

BACHELOROPPGAVE:

RAUFOSS SVØMMEHALL

FORFATTERE:

AMUND BØRDE
PETTER RIISE THORSTAD
HELGE SKATTEBO
IVAR HØRSAND NORDENGEN

Dato: 25.05.10

SAMMENDRAG AV BACHELOROPPGAVEN

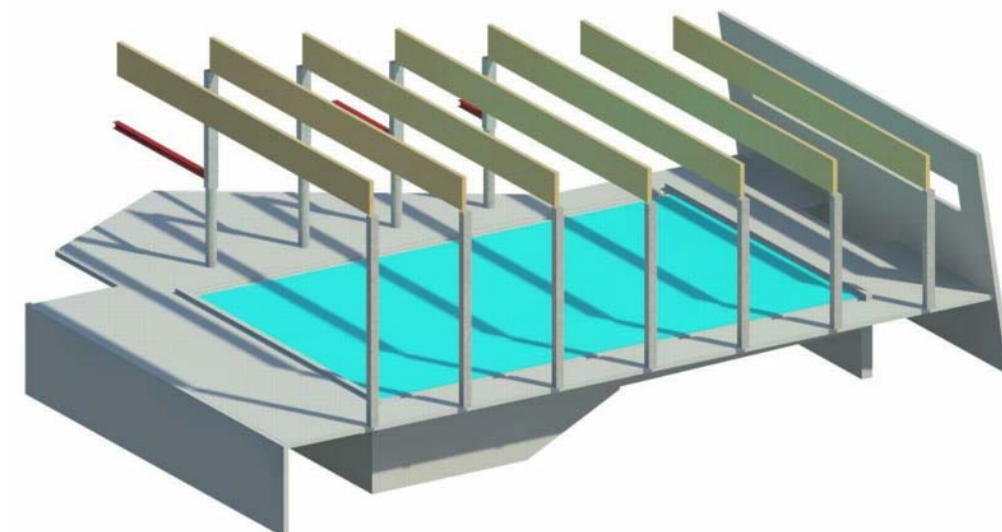
Tittel:	RAUFOSS SVØMMEHALL	Nr. : 5
		Dato : 25.05.10
Deltaker(e):	Amund Børde Petter Riise Thorstad Helge Skattebo Ivar Hørsand Nordengen	
Veileder(e):	Harald B. Fallsen	
Oppdragsgiver:	Rambøll Norge AS avd. Lillehammer	
Kontaktperson:	Trond Bråten	
Stikkord (4 stk)	Svømmehall, vanntett betong, dimensjonering, Revit	
Antall sider: 44 + 178	Antall bilag: 4	Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell): Åpen
Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:		
<p>Bacheloroppgaven "Raufoss Svømmehall" tar for seg å dimensjonere forskjellige bygningsdeler i stål, limtre og betong. Vi har også branndimensjonert stål- og tredelene. I tillegg har vi forsket på vanntett betong som er spesielt i svømmebassenget.</p> <p>Bygget er fra før dimensjonert etter Norsk Standard av Rambøll AS avd. Lillehammer, mens vi har dimensjonert etter nye gjeldende Eurokode.</p> <p>Raufoss Svømmehall skal oppføres inntil gamle Toten Badeland og inneholde et 25 meter langt konkurransebasseng. Den bærende konstruksjonen skal bestå av betong, stål og limtre, der vi har valgt å se på:</p> <ul style="list-style-type: none">- Stålbjelker- Limtrebjelke- Betongsøyler- Betongdekker- Betongvegg- Jordtrykksvegg- bassenget av betong <p>Vi har også sett på branndimensjonering av stålbjerkene og trebjelken.</p> <p>For vanntett betong har vi brukt det vi kunne om betong fra vår skolegang, og i tillegg forsket oss frem til forskjellige løsninger for å få denne vanntett. Til slutt har vi sammenlignet våre resultater med Rambøll sine løsninger, og kommet med synspunkter på hva et eventuelt avvik skyldes.</p> <p>For å kvalitetssikre vårt arbeid, har gruppe medlemmene kontrollert hverandres beregninger. Dette har også vår veileder fra Rambøll, Trond Bråten gjort. Vår veileder på HiG, Harald Fallsen har gitt oss svar på utvalgte spørsmål underveis.</p>		

Raufoss Svømmehall

Bacheloroppgave våren 2010

ved Høgskolen i Gjøvik

Et samarbeid med Rambøll Norge AS avd. Lillehammer





Forord

Ved skolestart i august 2009, ble vi enige om å samarbeide om bacheloroppgave. Vi bestemte oss for at vi ville prøve å få et prosjekt som omhandlet et reelt bygg, og vi begynte prosessen med å finne et firma som kunne ha en slik oppgave til oss. I oktober sendte vi en forespørsel til Rambøll Norge AS avd. Lillehammer og vi fikk svar om at Raufoss Svømmehall kunne være en fin oppgave. I slutten av oktober reiste vi til Lillehammer, der vi ble presentert for vår veileder Trond Bråten og leder for byggeseksjonen Kjell Bergsjordet. Det ble bestemt at Raufoss Svømmehall skulle være vårt prosjekt. Før jul var vi igjen på Lillehammer og fikk en liten innføring i bygget og bacheloroppgaven var i gang.

Vi har hatt god kontakt med Trond, som har svart på våre spørsmål og delt sine erfaringer fra arbeidslivet med oss. Vi har vært på Lillehammer hos Rambøll en gang hver måned, der vi har diskutert og planlagt den videre fremdriften i prosjektet.

Vi har besøkt Miljøbygg AS som er hovedentreprenør på byggeplassen. Der fikk vi en omvisning i byggegruppa, og fikk sett på prosjektet fra entreprenøren sin side. Sammen med Rambøll var vi også med på et byggemøte sammen med alle partene i prosjektet.

Vi har også besøkt Eiendomsprosjektering AS som prosjekterte svømmebassenget på Stange barneskole. Vi fikk se hvordan de hadde valgt å armere for å få noen flere eksempler å sammenligne med. Vi besøkte også skolen, hvor vi gikk under bassenget. Her så vi hvordan all vannbehandlingen fungerte, og hvordan bassenget var utført.

Vi hadde ikke gode kunnskaper om betong før oppgaven begynte, og spesielt ikke vanntett betong. For å lære mer om dette, tok vi kontakt med Rescon Mapei AS i Nord-Odal. Der fikk vi komme på besøk, og lærte veldig mye om betong generelt, og hvordan å få en betongkonstruksjon tett.

Vi ønsker å takke Rambøll Norge AS avd. Lillehammer, og spesielt Trond Bråten. Han har gitt oss veldig god hjelp og lærdom.

Vi vil også takke vår veileder ved skolen, Harald B. Fallsen, samt alle bedrifter og personer som har vært til stor hjelp.

Gjøvik 25. mai 2010

Ivar Hørsand Nordengen

Amund Børde

Petter Riise Thorstad

Helge Skattebo





Innholdsfortegnelse

Forord.....	7
I. Innledning	11
II. Teori og metode.....	14
III. Beregnings- forutsetninger	15
Valg av materiale.....	15
Brannteknisk.....	16
Nedbøyning	16
Betong:	17
IV. Dimensjoneringen:	25
Lastberegninger.....	25
Limtrebjelker taket hovedbygg	27
Stålbjelker taket mellombygg.....	28
Søyler.....	29
Vegger	30
Dekker	31
Basseng.....	32
V. Jordskjelv	36
VI. Fundamentering på fjell	38
VII. Konklusjon	39
VIII. Kilder.....	41
IX. Vedlegg.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.



I. Innledning

Bakgrunn

Vi er fire studenter ved Ingeniørfag Bygg- konstruksjon studiet ved Høgskolen i Gjøvik, som skal skrive avsluttende bacheloroppgave. Bacheloroppgaven teller 15 studiepoeng, og skal gjennomføres i sjette og siste semester av utdanningen. Oppgaven er tverrfaglig, og vi vil få bruk for den kunnskapen vi har tilegnet oss i de forskjellige fagene gjennom tre år ved høgskolen.

Vestre Toten Kommune vedtok å bygge ny svømmehall til idrettsmiljøene i Gjøvik og Toten. Bassenget skal holde internasjonale krav til et konkurransebasseng, og måler 25 meter. Rambøll ble valgt som rådgivende ingeniør innenfor byggteknikk for dette prosjektet, og de syntes dette var en passende og lærerik oppgave vi kunne jobbe med som bacheloroppgave.

Mål for oppgaven

Prosjekt mål

- Prosjektere bygget etter gjeldene krav
- Velge mest rasjonelle løsninger
- Finne best egnede materialer
- Finne ut hvordan vi skal konstruere et vanntett basseng (betongkvalitet og armering)

Læringsmål

- anvende tilegnet fagkunnskap og utforske nye fagområder
- skaffe nyttige erfaringer fra det private næringsliv
- lære mer om samarbeid i et prosjekt

Forventet læringsutbytte(Emnebeskrivelse bacheloroppgave TØL 2010)

Bacheloroppgaven avslutter studentens studieprogram og skal integrere viktige deler av studieprogrammets faglige innhold. Oppgaven skal gi studenten mulighet til å vise selvstendighet ved å gå i dybden på avgrensede problemstillinger. Studenten skal vise forståelse for metodisk arbeid, evne til refleksjon og evne til vitenskapelig vurdering.

Etter gjennomført bacheloroppgave skal studenten ha kompetanse til å:

- planlegge og utføre en selvstendig oppgave
- finne mulige og realistiske løsninger og dokumentere disse med sine fordeler og ulemper
- velge beste løsning og dokumentere valgets resonnement
- forstå fordeler og ulemper med arbeid i grupper
- forstå viktigheten av god planlegging og oppfølging
- vurdere alternative arbeidsformer, deriblant en metode- og problemorientert arbeidsform
- presentere oppgaver/prosjekter på ulike måter



Problemstilling og begrensninger

Hovedproblemstillingen for oppgaven vår er å dimensjonere og prosjektere utvalgte konstruksjonsdeler i Raufoss Svømmehall. Dette ved hjelp av statiske beregninger, både for hånd, og ved hjelp av Focus Konstruksjon 2010. I tillegg vil vi tegne de delene vi har beregnet i Autodesk Revit Structure 2010. Rambøll har beregnet bygget etter Norsk Standard, mens vi skal beregne etter Eurocode. Vi vil også se om det er noen store forskjeller mellom disse to standardene.

En annen stor del av oppgaven er å utforske hvordan vi får en betongkonstruksjon vanntett, og hvordan vannet fra svømmebassenget påvirker betongen og armeringen.

Noe vi også velger å se på, er hvordan det er fundamentert ned mot fjellet og litt om valg av forskjellige materialer i konstruksjoner.

For at oppgaven ikke skal bli for stor og generell, har vi satt noen begrensninger for hva vi skal beregne:

- Lastberegninger (snø, vind og skjevstilling)
- Limtrebjelke (akse D/1-6)
- Stålbjelke (akse D/6-8 og E/6-8)
- Betongsøyler (akse D/1 og D/6)
- Jordtrykksvegg (akse A/1-6)
- Skråstilt betongvegg (akse I-J/1-6)
- Betongdekke (akse A-B/1-3 og B-F/6-8)
- Svømmebasseng
 - o Dekke
 - o Vegger
 - o Hjørne

Andre emner vi har valgt å se på:

- Vanntett betong
- Fundamentering på fjell
- Fordeler og ulemper ved valg av forskjellige materialer
- Brannkontroll (Limtrebjelke (akse D/1-6), Betongsøyle (akse D/6), stålbjelke (akse D/6-8).)
- Jordskjelv (Vurdere unnlatesekriterier og evt. seismisk belastning)

Byggbeskrivelse

Raufoss Svømmehall hadde byggestart ved nyttår 2010, og skal ferdigstilles februar 2011. Arkitekt er JAF arkitektkontor AS og prosjekterende er Rambøll Norge AS avd. Lillehammer. Byggherre er Vestre Toten Kommune, og det oppføres av Miljøbygg. Bygget skal ligge på Raufoss og skal være et tilbygg til Toten Badeland. Svømmebassenget skal være godkjent for konkurranse, noe som gir strenge krav til planlegging og utførelsen

Bygget består av to deler, hovedbygg og mellombygg:

- Hovedbygget er et søylefritt rom, og inneholder svømmebassenget. Takkonstruksjonen består av 8stk 21meter lange laminerte trebjelker og profilerte stålplater. Dette er et pulttak som skrår 8,55 grader. På betongveggene er det pilastere med c/c 4800mm, og i akse 6 (overgang mellom hoved- og mellombygg), vil den nedre delen av pilasteren være erstattet med frittstående runde betongsøylar.
- Mellombygget skal binde sammen den nye svømmehallen og det eksisterende badelandet. Her består taket av stålbjelker med profilerte stålplater. Dette er et flatt tak som ligger lavere enn taket i hovedbygget. Det bygges en ny vegg inntil gamlebygget, slik at det ikke vil overføres krefter mellom badelandet og svømmehallen. Dette gjøres også for at gamledelen skal kunne rives uten å berøre nybygget.

Se tegninger bakerst i oppgaven. Her har vi tegnet i Revit Structure de ulike konstruksjonsdelene vi har beregnet.

Bassenget skal støpes frittstående for at det ikke skal bli påvirket av svinn og bevegelse i bygget ellers, noe som ville økt faren for riss.

Byggets stabilitet er ivaretatt av grove skiver på kortveggene. Andre konstruksjoner som dekker og basseng består av betong. Under bygget er det kjelleretasje for utjevningbasseng og tekniske installasjoner. Grunnen består av gravbare masser, med underliggende fjell. Bygget er ment å støpes på dette fjellet.

Hjemmeside

<http://hovedprosjekter.hig.no/v2010/tol/bygg/swimhall>



II. Teori og metode

Vi har brukt flere eurokoder for å beregne og dimensjonere bygningsdelene vi har valgt ut. Her kommer en liste over de viktigste:

- NS-EN 1990:2002+NA:2008, Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-1: Allmenne laster - Tetthet, egenvekt, nyttelaster i bygninger
- NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner- Del 1-3: Allmenne laster- snølaster
- NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster – Vindlaster
- NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008, Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner
- NS-EN 1993-1-1:2005+NA:2008, Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner
- NS-EN 1995-1:2004+A1:2008+NA:2009, Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner
- NS-EN 1998-1:2004+NA2008, Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning.

Formler fra NS-EN 1990, NS-EN 1991, NS-EN 1992, NS-EN 1993, NS-EN 1995 og NS-EN 1998 er gjengitt i denne bacheloroppgaven av Nordengen et al. med tillatelse fra Standard Online AS 05/2010. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no for informasjon om Norsk Standard.

Alt av bilder, tabeller og figurer, er produsert av gruppen og tilhører prosjektet.

I tillegg har vi brukt kompendier av Harald B. Fallsen, som har vært våre lærebøker til hjelp for å tolke eurokodene.

Metodene vi har brukt til å beregne de forskjellige konstruksjonsdelene, er formler vi har hentet ut fra de forskjellige eurokodene. Her har vi også funnet tabeller og figurer vi har brukt for å finne de verdiene vi har vært avhengig av.

Vi valgte å gjøre det slik at hver og en av oss hadde hovedansvaret for noen konstruksjonsdeler hver, selv om flere har jobbet med den samme delen. Til slutt har vi lest igjennom hverandres arbeid, og rettet eventuelle feil. Dette kvalitetssikrer vårt arbeid.

III. Beregnings- forutsetninger

Valg av materiale

Runde søyler akse 6:

Stål er utsatt for korrosjon ved en relativ luftfuktighet (RL) fra 60% og oppover, noe som lett oppstår i en svømmehall. Ettersom varme sammen med klorider også er blant stålets verste fiender, sier det seg selv at bruken av stål i badehaller er problematisk, særlig når søylene er utsatt for direkte sprut. (*SintefByggforsk 1992*) For å løse dette, kunne det være aktuelt å male, galvanisere eller bruke syrefast stål. I tillegg må stålsøylene brannisoleres, og dette er fordyrende. Derfor velger vi å bruke betongsøyler.

Bjelker hovedbygg:

Limtre er etter manges oppfatning det mest estetiske byggematerialet, og i dette tilfellet var det arkitekten som fikk viljen sin om å bruke det. Jfr. (*e-mail fra Moelven Limtre, se vedlegg nr 8*), vil hverken limet eller trevirket påvirkes av det fuktige klimaet i badehallen, og det er miljøvennlig mtp. produksjon. I og med at hovedbygget er uavhengig av gamlebygget, (unødvendig å tilpasse med høyder) bruker vi limtre her.

Bruk av limtrebjelker i badehaller krever imidlertid en litt mer omfattende brannvurdering, fordi det egentlig er krav til ubrennbart materiale. Vi kan dermed ikke lenger bruke preaksepterte løsninger i TEK. (En brannanalyse av bygget er ikke en del av denne oppgaven).

Jfr. (*Treteknisk 2009*) er det viktig at limtrebjelkene leveres ferdigprodusert med en likevektsfuktighet som svarer til den fuktigheten som vil bli i svømmehallen. Ellers kan treet krympe eller utvide seg betraktelig etter montering.

Bjelker mellombygg:

Hvis vi velger limtre for denne takkonstruksjonen, vil vi trenge en større bjelkehøyde enn ved bruk av stål. Dette medfører problemer fordi taket hadde blitt for høyt (gitt de samme etasjehøydene), og det hadde stukket over gamlebygget, noe som ikke er ønskelig. Dermed passer det best med stål her.

Stålbjelkene i mellombygget må korrosjonsbeskyttes mot den høye fuktigheten som i verste fall kan oppstå. Alternativene når man bruker stål, er å bruke en rustfri stålsammensetning, eller galvanisere og male (billigst). Stålbjelkene vil skjules av falsk himling, og dette kan være positivt mtp. at de da blir beskyttet mot direkte sprut, men på en annen side blir de litt vanskeligere å vedlikeholde med spyling. Jfr. Kilde (*Algaard 2009*), er konstruksjoner i svømmehaller som ikke avspyles jevnlig med ferskvann, plassert i miljøklasse 5. Da anbefaler Multiconsult at alt stål varmforsinkes før det eventuelt males (forutsatt vanlig stål). Vi velger på bakgrunn av dette at stålbjelkene både varmforsinkes, og males etterpå.

Brannisolering er også nødvendig (Jfr. Brannteknisk) i form av gips, mineralull eller maling. Ettersom denne takkonstruksjonen skal skjules med himling er ikke dette noe problem estetisk sett. Vi velger derfor at de kles inn med mineralull ettersom dette er det mest brukte.



Brannteknisk

Veiledning til teknisk forskrift til plan og bygningsloven (*Veiledning til Teknisk forskrift 2007*):

§ 7-22 tabell 2:

Denne veiledningen har ingen risikoklasse for svømmehaller, men både forsamlingslokale og idrettshall er i risikoklasse 5. Velger derfor å bruke risikoklasse 5 for dette bygget.

§ 7-22 tabell 3:

Risikoklasse 5 og 2 etasjer gir brannklasse 2

Kommentar:

Hvis bygget hadde vært frittstående, ville det vært plassert i brannklasse 2 pga 1 etasje. I og med at bygget plasseres helt inntil gamlebygget, vil det være på sikker side å betrakte nybygget som en del av gamlebygget. Gamlebygget har personalrom, trimrom og garderober i kjelleren, og regnes derfor i §4.1 i TEK (*Teknisk Forskrift 1997*) for å ha 2 gjeldende etasjer. Vi anser dermed også den nye svømmehallen for å ha **2 gjeldende etasjer**. Brannsikkerheten til gamlebygget vil da heller ikke blir redusert.

§ 7-23 tabell 1:

BKL2 gir R60 for bærende hovedsystem

Utfører derfor branndimensjonering for brannklasse 2: R60.

NS-EN 1991-1-2: NA.4.3.1 gir brannlast:

$$q_{f,i,d} = EL + NL\psi_2 = EL + 0,2NL_{snø}$$

Reduksjonsfaktor ψ fra tabell NA.A1.1 NS-EN 1990:2002+NA:2008

Branndimensjonering stål:

R60 krever at stålet blir isolert. Bruker den forenklete temperaturberegningen for isolerte stålkomponenter som var oppgitt i NS 3472, ettersom den har vist seg å være til forsiktig side. Dette er ikke en metode gitt ved Eurokoder, men en forenkling som gjør at beregninger kan utføres uten dataverktøy.

Nedbøyning

Vi velger å benytte karakteristisk lastsituasjon for nedbøyning på bassenget. Dette for at lasta fra vannet er tilnærmet konstant. Vi ønsker heller ikke at bassengveggen skal lene seg på dekket rundt, fordi bassenget skal være frittstående. Fra Tabell NA.A1 (904)(NS-EN 1990:2002+NA:2008) heter det at en skal benytte karakteristisk lastsituasjon på konstruksjon, der nedbøyning fører til skader. I dette tilfellet ønsker vi ikke å overføre krefter til dekket, fordi dette har ingen ting å overføre kreftene til. Det kan dermed oppstå skader. Fra samme tabell står det at nedbøyningskrav for karakteristisk lastsituasjon skal fastsettes i det enkelte prosjekt. For flater som skal flislegges, har vi satt som krav $l/500$. Dette for å unngå oppsprekking og avskalling av fliser.

Betong:

Alt av betong er dimensjonert etter:

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008, Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner

Hvis ikke annet er oppgitt, refereres tabeller og punkt til denne.

Eksponeringsklasser:

(Tabell 4.1)

I dette prosjektet opererer vi med to ulike eksponeringsklasser: XD1 og XD2.

- XD1 er for tilfeller der korrosjon kan bli fremkalt av klorider som ikke stammer fra sjøvann, og har moderat fuktighet. Eksempler på dette er betongflater som blir utsatt for luftbårne klorider. Dette betyr at all betong i bygget får denne eksponeringsklassen, så sant konstruksjonsdelen ikke er i direkte kontakt med vann.
- XD2 er for tilfeller der korrosjon kan bli fremkalt av klorider som ikke stammer fra sjøvann, og er vått, sjelden tørt. Eksempel på slikt i standarden er svømmebasseng (noe som helt klart indikerer at vi skal bruke denne klassen).

Dimensjonerende levetid

NS-EN 1990:2002+NA:2008, Eurokode: Grunnlag for prosjektering, Tabell 2.1:

For monumentale bygningskonstruksjoner, bruer og andre anleggskonstruksjoner, er levetiden 100 år. Vi ser ikke på denne hallen som noen monumental bygning, selv om den kanskje har en slik betydning for Vestre Toten Kommune. Vi har valgt en dimensjonerende levetid på 50 år, som er for bygninger og andre vanlige konstruksjoner, som ikke faller inn under overnevnt klasse eller høyere.

Overdekningskrav

(Tabell NA.4.4N og NA.4.4.1.3)

Med 50 års dimensjonerende levetid og eksponeringsklasser XD1 og XD2, får vi minste overdekning $c_{min,b}=40\text{mm}$. I tillegg til dette, får vi et pålegg for avvik, Δc_{dev} , som i Norge er fastsatt til 10mm. Dette gir den nominelle overdekningen $c_{nom}=50\text{mm}$.

Bestandighetsklasse

(Tabell NA.4.4N)

Med 50 års dimensjonerende levetid og eksponeringsklasser XD1, får vi minste tillatte bestandighetsklasse til å være M45.

Med 50 års dimensjonerende levetid og eksponeringsklasser XD2, får vi minste tillatte bestandighetsklasse til å være M40.

Bestandighetsklasse er et tall på største masseforhold (v/c-tall)

M45 gir v/c-tall lik 0,45 og M40 gir v/c-tall lik 0,40



Fasthetsklasse

(NA.E.1 og Tabell NA.E.1N)

Det anbefales minste fasthet fra tabell til de ulike bestandighetsklassene. M45 gir minste fasthetsklasse B35, og M40 gir minste fasthetsklasse B40. Ettersom M40 er for bassenget, velger vi å øke denne fastheten til B45.

Armering

Armeringstype etter:

NS 3576-3 "Armeringsstål", Del 3: "Kamstenger klasse B500NC. Mål og egenskaper"

B500NC

B- betyr at stålet har kammer, derav kamstål.

500- står for stålets flytegrense $f_{yk}=500\text{N/mm}^2$

NC- angir stålets duktilitet/ stålets seighet, som er det seigeste kamstålet

Vi har valgt å bruke dette kamstålet, ettersom det er svært vanlig å bruke og produseres i Norge.

$$\text{Dimensjonerende stålspenning: } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435\text{N/mm}^2$$

For bassenget har vi valgt å redusere den dimensjonerende stålspenningen til 200N/mm^2 . Dette for å minske tøyningen og fare for riss. Ingen regler sier at vi må redusere stålspenningen, men det er et vanlig tiltak for å sikre vanntettheten. Dette tiltaket kommer muligens av at det var nevnt i NS 427A(fra før 1973) at for konstruksjoner utsatt for vanntrykk skulle stålspenningen reduseres til dette(se mail fra Standard Norge, vedlegg 8). I kapittel 6.2.6 og 12.3 (Betongelementforeningen 2006) står det også at der det er påvirkning av klorider bør man minske tøyningen og dermed rissvidder ved å redusere stålspenningen til 200N/mm^2 .

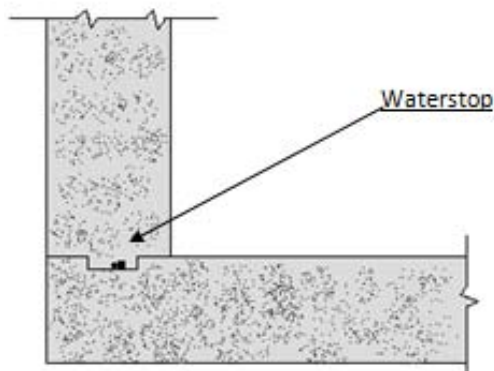
Vanntett betong

Hvordan lage en vanntett betong? Hvilke tilsetningsstoffer er nødvendige for å beskytte den mot angrep fra kjemikalier i badevannet? Dette var spørsmål vi stilte oss, før vi bestemte oss for å forske litt mer på hva som kreves for å støpe et velfungerende svømmebasseng.

Bruken av betong i verden har økt betraktelig i nyere tid. I Norge brukes det 700-800 liter betong pr innbygger i året, og i Europa er det bare Sverige som har lavere forbruk enn oss. Sementen blandes med vann, sand og stein. Her vil vannet reagere med sementpartiklene som øker i størrelse, og utvikler lange nåler som stikker ut fra sementkornet. Nålene vil etter hvert binde seg sammen med andre sementpartikler, og resten av tilslaget som er i betongen. Sementpartiklene vil hele tiden under denne prosessen trenge vann, derfor er det viktig å vanne betongen etter utstøpning. Problemet for å få en fin støp, er ikke å blande en vanntett betong, men selve utførelsen av støpingen. Ved å unngå steinreir, få ut luftbobler ved god vibrering, samt være nøye med vanning de første dagene etter utstøpning, er mye gjort for å få en god kvalitet. Ved optimale utstøpningsforhold vil betongen trenge vanning i ca 3 dager. Et annet viktig element, er å unngå støpeskjøter i bassengdekke eller vegger, hovedsaklig for å slippe unødige lekkasjer og mulige alkaliske reaksjoner. Hvis man må ha støpeskjøter, kan det legges ned en waterstop.

Waterstop

Dekket og bassengveggen støpes i to operasjoner av praktiske utføringshensyn. Dette gjør at vi her får et svakt punkt med tanke på vanntetthet og riss. Derfor velger vi å legge inn en "waterstop". Dette kan enten være et svellebånd, en injeksjonsslange, eller en kombinasjon av disse.

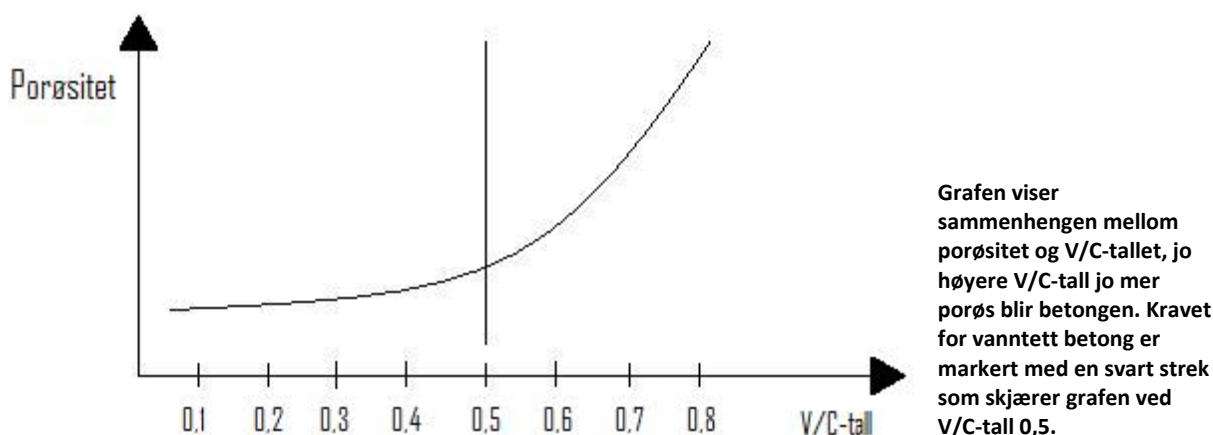


Vi velger å legge inn en injeksjonsslange. Dette er for at svellebåndet lett kan skades under armering, og kan starte svellingsprosessen før overgangen er støpt. Det er ofte vanlig å injisere tettemasse rett etter at betongen har tørket, så man slipper å komme tilbake om det skulle være en lekkasje. En slik slange har mulighet til å bli benyttet tre ganger, om det skulle være nødvendig.

I tillegg til waterstop, lager vi en fortanning mellom dekket og veggen. Dette er gunstig med tanke på skjær og vanntetthet, og en anbefalt løsning for å få utnyttet effekten av injeksjonsslangen.
(StabinorUltra 2009)

Ved støping av svømmebasseng som er utsatt for klorholdig vann, er det viktig å ta enkelte forhåndsregler for å få støpen tett når betongen blandes. En avgjørende faktor er forholdet mellom materialbestanddelene, dvs. forholdet mellom sement og vann. I NS-EN 206 sies det at for å få en vanntett betong, må V/C tallet (masseforholdet) være lik eller lavere enn 0,5. For eksponeringsklasse XD2 (vått, sjelden tørt med fare for kloridangrep) sier tabell NA.11 at bestandighetsklassen kan settes til M40. Ser vi på tabell NA.9.a, sier denne at masseforholdet under bestandighetsklasse M40 skal være $\leq 0,40$. Dette kravet er strengere enn kravet til vanntett betong. En betongblanding med V/C tall = 0,4 vil være vanskelig å støpe ut grunnet stivheten. Derfor vil det være hensiktsmessig å bruke vannreducerende (plastiserende) tilsetningsstoffer som flyveaske eller silika for å få støpbarheten tilbake.

Ved for høyt V/C-tall blir det mer vann i betongen enn sementpartiklene klarer å bruke under herdingsprosessen. Dette gir betong med en større mengde porer og lavere fasthet. Porene som oppstår ved høyt V/C-tall kalles kapillærporer, og er ugunstige å ha. Kapillærporene kan derimot brytes hvis man tilsetter et stoff som danner en type luftporer. Luftporene er med på å hindre vanngjennomtrengningen.



Pga. betongens alkalitet, danner det seg en beskyttende oksidfilm på armeringen som støpes inn. I praksis vil dette si at armeringsjern som er lagret ute, og allerede er angrepet av rust, beskyttes i betongen og korrosjonsprosessen vil retardere. Armeringen vil derfor fortsatt ha all sin styrke. Hvis betongen har liten tetthet og slipper luft inn i støpen, vil denne reagere med kalsiumhydroksyd som finnes i betongen. Produktet av denne reaksjonen kalles karbonatisering, og fører til at betongens pH-verdi reduseres fra 12-13 ned til en verdi rundt 9. Ved videre fall i pH-verdi, vil den beskyttende oksidfilmen rundt armeringen svekkes, og armeringen kan korrodere. Derfor er det viktig å ha en god overdekning, samt nøyaktig plassering av ytterste lag med armering.

Alkalireaksjoner:

I tillegg må man sikre seg mot såkalte alkalireaksjoner. Denne reaksjonen fører til at betongen utvider seg og sprekker opp, og forårsaker kortere levetid. Alkalireaksjoner må tas hensyn til ved all

betongproduksjon, og er ekstra aktuelt i dette tilfellet hvis vi ikke klarer å tette skikkelig mot vann. De 3 punktene under beskriver alle reaktantene som må være tilstede at reaksjoner skal kunne oppstå. (*Sintef/ByggkeramikkForeningen 1999*)

1. Reaktivt tilslag (reaktive sand og grusforekomster som finnes i visse strøk i Norge). – Dette skal kontrolleres av tilslagsleverandøren, og andelen reaktive bergarter i tilslaget skal oppgis. Tilslaget er reaktivt med større andel risikobergarter enn 20 %. Hvis man vil bruke tilslag som ikke er reaktivt, må det hentes fra Danmark eller andre steder i verden.

2. Riktig mengde alkalier (f eks K^+ , Na^+)

3. Relativ fuktighet. 80% eller mer må til for å få en reaksjon, og i et svømmebasseng er det ofte fuktig.

Hvis betongen innehar riktige mengder av de tre hovedforutsetningene nevnt ovenfor, kan den over tid starte en alkalireaksjon. Dette er en reaksjon som foregår over to stadier. Først reagerer tilslaget med alkaliene, og danner en gel som tar opp fuktighet fra poresystemet i betongen, for deretter å ekspandere i volum. Siden dette er en kjemisk reaksjon, avhenger reaksjonshastigheten av temperatur. Utendørs i nord- europeisk klima kan denne prosessen ta 15-30 år. Innendørs i våtrom eller andre rom som er oppvarmet, kan samme reaksjon ta 3-5 år.

Metoder for å sikre tetthet ytterligere

Fuktgjennomgangen i betong skjer primært gjennom porer (kapillæreffekt) og sprekkdannelser. I svømmebasseng stilles det derfor svært strenge krav til små rissvidder i betongen. Metoder for å få betongen enda tettere er mange, og vi har da i hovedsak to typer. Den ene går ut på å tette betongen med membraner på utsiden etter at den er ferdigstøpt, dvs etterbehandling. Den andre går ut på å tilsette stoffer i betongblandingen, som bidrar til at mengden av porer inne i betongen senkes. Disse kan også danne forbindelser som tetter porene permanent etter størkning, dvs. tilsetningsbehandling.

Eksempler på etterbehandling:

- Xypex concentrate og Xypex modified – Jfr. (*Allbetong 2009*). Den førstnevnte strykes på overflaten av betongen og trenger et stykke inn i porene. Så krystalliseres det til uopløselige stoffer slik at porene tettes. Deretter strykes et lag med xypex modified på for å hindre at vanntrykket ødelegger tettingen.
- Radcon formula #7 – Smøres på overflaten av betongen, og reagerer med fritt kalsium og vann. Dette danner kalsiumsilikat- komplekser som tetter porer. (*Radcon Formula #7 1999*) Radcon formula #7 er et "vannglass produkt" og løselig i vann, særlig vann under trykk. Jfr. e-post (Vedlegg 8) fra flere betongteknologer er det derfor stor skepsis til bruk av dette produktet.



Derimot har vi vært i kontakt med produsenten av Radcon Formula #7 i Nord Dakota, USA, og mottatt en forskningsrapport hvor de har testet vanntettheten av to betongprøver. Disse betongbitene ble påført det vanntettende produktet Radcon Formula #7. Forsøket ble utført etter den amerikanske standardens krav (ASTM E96/E96M 05, "standard test methods for Water Vapor Transmission of Materials"), med en betongterning tilsatt 30% flyveaske, og en uten. Betongprøven ble utsatt for et hydrostatisk vanntrykk på 12,7 cm (5 inches) over en periode på 15 dager. Det ble målt hvor mye vann som gikk gjennom Radcon-membranen, ved jevnlig trykkmåling på bunnen av vannet, og jevnlig veiing av betongbitene. Et eventuelt trykktap på vannbunnen eller en vektøkning av betongbitene, ville indikert at vannet hadde trengt gjennom Radcon-membranen. Resultatet av testen var at ingen av de to prøvene hadde tatt til seg noe vann over perioden på 15 dager.

Testkonklusjon: Jfr. Kvalitetskontrollen til testfirmaet Architectural Testing Inc. (ATI) (Architectural Testing 1988) er testresultatene til å stole på. Betongbitene ble anskaffet av ATI selv, og de har brukt anerkjente metoder. Vi stiller oss imidlertid litt kritiske til at testperioden på 2 uker er i minste laget for å påvise at membranen kan motstå et vanntrykk i mange år. vannsøylen på 12,7cm vil heller ikke gi noe særlig trykk sammenliknet med 4 meters dyp slik som i vårt tilfelle. Dermed viser testen verken noe om hvor lenge membranen holder, eller hvor stort trykk den tåler.

Produktene nevnt ovenfor er etterbehandling som smøres på betongoverflaten, og skal trekke inn i porene. Støpes det en vanntett betong med lite porer, vil det man stryker utenpå ha liten virkning. Resultatet kan da være at man har brukt mye penger på noe det ikke er bruk for. Alternativt kan det være en sikkerhet for utførende part for å forhindre alkalireaksjoner, korrosjon og lekkasjer.

Eksempel på tilsetningsmaterialer:

Mengden av tilsetningsmaterialer som brukes i betong, skal alltid gjennomgå omfattende prøving og testing. Tilsetningsstoffer som brukes i betong i dag har ingen negative virkninger, forutsatt riktig bruk av de forskjellige stoffene. Tilsetningsstoffene kan deles inn i forskjellige klasser etter hvilke egenskaper stoffene yter på betongen.

Her er noen av dem:

Plastifiserende og superplastifiserende stoffer – disse har som hovedvirkning å øke støpbarheten uten å øke vannmengden, eller opprettholde støpbarheten med redusert vannmengde.

Størkningsretarderende stoffer (R-stoffer) – hovedvirkningen fra r-stoffer er at den øker tiden det tar før betongen går fra plastisk til fast fase.

Luftinnførende stoffer (L-stoffer) – L-stoffer sørger for økt luftmengde i den ferske betongen. Dette kan gjøres for å oppnå kravet på 6-8% luft i fersk betong, og er med på å hindre vanngjennomtrengingen i betongen ved at de ikke er kapillære. Ved bruk av L-stoffer kan trykkfastheten reduseres noe.

Herdningsakselererende stoffer (A-stoffer) – Hensikten med akselererende stoffer er å sette fart i betongens hydrasjonsforløp, og dermed påskynde betongens herdningsfase. A-stoffer har ingenting å si på betongens trykkfasthet.

To tilsetningsstoffer som er godkjent for bruk, og er vanlig i norsk betongindustri, er pozzolanene silika og flyveaske. For disse er det også påvist at man kan bruke k-verdimetoden for å regne ut masseforholdet.

- Silika – Er et meget finkornet avfallsprodukt fra ferrosiliciumindustrien. Dette er fullt legalt, og bidrar til å tette porene, binde sammen betongen og øke fastheten. Bruken av silika i betongen, gjør det mulig å støpe med et meget lavt V/C-forhold, grunnet at vannbehovet blir redusert. Silika demper også alkalireaksjons- nedbrytningen av betongen, fordi noe av silikaen vil reagere med alkaliene ved såkalte silikareaksjoner. (Sintef/ByggkeramikkForeningen 1999) Silika bidrar til at betongen øker levetiden, øker betongens styrke, og minsker vanninntrengningen.

Jfr. NS-EN 206 pkt 5.2.5.2.3, skal masseforholdet silika/ sement ikke overskride 11% av den totale massen. Ved krav om større mengde, skal k-verdimetoden benyttes, da er $k=2$ for silika der $V/C \leq 0,45$.

$$\frac{\text{vann}}{\text{sement} + 2 \times \text{silika}} \leq 0,4$$

- Flyveaske – Er i likhet med silika et avfallsprodukt fra industrien. Flyveaske er støv som kommer fra avgasser i kullkraftverk. Etter NS-EN 206 pkt. 5.2.5.2.2, skal ikke masseforholdet flyveaske/ sement overstige 33% av massen. Ved bruk av K-verdimetoden, skal det benyttes en K-verdi på 0,4 ved betongtetthet 42,5 og høyere.

$$\frac{\text{vann}}{\text{sement} + 0,4 \times \text{flyveaske}} \leq 0,425$$

- Xypex admix – Et pulver som jfr. Kilde (Xypex) reagerer med vann, oksygen og biprodukter fra sementhydrasjon, og danner uoppløselige poretettende krystaller. Produsenten påstår også en økning i fastheten, og reduksjon av sprekkdannelser og tørketid. Teknologer og fagpersoner i betongbransjen mener at effekten av dette produktet ikke er godt nok dokumentert, og at det pga. akselerasjonen i tørketiden, ikke bør brukes (det er som tidligere beskrevet at betongen holdes fuktig en stund etter støpning).
- Radcon radmyx admixture – Jfr. kilde (Radcrete 2003), er prinsippet at pulveret tilsettes sementen, slik at det reagerer med hydrasjonsprodukter og danner krystaller. Produsenten påstår at dette holder bra mot vanntrykk, men eksperter er mer skeptiske til produktet mtp. tørketid.



For å finne ut mer om disse stoffene, valgte gruppen å besøke Rescon Mapei, som ligger i Sand i Odalen. Rescon Mapei produserer bl.a. tilsetningsstoffer til betongindustrien, forsker og utvikler nye tilsetningsstoffer, og ser på virkninger av disse over tid. Her fikk vi en innføring i sementens og tilsetningstoffenes virkemåte, deretter deltok vi på noen enkle forsøk med bruk av dette. Her blandet vi to prøver, en hvor sementen reagerte med kun vann, og en hvor vi skiftet ut noe av vannet med plastifiserende stoffer. Da så vi med en gang hvor mye plastifiserende tilsetningsstoffer gjør med betong, og hvordan man kan lage en betong med lavt V/C-tall. Etter å ha sett virkningen av et plastifiserende stoff, tilsatte vi et herdningsakselererende stoff i denne betongen. Med umiddelbar virkning begynte blandingen å herde, og vi kjente tydelig at den utviklet varme mye hurtigere enn den vanligvis ville gjort. Etter 5 – 10 minutters tid, kunne vi ta ut prøven som en fast klump betong.

Konklusjon til vanntetthet:

Løsningen som er valgt på Raufoss svømmehall, er mye lik den vi velger som vår løsning. Rambøll og tredjepartskontrollør hadde god erfaring med bruk av Radcon. De har derfor valgt å bruke Radcon Formula #7 som membran i etterkant.

Etter forespørsel fra flere folk i bransjen, med litt motstridende informasjon, velger vi å stole mest på fagpersoner og teknologer fra bransjen. Etersom både produsentene og ekspertene påpeker en økning i tørketiden ved bruk av "admixture", vil ikke dette være gunstig for tettheten. På grunn av skepsisen rundt vannløsligheten til etterbehandlingsproduktene Radcon og Xypex, vil vi også kutte ut dette. Vi velger isteden å legge inn mer armering i bassenget, og heller spare kostnaden ved å etterbehandle bassenget med produkter som har usikker funksjon over tid. Videre vil vi ha fokus på å anskaffe et lite reaktivt tilslag (eventuelt også en lavalkalisk sement), god utførelse og kontroll, samt et V/C forhold på 0,4 eller mindre, inklusive silika eller flyveaske.

Referanser: *(SintefByggforsk 2007), (SintefByggforsk 2004), (Vollset et al. 2010), (Finnfjord 2009)*

IV. Dimensjoneringen:

Lastberegninger

(for beregninger, se vedlegg pkt. 1)

Alle lastberegninger er utført etter:

NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner

Snølast:

Karakteristisk snølast på mark:

Tabell NA.4.1(901):

Vestre Toten: $s_{k0}=4,5\text{kN/m}^2$, $H_2=450\text{moh}$

Høyde på stedet: $H=360,5\text{moh}$

$$H < H_g \Rightarrow s_k = s_{k0} = 4,5\text{kN/m}^2$$

Referansehøyden er lavere enn høyden på stedet, og dette betyr at det ikke blir noe tillegg for høyde over havet.

Bygget består av to tak med ulik snølastintensitet:

Hovedbygget:

Snølastintensitet hovedbygg: $s = 3,6\text{kN/m}^2$

Mellombygget:

Mellombygget er litt spesielt, ettersom det vil kunne oppstå en fonnvirkning der. Det vil si at som følge av vind og drevsnø, vil det kunne samle seg mer snø på taket til mellombygget, ettersom dette er lavere enn hovedbygget og det eksisterende bygget. Siden hovedbygget har skrått tak, vil det være ulik snøintensitet for de ulike bjelkene i taket på hovedbygget. Vi har sett på bjelkene i akse D og E, ettersom disse får en stor snølast og de lengste spennene. Vi fant ut at det kun ble fonnvirkning mot hovedbygget, ettersom høydeforskjellen til det eksisterende bygget ikke var stor nok. Dette gir en skrått fordelt last.

Akse D:

Snølastintensitet mot eksisterende bygg: $s_1 = 3,6\text{kN/m}^2$

Snølastintensitet mot hovedbygg: $s_2 = 8,0\text{kN/m}^2$

Akse E:

Snølastintensitet mot eksisterende bygg: $s_1 = 4,0\text{kN/m}^2$

Snølastintensitet mot hovedbygg: $s_2 = 6,0\text{kN/m}^2$



Vindlast:

Referansevindhastigheten i Vestre Toten kommune er $V_{b0} = 22$ m/s

Karakteristisk vindlast på kortvegg: $q_p(z) = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Karakteristisk vindlast på langvegg: $q_p(z) = 0,71 \text{ kN/m}^2$

Innvendig vil vinden skape et sug både på kortvegg og langvegg. Disse kreftene vil oppheve den utvendige trykk- vindlasten som føres på konstruksjonen, og vi har derfor valgt å se bort fra denne for å være på forsiktig side.

Vinden kan på lange og store konstruksjoner lage friksjonskrefter mot tak og vegger. Dette gjelder spesielt bygg som har en lav og lang utforming. For Raufoss svømmehall vil ikke friksjonskreftene gjøre noe med konstruksjonen siden disse ville startet 44 meter fra D-veggen, noe som er langt utenfor konstruksjonen. (se vedlegg pkt 3.4.3.4)

Limtrebjelker taket hovedbygg

(for beregninger, se vedlegg pkt. 2.1)

Beregning utført etter:

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2009, Eurocode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner Del 1-1

NS-EN 1995-1-2:2004/AC:2009, Eurocode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner Del 1-2
(Branndimensjonering)

Spennet er 21,1 meter, og lastbredden er 4,8 meter. Bjelken er gaffellagret, og vi bruker GL36c.

Vi kommer fram til at b x h **230 x 1800** holder for moment, nedbøyning, skjær og brann, der vipping er dimensjonerende (med to avstivninger). Vipping kan imidlertid sees bort ifra, pga. at takplatene og bjelkene henger sammen via forbindelser, og vi kan da bruke **230 x 1650**.

Deretter forutsetter vi at det bestilles overhøyde mtp. nedbøyning, og kontrollerer at en standard **215 x 1575** også holder for tilsvarende krav, der moment er dimensjonerende. Alle limtrebjelkene vil få den samme lasten.

Bruker dermed GL36c 215 x 1575 for alle de syv limtrebjelkene.

Rambøll har brukt **230 x 1800**. Årsaken til avviket fra Rambøll, kan være at brannkravet har blitt litt mindre i den nye EC- standarden. Det kan også være at bjelkene ønskes stivere fra Rambøll sin side, for å gi mindre momentbelastning på sveiseforbindelsen i pilastertoppen, og for å redusere "ramme-effekten", dvs. momentoverføring til søylene (som gir mer eksentrisitet til søylene), i og med at bjelkene og søylene faktisk er forbundet med hverandre.



Stålbjelker taket mellombygg

(for beregninger, se vedlegg pkt. 2.2)

Beregninger utført etter:

NS-EN 1993-1-1:2005+NA:2008, Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner

Vi velger å bruke stålbjelke: S355, HEA- profil, for å kunne sammenligne med Rambøll sine utregninger.

Beregner bjelke akse D og E, og benytter samme bjelke som i akse E i resten av taket, ettersom disse har noe kortere spenn og samme last.

Bjelkene har en lastbredde på 4800mm, og en lengde på 8300mm(akse D)og 5000mm(akse E).

Ender opp med:

Ved å benytte beregningsprogrammet på Rockwool sine hjemmesider(*Rockwool 2010*), har vi kontrollert stålbjelkene for brann. Programmets beregning kom, som forventet, frem til litt mindre isolasjon. Men ettersom isolasjonen leveres i 10, 15, 20mm osv. blir tykkelsen likevel den samme. Benytter derfor 15mm Rockwool Conlit 300, på begge bjelkene.

Bruker galvanisert HE340A med 15mm Rockwool Conlit 300 i akse D

Bruker galvanisert HE240A med 15mm Rockwool Conlit 300 i akse E, C og F

Søyler

(for beregninger, se vedlegg pkt. 3)

Akse D

Beregningen er utført etter:

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008, Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner

–pkt. 9, spesielle bestemmelser for søyler

– Krumningsradiusmetoden pkt. 5.8.8

Vi tar for oss den runde søyla i akse 6, og pilasteren i akse 1. Bygget er per definisjon et skivebygg, så knekk lengden er lik lengden av søyla.

Pilaster:

Akse 1. Vi dimensjonerer denne firkantede pilasteren som ei vanlig søyle som tar horisontal vindlast, med en lastbredde på 4,8m. Veggen mellom pilasteren anser vi som ikke bærende, men har den funksjonen at den avstiver søyla langs akse 1. Søyla er 8,25 meter lang, og $b \times h$ 400mmx400mm.

Eksentrisiteten her skyldes at krafta fra limtrebjelken ikke fordeler seg symmetrisk over søyletverrsnittet, og vindkrefter. Disse momentene bidrar til å bøye søyla utover. Med vinden som gir det dimensjonerende momentet, får vi at $N_{ED}=547,8\text{kN}$. I pilasteren får vi dermed at det kun trengs minimumsarmering i lengden, og vi bruker 8- $\phi 25$. Som tverrarmring tar vi $\phi 8$ bøylor med c/c 300. Se vedlegg pkt. 3.1.

Rund søyle:

Denne søyla blir en del av et kontinuerlig søylesystem med frie opplegg. Eksentrisiteten skyldes vindkrefter på veggen ovenfor, og skeivfordeling av oppleggskrefter fra limtrebjelke og stålbjelke.

Søyla er 3,67 meter lang, og $d=500\text{mm}$.

Med snølasta som gir det dimensjonerende momentet, får vi at $N_{ED}=851\text{kN}$. I denne søyla får vi at 2. ordens effekt kan neglisjeres, vi får minimumsarmering, og vi bruker 7- $\phi 20$ som lengdearmring. Som tverrarmring tar vi også her $\phi 8$ bøylor med c/c 300. Se vedlegg pkt. 3.2.

I Rambøll sine utregninger har man vært noe mer forsiktig, dvs. man har antatt en litt større vindkraft, og litt større normalkraft. På tross av dette, blir armeringen på søylene i akse D det samme.

Skeivstilling

Beregningen er utført etter EC 2 – Geometriske avvik 5.2

For interessens skyld, regner vi i pkt. 3.3 ut hvor stor horisontalkraft som virker fra de beregnede søylene på taksivene (og dekket), gitt et maksimalt avvik på 0,5% helning. Fra de 7 pilastrene langs akse 1, virker en horisontalkraft på 1,44 kN. Fra de runde søylene virker en horisontalkraft på 2,91 kN. Se pkt. 3.3.



Vegger

(for beregninger, se vedlegg pkt. 4)

Beregningen er utført etter:

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008, Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner

Skråstilt betongvegg

Akse J

Svømmehallens nordligste vegg er en skråstilt 250 mm tykk betongvegg. Veggen tar ikke imot annen last enn den mest ugunstige vindlasten. Veggen vil derfor ikke trenge mer enn minimumsarmering, noe beregningene viser. Veggen beregnes som et dekke sett ovenfra med tre spenn, der opplageret er langveggene, og to stive skiver som tar kreftene.

Armeringsvalg

Hovedarmering	Ø12 c/c 200 mm
Svinn og fordelingsarmering	Ø10 c/c 225 mm

Jordtrykksvegg

I kjelleren i akse A har vi en jordtrykksvegg på 250mm som spenner 4 m. Veggen blir beregnet som et dekke med en bredde = 1000mm.

For jordtrykksveggen har vi valgt å anta at grunnen bak er godt drenert, slik at vi kan se bort fra vanntrykket på veggen. Fra Tabell A.7 i NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008, finner vi at jordtrykket kan baseres på densiteten $\gamma = 15 - 20 \text{ kN/m}^3$ (fra NS3479). Velger da å bruke 20 kN/m^3 , som er det verste tilfellet. I tillegg velger vi å legge på en nyttelast på 5 kN/m^2 på mark, som kan for eksempel være snølast og andre uforutsette laster.

Vi har valgt å regne lasten fra jordtrykket som en skrå jevnt fordelt last, og ikke en punktlast $1/3$ av lengden opp på veggen. Ved å bruke en punktlast får vi et for stort moment, og er med det på sikker side.

Armeringsvalg

Hovedarmering	Ø20 c/c 250 mm
Svinn og fordelingsarmering	Ø12 c/c 350 mm
Hovedarmering skjøt	Ø12 c/c 175 mm

Dekker

(for beregninger, se vedlegg pkt. 5)

Beregningen er utført etter:

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008, Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner

Dekke mellombygg

Dekket har en tykkelse på 250mm, og i tillegg kommer det 50mm som støpes med fall. Dekket blir derfor ikke like tykt over det hele. Vi regner dekket som 300mm tykt med tanke på last, og 250mm som effektivt bæreytykkelse. Dekket går over 4 spenn, og er dermed en kontinuerlig konstruksjon. Dette gjør at vi kan benytte forenklet momentberegning. Lengden på alle spenn er 4800mm.

Armeringsvalg

Innerfelt og Ytterfelt	Ø12 c/c 175 mm
Over opplager	Ø12 c/c 175mm
Svinn og fordeling	Ø10 c/c 250 mm

Dekke hovedbygg

Dekket i hovedbygget har en tykkelse på 350mm, og i tillegg kommer det 50mm som støpes med fall. Dekket blir derfor ikke like tykt over det hele. Vi regner dekket som 400mm tykt med tanke på last, og 350mm som effektivt bæreytykkelse. Dekket går over et spenn på 6,5m.

Armeringsvalg

Hovedarmering	Ø16 c/c 167 mm
Svinn og fordelingsarmering	Ø12 c/c 225 mm



Basseng

(for beregninger, se vedlegg pkt. 6)

Beregningen er utført etter:

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008, Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner

Lastfaktor

For bassenget kan det tenkes at vi har brukt litt høy lastfaktor. Vi har sett på vann som en nyttelast, men ettersom vi er så sikre på vekten og mengden vann, kan det kanskje vurderes å sette den som en permanent last. Dette ville gitt lastfaktor på 1,2 istedenfor 1,5 (fra Tabell NA.A1.2(A) NS-EN 1990:2002+NA:2008) for dimensjonerende bruddlast.

I vårt tilfelle vil dette likevel ikke ha så mye å si, ettersom det for bassenget er riss og nedbøyning som er dimensjonerende, og vi ikke bruker disse lastfaktorene for dette.

Veggarmering

Bassenget har en dyp del og en grunn del, med en stigning mellom disse. Bassengveggen er beregnet som en jordtrykksvegg, utkraget fra dekket. Velger å regne forskjellig armering for den dype og grunne delen. For den skrå delen brukes armeringen for det dype. Vi får det største momentet på langsidenes grunnet vanntrykket, samt at vi har konsoll med overløpsrenne, opplegg for dekke og dekke rundt bassenget. Bruker den samme armeringen også på kortsidenes.

På dypet er vannhøyden 4 meter og på det grunne er vannhøyden mellom 1,4 og 1,1 meter. Vi regner her med vannhøyde på 1,4 meter over det hele.

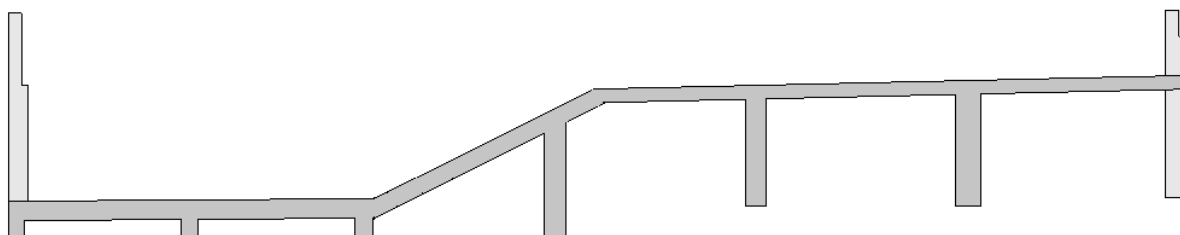
Armeringsresultat for bassengvegg		
	Sidevegg på dypet	Sidevegg på grunna
Hovedarmering skjøt	Ø25c/c140	Ø16c/c200
Horisontalarmering Over 20% av vertikalarmering	Ø12c/c110 IK og YK opp til ståkant Ø12c/c160 IK og YK over ståkant	Ø12c/c160
Vertikalarmering	Ø20c/c165 IK Ø16c/c165 YK	Ø20c/c225 IK Ø16c/c250 YK
*IK (innerkant) og YK (ytterkant)		

For å låse bøylearmeringen i skjøten brukes samme kamjernstørrelse lik de aktuelle bøylenes.

Bruker armeringen vi fant for *sidevegg på det dype* på alle veggene på dypet frem til akse E.

Bruker armeringen vi fant for *sidevegg på det grunn* på alle veggene fra akse E.

Bassengdekke



Bassengdekke er en kontinuerlig konstruksjon, som går over 6 spenn. Felt 1 og 2 har et 425mm tykt dekke, og er 3,35m langt. Dette er på den dypeste delen i bassenget og dekket her er helt plant. Felt 3 er også 425mm tykt, men dette dekke skrår med en vinkel på $26,6^\circ$ og har en lengde på 4,75m. For å forenkle beregningen her, valgte vi å legge dekket flatt, og projisere lastene for å få riktig størrelse i forhold til vinkelen på dekket. Lasten her ble en skrå, jevnt fordelt last.

Felt 4 er 300mm tykt, og har en lengde på 3,4m. Felt 5 og 6 er også 300mm tykt, og spenner 5,5m og 4,5m. Felt 4, 5 og 6 har en veldig liten helling. Lasten for disse har vi satt til den største for hvert felt, og brukt den på hele feltet. Vi har brukt momentkoeffisient – metoden, som gir litt mindre momenter enn ved å bruke momentutregningen for fritt opplagte konstruksjoner.

For å forhindre riss og nedbøyning, har vi valgt å sette stålspenningen for armeringen ned til 200N/mm^2 .

Armeringsvalg UK.

	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4	Felt 5	Felt 6
Hovedarmering	Ø16 c/c 200 mm	Ø16 c/c 200 mm	Ø20 c/c 200 mm	Ø20 c/c 200 mm	Ø20 c/c 200 mm	Ø20 c/c 200 mm
Svinn og fordelingsarmering	Ø16 c/c 200 mm	Ø16 c/c 200 mm	Ø16 c/c 200 mm	Ø12 c/c 200 mm	Ø12 c/c 200 mm	Ø12 c/c 200 mm

Armeringsvalg OK.

	Støtte 1	Støtte 2	Støtte 3	Støtte 4	Støtte 5	Støtte 6
Hovedarmering	Ø16 c/c 200 mm	Ø16 c/c 200 mm	Ø20 c/c 200 mm	Ø20 c/c 200 mm	Ø20 c/c 200 mm	Ø20 c/c 200 mm
Svinn og fordelingsarmering	Ø16 c/c 200 mm	Ø16 c/c 200 mm	Ø16 c/c 200 mm	Ø12 c/c 200 mm	Ø12 c/c 200 mm	Ø12 c/c 200 mm

Konsoll

Betongdekke som ligger rundt bassenget må opplagres mot bassengdelen. Dette gjøres ved å lage en konsoll på bassengveggen, som også har en overvannsrenne for å transportere overvannet fra bassenget og ned i utjevningstanken, som ligger under den grunne delen av bassenget. Konsollen støpes samtidig som bassengveggene for å unngå støpeskjøter som er en kilde til lekkasjer og alkaliske reaksjoner.

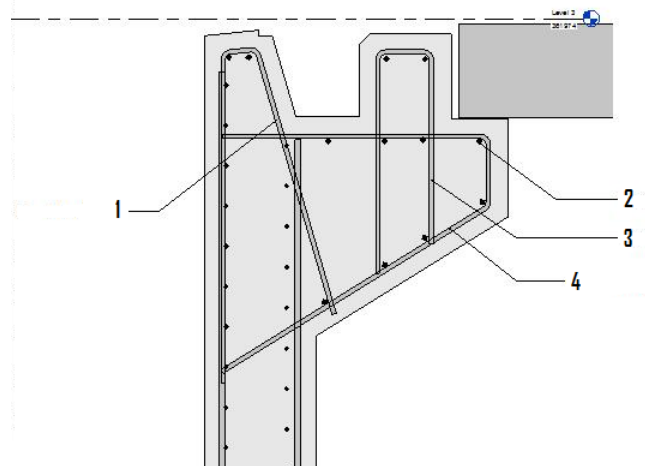
Hovedarmeringen for konsollen er utregnet med tre forskjellige metoder; Polygonmetoden, skjærfriksjons- hypotesen og enkel momentbetraktning. Alle tre metodene er akseptert, og resultatet ble tilnærmet likt hverandre. Vi har valgt hovedarmering etter den metoden som ga det største armeringen, for å være på forsiktig side. Siden konsollen også utformer en overvannsrenne, har vi for den ene renneveggen valgt å føre hovedarmeringen helt opp.

For å unngå knusning i underkant av konsollen, har vi kommet frem til en trykkarmering av samme størrelse som hovedarmering. Vertikalarmeringen er noe overdimensjonert, men for enkelhets skyld har vi valgt den lik som hoved- og trykkarmeringen. Horisontalarmeringen fra bassengveggen føres opp i konsollen og legges med samme senteravstand, 160mm, samt i hjørner og kryssinger til konsollarmeringen. All armering er valgt med hensyn på den praktiske utførelsen, og er derfor noe overdimensjonert.

Se vedlegg 6.3 for fullstendig utregning.

Armeringsvalg

Hovedarmering	Ø12 c/c 250 mm
Trykkarmering	Ø12 c/c 250 mm
Vertikalarmering	Ø12 c/c 250 mm

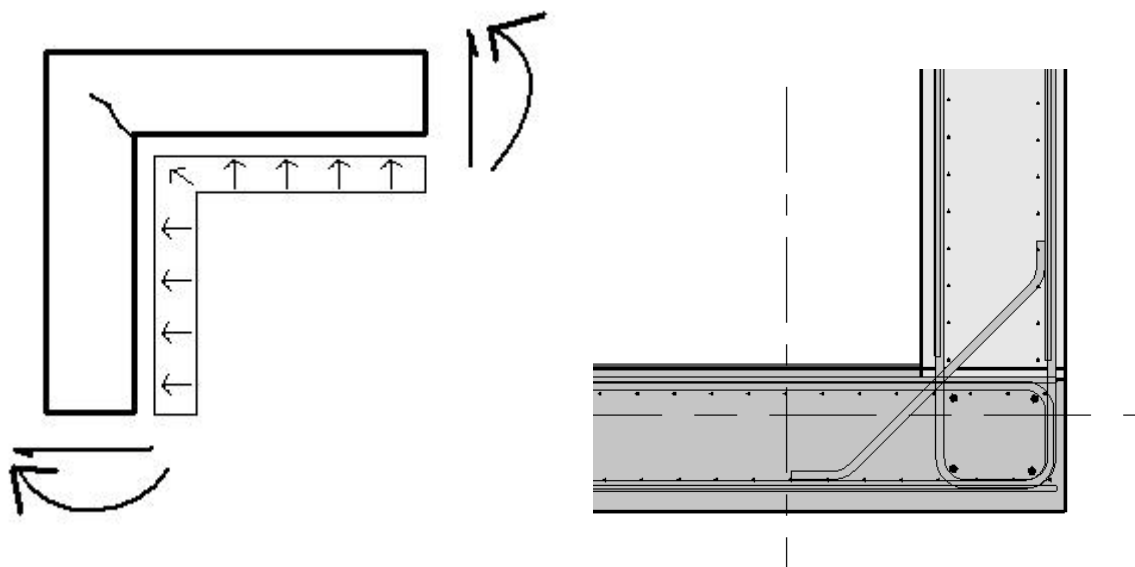


Figur, 1-hovedarmering, 2-horisontalarmering, 3-vertikalarmering, 4-trykkarmering

Armering i bassenghjørnene

For overgang vegg- vegg og dekke- vegg.

Hjørnet er spesielt utsatt, fordi dette er møtepunktet for kreftene.



Vi får her bøyespenninger som står ortogonalt på hverandre, i tillegg til normalkrafta rett på hjørnet. (skjærkreftene nuller hverandre ut). Dette bidrar til å øke hovedspenningen akkurat i møtepunktet betraktelig. Fig. 2.60 s. 61 i kilden (Design and detailing of reinforced concrete structures using stress field), viser hvordan strekk og trykk utarter seg i et hjørne med åpne momenter.

Jfr.(Beregning og dimensjonering av betongkonstruksjoner etter revidert NS 3473 1990), har man utført tester på hvilke hjørneløsninger som har best kapasitet. Utifra dette, velger vi løsningen med høyest kapasitet. Vi legger da to bøylere og ett jern diagonalt. Slik som tegninga over og i kilden viser, vil hjørnet fungere som en torsjonsbjelke ved at vi låser bøylene med fire jern.

Figur 13a,(Beregning og dimensjonering av betongkonstruksjoner etter revidert NS 3473 1990), viser at denne løsningen må beregnes som en indre fagverksmodell for å kunne dimensjoneres. Da dette er noe komplisert, velger vi isteden å se på hva som er gjort tidligere for bassenger. Det er vanlig at hjørne armeringen får samme dimensjon og samme c/c-avstand som den horisontalarmeringa vi har dimensjonert (se 6.1), dvs.

Bruker $\phi 12$ c/c 110 opp til ståkant, og $\phi 12$ c/c 160 fra ståkant opp til toppen Skråjernet får også av praktiske hensyn samme dimensjon og senteravstand.

Overgang bassengdekke- vegg gjøres på samme måte som hjørnene. Her blir bøylene dimensjonert som en støttemur. Vi kom i 6.1 fram til å benytte bøylere $\phi 25$ c/c143. Skråjernet i samme dim og senteravstand. Bøylene blir dimensjonert for å ta det som er av krefter. Skråjernet legges til etterpå, dette har vist seg å være en gunstig løsning som sikrer mot eventuelle riss.



V. Jordskjelv

Beregninger utført etter:

NS-EN 1998-1:2004+NA2008, Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning

Norge er det området i Nord-Europa som er utsatt for mest seismisk aktivitet. Vi har våre jordskjelvområder også i Norge, og disse ligger rundt Oslo, Helgeland og rundt Svalbard. Siste store registrerte skjelv, ble registrert utenfor Oslo i 1904. Skjelvet målte 5,4 på richterskalaen, og sto for det meste for ødeleggelse på bebyggelse.

Østlandet er også utsatt for jordskjelv med jevne mellomrom. Statistikk fra NORSARs forskningsstasjon på Kjeller viser at det over en periode på 50 år, fra 1960 til 2010, har vært ca 175 seismiske uroligheter i Oppland. 8 av disse registreringene har episenter i område rundt Gjøvik og Raufoss.

Tabell med jordskjelv rundt Raufoss med tidspunkt, styrke og sted.

Kilde: (NORSAR 2010b)

Tidspunkt	Styrke	Sted
05/11/2008 16:49:44	2,0	Ca. 9 km øst for Gjøvik
03/08/2005 08:01:35	1,8	Ca. 7 km vest-nordvest for Gjøvik
24/02/2005 13:04:43	2,1	Ca. 7 km sør for Raufoss
28/04/2004 13:40:52	1,8	Ca. 9 km sør-sørvest for Raufoss
26/04/2004 11:43:35	1,7	Ca. 20 km sørvest for Raufoss
03/09/2002 20:31:59	1,4	Ca. 13 km sørøst for Gjøvik
07/09/1995 10:28:56	2,5	Ca. 5 km sør for Raufoss
22/09/1992 16:52:06	2,4	Ca. 14 km sør for Raufoss

Ut fra denne tabellen ser vi at det sjelden er jordskjelv i nærheten av Raufoss, de er så små at de ikke vil ha noe å si for dimensjoneringen av bygget. Jfr (DepartmentOfEnvironmentalProtection 1988) vil en styrke på 2,5 på Richter skala være under 1% av tyngdens aksellerasjon g.

Ved skifte fra Norsk Standard(NS) til Eurokodene med nasjonalt tillegg(EC), vil det bli større behov for dimensjonering av seismiske laster, og hvordan bygninger skal dimensjoneres for dette.

Jordskjelvdimensjonering er ganske nytt i Norge, og sammenlignet med NS, vil Eurokodene gi mer presise krav til hvordan lastene skal bestemmes, og brukes sammen med dimensjoneringen for stål og betong.

Jordskjelvkraftene på en konstruksjon, fremkommer som horisontale akselerasjoner fra grunnen. Akselerasjonen skaper krefter i konstruksjonen og gir bevegelser på hele bygget.

Forutsetninger:

- Etersom bygget ligger på fjell, finner vi fra tabell NA.3.1 at vi får Grunntype A, som gir: $S = 1,0$
- Etersom bygget karakteriseres som en sportshall/forsamlingslokale, vil det jfr. tabell NA.4(902) være plassert i klasse III eller II. Vi mener det er forsvarlig å sette bygget i klasse II, grunnet at det ikke vil være ansamlinger av "store" mengder mennesker, sammenliknet med f. eks. Operahuset i Oslo.

Dessuten ser vi på dette bygget som et frittstående bygg, uavhengig av gamlebygget når vi vurderer jordskjelv.

EC 8 pkt. 3.2.2.2

$$a_g = \gamma_1 \times a_{gR} = \gamma_1 \times a_{g40Hz} \times 0,8$$

- γ_1 er jfr. tabell NA.4(901) seismisk faktor for klasse II, $\gamma_1 = 1,0$

- a_{g40Hz} er jfr. kart NA.3.2.1 finner vi at Raufoss ligger ca. midt mellom isolinjene 0,4 og 0,5, som vil si $a_g \approx 0,45 \text{ m/s}^2$

$$a_g = 1,0 \times 0,45 \times 0,8 = 0,36 \text{ m/s}^2$$

I følge 3.2.1(5) i NS-EN 1998-1:2004+NA2008 er det ikke nødvendig å dimensjonere for jordskjelv når vi har svært lav seismisitet. Grenseverdien for dette er:

$$a_g \leq 0,04g \left(0,39 \text{ m/s}^2 \right) \text{ eller } a_g \times S \leq 0,05g \left(0,49 \text{ m/s}^2 \right)$$

$$a_g = 0,36 \text{ m/s}^2 < 0,39 \text{ m/s}^2$$

Det betyr at vi p.g.a. dette kan neglisjere jordskjelv ved dimensjoneringen mhp. a_g .

$$a_g \times S = 0,36 \times 1,0 = 0,36 \text{ m/s}^2 < 0,49 \text{ m/s}^2$$

Dette gjør at vi ikke heller trenger å dimensjonere bygget for jordskjelv mhp. produktet $a_g \times S$.

Kilder:(Norsar 2010a), (Byggeindustrien 2010), (BE-nytt 2006)



VI. Fundamentering på fjell

Ved fundamentering av bygg og konstruksjoner, må lastene og tyngden fra bygget føres ned til grunnen uten at denne deformeres eller gir etter. Før gravearbeider begynner, kan man utføre prøveboringer for å hente ut informasjon om grunnen man skal bygge på. Resultater av prøveboringer, gir svar på hvilke jordtyper grunnen består av, og hvor langt det er til fast fjell.

For å fordele kreftene fra bygget på best mulig måte, lages det en såle som ligger under hele byggets grunnflate.

Der hele tomten har grunnforhold bestående utelukket av fjell, vil det i de fleste tilfeller legges en "pute" av pukk og stein som det deretter støpes på. Ofte kan det være lurt å forankre sålen i fjellet, og dette gjøres ved å sette pæler ned i grunnen fra sålen. Pælene vil hindre sålen fra å bevege seg under og etter byggeperioden. I stedet for pæler, kan sålen forankres ved å bore ned armeringsjern i fjellet. Disse støpes fast, og går opp i den støpte sålen for å holde denne fast til fjellet.

I enkelte tilfeller kan man støpe sålen rett på fjellet, gjør man dette uten forankring, er det viktig at det ikke oppstår noen fare for at konstruksjonen sklir av fjellet. Dette unngås f.eks hvis fjellet er såpass ujevnt at sålen henger fast i små groper og knauser. Forskaling av en slik sålestøp utføres rett mot fjellet, og det støpes deretter opp til ønsket høyde. Er underlaget ujevnt, kan dette være en tidkrevende jobb.

Kilder: *(Andersen et al. 2009), (Nygård & Høiby 2010)*

VII. Konklusjon

Alle fire medlemmene av gruppa har valgt retningen konstruksjon innenfor bygg- studiet ved høgskolen. Vi syntes derfor det var interessant å velge en oppgave som gjorde at vi fikk brukt det vi har lært i fagene vi har hatt. Vi var heldige da vi fikk positivt svar fra Rambøll, som foreslo at vi kunne samarbeide om prosjektet "Raufoss Svømmehall". I dette samarbeidet har vi lært veldig mye om hvordan prosjekteringen av et slikt tiltak foregår, både fra prosjekteringsiden, og utførende entreprenør sin side. Ved deltagelse på byggemøte, har vi fått et godt innblikk i hvordan hovedentreprenøren og underentreprenører jobber opp mot hverandre. Vi synes omfanget av oppgaven har vært tilfredsstillende, og vi foretok rimelige begrensninger på oppgaven. Fremdriftsplanen har vært et viktig verktøy for oss, og vi ser verdien av å lage en god prosjekt- og fremdriftsplan. Vi lagde en fremdriftsplan som hadde klare tidsbegrensninger, men som likevel hadde rom for små forandringer underveis.

Underveis i arbeidet med bacheloroppgaven har vi fått bruk for mange av de emnene vi har vært igjennom i løpet av tre år ved høgskolen. Fag som matematikk, statikk, stål-, tre-, og betongkonstruksjon, samt fysikk og kjemi er noen av fagene vi har brukt.

Vi har aktivt brukt forskning i vårt arbeid. Spesielt innenfor de tema vi ikke hadde noen bakgrunnskunnskaper om. Her har vi tatt kontakt med en rekke personer og bedrifter for å søke den informasjonen vi trengte. På denne måten har vi tilegnet oss ny kunnskap på områder som brann, jordskjelv, tilsetningsstoffer i betong, og metoder for å lage betongen vanntett. Eurokodene har ikke vært lett å lese for oss studenter uten erfaring på området, men med hjelp fra veiledere og diskusjon innad i gruppen har vi gjort oss kjent med de aktuelle standardene.

En stor utfordring når man skal skrive en bacheloroppgave som en gruppe, er at samarbeidet må fungere bra. Vi har hele tiden hatt klare linjer for arbeidet. Dette har innebært avtalte arbeidstider, og fast møtested på grupperommet vi fikk tildelt. Det har vært mange eksempler på at gruppemedlemmene har utnyttet hverandres kunnskap. Vi har også lært mer om selve gruppearbeidet, og hvordan samarbeid fungerer mest mulig effektivt.

Vi har i stor grad vektlagt utformingen av bassenget, siden dette er en nokså spesiell konstruksjon. Her har vi ikke bare sett på vannkreftenes innvirkning på armeringen, men også hva betongen bør bestå av for at den skal være mest mulig vanntett. Vi har aktivt henvendt oss til næringslivet for å skaffe mest mulig informasjon om tilsetningsstoffer og etterbehandling av betongen. Konklusjonen vi står igjen med avviker litt fra Rambølls løsninger, men til gjengjeld kan vi spare både tid og penger. Rambøll hadde tidligere erfaring med bruk av etterbehandling i form av Radcon Formula #7, og har valgt å bruke dette for å tette porer i betongen. Vi har hatt kontakt med forskjellige teknologer og fagpersoner i betongbransjen som mener at en betong med lavt V/C-tall vil ha få (og veldig små) porer. Derfor vil bruken av etterbehandling være nærmest overflødig, og vi velger i stedet å øke armeringen i bassenget. Det bør også etter vår oppfatning stilles strenge krav til utføringen av armering, og utstøpning av betongen.

Den nye standarden stiller strengere krav til jordskjelvdimensjonering. Tidligere har ikke dette vært aktuelt for annet enn svært store byggverk i Norge. Siden vi nå benytter en felles europeisk standard har denne dimensjoneringen blitt aktuell for langt mindre bygg også. Som følge av



Vestre Totens svært lave seismisitet, har vi kommet inn under unnlateskriteriet, og kan derfor se bort fra denne dimensjoneringen.

Siden Rambøll har dimensjonert bygget etter Norsk Standard, som nå er erstattet av Eurokoder, hadde vi som mål å sammenligne våre resultater med Rambølls valg av dimensjoner. Dette ville vi for å finne likheter eller ulikheter mellom de to beregningsstandardene, og trekke en konklusjon for å se om Eurokoder fører til større eller mindre dimensjoner. Sammenligningen har vist seg å ikke være så lett som vi hadde intensjoner om. Rambøll har gjort beregninger på grunnlag av forskjellige valg, disse valgene er tatt på bakgrunn av erfaringer og tolkninger underveis i dimensjoneringen. Derfor har det naturlig nok oppstått avvik fra våre forutsetninger, noe som gjør en sammenligning vanskelig.

Alle våre konstruksjoner er beregnet i Focus konstruksjon, og disse beregningene er i samsvar med beregninger utført for hånd. Dette har vært viktig for å kvalitetssikre våre beregninger.

VIII. Kilder

Eurokoder:

- NS-EN 1990:2002+NA:2008, Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-1: Allmenne laster - Tetthet, egenvekt, nyttelaster i bygninger
- NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner- Del 1-3: Allmenne laster- snølaster
- NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster – Vindlaster
- NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008, Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner
- NS-EN 1993-1-1:2005+NA:2008, Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner
- NS-EN 1995-1:2004+A1:2008+NA:2009, Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner
- NS-EN 1998-1:2004+NA2008, Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning.

Formler fra NS-EN 1990, NS-EN 1991, NS-EN 1992, NS-EN 1993, NS-EN 1995 og NS-EN 1998 er gjengitt i denne bacheloroppgaven av Nordengen et al. med tillatelse fra Standard Online AS 05/2010. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no for informasjon om Norsk Standard.

Alt av bilder, tabeller og figurer, er produsert av gruppen og tilhører prosjektet.

Algaard, E. (2009). Stål i svømmehaller er ingen spøk. *Nyheter om stålbyggnad nr 4 2009*.

Allbetong. (2009). [online]. Om xypex. Tilgjengelig fra: <http://www.allbetong.no/omxypex.html> (lest 12.05.2010).

Andersen, F., I. Bøe, K. Grønvold, J. C. Kalin, E. Nygard, H. Rødningsby & J. E. Skar. (2009). *Yrkeslære: Byggenæringens Forlag*.

ArchitecturalTesting. (1988). *Quality Assurance Validation Program* [online]. Tilgjengelig fra: http://www.architecturaltesting.com/certification/quality_assurance.aspx (lest 13.05.2010).

BE-nytt. (2006). *Jordskjelvpåkjenninger på bygninger* [online]: Statens Byggtekniske Etat. Tilgjengelig fra: <http://www.be.no/beweb/info/benytt/20062/jordskjelv.html> (lest 07.04.2010).

Beregning og dimensjonering av betongkonstruksjoner etter revidert NS 3473. (1990). *Norske Sivilingeniørers Forening*.

Betongelementforeningen. (2006). *Betongelementboken bind C. Elementer og knutepunkter*: Betongelementforeningen.

Byggeindustrien. (2010). *Stor interesse for jordskjelv* [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/2010/03/52131.0> (lest 23.03.2010).



DepartmentOfEnvironmentalProtection. (1988). [online]. New Jersey. Tilgjengelig fra: <http://www.state.nj.us/dep/rpp/bne/bnedown/publichearing.pdf> (lest 21.05.2010).

Design and detailing of reinforced concrete structures using stress field. *Swiss Federal Institute and Technology*.

Emnebeskrivelse bacheloroppgave TØL. (2010). [online]. I: Gjøvik, H. i. (red.). Tilgjengelig fra: http://www.hig.no/studiehaandbok/studiehaandboeker/2009_2010/emner/avdeling_for_teknologi_oekonomi_og_ledelse/toel3902_bacheloroppgave_15 (lest 20.05.2010).

Finnfjord. (2009). *Silika* [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.finnfjord.no/silika> (lest 15.05.2010).

Norsar. (2010a). *Jordskjelv i Norge* [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.jordskjelv.no/jordskjelv/norge.html> (lest 21.05.2010).

NORSAR. (2010b). *Statistikk over jordskjelv i opplandsområde* [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.jordskjelv.no/cgi-bin/showpage.cgi?type=qsearch&id=1268644291> (lest 19.03.2010).

Nygård, V. & J. Høiby. (2010). *Bedriftsbesøk hos Miljøbygg*

Radcon Formula #7. (1999). [online]: Radcrete Pacific Pty Ltd. Tilgjengelig fra: <http://www.radcrete.com.au/Downloads/pdfs/manual/1.2%20Radcon7%20Datashet.pdf> (lest 12.05.2010).

Radcrete. (2003). *Radmyx concentrate datasheet* [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.radcrete.com.au/Downloads/pdfs/manual/2.2%20Radmyx%20Datashet.pdf> (lest 12.05.2010).

Rockwool. (2010). [online]. Beregningsprogrammet for brannsikker isolasjon, Brannbeskyttelse - Conlit. Tilgjengelig fra: <http://guiden.rockwool.no/verktoey/beregningsprogrammer> (lest 21.05.2010).

Sintef/Byggkeramikforeningen. (1999). *Alkalireaksjoner på keramiske fliser* [online]. Tilgjengelig fra: http://www.byggkeramikforeningen.no/article/1999_Art2_oaa.pdf (lest 20.05.2010).

SintefByggforsk. (1992). 527.245 Rom med høy fuktighetsbelastning. [online].

SintefByggforsk. (2004). 572.207, Tilsetningsstoffer for konstruksjonsbetong. [online].

SintefByggforsk. (2007). 520.063, Alkalireaksjoner i betong. Skademekanisme og regelverk ved nybygging. [online].

StabinorUltra. (2009). *Ultra injeksjonsslange for støpeskjøter* [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.stabinor.no/index.html> (lest 18.05.2010).

Teknisk Forskrift. (1997). [online]. Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk: Lovdata. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdato.no/for/sf/kr/kr-19970122-0033.html> (lest 20.05.2010).

Treteknisk. (2009). Fokus på tre. *Klima og trestabilitet, nr 46* [online].



Veiledning til Teknisk forskrift. (2007). [online]. Veiledning til teknisk forskrift: Statens byggt tekniske etat. Tilgjengelig fra: <http://www.be.no/beweb/regler/veil/tekveil07/tekveilinnh2007.html> (lest 20.05.2010).

Vollset, D., Ø. Mortensvik & P. Stavem. (2010). *Bedriftsbesøk hos Rescon Mapei.*

Xypex. *Spec. data: Technical data* [online]. Download spec data (.pdf). Tilgjengelig fra: <http://www.xypex.com/specs/specs.php?pageID=41> (lest 12.05.2010).

