskive som må tas hensyn til ved vurderingen av modellen.

Robot: Ganske lett å modellere. Ikke så raskt å ta ut resultater som i V-Skive men fortsatt ganske greit. Under modelleringen må det tas hensyn til om en ønsker en koblet eller fri sjakt.

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Ofta har vi ikke bjelkelignede bygg slik at en dimensjonering etter M,V og N kan være vanskelig. Noe lettere å dimensjonere skiven etter å ha modellert den i Robot da vi har tilgang til alle krefter, men dette er noe vi normalt ikke gjør hvis det ikke er seismiske laster.

En horisontalskive kan ofte være ganske uregulær som gir en utfordring i å overføre krefter i hakk etc, så lenge dette er forutsatt i beregningsmodellen.

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Vi får oversikt over hvor stort strekk vi må overføre for å kunne dokumentere en stiv skive.

Benyttes særlig under seismiske laster.

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

Bedrift: Spenncon AS
Kontaktperson: Henrik Lurén

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Ja

Hva er beregningsprogrammet?

Ove Sletten V-Skive. Beregning av snittkrefter i dekkeskive og fordeling av krefter til veggskiver.

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

Excelprogram

Hvordan fungerer programmet?

Enkelt program. Konstruktør må ha kontroll på lastkombinasjoner.

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Programmet tar bla. ikke hensyn til f.eks. store utsparinger i dekke.

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Vi slipper å beregne fordeling av krefter til veggskiver og beregning av snittkrefter i dekkeskive.

Programmet kan også forenklet beregne jordskjelvlaster basert på input i geometri og annen input.

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

Bedrift: Spenncon AS
Kontaktperson: Eivind Bøe

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Ja

Hva er beregningsprogrammet?

Kan være at jeg misforstår, men Ove Sletten har program for horisontale og vertikale skiver. Det beregner ikke skiven direkte, men gir krefter.

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

V-skive (Ove Sletten)

Hvordan fungerer programmet?

Greit nok. Ønsket er et program som beregner hd skiven

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Vil tro det er geometri og store (for store) laster

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Det går forttere og blir riktigere !

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

Bedrift: COWI AS
Kontaktperson:

Finnes det et beregningsprogram for dimensjonering av avstivende dekkeskiver i Deres bedrift?

Ja

Hva er beregningsprogrammet?

FEM Design, Ove Sletten, samt egenutviklet Excel ark

Hvilket program brukes for å beregne de vertikale skivekreftene?

V-skive (Ove Sletten)

Hvordan fungerer programmet?

Ove Sletten er litt tungvindt i bruk. FEM Design brukes også

Hva er utfordringene knyttet til dimensjonering av avstivende dekkeskiver?

Ofte vil uregelmessig geometri komplisere beregningene.

Hvordan ville et beregningsprogram effektivisert prosjekteringsarbeidet?

Hvis Dere har noen ytterligere kommentarer eller synspunkt kan disse skrives her.

VEDLEGG C

BEREGNING AV SNITTLIGNINGER

LAST I X-RETNING

Snitt 1 (0 < y < 0,1 m):

$$\begin{aligned} v(y) &= -q_1 \cdot y \\ &= \underline{-7,11 \cdot y} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(y) &= -q_1 \cdot y^2/2 + m_y \cdot y \\ &= \underline{-3,56 \cdot y^2 - 50,3 \cdot y} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 2 (0,1 < y < 9,6 m):

$$\begin{aligned} v(y) &= R_1 - q_1 \cdot y \\ &= \underline{-7,11 \cdot y + 107,4} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(y) &= R_1 \cdot (y - 0,1) - q_1 \cdot y^2/2 + m_y \cdot y \\ &= \underline{-3,56 \cdot y^2 + 57,1 \cdot y - 10,74} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 3 (9,6 < y < 24,0 m):

$$\begin{aligned} v(y) &= R_1 + R_2 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot (y - 9,6) \\ &= \underline{-8,15 \cdot y + 229,8} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(y) &= R_1 \cdot (y - 0,1) + R_2 \cdot (y - 9,6) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (y - 9,6/2) \\ &\quad - q_2 \cdot (y - 9,6)^2/2 + m_y \cdot y \\ &= \underline{-4,08 \cdot y^2 + 179,4 \cdot y - 1137,8} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 4 (24,0 < y < 34,9 m):

$$\begin{aligned} v(y) &= R_1 + R_2 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot 14,4 - q_3 \cdot (y - 24,0) \\ &= \underline{-9,06 \cdot y + 251,6} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(y) &= R_1 \cdot (y - 0,1) + R_2 \cdot (y - 9,6) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (y - 9,6/2) \\ &\quad - q_2 \cdot 14,4 \cdot (y - 9,6 - 14,4/2) - q_3 \cdot (y - 24,0)^2/2 + m_y \cdot y \\ &= \underline{-4,53 \cdot y^2 + 201,3 \cdot y - 1399,8} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 5 (34,9 < y < 38,4 m):

$$\begin{aligned} v(y) &= R_1 + R_2 + R_3 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot 14,4 - q_3 \cdot (y - 24,0) \\ &= \underline{-9,06 \cdot y + 347,4} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(y) &= R_1 \cdot (y - 0,1) + R_2 \cdot (y - 9,6) + R_3 \cdot (y - 34,9) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (y - 9,6/2) \\ &\quad - q_2 \cdot 14,4 \cdot (y - 9,6 - 14,4/2) - q_3 \cdot (y - 24,0)^2/2 + m_y \cdot y \\ &= \underline{-4,53 \cdot y^2 + 297,1 \cdot y - 4743,2} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

*LAST I Y-RETNING***Snitt 1 (0 < x < 0,1 m):**

$$\begin{aligned} v(x) &= -q_1 \cdot x \\ &= \underline{-8,93 \cdot x} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(x) &= -q_1 \cdot x^2/2 + m_x \cdot x \\ &= \underline{-4,47 \cdot x^2 + 9,4 \cdot x} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 2 (0,1 < x < 9,6 m):

$$\begin{aligned} v(x) &= R_1 - q_1 \cdot x \\ &= \underline{-8,93 \cdot x + 121} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(x) &= R_1 \cdot (x - 0,1) - q_1 \cdot x^2/2 + m_x \cdot x \\ &= \underline{-4,47 \cdot x^2 + 130,4 \cdot x - 12,1} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 3 (9,6 < x < 15,1 m):

$$\begin{aligned} v(x) &= R_1 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot (x - 9,6) \\ &= \underline{-8,02 \cdot x + 112,3} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(x) &= R_1 \cdot (x - 0,1) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (x - 9,6/2) - q_2 \cdot (x - 9,6)^2/2 + m_x \cdot x \\ &= \underline{-4,01 \cdot x^2 + 121,7 \cdot x + 29,8} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 4 (15,1 < x < 25,5 m):

$$\begin{aligned} v(x) &= R_1 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot 5,5 - q_3 \cdot (x - 15,1) \\ &= \underline{-6,85 \cdot x + 94,6} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(x) &= R_1 \cdot (x - 0,1) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (x - 9,6/2) - q_2 \cdot 5,5 \cdot (x - 9,6 - 5,5/2) - q_3 \cdot (x - 15,1)^2/2 + m_x \cdot x \\ &= \underline{-3,43 \cdot x^2 + 104,0 \cdot x + 163,2} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 5 (25,5 < x < 31,0 m):

$$\begin{aligned} v(x) &= R_1 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot 5,5 - q_3 \cdot 10,4 - q_4 \cdot (x - 25,5) \\ &= \underline{-8,02 \cdot x + 124,4} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(x) &= R_1 \cdot (x - 0,1) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (x - 9,6/2) - q_2 \cdot 5,5 \cdot (x - 9,6 - 5,5/2) \\ &\quad - q_3 \cdot 10,4 \cdot (x - 9,6 - 5,5 - 10,4/2) - q_4 \cdot (x - 25,5)^2/2 + m_x \cdot x \\ &= \underline{-4,01 \cdot x^2 + 133,8 \cdot x - 217,2} \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Snitt 6 (31,0 < x < 32,15 m):

$$\begin{aligned} v(x) &= R_1 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot 5,5 - q_3 \cdot 10,4 - q_4 \cdot 5,5 - q_5 \cdot (x - 31,0) \\ &= \underline{-8,93 \cdot x + 152,6} \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M(x) &= R_1 \cdot (x - 0,1) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (x - 9,6/2) - q_2 \cdot 5,5 \cdot (x - 9,6 - 5,5/2) \\
 &\quad - q_3 \cdot 10,4 \cdot (x - 9,6 - 5,5 - 10,4/2) - q_4 \cdot 5,5 \cdot (x - 9,6 - 5,5 - 10,4 - 5,5/2) \\
 &\quad - q_5 \cdot (x - 31)^2/2 + m_x \cdot x \\
 &= \underline{-4,47 \cdot x^2 + 162,0 \cdot x - 654,4} \quad [\text{kNm}]
 \end{aligned}$$

Snitt 7 (32,15 < x < 35,3 m):

$$\begin{aligned}
 v(x) &= R_1 + R_2 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot 5,5 - q_3 \cdot 10,4 - q_4 \cdot 5,5 - q_5 \cdot (x - 31,0) \\
 &= \underline{-8,93 \cdot x + 256,6} \quad [\text{kN}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M(x) &= R_1 \cdot (x - 0,1) + R_2 \cdot (x - 32,15) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (x - 9,6/2) - q_2 \cdot 5,5 \cdot (x - 9,6 - 5,5/2) \\
 &\quad - q_3 \cdot 10,4 \cdot (x - 9,6 - 5,5 - 10,4/2) - q_4 \cdot 5,5 \cdot (x - 9,6 - 5,5 - 10,4 - 5,5/2) \\
 &\quad - q_5 \cdot (x - 31)^2/2 + m_x \cdot x \\
 &= \underline{-4,47 \cdot x^2 + 266,0 \cdot x - 3998,0} \quad [\text{kNm}]
 \end{aligned}$$

Snitt 8 (35,3 < x < 40,6 m):

$$\begin{aligned}
 v(x) &= R_1 + R_2 + R_3 - q_1 \cdot 9,6 - q_2 \cdot 5,5 - q_3 \cdot 10,4 - q_4 \cdot 5,5 - q_5 \cdot (x - 31,0) \\
 &= \underline{-8,93 \cdot x + 359,6} \quad [\text{kN}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M(x) &= R_1 \cdot (x - 0,1) + R_2 \cdot (x - 32,15) + R_3 \cdot (x - 35,3) - q_1 \cdot 9,6 \cdot (x - 9,6/2) \\
 &\quad - q_2 \cdot 5,5 \cdot (x - 9,6 - 5,5/2) - q_3 \cdot 10,4 \cdot (x - 9,6 - 5,5 - 10,4/2) \\
 &\quad - q_4 \cdot 5,5 \cdot (x - 9,6 - 5,5 - 10,4 - 5,5/2) - q_5 \cdot (x - 31)^2/2 + m_x \cdot x \\
 &= \underline{-4,47 \cdot x^2 + 369,0 \cdot x - 7633,9} \quad [\text{kNm}]
 \end{aligned}$$

VEDLEGG D



FIRMA:	NTNU
KONSTRUKTØR:	Vidar Aunan
PROSJEKT:	Nedre Melhus Omsorgssenter
PROSJEKTDEL:	Dekke over etasje nummer 1
PROSJEKTNR:	

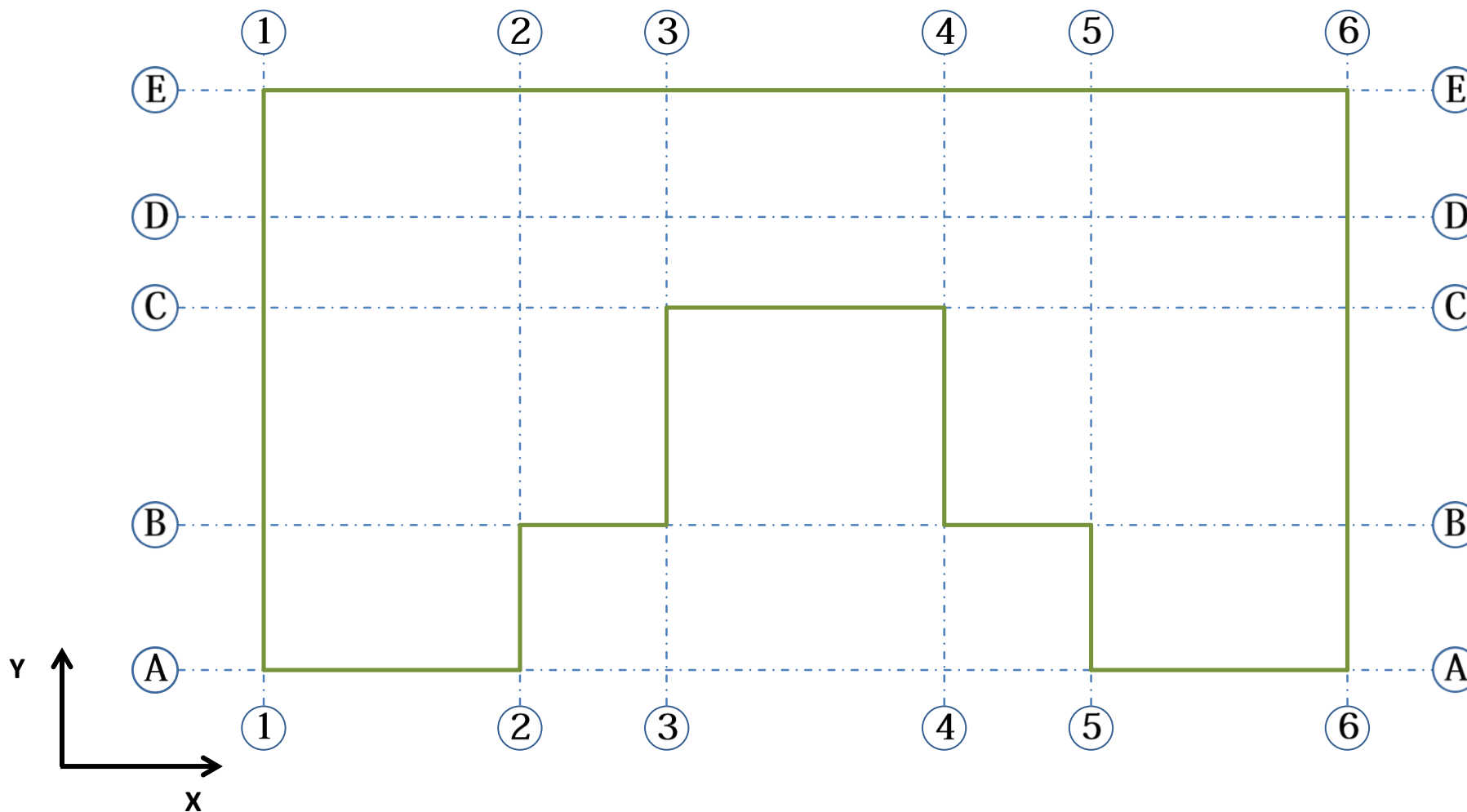


Versjon 1.1
mai.12

© Copyright 2012 Vidar Aunan

FIRMA:	NTNU
KONSTRUKTØR:	Vidar Aunan
PROSJEKT:	Nedre Melhus Omsorgssenter
PROSJEKTDEL:	Dekke over etasje nummer 1
PROSJEKTNR:	

MODELL AV DEKKESKIVEN



FIRMA: NTNU
KONSTRUKTØR: Vidar Aunan
PROSJEKT: Nedre Melhus Omsorgssenter
PROSJEKTDEL: Dekke over etasje nummer 1
PROSJEKTNR:

SPENNVIDDE X

▲
▼

5

SPENNVIDDE Y

▲
▼

4

Span	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTALT	TOTALT INKL VEGG + FORSKYVNING
X	9,60	5,50	10,40	5,50	9,60					40,60	40,60
Y	9,60	14,40	6,00	8,40						38,40	38,40

b	d
40,60	38,40

Ytterveggbredde		0	m
------------------------	--	---	---

Akseforskyvning	x	0	m
	y	0	m

I									
H									
G									
F									
E									
D	1	1	1	1	1				
C	1	1	1	1	1				
B	1	1		1	1				
A	1				1				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

FIRMA: NTNU **PROSJEKTDEL:** Dekke over etasje nummer 1
KONSTRUKTØR: Vidar Aunan **PROSJEKTNR:**
PROSJEKT: Nedre Melhus Omsorgssenter

VINDLAST I Y-RETNING				
		Q_{vind_Y} [N/m]	γ_F	Utstrekning [m]
Sug	hA		1	
Sug	hB		1	
Sug	hC		1	38,40
	Total utstrekning			38,40
Trykk	hD	3700	1,5	40,60
Sug	hE		1	40,60

SKJEVSTILLINGSLAST I Y-RETNING				
		Q_{skjev_Y} [N/m]	γ_F	Utstrekning [m]
1		2600	1,3	9,60
2		1900	1,3	5,50
3		1000	1,3	10,40
4		1900	1,3	5,50
5		2600	1,3	9,60
6			±	0,00
7			±	0,00
8			±	0,00
9			±	0,00

PUNKTLAST I Y-RETNING				
		P_Y [kN]	γ_F	Posisjon [m]
1			1	
2			1	
3			1	

HORISONTALE LASTER Y-RETNING

Opptredende vindkrefter på aksene*				
i	Utstrekning		S _{i,v}	S _{i,h}
	v	h		
1 Akse A		4,80		0,0
2 Akse B	4,80	7,20	0,0	0,0
3 Akse C	7,20	3,00	0,0	0,0
4 Akse D	3,00	4,20	0,0	0,0
5 Akse E	4,20		0,0	
6 Akse F				
7 Akse G				
8 Akse H				
9 Akse I				
10 Akse J				

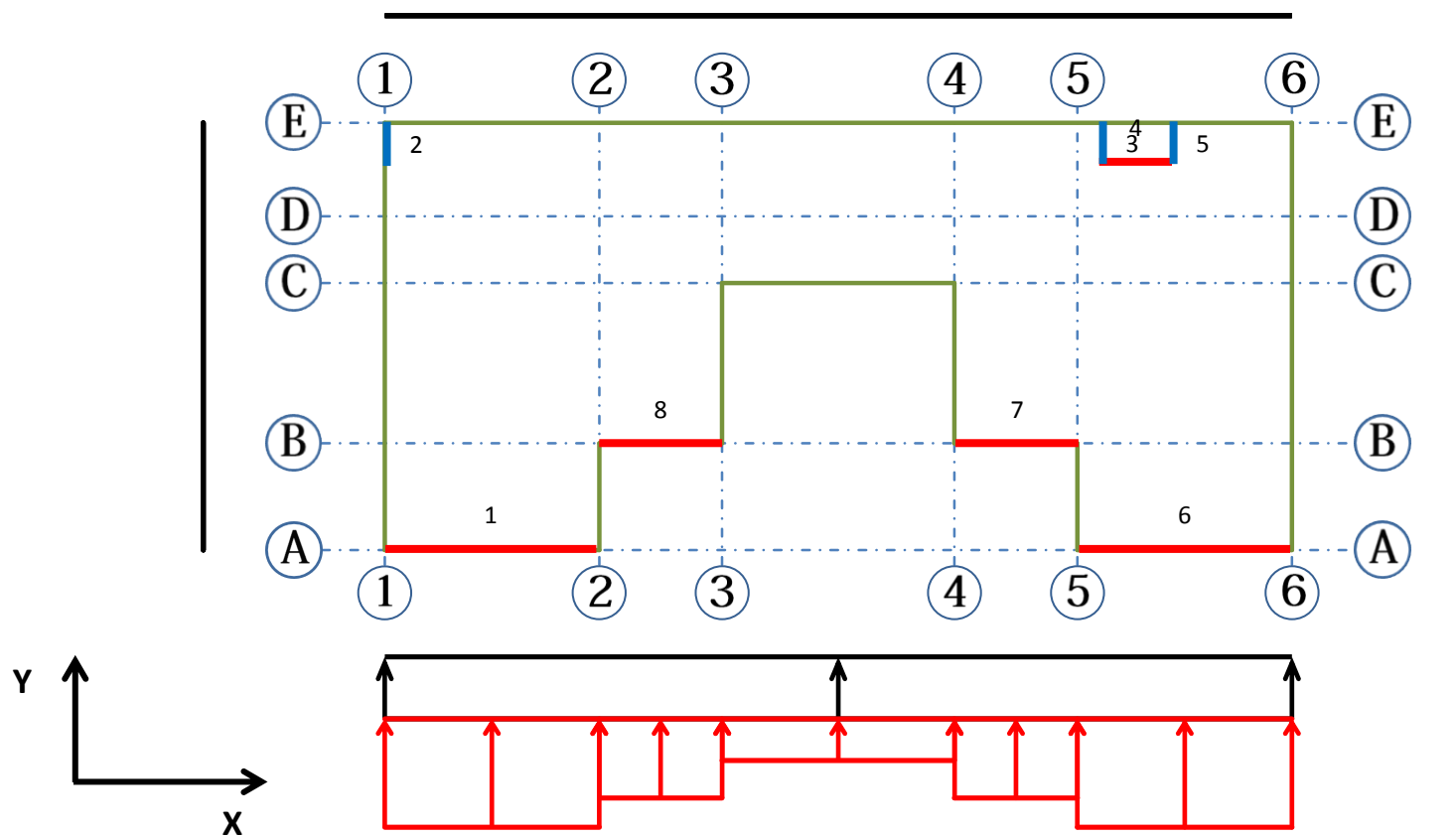
*) For hulldekker orientert i Y-retning

FIRMA: NTNU
KONSTRUKTØR: Vidar Aunan
PROSJEKT: Nedre Melhus Omsorgssenter

PROSJEKTDEL: Dekke over etasje nummer 1
PROSJEKTNR.:

HORISONTALE LASTER Y-RETNING

Vind- og skjevstillingslaster i Y-retning



FIRMA: NTNU **PROSJEKTDEL:** Dekke over etasje nummer 1
KONSTRUKTØR: Vidar Aunan **PROSJEKTNR:**
PROSJEKT: Nedre Melhus Omsorgssenter

VINDLAST I X-RETNING				
		Q_{vind_X} [N/m]	γ_F	Utstrekning [m]
Sug	hA		1	
Sug	hB		1	
Sug	hC		1	40,60
		Total utstrekning		40,60
Trykk	hD	3700	1,5	38,40
Sug	hE		1	38,40

SKJEVSTILLINGSLAST I X-RETNING				
		Q_{vind_X} [N/m]	γ_F	Utstrekning [m]
1		1200	1,3	9,60
2		2000	1,3	14,40
3		2700	1,3	6,00
4		2700	1,3	8,40
5			±	0,00
6			±	0,00
7			±	0,00
8			±	0,00
9			±	0,00

PUNKTLAST I X-RETNING				
		P_X [kN]	γ_F	Posisjon [m]
1			1	
2			1	
3			1	

HORISONTALE LASTER X-RETNING

Opptredende vindkrefter på aksene*				
i	Utstrekning		S _{i,v}	S _{i,h}
	v	h		
1 Akse 1		4,80		0,0
2 Akse 2	4,80	2,75	0,0	0,0
3 Akse 3	2,75	5,20	0,0	0,0
4 Akse 4	5,20	2,75	0,0	0,0
5 Akse 5	2,75	4,80	0,0	0,0
6 Akse 6	4,80		0,0	
7 Akse 7				
8 Akse 8				
9 Akse 9				
10 Akse 10				

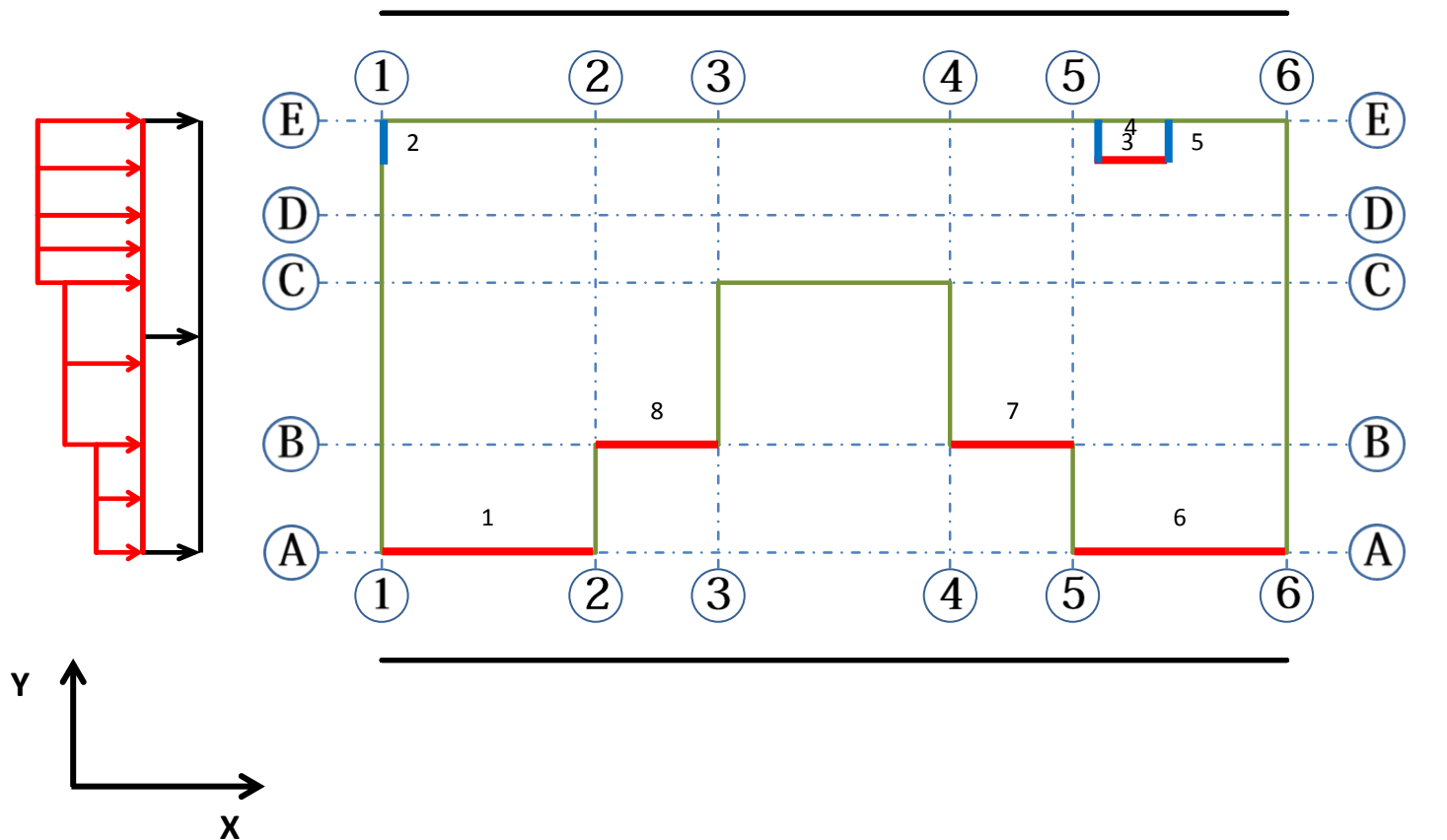
*) For hulldekker orientert i X-retning

FIRMA: NTNU
KONSTRUKTØR: Vidar Aunan
PROSJEKT: Nedre Melhus Omsorgssenter

PROSJEKTDEL: Dekke over etasje nummer 1
PROSJEKTNR:

HORISONTALE LASTER X-RETNING

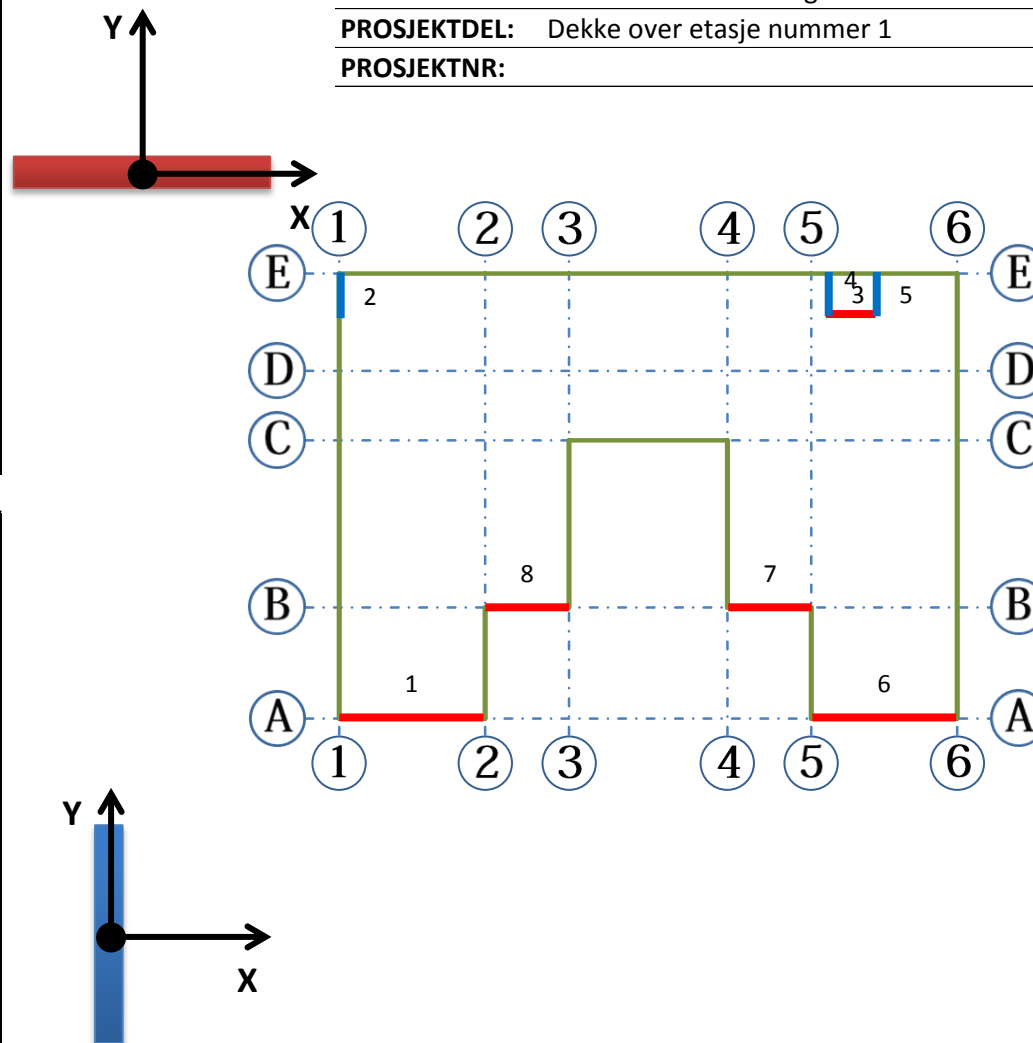
Vind- og skjevstillingslaster i X-retning



FIRMA: NTNU
KONSTRUKTØR: Vidar Aunan
PROSJEKT: Nedre Melhus Omsorgssenter
PROSJEKTDEL: Dekke over etasje nummer 1
PROSJEKTNR:

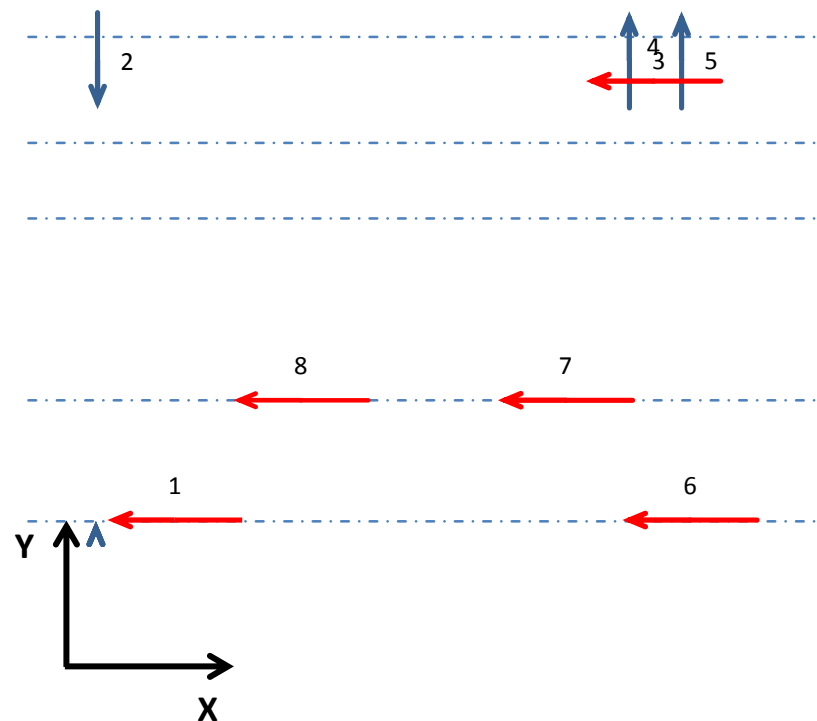
SKIVER I X-RETNING				
Skive Nr	X	Y	L	t
1	4750	100	9450	200
6	35800	100	9450	200
7	28300	9600	5500	200
8	12350	9600	5500	200
4	33600	34900	3250	200

SKIVER I Y-RETNING				
Skive Nr	X	Y	L	t
2	100	36500	3950	200
3	32150	36600	3815	200
5	35300	36600	3815	200



FORDELING AV LAST I X-RETNING		
Skive Nr	Hx [kN]	Hy [kN]
1	53,7	
2		57
3		-24,5
4	95,8	
5		-32,5
6	53,7	
7	56,2	
8	56,2	
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

FIRMA: NTNU
KONSTRUKTØR: Vidar Aunan
PROSJEKT: Nedre Melhus Omsorgssenter
PROSJEKTDEL: Dekke over etasje nummer 1
PROSJEKTNR:



FIRMA: NTNU

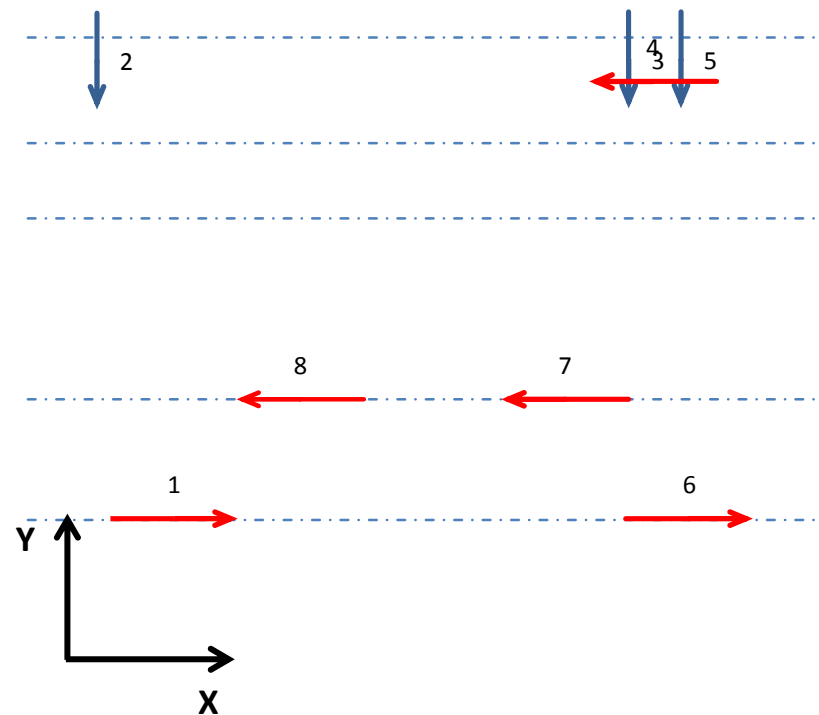
KONSTRUKTØR: Vidar Aunan

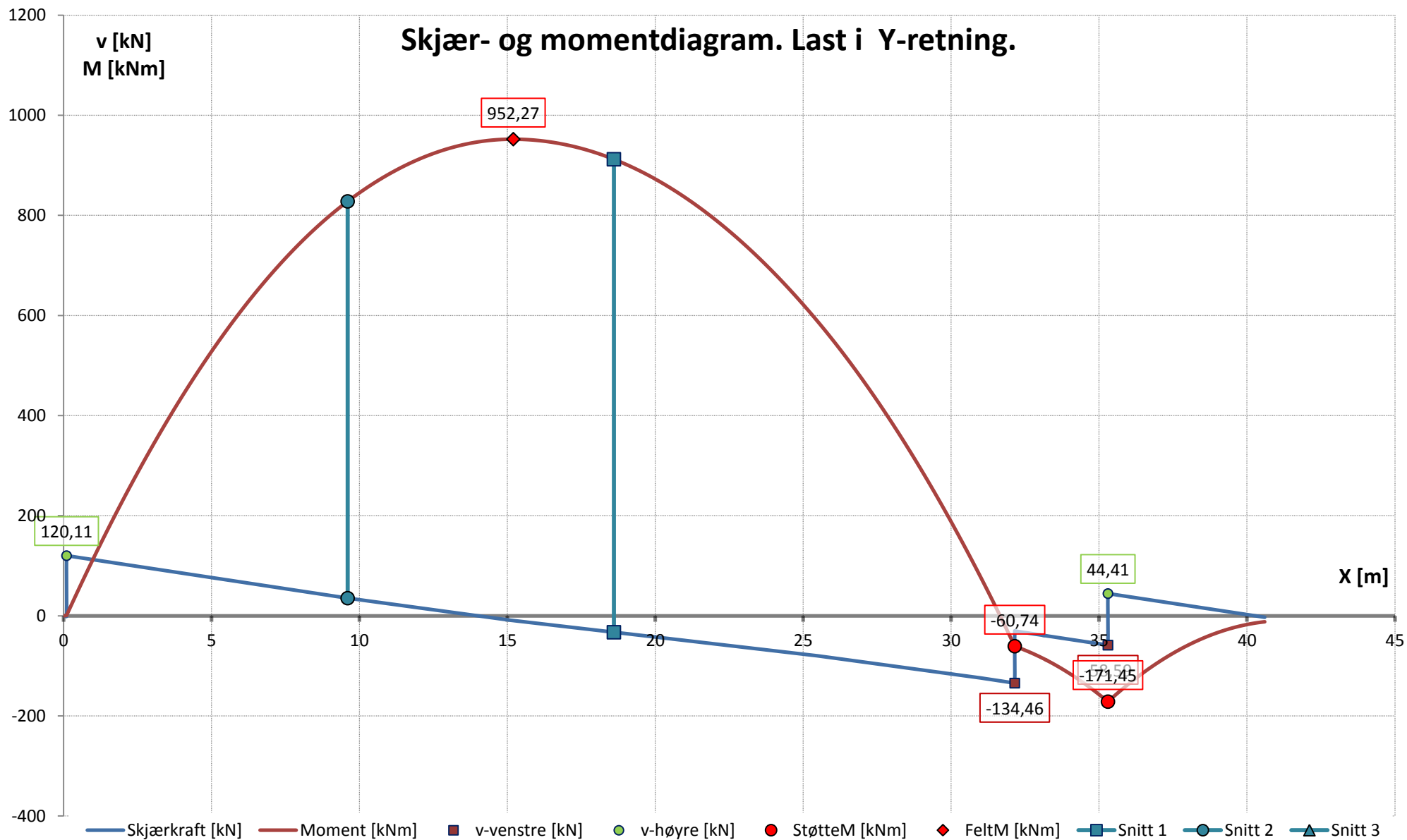
PROSJEKT: Nedre Melhus Omsorgssenter

PROSJEKTDEL: Dekke over etasje nummer 1

PROSJEKTNR:

FORDELING AV LAST I Y-RETNING		
Skive Nr	Hx [kN]	Hy [kN]
1	-6,1	
2		121
3		104
4	10,5	
5		103
6	-6,1	
7	0,9	
8	0,9	
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		





STØTTEREAKSJONER								
Nr	x [m]	v-venstre [kN]	i?	v-høyre [kN]	i?	StøtteM [kNm]	i?	z [m]
1	0,10	-0,89		120,11	x	0,89		19,05
2	32,15	-134,46	x	-30,46		-60,74	x	14,25
3	35,30	-58,59	x	44,41	x	-171,45	x	19,05
4	40,60	-2,92		0,00		-11,80		19,05

FELTREAKSJONER					
Nr	x [m]	v [kN]	M [kNm]	i?	z [m]
f1	15,20	-9,52	952,27	x	7,05

EGENDEFINERTE FELTSNITT				
Nr	x [m]	v [kN]	M [kNm]	z [m]
x1	18,60	-32,81	912,17	7,05
x2	9,60	35,27	828,00	14,25
x3				

KONTROLL AV ØVRE GRENSE FOR SKJÆRSPENNINGER					
v	134,46	kN			
z	14,25	m		Opptredende	τ = 0,04 MPa
t	0,265	m		Øvre grense	τ = 0,15 MPa

ok

$$\tau = \frac{V}{z \cdot t}$$

3 Lengdearmering i fuger langs AKSE C

Maksimalt feltmoment	test 1	f1
3,4 meter etter maksimalt feltmoment	test 2	x1
Maksimal skjærkraft	test 3	2

Bjelke LB

Tar armeringen moment? **ja**

		1	2	3
$S_M =$	M	952,3	912,2	60,7
	z	7,1	7,1	14,3
$S_V =$	V	9,5	32,8	134,5
	$\mu \cdot n$	2,40	2,40	2,40
$S_N =$	N	0,0	0,0	0,0

	test 1	test 2	test 3	
M	952,3	912,2	60,7	kNm
V	9,5	32,8	134,5	kN
N	0,0	0,0	0,0	kN
z	7,1	7,1	14,3	m
μ	0,60	0,60	0,60	
n	4,0	4,0	4,0	
fyd	434,0	434,0	434,0	MPa

SM = Moment gir strekkraften

SV = Skjærkraft gir strekkraften

SN = Vindsuget gir strekkraften

		1	2	3	
	Total strekkraft	135,1	129,4	4,3	kN
L = 6	Minimumskraft - Max{20*L/2;70}	70,0	70,0	70,0	kN
	Areal	320,4	329,6	161,3	mm ²

L = 6 m

Velger armering

antall diameter

2 ϕ 16

As = 402,1 mm²

ok

4 Lengdearmering i fuger langs AKSE D

Maksimal skjærkraft

test 1	2
test 2	
test 3	

Bjelke DLB

Tar armeringen moment? **nei**

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	z	14,3	0,0	0,0
$S_V =$	V	134,5	0,0	0,0
	$\mu \cdot n$	2,40	0,00	0,00
$S_N =$	N	0,0	0,0	0,0

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	134,5	0,0	0,0	kN
N	0,0	0,0	0,0	kN
z	14,3	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	4,0			
fyd	434,0			MPa

SM = Moment gir strekkraften
 SV = Skjærkraft gir strekkraften
 SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	0,0	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - $\text{Max}\{20 \cdot L/2; 70\}$	56,0	0,0	0,0	kN
Areal	0,0	0,0	0,0	kN
	56,0	0,0	0,0	kN
	72,0	72,0	72,0	kN
	165,9			mm²

L = Minimumskraft - Max{20*L/2;70} L = 7,2 m

Velger armering **2 ϕ 12** As = **226,2 mm²** ok

5 Lengdearmering i fuger langs AKSE E

Maksimalt feltmoment	test 1	f1
3,4 meter etter maksimalt feltmoment	test 2	x1
Maksimal skjærkraft	test 3	2

Bjelke LB

Tar armeringen moment? **ja**

		1	2	3
$S_M =$	M	952,3	912,2	60,7
	z	7,1	7,1	14,3
$S_V =$	V	9,5	32,8	134,5
	$\mu \cdot n$	2,40	2,40	2,40
$S_N =$	N	0,0	0,0	0,0

	test 1	test 2	test 3	
M	952,3	912,2	60,7	kNm
V	9,5	32,8	134,5	kN
N	0,0	0,0	0,0	kN
z	7,1	7,1	14,3	m
μ	0,60	0,60	0,60	
n	4,0	4,0	4,0	
fyd	434,0	434,0	434,0	MPa

SM = Moment gir strekkraften

SV = Skjærkraft gir strekkraften

SN = Vindsuget gir strekkraften

		1	2	3	
	Total strekkraft	135,1	129,4	4,3	kN
L =	Minimumskraft - Max{20*L/2;70}	4,0	13,7	56,0	kN
	Areal	0,0	0,0	0,0	kN
		139,0	143,1	60,3	kN
		84,0	84,0	84,0	kN
		320,4	329,6	193,5	mm²

L = 8,4 m

Velger armering

antall diameter

2 ϕ 16

As = 402,1 mm²

ok

3 Tverrarming mot AKSE C

Maksimal skjærkraft	test 1	2
	test 2	
	test 3	

Bjelke LB

Tar armeringen moment? nei

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	n·z	57,0	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	161,3	0,0	0,0
	μ·z	8,55	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	Nf·e	4671,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	134,5	0,0	0,0	kN
z	14,3	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	4,0			
f _{yd}	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
N _f	17,3			kN
b	1,2			m

- SM = Moment gir strekkraften
- SV = Skjærkraft gir strekkraften
- SNf = Oppleggslasten gir strekkraften
- SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	0,0	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	18,9	0,0	0,0	kN
Areal	28,3	0,0	0,0	kN
	0,0	0,0	0,0	kN
	47,2	0,0	0,0	kN
	24,0	0,0	0,0	kN
	108,7			mm²

4 Tverrarming mot AKSE D

Maksimal skjærkraft	test 1	2
	test 2	
	test 3	

Bjelke	DLB
--------	-----

Tar armeringen moment?	nei
------------------------	-----

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	134,5	0,0	0,0	kN
z	14,3	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	4,0			
f _{yd}	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
N _f	6,9			kN
b	1,2			m

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	n·z	57,0	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	161,3	0,0	0,0
	μ ·z	8,55	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	N _f ·e	1863,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

- SM = Moment gir strekkraften
- SV = Skjærkraft gir strekkraften
- SN_f = Oppleggslasten gir strekkraften
- SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	0,0	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	18,9	0,0	0,0	kN
	11,3	0,0	0,0	kN
	0,0	0,0	0,0	kN
	30,2	0,0	0,0	kN
	24,0	0,0	0,0	kN
Areal	69,5			mm²

5 Tverrarming mot AKSE E

Maksimal skjærkraft	test 1	2
	test 2	
	test 3	

Bjelke LB

Tar armeringen moment? nei

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	134,5	0,0	0,0	kN
z	14,3	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	4,0			
f _{yd}	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
N _f	24,8			kN
b	1,2			m

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	n·z	57,0	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	161,3	0,0	0,0
	μ ·z	8,55	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	N _f ·e	6696,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

- SM = Moment gir strekkraften
- SV = Skjærkraft gir strekkraften
- SN_f = Oppleggslasten gir strekkraften
- SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
	0,0	0,0	0,0	kN
	18,9	0,0	0,0	kN
	40,6	0,0	0,0	kN
	0,0	0,0	0,0	kN
Total strekkraft	59,5	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	24,0	0,0	0,0	kN
Areal	137,0			mm²

1 Tverrarming mot AKSE 1

Skjærkraft ved enden	test 1	1
	test 2	
	test 3	

Bjelke LB

Tar armeringen moment? **nei**

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	n·z	0,0	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	144,1	0,0	0,0
	μ·z	11,43	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	Nf·e	7452,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	120,1	0,0	0,0	kN
z	19,1	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n				
f _{yd}	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
Nf	27,6			kN
b	1,2			m

SM = Moment gir strekkraften
 SV = Skjærkraft gir strekkraften
 SNf = Oppleggslasten gir strekkraften
 SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	0,0	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	12,6	0,0	0,0	kN
	45,2	0,0	0,0	kN
	0,0	0,0	0,0	kN
Total strekkraft	57,8	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	24,0	0,0	0,0	kN
Areal	133,1			mm²

2 Tverrarming mot AKSE 2

Snitt ved Akse 2		test 1	x2
		test 2	
		test 3	

Bjelke DLB

Tar armeringen moment? ja

	test 1	test 2	test 3	
M	828,0	0,0	0,0	kNm
V	35,3	0,0	0,0	kN
z	14,3	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	4,0			
f _{yd}	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
N _f	11,8			kN
b	1,2			m

		1	2	3
$S_M =$	M	828,0	0,0	0,0
	n·z	57,0	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	42,3	0,0	0,0
	μ ·z	8,55	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	N _f ·e	3186,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

SM = Moment gir strekkraften

SV = Skjærkraft gir strekkraften

SN_f = Oppleggslasten gir strekkraften

SN = Vindsuget gir strekkraften

		1	2	3	
		14,5	0,0	0,0	kN
		5,0	0,0	0,0	kN
		19,3	0,0	0,0	kN
		0,0	0,0	0,0	kN
Total strekkraft		38,8	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c		24,0	0,0	0,0	kN
Areal		89,4			mm²

c = 1,2 m

5 Tverrarming mot AKSE 5

Maksimal skjærkraft	test 1	2
	test 2	
	test 3	

Bjelke LB

Tar armeringen moment? ja

	test 1	test 2	test 3	
M	60,7	0,0	0,0	kNm
V	134,5	0,0	0,0	kN
z	14,3	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	4,0			
f _{yd}	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
N _f	11,8			kN
b	1,2			m

		1	2	3
$S_M =$	M	60,7	0,0	0,0
	n·z	57,0	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	161,3	0,0	0,0
	μ ·z	8,55	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	N _f ·e	3186,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

SM = Moment gir strekkraften

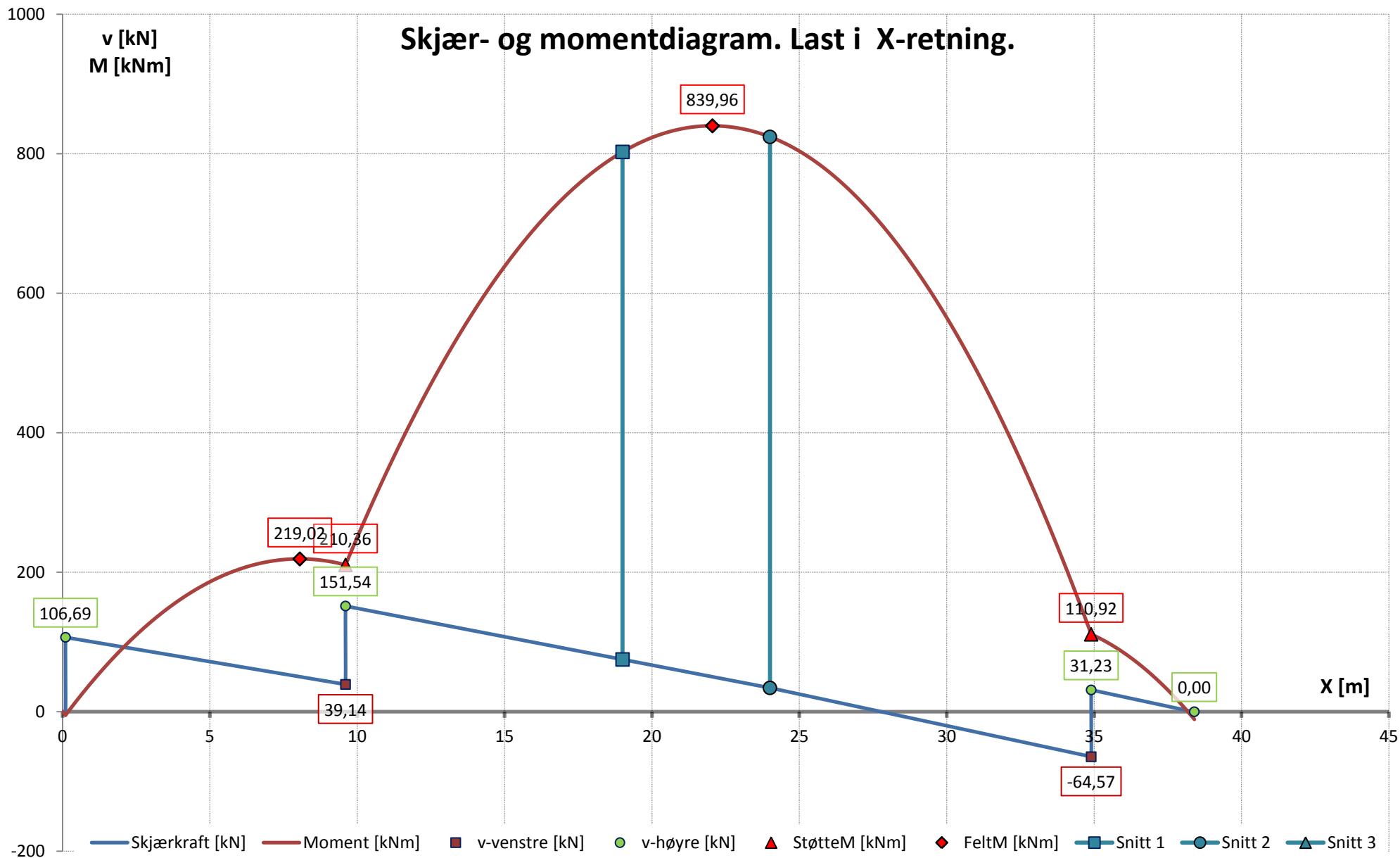
SV = Skjærkraft gir strekkraften

SN_f = Oppleggslasten gir strekkraften

SN = Vindsuget gir strekkraften

		1	2	3	
	Total strekkraft	1,1	0,0	0,0	kN
	Minimumskraft - 20 * c	18,9	0,0	0,0	kN
		19,3	0,0	0,0	kN
		0,0	0,0	0,0	kN
	Total strekkraft	39,2	0,0	0,0	kN
	Minimumskraft - 20 * c	24,0	0,0	0,0	kN
	Areal	90,4			mm²

c = 1,2 m



STØTTEREAKSJONER								
Nr	y [m]	v-venstre [kN]	i?	v-høyre [kN]	i?	StøtteM [kNm]	i?	z [m]
1	0,10	-0,71		106,69	x	-5,06		9,45
2	9,60	39,14	x	151,54	x	210,36	x	14,95
3	34,90	-64,57	x	31,23	x	110,92	x	20,30
4	38,40	-0,48		0,00	x	-11,10		20,30

FELTREAKSJONER					
Nr	y [m]	v [kN]	M [kNm]	i?	z [m]
f1	22,05	50,08	839,96	x	14,95
f2	8,05	50,16	219,02	x	8,30

EGENDEFINERTE FELTSNITT				
Nr	y [m]	v [kN]	M [kNm]	z [m]
y1	19,00	74,93	802,55	14,95
y2	24,00	34,18	824,15	20,15
y3				

KONTROLL AV ØVRE GRENSE FOR SKJÆRSPENNINGER				
v	151,54 kN			
z	14,95 m		Opptredende τ =	0,04 MPa
t	0,265 m		Øvre grense τ =	0,15 MPa

ok

$$\tau = \frac{V}{z \cdot t}$$

1 Lengdearmering i fuger langs

AKSE 1

Maksimal skjærkraft	test 1	2
Maksimalt feltmoment	test 2	f1
3 meter før maksimalt feltmoment	test 3	y1

Bjelke LB

Tar armeringen moment? ja

		1	2	3
$S_M =$	M	210,4	840,0	802,6
	z	15,0	15,0	15,0
$S_V =$	V	151,5	50,1	74,9
	$\mu \cdot n$	4,80	4,80	4,80
$S_N =$	N	0,0	0,0	0,0

	test 1	test 2	test 3	
M	210,4	840,0	802,6	kNm
V	151,5	50,1	74,9	kN
N	0,0	0,0	0,0	kN
z	15,0	15,0	15,0	m
μ	0,60	0,60	0,60	
n	8,0	8,0	8,0	
fyd	434,0	434,0	434,0	MPa

SM = Moment gir strekkraften

SV = Skjærkraft gir strekkraften

SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	14,1	56,2	53,7	kN
Minimumskraft - Max{20*L/2;70}	31,6	10,4	15,6	kN
Areal	0,0	0,0	0,0	kN
	45,6	66,6	69,3	kN
	96,0	96,0	96,0	kN
	221,2	221,2	221,2	mm²

L = 9,6 m

Velger armering 2 ϕ 16 $A_s = 402,1 \text{ mm}^2$ ok

2 Lengdearmering i fuger langs AKSE 2

Maksimal skjærkraft	test 1	2
	test 2	
	test 3	

Bjelke DLB

Tar armeringen moment? **nei**

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	z	15,0	0,0	0,0
$S_V =$	V	151,5	0,0	0,0
	$\mu \cdot n$	4,80	0,00	0,00
$S_N =$	N	0,0	0,0	0,0

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	151,5	0,0	0,0	kN
N	0,0	0,0	0,0	kN
z	15,0	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	8,0			
f _{yd}	434,0			MPa

SM = Moment gir strekkraften
 SV = Skjærkraft gir strekkraften
 SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
	0,0	0,0	0,0	kN
	31,6	0,0	0,0	kN
	0,0	0,0	0,0	kN
Total strekkraft	31,6	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - Max{20*L/2;70}	75,5	75,5	75,5	kN
Areal	174,0			mm ²

L = Minimumskraft - Max{20*L/2;70} L = 7,55 m

Velger armering **2 ϕ 12** As = **226,2 mm²** ok

3 Lengdearmering i fuger langs AKSE 3

Maksimal skjærkraft	test 1	2
Maksimalt feltmoment	test 2	f1
3 meter før maksimalt feltmoment	test 3	y1

Bjelke LB

Tar armeringen moment? **ja**

		1	2	3
$S_M =$	M	210,4	840,0	802,6
	z	15,0	15,0	15,0
$S_V =$	V	151,5	50,1	74,9
	$\mu \cdot n$	4,80	4,80	4,80
$S_N =$	N	0,0	0,0	0,0

	test 1	test 2	test 3	
M	210,4	840,0	802,6	kNm
V	151,5	50,1	74,9	kN
N	0,0	0,0	0,0	kN
z	15,0	15,0	15,0	m
μ	0,60	0,60	0,60	
n	8,0	8,0	8,0	
f _{yd}	434,0	434,0	434,0	MPa

SM = Moment gir strekkraften
 SV = Skjærkraft gir strekkraften
 SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	45,6	66,6	69,3	kN
Minimumskraft - Max{20*L/2;70}	70,0	70,0	70,0	kN
Areal	161,3	161,3	161,3	mm ²

L = 5,5 Minimumskraft - Max{20*L/2;70} L = 5,5 m

Velger armering **2 ϕ 12** As = **226,2 mm²** ok

4 Tverrarming mot AKSE D

Snitt ved Akse D		test 1	y2
		test 2	
		test 3	

Bjelke LB

Tar armeringen moment? ja

	test 1	test 2	test 3	
M	824,1	0,0	0,0	kNm
V	34,2	0,0	0,0	kN
z	20,2	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	4,0			
fyd	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
Nf	6,9			kN
b	1,2			m

		1	2	3
$S_M =$	M	824,1	0,0	0,0
	n·z	80,6	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	41,0	0,0	0,0
	$\mu \cdot z$	12,09	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	Nf·e	1863,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

SM = Moment gir strekkraften

SV = Skjærkraft gir strekkraften

SNf = Oppleggslasten gir strekkraften

SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
	10,2	0,0	0,0	kN
	3,4	0,0	0,0	kN
	11,3	0,0	0,0	kN
	0,0	0,0	0,0	kN
Total strekkraft	24,9	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	24,0	0,0	0,0	kN
Areal	57,4			mm²

c = 1,2 m

1 Tverrarming mot AKSE 1

Skjærkraft ved enden	test 1	1
Maksimal skjærkraft	test 2	2
	test 3	

Bjelke LB

Tar armeringen moment? **nei**

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	n·z	0,0	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	128,0	181,9	0,0
	μ·z	5,67	8,97	0,00
$S_{Nf} =$	Nf·e	7452,0	7452,0	0,0
	h'	165,0	165,0	0,0
$S_N =$	N			

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	106,7	151,5	0,0	kN
z	9,5	15,0	0,0	m
μ	0,60	0,60		
n				
f _{yd}	434	434		MPa
e	270	270		mm
h'	165	165		mm
Nf	27,6	27,6		kN
b	1,2	1,2		m

SM = Moment gir strekkraften
 SV = Skjærkraft gir strekkraften
 SNf = Oppleggslasten gir strekkraften
 SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	67,7	65,4	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	24,0	24,0	0,0	kN
Areal	156,1	150,8	0,0	mm ²

c = 1,2 m

2 Tverrarming mot AKSE 2

Maksimal skjærkraft	test 1	2
	test 2	
	test 3	

Bjelke DLB

Tar armeringen moment? **nei**

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	151,5	0,0	0,0	kN
z	15,0	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	8,0			
f _{yd}	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
N _f	11,8			kN
b	1,2			m

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	n·z	119,6	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	181,9	0,0	0,0
	μ ·z	8,97	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	N _f ·e	3186,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

- SM = Moment gir strekkraften
- SV = Skjærkraft gir strekkraften
- SN_f = Oppleggslasten gir strekkraften
- SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	0,0	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	20,3	0,0	0,0	kN
Areal	19,3	0,0	0,0	kN
	0,0	0,0	0,0	kN
	39,6	0,0	0,0	kN
	24,0	0,0	0,0	kN
	91,2			mm²

3 Tverrarming mot AKSE 3

Maksimal skjærkraft	test 1	2
	test 2	
	test 3	

Bjelke LB

Tar armeringen moment? nei

	test 1	test 2	test 3	
M	0,0	0,0	0,0	kNm
V	151,5	0,0	0,0	kN
z	15,0	0,0	0,0	m
μ	0,60			
n	8,0			
f _{yd}	434			MPa
e	270			mm
h'	165			mm
N _f	15,8			kN
b	1,2			m

		1	2	3
$S_M =$	M	0,0	0,0	0,0
	n·z	119,6	0,0	0,0
$S_V =$	V·b	181,9	0,0	0,0
	μ ·z	8,97	0,00	0,00
$S_{Nf} =$	N _f ·e	4266,0	0,0	0,0
	h'	165,0	0,0	0,0
$S_N =$	N			

- SM = Moment gir strekkraften
- SV = Skjærkraft gir strekkraften
- SN_f = Oppleggslasten gir strekkraften
- SN = Vindsuget gir strekkraften

	1	2	3	
Total strekkraft	0,0	0,0	0,0	kN
Minimumskraft - 20 * c	20,3	0,0	0,0	kN
Areal	25,9	0,0	0,0	kN
	0,0	0,0	0,0	kN
	46,1	0,0	0,0	kN
	24,0	0,0	0,0	kN
	106,3			mm²

KRAFTINNFØRING I VERTIKALSKIVER SKIVER I X RETNING								
Skive X	V [kN]	F1	V'	S	τ [MPa]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]
1	53,7	1,00	53,7	89,5	0,02	0,03	9,45	31,13
6	53,7	1,00	53,7	89,5	0,02	31,08	9,45	0,08
7	56,2	0,36	20,2	33,7	0,01	25,55	5,50	9,55
8	56,2	0,36	20,2	33,7	0,01	9,60	5,50	25,50
4	95,8	0,24	23,0	38,3	0,03	31,98	3,25	5,38

Tverrarmring Skjærfriksjon		
a	S _T	Akse
1,00	89,5	A
1,00	89,5	A
1,00	33,7	B
1,00	33,7	B
1,00	38,3	

Lengdearmring Opphengskraft		
F2	S _L	Akse
0,00	0,0	
0,00	0,0	
0,64	36,0	
0,64	36,0	
0,76	72,8	

KRAFTINNFØRING I VERTIKALSKIVER SKIVER I Y RETNING								
Skive Y	V [kN]	F1	V'	S	τ [MPa]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]
2	121	0,10	12,1	20,2	0,01	0,00	3,95	34,53
3	104	0,13	13,5	22,5	0,01	0,00	3,82	34,69
5	103	0,09	9,3	15,5	0,01	0,00	3,82	34,69

Tverrarmring Skjærfriksjon		
a	S _T	Akse
4,00	5,0	
1,00	22,5	
3,00	5,2	

Lengdearmring Opphengskraft		
F2	S _L	Akse
0,90	108,9	1
0,87	90,5	5
0,91	93,7	

Lengdearmering langs horisontale akser

	Last i Y-retning		Kraftinnføring i Vertikalskive		Valgt armering		
	Kraft [kN]	Areal [mm ²]	Kraft [kN]	Areal [mm ²]			
Akse A							
Akse B							
Akse C	143,1	329,6			2 φ 16	402,1	mm ²
Akse D	72,0	165,9			2 φ 12	226,2	mm ²
Akse E	143,1	329,6			2 φ 16	402,1	mm ²
Akse F							
Akse G							
Akse H							
Akse I							
Akse J							

Tverrarmering langs horisontale akser

Last i Y-retning	Last i X-retning	Kraftinnf. V-skive	Dimensjonerende kraft
Kraft [kN]	Kraft [kN]	Kraft [kN]	
		179,0	179 kN
		67,4	67,4 kN
47,2			47,2 kN
30,2	24,9		30,2 kN
59,5			59,5 kN

Lengdearmering langs vertikale akser

	Last i X-retning		Kraftinnføring i Vertikalskive		Valgt armering		
	Kraft [kN]	Areal [mm ²]	Kraft [kN]	Areal [mm ²]			
Akse 1	96,0	221,2	108,9	250,9	2 φ 16	402,1	mm ²
Akse 2	75,5	174,0			2 φ 12	226,2	mm ²
Akse 3	70,0	161,3			2 φ 12	226,2	mm ²
Akse 4	70,0	161,3			2 φ 12	226,2	mm ²
Akse 5	75,5	174,0	90,5	208,5	2 φ 12	226,2	mm ²
Akse 6	96,0	221,2			2 φ 12	226,2	mm ²
Akse 7							
Akse 8							
Akse 9							
Akse 10							

Tverrarmering langs horisontale akser

Last i Y-retning	Last i X-retning	Kraftinnf. V-skive	Dimensjonerende kraft
Kraft [kN]	Kraft [kN]	Kraft [kN]	
67,7	57,8		67,7 kN
39,6	38,8		39,6 kN
46,1			46,1 kN
46,1			46,1 kN
39,6	39,2		39,6 kN
67,7			67,7 kN