

Ombruk av plasstøpt betong på Stabbursmoen skole

Mulighetsstudie

Dokumentinformasjon

Mulighetsstudien er utarbeidet av:

Asplan Viak: Jill Saunders, Thomas Munkeby, Henriette Sandberg, Sigrid Vik, Espen Kjetså

NTNU: Karoline Østerlie Gladsøy, Kristine Søreng Engen

Eggen Arkitekter: Ida Midbøe Rognstad

Agraff Arkitektur: Antonia Jaryd

01	27. mai. 2024	Mulighetsstudie	JS,TM, HMS,mfl.	OF/KPG
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Sammendrag

I mulighetsstudien har det vært et samarbeid med flere fag for å finne hvilke betong komponenter fra Stabbursmoen skole som egner seg til ombruk, samtidig som det er sett på hvilke muligheter og behov som er på den fremtidige skolen.

Fra mulighetsstudien er det foreslått to design med ombruksmaterialer, sykkelskur og lekehus. Begge er gjennomførbare basert på de vurderingene som er gjort i studien, og viser til gode reduksjoner av klimagassutslipp.

For sykkelskur er det tydelig at ombruk er det designalternativet med lavest klimagassutslipp. Det er 57% besparelse med ombruk sammenlignet med ny betong støpt av lavkarbon B, 40% besparelse sammenlignet med lavkarbon ekstrem og 82% sammenlignet med et prefabrikkert sykkelskur.

For lekehuset er det tydelig at ombruk er det designalternativet med lavest klimagassutslipp. Det er 78 % besparelse med ombruk sammenlignet med ny betong støpt av lavkarbon B og 67 % besparelse sammenlignet med lavkarbon ekstrem. Det er ikke sammenlignet mot et nytt lekehus i stål og plast i mulighetsstudien.

Av de to foreslåtte designene er det sykkelskur som er den enkleste konstruksjonen å gjennomføre, mens lekeskuret vil gi mer erfaring i bruk av ulike betongkonstruksjoner for ombruk.

Ved å få muligheten til å logge merarbeid og merkostnader knyttet til ombruk av plasstøpt betong, vil dette gi mye god erfaring til andre prosjekter i bransjen. Trondheim kommune som en foregangskommune kan være en god bidragsyter til å gi mer erfaring på området.

Dersom man kun skal se på ombruk av enkeltelementer, er det ombruk av dekker som heller som har etablerte metoder og tidligere blitt benyttet på f.eks. rehabiliteringprosjekter og Nidarvoll skole. Dette gir en lav risiko i prosjektet, og vil øke graden av ombruk, men tilfører ikke noe nytt på området da dette allerede er testet.

Innhold

Sammendrag	2
1. Bakgrunn og formål	5
1.1. Behov for ombruk av plasstøpt betong	5
1.2. Formål for mulighetsstudie	5
1.3. Prosjektet ved Stabbursmoen skole	6
2. Prosess	8
2.1. Erfaring fra entreprenør	8
2.2. Betongteknologiske vurderinger	10
2.2.1. Oppsummerende betraktninger/anbefalinger	10
2.3. Resultater fra workshop LARK / ARK	14
2.4. Klimagassberegninger	15
3. Rangering	17
3.1. Grad av utnyttelse	17
3.2. Gjennomførbarhet (kostnad/ vanskelighetsgrad)	17
3.3. Overføringsverdi	18
3.4. Vurderinger av RIB	18
3.4.1. Forbindelser	20
3.4.2. Dekkeløsning av ombrukt betong	22
3.5. Behov på Stabbursmoen skole	24
4. Foreslått design	25
4.1. Sykkelskur	25
4.2. Lekehus / paviljong	27
4.3. Betongheller	28
5. Resultater	29
5.1. LCA	29
5.1.1. Sykkelskur	30

5.1.2. Lekehus.....	33
5.1.3. Betongheller	35
5.2. Kostnader	36
6. Anbefalinger	37
7. Veien videre	38
Kilder:	39
Vedlegg 1	40
Vedlegg 2	49

1. Bakgrunn og formål

1.1. Behov for ombruk av plasstøpt betong

Bygg- og anleggsbransjen står for en stor andel av Norges totale årlige klimagassutslipp. I tillegg står bygg- og anleggsbransjen for over 25% av avfallsproduksjonen. Dette betyr at et av de viktigste grepene man kan gjøre innen bygg er å redusere materialbruk og avfallsproduksjon i bygg. Dersom en kan ombruke byggematerialer fra riveprosjekter, så vil en både redusere avfallsproblemet, samtidig som en reduserer behovet for nye byggevarer.

Trondheim kommune har et pågående forskningsprosjekt, GjenOm, i samarbeid med NTNU, SINTEF, Asplan Viak og Loopfront, som ser på mulighetene ved å ombruke bærende elementer i betong. Ambisjonen i forskningsprosjektet GjenOm er å bruke resultatene fra dette pilotprosjektet til å dele erfaringer med og informere andre prosjekter for å øke ombruksgraden på betong.

I Norge i dag har plasstøpt betong i all hovedsak blitt brukt til materialgjenvinning, men har ennå ikke blitt ombrukt direkte som bærende konstruksjoner. Dette vil være første gang at betong blir skåret ut og brukt igjen som bærende betong og ikke som heller eller grus/tilslag etter hva forfatterne kjenner til.

1.2. Formål for mulighetsstudie

Formålet med mulighetsstudien er å se på mulige design for små strukturer i ombrukt plasstøpt betong. Resultatet fra mulighetsstudien vil bli brukt videre i prosjektering for ombruk. Ved å se på enkle og små strukturer vil man lettere kunne teste ut ombruk som proxy for andre typer ombruk i en større skala. Ved at det er valgt små konstruksjoner vil risikoen ved gjennomføring være lavere enn ved større konstruksjoner med tanke på fremdrift og eventuelt svinn ved riving. I mulighetsstudien skal det undersøkes hvilke planlagte strukturer på Stabbursmoen skole som egner seg oppført i ombruksmaterialer. Det er tatt utgangspunkt i skisseprosjektet, og nødvendigheten av å finne enklere og mer enkeltstående bygg er viktig med tanke på fremdriften i det overordnede prosjektet. Ved å se på ombruk i en mindre skala har vi en mulighet til å gjøre teori til praksis, som videre kan

lede veien for ombruk i en større skala. I Figur 1 ser vi eksempler fra Sveits der ombruk av plasstøpt betong i forskjellig skala er testet ut.



Figur 1: Bilder fra prosjekter i Sveits der ombruk av plasstøpt betong er prøvd ut, (Bilder fra presentasjon fra Structural Xploration Lab 2023-10-06).

1.3. Prosjektet ved Stabbursmoen skole

Stabbursmoen er i dag et skolebygg på ca. 5000 m². Skolen ble bygget i 1979, og består av tre etasjer (U2, U1 og 1. etg). Bæresystemet består av yttervegger i betong, søyler, bjelker og dekker av plasstøpt betong. Bygget har hatt ulike rehabiliteringer gjennom de siste tiårene. Den ble etter flere politiske runder vedtatt å bli revet. Ny skole skal bygges på samme tomt. På grunn av det store omfanget av plasstøpt betong i bygget ønsket Trondheim kommune å gjennomføre en studie på Stabbursmoen skole for å se på mulighetene for å kunne ombruke mest mulig betong for å redusere både avfall og CO₂-utslipp.

Stabbursmoen skole og GjenOm ønsket å sammen se på mulighetene til å få til direkte ombruk av betongelementene som skal rives. Målet er å ombruke betongelementene på så høyt nivå som mulig - det vil si, uten å knuses og brukes som fyllmasser.

Stabbursmoen skole har store miljøambisjoner. Ny skole skal BREEAM-sertifiseres til nivå Very Good, så høy andel utslippsfri byggeplass som mulig og har et høyt fokus på ombruk. Med denne mulighetsstudien er det også ønskelig å få til ombruk av betong. Hensikten med denne mulighetsstudie er at undersøke hvordan betong fra Stabbursmoen skole kan ombrukes og bidra til et øket totalt ombruk. Det er få prosjekt som har undersøkt potensialet til og ombruk av plasstøpt betong. Mange eksisterende bygg har bæresystemer i plasstøpt betong og hvis vi ikke har praktisk kunnskap om hvordan det kan ombrukes, så fjernes en betydelig mengde materiale fra den sirkulære økonomien. Derfor vil denne studien bidra til å øke kunnskap gjennom å undersøke dette aspektet på Stabbursmoen skole.

2. Prosess

Arbeidet i denne mulighetsstudien har basert seg på arbeidsmøter mellom arkitekt (ARK), landskapsarkitekt (LARK), rådgivende ingeniør bygg (RIB), miljørådgiver (RIM), masterstudenter fra NTNU, deltakere fra prosjekteringsgruppen til kommunen i tillegg til prosjektleder i GjenOm fra Trondheim kommune. Det har variert hvor mange fag og deltakere det har vært i hver av møtene, det har blitt kalt inn til møter etter hvert som det har vært behov for deltakelse.

Et viktig utgangspunkt for studien har vært BIM-modellen av eksisterende konstruksjon som er modellert opp av RIB, basert på eksisterende tegninger. Med utgangspunkt i modellen og tilstandsanalysen av betongen, som ble gjennomført i tidligere fase av hovedprosjektet, har det vært mulig å se på hvilke komponenter som egner seg for ombruk.

I tillegg til de avholdte møtene og modelleringen har det samtidig blitt gjort et grundig litteratursøk og intervjuer med entreprenører gjennomført av masterstudenter ved NTNU som benytter denne som en del av sin masteroppgave. Dette gjør at vi samtidig som vi har sett på hva som er mulig å bruke fra bygget har fått god kunnskap om hvilket utstyr som benyttes ved konvensjonell riving av betongelementer, samt hva det er forventet at kan bli brukt i et prosjekt ved demontering.

Ved avhending av bygg er ombruk en mulighet for å spare naturressurser og redusere klimagassutslipp. Det er knyttet store klimagassutslipp til oppføring av bæresystem, samt at det ved avhending av bæresystemet vil generere store mengder avfall. Ombruk av plasstøpt betong er det derfor knyttet en miljøgevinst til. Entreprenører vil spille en sentral rolle i dette arbeidet, og det er med det svært viktig å høre deres perspektiv på denne type ombruksarbeid.

2.1. Erfaring fra entreprenør

Erfaringene fra entreprenør er blant annet hentet inn fra et møte med utførende riveentreprenør på Nidarvoll skole i Trondheim, hvor det ble skåret ut heller fra betongdekker i et av byggene før de skulle rives. Disse skal brukes som heller på mark.

Informasjonen fra entreprenør er sammenstilt tematisk under temaene kostnad, tekniske utfordringer, barrierer og muligheter.

Kostnad

For å muliggjøre ombruk, vil det være nødvendig med skånsom demontering av bygg. Dette vil det være knyttet en kostnad til, da det krever mer manuelt arbeid, samt at det vil ta lengre tid enn ved konvensjonell riving. I tillegg vil lagring og transport av de ombrukte byggematerialene medføre en tilleggs kostnad. Plasstøpte betongelementer vil være av store og tunge dimensjoner.

Likevel ser man ved bruk av erfaringene fra pilotprosjekter at det kan være en reduksjon i kostnadene i prosjektene. Dette avhenger av hvilken type ombruk det er snakk om og kompleksiteten.

Tekniske utfordringer:

Demontering av plasstøpt betong vil medføre flere tekniske utfordringer knyttet til prosessen. En av utfordringene er knyttet til saging av betongelementene. For demontering av en plasstøpt betongkonstruksjon må man tenke som i et rehabiliteringsprosjekt der en tar utsparinger i betong, og der RIB sammen med entreprenør kommer fram til riverekkefølge og metode. Dette er med andre ord ikke noe nytt, men en annen måte å rive på.

Ved utheising av betongelementer er det også nødvendig med grundig planlegging og forberedelse. Det vil være nødvendig å etablere løfteanordninger, hvor rådgiver må inn for å beregne løftepunktene. Dette er avgjørende for å sikre at løfteoperasjonene utføres sikkert. I tillegg er betongelementer tunge, og det vil være viktig å ha en kran med tilstrekkelig kapasitet. Ved bruk av kran vil det være nødvendig med stor nok riggplass, slik at man har mulighet til å heise ut elementene på en sikker måte, samt at det må være plass til lagring av elementene eller for å sende dem videre til mellomlagring.

Ved remontering vil det være merarbeid for prosjekterende og utførende, da det vil være nødvendig å bestemme hvor og hvordan elementene skal skjøtes sammen. Det må bestemmes hvilke materialer som skal benyttes for å knytte elementene sammen.

For å være sikker på at betongen tåler påkjenningen av sin nye lastsituasjon, vil det være nødvendig å gjennomføre testing av elementene. Ved demontering vil man få svinn, da betongen må sages i biter og det vil være deler som ikke kan direkte ombrukes. Betongen må også testes på representative områder for å få kontroll på styrkeegenskaper. For lettere gjennomføring av ombruk og testing, vil det være nødvendig med gode databaser og kartlegging av betongelementer og deres egenskaper. Det er nødvendig å ha armeringstegninger, undersøke tilstanden til betongen og utføre tester. Lite tilgjengelig teknisk informasjon knyttet til den plasstøpte betongen vil være en begrensende faktor når

det kommer til testing og resertifisering. For å kunne ombruke komponentene kan det ikke være behov for destruktiv testing, da det vil gi et mindre omfang av ombrukbare komponenter.

Barrierer i prosjekt:

Det påpekes også utfordringer som er prosjektspesifikke. Tilgjengelighet av egnede plasstøpte elementer er begrenset. Det at det vil regnes med mer tid og kostnad er en barriere, samt at det kan være en noe mer krevende utførelse. Lagringsplass kan også være å regne som barriere, hvis et bygg med lite riggplass skal demonteres. Byggherre er med det nødt til å være villig til å betale noe mer for å muliggjøre høyverdig ombruk av plasstøpte betongelementer, spesielt i dagens prosjekter, da det er lite erfaringer med denne type ombruksarbeid. Hvis byggherre eier både donorbygget og mottakerbygget, kan kostnadene bli noe lavere og redusere risikoen for grensesnittproblematikk.

Muligheter:

Selv om det finnes utfordringer ved ombruk av plasstøpt betong, peker også entreprenører på muligheter. Ved utførelse påpekes det at saging er en enkel arbeidsoppgave. Skinnesag vil blant annet bidra til å forenkle arbeidet, og gir svært nøyaktig saging. Betong egner seg også til lagring, da det er et robust materiale, og kan derfor stå eksponert i noe tid. Ved oppføring av dagens bygg vil det ved tidlig involvering i prosjektering forenkle framtidig ombruk av plasstøpt betong. Dette vil være en mulighet når det kommer til denne type ombruk. En annen mulighet for dagens ombruksarbeid er at det ofte benyttes massive betongelementer ved oppføring av prefabrikkerte bygg. Her vil det, ved testing og bearbeiding, være et potensiale for å benytte seg av ombrukte, plasstøpte betongelementer.

2.2. Betongteknologiske vurderinger

Fra tidligere tilstandsvurdering av betongkonstruksjonen er det vurdert dithen at fasthetsklasse B16 kan benyttes for videre beregninger. Dette er gjort i dette prosjektet. I mulighetsstudiet ble det sett på tiltak for å behandle betongen for å kunne stå utendørs for å sikre nye 50 års levetid. Vurderingene er beskrevet i detalj i et eget notat i Vedlegg 1. Under følger oppsummerende betraktninger fra dette notatet.

2.2.1. Oppsummerende betraktninger/anbefalinger

Levetidsbegrepet

Begrepet «gjenværende levetid» er i denne sammenheng antall år frem til armeringskorrosjon initieres. Det vil som regel ta lang tid fra dette tidspunktet og frem til skadeutviklingen får vesentlige konsekvenser for bæreevne. Det vil imidlertid gradvis kunne utvikles opprissing, delaminering og avskallinger av overdekning.

Bygningskomponenter Stabbursmoen - ombruk utomhus

Betongelementene på Stabbursmoen skole vurderes å være egnet til direkte ombruk utomhus (ingen ytterligere bestandighetstiltak) for konstruksjoner hvor levetiden settes til 20 år.

Dersom det aksepteres større risiko for at armeringskorrosjon kan initieres, med potensiell skadeutvikling i form av opprissing, delaminering og avskallinger, så kan restlevetiden forlenges ytterligere, trolig over 30 år. Dette bør selvsagt ses i sammenheng med den ombrukte konstruksjonens funksjon, og risiko/konsekvens ved skadeutvikling.

For ønske behov om lenger levetid, vil det være nødvendig å overflatebehandle komponentene med egnet overflatebehandling (ut fra funksjonsbehov).

Forbehandling av komponenter

Forbehandling bør alltid følge produktanvisningen til det produktet/systemet for overflatebehandling man har valgt.

Innvendige konstruksjonsdeler som allerede er slemmet og/eller malt krever ofte ekstra forbehandling, hvor eksisterende maling og slemming fjernes eks. ved sandblåsing), dersom det skal benyttes andre typer overflatebehandling på disse.

Innvendige konstruksjonsdeler som er ubehandlede vil være mest egnet for påføring av nytt system for overflatebehandling, for å forlenge restlevetiden. Forbehandling før påføring av nytt system vil normalt være mye mindre omfattende, og kan ofte begrenses til høytrykksspyling.

Det må påregnes at mindre skader i overflaten av elementene må utbedres med reparasjonsmørtel (eks. [Redirep](#)), og store porer/høy poretetthet bør fylles (eks. [Mapepoxy CEM-S](#)) før ny overflatebehandling kan etableres. Dette for å sikre en jevn og tett film, både umiddelbart og over tid.

Produkter/systemer for å begrense karbonatisering og fuktinntrengning

For de elementene som vurderes ombrukte i et lengre tidsperspektiv, vil det være nødvendig å påføre en overflatebehandling som bidrar til å bremse karbonatiseringen av betongen og begrense/hindre fuktinntrenging i betongen. Det mest egnede vil være filmdannende belegg, som omfatter alt fra tynne malingsgjikt til tykkere belegg av eksempelvis epoxy, sement/lateks- produkter.

For elementer med eksisterende overdekning på ca. 30mm vil det være fornuftig å velge en akrylmaling (tynn film). Valg av rett produkt her vil forventes å beskytte de ombrukte konstruksjonsdelene tilstrekkelig til at levetiden strekker seg mot 50 år. Eksempel på egent malingsprodukt kan være [Elastocolor Paint](#).

Dersom overdekningen er lavere enn dette, og det er ønske om lang forventet levetid på de ombrukte konstruksjonsdelene, vil det være fornuftig å velge eksempelvis [Mapelast](#), som er en sementbasert membran. Denne påføres gjerne i ca. 2mm tykkelse, noe som tilsvarer omtrent 30mm betongoverdekning mht. bestandighet. Membranen er vanntett, men svakt diffusjonsåpen. Det vurderes at påføring av 2-3mm av dette produktet (eller tilsvarende) vil ivareta bestandigheten til de aller fleste konstruksjonsdelene på Stabbursmoen de neste 50 årene. Produktet kan påføres manuelt med stålbrett eller sprøytes. Fargen er «betonggrå», men kan evt. overmales med kompatibel maling til ønsket farge.

Behandling av kuttflater

Ved kapping av plasstøpte betongkonstruksjoner vil det oftest stå igjen armering med eksponerte kuttflater. Disse vil følgelig være direkte utsatt for atmosfærisk korrosjon, dersom de ikke behandles, samtidig som de blir lokale svakhetssoner mht. inntrenging av andre aggressive stoffer. Kuttflatene kan forsegles effektivt med epoxy (eks. [Mapepoxy L](#)), eller [Mapelast](#) (gjerne som en del av en større behandling).

Beskyttelse mot frostsprengning

Elementer som ved ombruk graves ned i bakken og/eller blir veldig fuktekspontert, vil kunne være utsatt for frostsprengning over tid. Normalt sett vil det være snakk om mindre avskallinger i overflaten i flere sykluser, som over tid «spiser» seg innover i tverrsnittet. For å beskytte betongen mot dette, må den enten beskyttes mot frost eller hindre oppsug av vann i poresystemet.

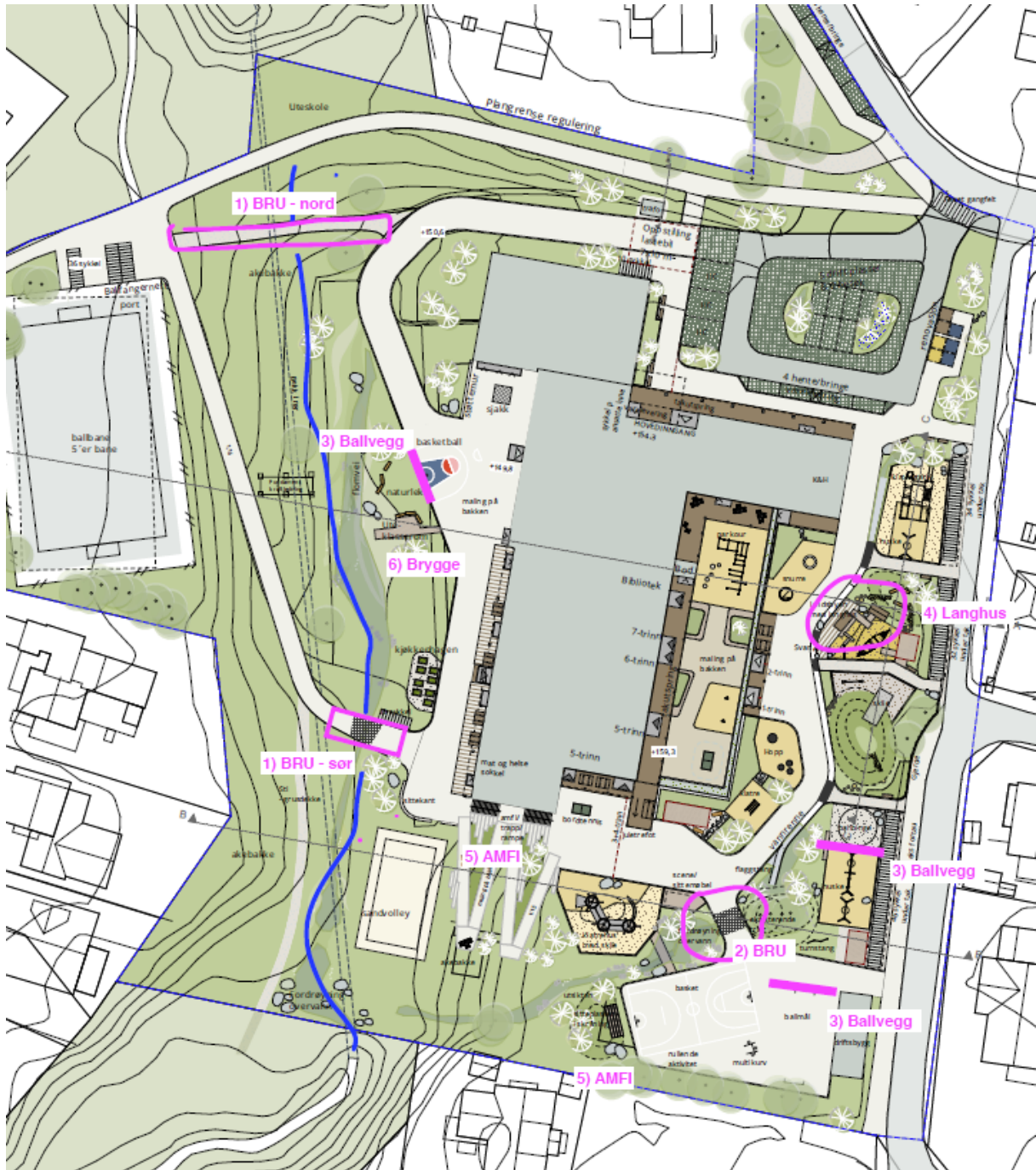
For elementene på Stabbursmoen vil [Mapelast](#) være et godt valg, og spesielt dersom øvrige flater behandles med dette. Produktet vil danne en membran som hindre fuktinntrengning i betongen, og vil følgelig redusere risiko for frostsprengning i stor grad. Dette fordrer at elementene er relativt tørre ved påføring av produktet.

Hydrofobierende impregnering vil også kunne bidra til å redusere vanninntrengning, og kan være en mulig behandling i tilfeller hvor ekstra beskyttelse mot frostsprengning vurderes nødvendig/ønskelig.

Midlertidig lagring av elementer

Elementer som skal ombrukes bør generelt lagres tørt. Lagring utomhus vurderes ok, men tildekking bør etableres frem til produktene har gjennomgått aktuell behandling før montasje. Betong tar raskt opp fuktighet, men bruker vesentlig lenger tid på å tørke ut. Det vurderes ikke som kritisk om elementene blir eksponert for litt regnvær i en overgangsperiode. Produktanvisninger til valgt produkt må alltid følges, og det varierer noe i hvilken grad betongen må være tørr. I dette tilfellet vurderes det tilstrekkelig å lagre de utomhus med tildekking/under tak.

2.3. Resultater fra workshop LARK / ARK



Figur 2: Landskapsplan der komponenter aktuelle for ombruksdesign er markert

Fra arbeidsmøte ARK og LARK på 12.02.2024, hvor agenda var bruk av om-/gjenbruks betongkonstruksjoner fra eksisterende bygg som del av uteoppholdsarealet.

Oppsummerer kort under de punktene vi var innom, se også utomhusplan hvor det er markert ut steder i planen med nummer referert til teksten under:

1) Bekk: Det tas i disse dager en ny runde på om bekken skal reetableres som åpen bekk forbi eiendommen. Ei bru vil da være et element som behøves. Ved helt åpen bekk, trengs det 2 bruer, en som del av gangvei mot nord og en mindre som ligger lenger sør. Det er kanskje bru mot sør som er mest aktuell, da denne har mindre spenn.

2) Vannrenne - overvann i skolegård: Det er også lagt opp til vannrenner og fordryningsbasseng i skolegården, som vil bli uansett bekkeåpning eller ei, her trengs det også en lita bru.

3) Ballvegg - skille mellom soner med forskjellig aktivitet:

Det kan være behov for en vegg for å skille forskjellige soner i skolegården med forskjellig aktivitet, eks. Ballbane fra huskestativ, eller ballmål og basketbane. Det kan også være fint å ha en betongvegg som bakvegg/le for et lekeareal. Skrå betongvegger som Parkour/skateboard-element.

4) Vegger i langhus - lekehus, f.eks 2 vegger kan være av betong, resterende sider av huset kan være åpen med søyler.

5) Sitteamfi i betong

6) Brygge - ved bekkeåpning og ved overvannshåndtering - er det lagt opp til en brygge som stikker ut i vannet. Denne kan f.eks. være et utskåret vegg-dekke-element hvor vegg blir håndløper, samt avstiver konstruksjonen, bruen kan krage ut over vannet.

7) Sittemøbler, sittekanter, vegger i oppbygde bedd - betong som en rød tråd gjennom uteoppholdsarealet. På dette punktet er det mulighet til å bruke store mengder av betongkonstruksjonen - hvilke elementer er lettest å frigjøre fra eksisterende konstruksjon ved riving? F.eks. søyler 300x300mm og at disse brukes til kanter mm.

8) Bruk av betongelementer som heller på bakken. Gjort på Nidarvoll - kanskje ikke den høyverdige ombruken vi primært er ute etter.

2.4. Klimagassberegninger

Det er gjennomført en studie av klimagassutslipp knyttet til demontering og oppføring av elementene som er valgt i tillegg til ekstra materialer det er behov for i en ny konstruksjon. Klimagassberegningene er gjennomført av studentene Karoline Østerlie Gladsøy og Kristine Søreng Engen i forbindelse med deres masteroppgave på NTNU. Klimagassberegningene er

basert på metodebeskrivelsen som er utarbeidet i Nasjonal kunnskapsarena for ombruk¹. For å kunne sammenligne klimaeffekten ved ombruk er det sammenlignet med tilsvarende konstruksjoner med nye materialer.

Klimagassberegningene er gjort for sykkelskur og lekehus, både ved bruk av ombruksmaterialer og ny produksjon av konstruksjonene. For ombruket er beregningene basert på innhenting av data fra produktinformasjon på nett og fra samtaler med leverandører og utførende. Videre har databaser som Ecoinvent v3 og Ökobaudat blitt benyttet. Det er blitt benyttet EPDer for de nye materialene som vil inngå i ombrukskonstruksjonene og i de nyproduserte konstruksjonene.

¹ [Metodebeskrivelse Nivå 1 versjon 1.0 20231017.docx - Google Dokumenter](#)

3. Rangering

Rangeringen ble gjennomført med utgangspunkt i andre enden – *Hvilke muligheter er det for om/gjenbruk i bygging (generelt) av plasstøpt betong av typene som finnes i Stabbursmoen skole?*

Disse konseptene ble brainstormet av prosjektgruppen, for det meste ARK og RIB, og deretter gitt poeng basert på utnyttelsesgrad av betongens egenskaper, gjennomførbarhet og overføringsverdi til andre prosjekter. Gjennomførbarhet (kostnad/nytte) ble vektet lavere enn utnyttelse, fordi dette er et pilotprosjekt og poenget er å teste antakelser om kostnader for å få bedre informasjon.

Konsepter med høy score ble deretter sjekket opp mot behovskartleggingen til Stabbursmoen skole (fra 2.3) for å finne hvilke elementer som kunne brukes til å teste disse konseptene. Resultatene fra rangeringer er vist i Vedlegg 2, basert på rangeringskriteriene nedenfor.

3.1. Grad av utnyttelse

Ser man på grad av utnyttelse av elementet, har vi valgt at ulike konsepter evalueres i forhold til en verdi fra 1 til 5. En verdi på 1 representerer knust betong, og videre har vi ulike måter å behandle ombrukselementer, helt opp til en verdi på 5 representert av et helhetlig ombrukt element som får utnyttet egenskapene både i trykk og i strekk som nytt element der forbindelsene også er ombrukt.

Vi har gitt de ulike mulighetene fra ARK og LARK poeng basert på de følgende kriteriene med tanke på grad av utnyttelse.

1 poeng = knust

2 poeng = heller på mark

3 poeng = utnyttets trykkapasiteten, ikke strekk – som murstein)

4 poeng = utnyttets armering, men nye koblinger kreves

5 poeng = utnyttets eksisterende koblinger og strekk kapasiteten av armering

3.2. Gjennomførbarhet (kostnad/ vanskelighetsgrad)

Det er også gjort en vurdering på gjennomførbarhet av ombruk, hvor kostnad og dermed vanskelighetsgrad har ligget til grunn for vurderingen. Her har erfaring fra RIB og ARK vært

lagt til grunn, sammen med erfaringer fra litteraturen som tidligere har sett på tilsvarende løsninger i andre land.

1 poeng = kjempedyrt

2 poeng = medium dyrt

3 poeng = litt dyrt

3.3. Overføringsverdi

Konseptene har ulik overføringsverdi til andre prosjekter. Ønsker at dette prosjektet fungerer som en 'proof of concept' for å dele erfaring og gi veiledning til andre og gjerne større prosjekter.

1 poeng = uvanlig nybruk, lav overføringsverdi til andre byggeprosjekter

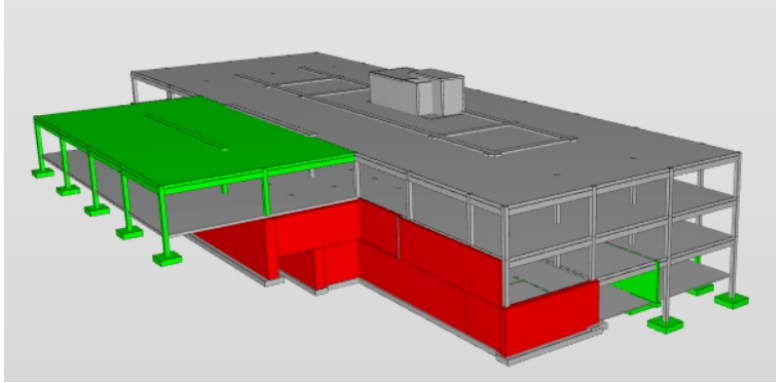
2 poeng = ikke uvanlig, medium overføringsverdi til andre byggeprosjekter

3 poeng = veldig vanlig, høy overføringsverdi til andre byggeprosjekter

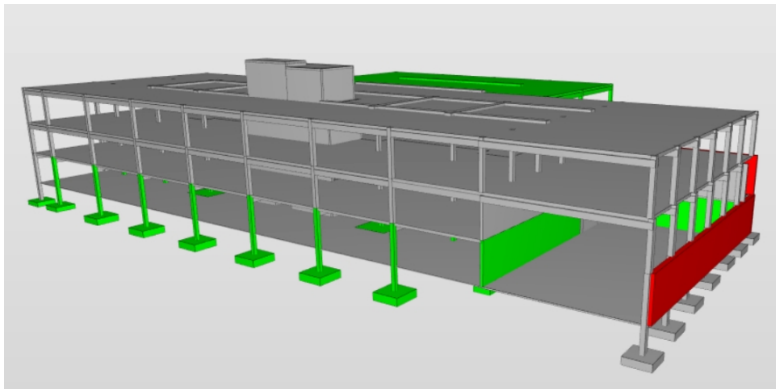
3.4. Vurderinger av RIB

Fra samtaler med rivningsentreprenør, kom man fram til at spesielt en del av øvre etasje med enkel tilgang skal ligge til grunn for ombruksstudie. Fra denne delen ble det valgt ut 5 søylefundament, bjelker og dekker. Fundamentene med søyle har blitt foreslått å benytte til sykkelskur, mens dekker kan brukes i et lekehus og/eller plasseres som heller. I tillegg er det tenkt at en kan ombruke elementer fra kjeller som hentes ut etter konvensjonell riving. Dette må avklares med entreprenør. I et prosjekt der det benyttes skånsom demontering for donorbygget i sin helhet ville det vært enda flere komponenter en kunne hentet ut. En slik prosess ville da vært som montering av et råbygg av prefabrikerte elementer, bare reversert vei.

Eksisterende bygg er modellert opp og benyttet i utvelgelse av elementer. Under i Figur 3 og Figur 4 er disse vist. Elementene markert i grønn er lagt til grunn for ombruk, mens elementene i rød er elementer som har skader fra karbonatisering, og som generelt ikke er tilgjengelige for ombruk.



Figur 3: Eksisterende konstruksjon - øvre del



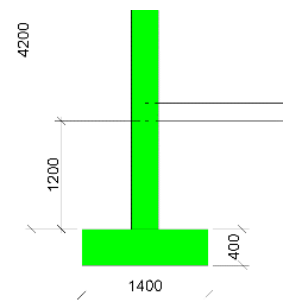
Figur 4: Eksisterende konstruksjon - nedre del

Søylefundamenter:

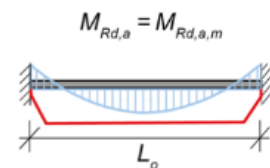
- 1,4mx1,4m
- 0,4m tykkelse
- Antatt høyde på søyle etter riving: 1,2m - avklares
- Flere slike søylefundament finnes i kjeller av bygget og har grovere dimensjoner som gjør dem egnet.

Dekker:

- 8 stk 7,2mx7,2m fra bjelke til bjelke. Disse blir minimum kortet ned i lengde- og bredderetning mht. momentdiagrammet. Figur 5 viser momentdiagrammet for en fast innspent bjelke/dekke med jevnt fordelt last. Eksisterende konstruksjoner er armert opp etter en slik situasjon og det er derfor viktig å ta ut elementer slik at eksisterende armering er tilpasset ny lastsituasjon. I ny konstruksjon er det fornuftig å legge opp til et fritt opplagt



Donor structure



Figur 5: Momentdiagram for fast innspent bjelke/dekke med jevnt fordelt last (Küpfer et al., 2023a).

dekke og dekket kappes derfor minimum der momentdiagrammet krysser 0 eller lengre inn på dekket.

- 0,2m tykkelse

Vegger med stripefundament:

- Finnes i kjeller i veggtykkelser fra 150 mm
- Mulighet for å hente ut må avklares med entreprenør

Ombruk av søylefundamenter, dekker og vegger med stripefundament er det gått videre med for høyest mulig utnyttelse i dette prosjektet. Konsepter for lekehus og sykkelskur med skisser er presentert i Kapittel 4. Her vil betongen ombrukes som lastbærende elementer. For fundamentene vil også koblingen til søylen være intakt og tillate ombruk av en del av søylen. Dette er tenkt som hybride konstruksjoner der en tar utgangspunkt i den ombrukte betongen og supplerer med stål og tre for å komplettere konstruksjonen.

Neste mulighet med lavere grad av utnyttelse, vil være å ombruke betongen som elementer i landskapsplanen utomhus. Denne metoden tilbyr muligheten for å bruke store deler av donorbygget. Søylene på 300x300mm kan brukes til vegger/kanter i oppbygde bed eller som sittekanter. Dekkene kan brukes som benker, bord og sitteamfi. Andre typer vegger som ballvegg eller klatrevegg kan settes opp ved hjelp av utsagde dekker, men må vurderes spesielt.

Ombruk av dekker som plater på mark i form av betongheller har en tilsvarende grad av utnyttelse som kanter til bed og sittekanter. Det har en lav vanskelighetsgrad og vil være et godt og effektivt alternativ for å øke mengden betong som ombrukes fra donorbygget og videre øke mengden CO₂ spart. De kan enten tas ut som en del av rivningsprosessen (noe som tillater ulike former på hellene) eller bruke en mer omfattende og kostbar prosess med sag som må utføres i forkant av rivingen.

Betongen som ikke blir ombrukt på noen av de ovenstående måtene, blir knust og har en lavere utnyttelse.

3.4.1. Forbindelser

Nye forbindelser må prosjekteres ut videre i detaljprosjektet. Valgt løsning avhenger av hvilke elementer man skal sette sammen og hvilke ønsker utførende har.

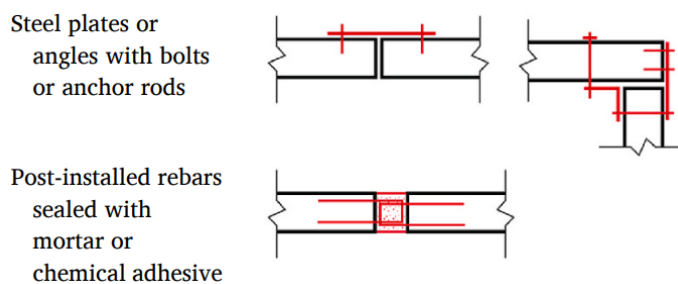
I litteraturstudien «Reuse of concrete components in new construction projects: Critical review of 77 circular precedents» presenter Küpfer et al. (2023) gjennomgang av ombrukts prosjekter mellom 1967 og 2022.

I studien henvises det til en paviljong i Berlin som ble bygd i 2010 av ombrukte betongdekker og vegger, som vi kan se i Figur 6. Disse elementene var 40 år gamle i 2010. Küpfer et al (2023) forteller videre at en inspeksjon ble gjort i 2022 og de kan godkjenne forholdene, samt at den fortsatt benyttes i dag.

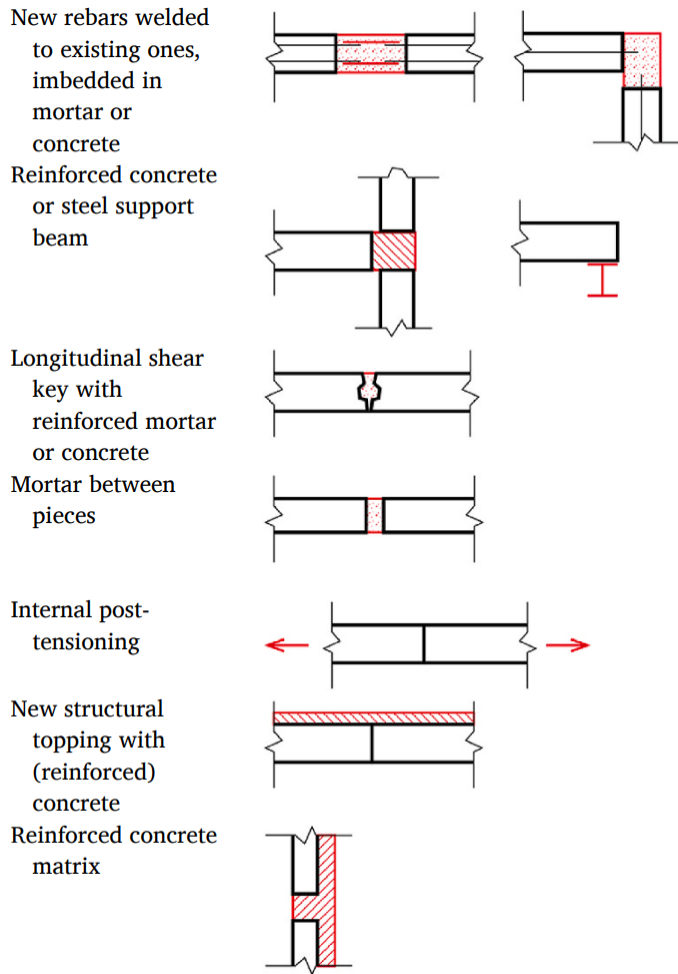


Figur 6: Paviljong av ombrukte betong dekker "Plattenvereinigung" i Berlin, (Küpfer et al., 2023; Tempelhofer feld, 2024).

I denne konstruksjonen ble forbindelsene i Figur 7 benyttet til betongelementene. Andre aktuelle forbindelser fra samme forskningsartikkel er vist i Figur 8.



Figur 7: Forbindelser benyttet til paviljong i Berlin (Küpfer et al., 2023a).



Figur 8: Forbindelser benyttet i andre ombruksprosjekt med plasstøpt betong (Küpfer et al., 2023a).

3.4.2. Dekkeløsning av ombrukt betong

I sin forskningsartikkel «Reuse of cut concrete slabs in new buildings for circular ultra-low-carbon floor designs» beskriver Küpfer et al. (2023) et konsept for etasjeskillere bestående av betongdekker saget ut av plasstøpte betongkonstruksjoner. Tanken bak lekehuset beskrevet i Kapittel 4.2 er å teste ut dette konseptet. For nye bygg er mye av utslippene knyttet til dekkekonstruksjonene da det er disse det finnes store mengder av. Dette er derfor ansett som en svært skalerbar løsning teoretisk sett. Ved utførelse på et mindre lekehus kan man høste erfaringer fra den praktiske biten.

For dekke-til-dekke forbindelser har refererer Küpfer et al. (2023) to ulike løsninger, avhengig av hvilke spenn som finnes i donorbygg og hvilket spenn som det er behov for i ny konstruksjon. Forbindelser for dekkene er også presentert.

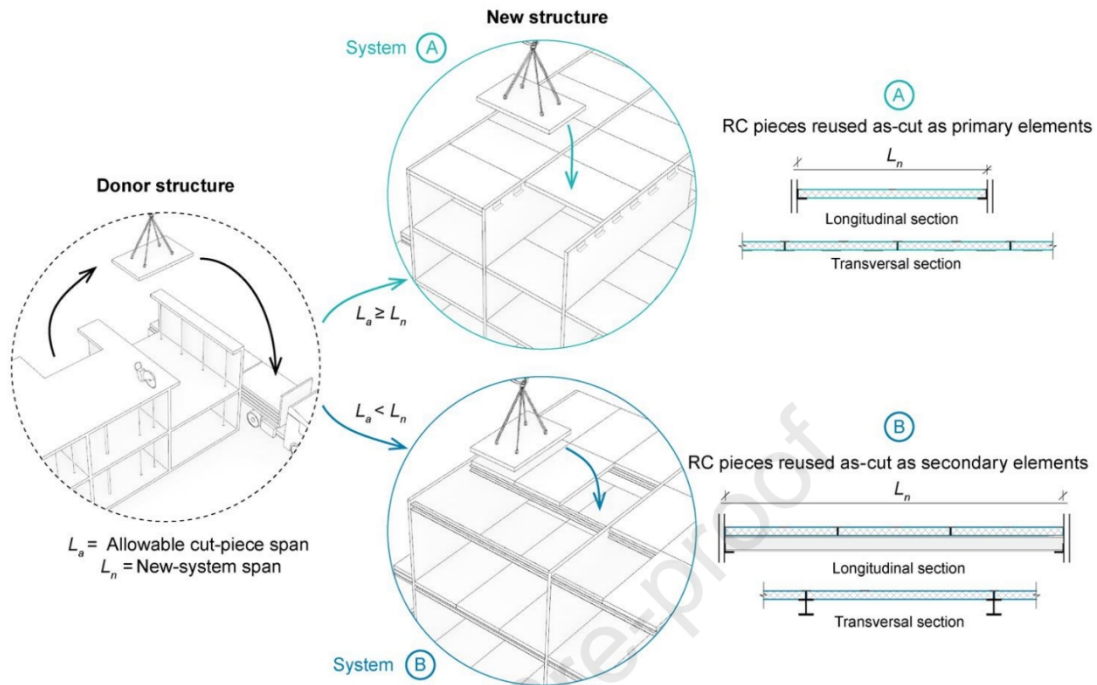
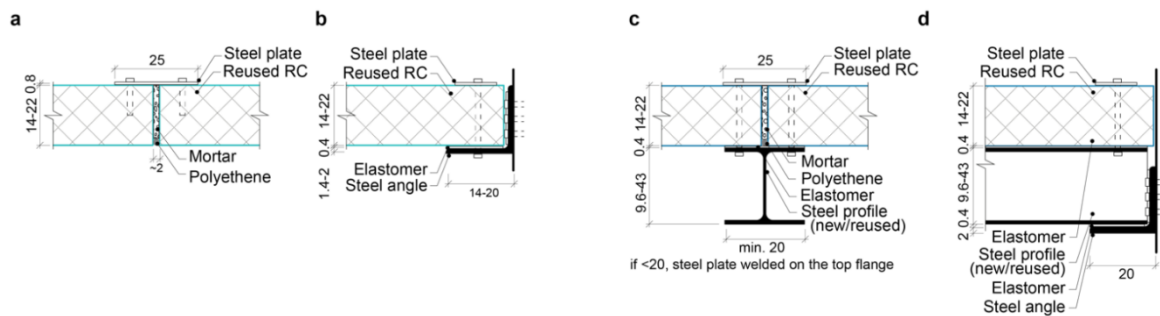


Figure 4. Concept of the reused RC floor systems: RC pieces are cut from existing buildings undergoing demolition and reused as primary (System A) or secondary (System B) elements in new building floors.



Figure 5. Low-angle views of the two systems: (a) System A and (b) System B.

Figur 9: Konsept for dekkeløsning bestående av ombrukt, plasstøpt betong (Küpfer et al., 2023b).



Figur 10: Forbindelser for dekkeløsning (Küpfer et al., 2023b).

3.5. Behov på Stabbursmoen skole

Ved å ta utgangspunkt i funksjonene som allerede er planlagt på skolen i skisseprosjektet vil vi heller kunne erstatte en konstruksjon som allerede er planlagt / har behov for i stedet for å legge til noen ekstra. Dette gir det overordnede prosjektet en merverdi, samtidig som det holder prosjektet innenfor de rammene som allerede er planlagt. Av de små konstruksjonene som ble rangert basert på kriteriene vi har satt, samt gjennomføringsevne sett fra RIB sitt perspektiv, er det sykkelskur og lekehus som har blitt utredet videre i mulighetsstudien. Det er likevel enkelt å implementere elementer som ikke krever videre beregninger som f.eks. betongheller og andre elementer i landskapsplanen.

4. Foreslått design

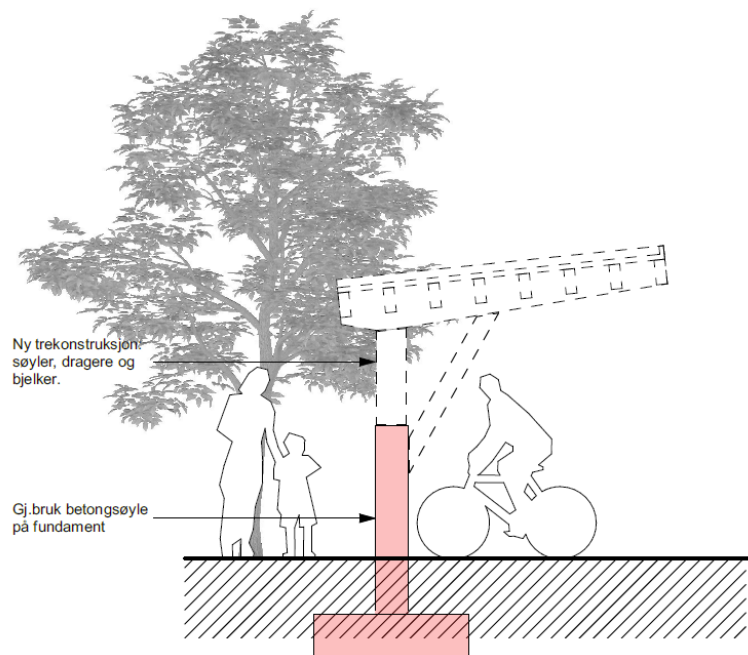
Vi har valgt å gå videre med to hovedkonsept: sykkelskur og lekehus. Disse hadde høyeste overføringsverdi og høy-verdi ombruk, som også svarte ut behov på Stabbursmoen skole.

Dette gir oss muligheten til å teste et dekke som dekker med nye forbindelser, fundamentering som fundamentering, vegg som vegg. Det gir også mulighet for å benytte / teste dekke som vegg.

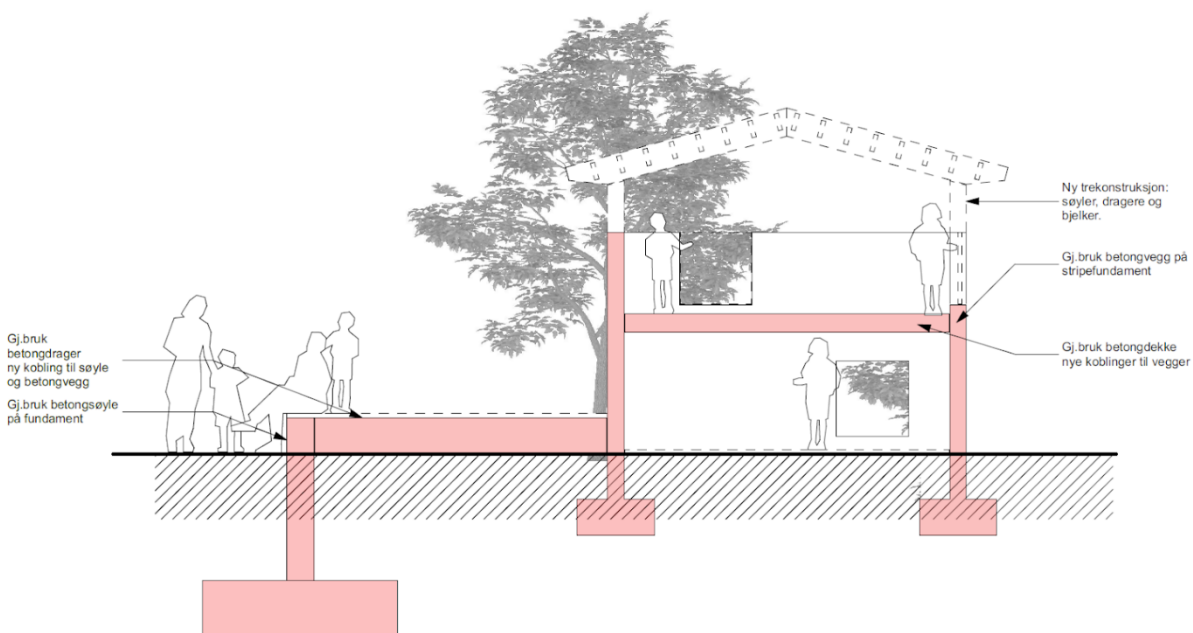
4.1. Sykkelskur



Sykkelskuret som er planlagt er basert på søylefundamentene på 1,4mx1,4m med en tykkelse på 0,4m i betong B16. Disse er plassert i donorbygget med enkel tilgang for uthenting. Målet er å ombruke elementene som fundamenter i en ny konstruksjon.



4.2. Lekehus / paviljong



4.3. Betongheller

Mulig utnyttelse av de resterende betongdekkene fra donorbygget kan ombrukes som betongheller på mark under sykkelskuret. Dette vil tilføre et flatt og effektivt underlag for syklene som skal parkeres i skuret. Ombrukte betongheller kan også benyttes andre steder utomhus for å erstatte ny stein eller ny betong.



Figur 11: Eksemel fra Meyrin Car Parking i Sveits, betongheller lagt ut som dekke. Kilde: Küpfer, Célia et.al. (2022)



Figur 12: Heller i uteområdet på Nidarvoll skole. Foto: Trondheim kommune.

5. Resultater

5.1. LCA

Det er valgt å gjøre en sammenlignende livsløpsvurdering av de to ulike konseptene; sykkelskur og lekehus. Det er blitt satt opp ulike designalternativ, hvor alternativene med ombrukt plasstøpt betong blir sammenlignet med ny plasstøpt betong i lavkarbon B og lavkarbon ekstrem, samt et prefabrikkert sykkelskur². I livsløpsvurderingen er det valgt å inkludere fasene A-C. Det er blitt satt opp en baseline, som er basert på informasjon hentet fra intervjuene med entreprenører og egen erfaring, som er satt med de prosesser som er sett på som mest sannsynlig gjennomføring av ombruksarbeidet. Det er i tillegg valgt å gjøre ulike sensitivetsanalyser på noen av faktorene for å undersøke sensitiviteten til disse.

De ulike prosessene i baseline er vist i Tabell 1 under.

Tabell 1: Prosessene som er inkludert i baseline

Livsløpsfaser	Prosesser	Kommentar
A1-A3	Saging	Elektrisk veggsag/gulvsag
	Heising	Mobilkran på biodiesel
	Transport	Lastebil på diesel
	Testing	Kjernebor
	Mellomlagring	Lagring på byggeplass (neglisjerbart)
	Bearbeiding	Sementbasert membran, meiselhammer og vinkelsliper
A4	Transport til byggeplass	Lastebil på diesel
A5	Heising	Mobilkran på biodiesel

² <https://www.norfax.no/produkt/1805005/sykelstall-moment-3-felt-1220-enkel>

B1-B7	Bruk	Ingen vedlikehold eller utskiftning av materialer
C1-C4	Avhending	Transport til avfallsbehandling, avhending av betong og armering

Baseline er sammenlignet med ny plasstøpt betong, og de ulike prosessene vises i Tabell 2.

Tabell 2: Prosesser for ny plasstøpt betong

Livsløpsfaser	Prosesser	Kommentar
A1-A3	Råvareuttak, transport og produksjon	Betong og armering
A4	Transport til byggeplass	Betongbil på diesel, og transport av armering på lastebil på diesel
A5	Montering	Neglisjerbart
B1-B7	Bruk	Antar det ikke vil kreves noe vedlikehold eller utskiftning av materialer
C1-C4	Avhending	Transport til avfallsbehandling, avhending av betong og armering

5.1.1. Sykkelskur

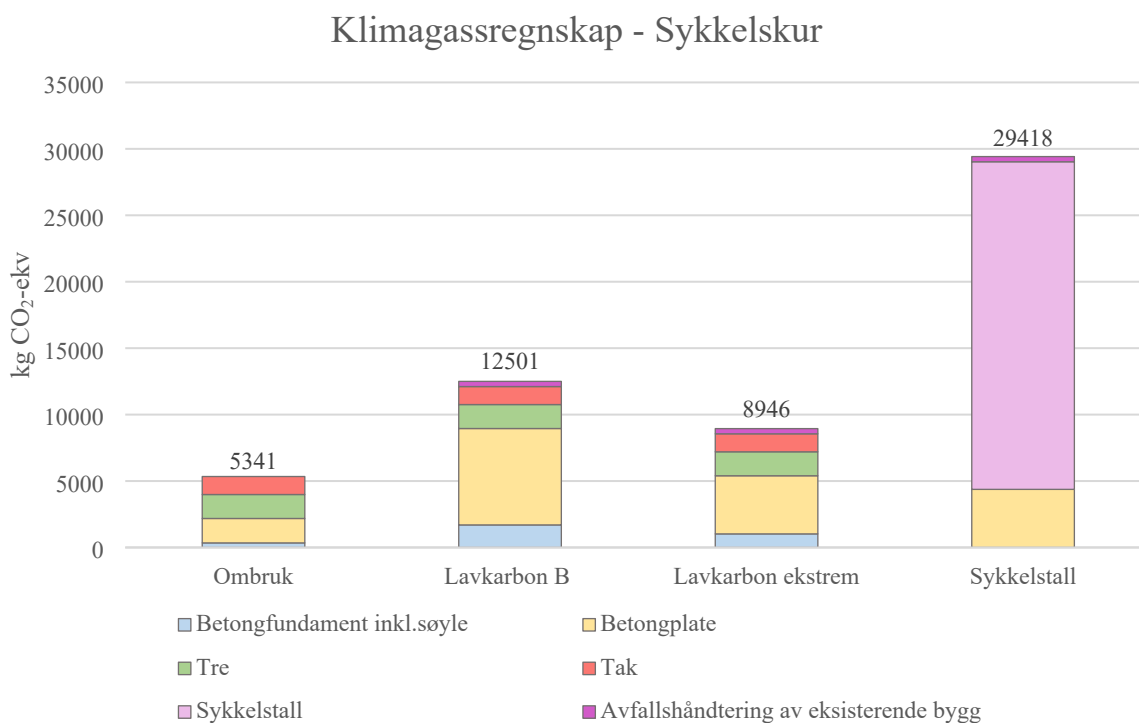
De benyttede mengdene i klimagassberegningene for sykkelskur av ombrukt betong er gitt i Tabell 3. Mengdene gitt i kubikkmeter for betongen, samt mengdene for tre og sedumtak, er de samme som er benyttet for utslippet beregnet til nytt sykkelskur. Alle scenarioene er beregnet for 72 sykkelparkeringer.

Tabell 3: Materialer og mengder for sykkelskur av ombrukt betong

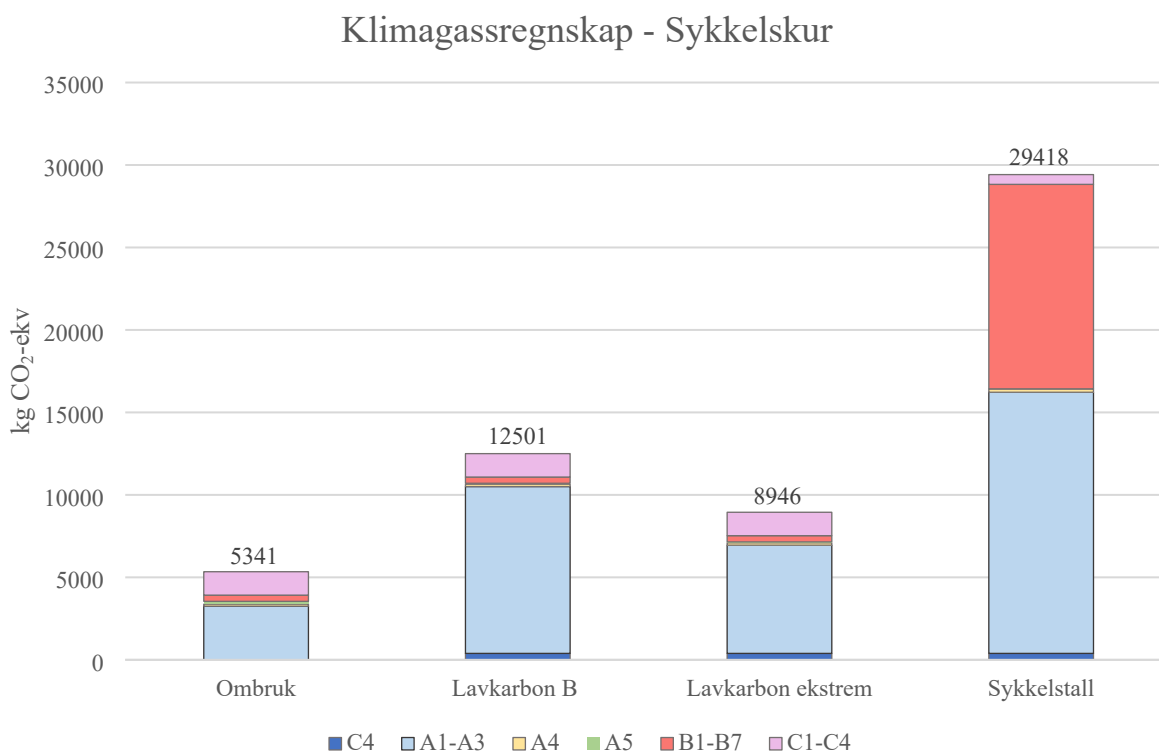
Materialer	Mengder	Enhet	Kilde/Kommentar
Betongfundament- og søyle			
Skjærelengde betongfundament inkl. søyle	0,54	m ²	Skjæretverrsnitt etter modell fra RIB
Betongfundament + søyle	5,62	m ³	Modell fra RIB
Overflate betongsøyle	12,78	m ²	Overflaten til et betongfundament etter modell fra RIB
Skjærelengde betongsøyle	1,80	lm	Skjæretverrsnitt etter modell fra RIB
Sementbasert membran betongsøyle	86,90	kg	Benytter 1,7 kg/m ² pr mm tykkelse, med en tykkelse på 2x2 mm.
Betonghelle			
Betonghelleflate	120	m ²	Modell fra RIB. Antar 20 heller på 6m ²
Betonghelle	24	m ³	Modell fra RIB. Antar 20 heller på 6m ²
Skjærelengde betongheller	40	m ²	Modell fra RIB. Antar 20 heller på 6m ²
Overflate betongheller	280	m ²	Modell fra RIB
Semenbasert membran betonghelle	1904	kg	Benytter 1,7 kg/m ² pr mm tykkelse, med en tykkelse på 2x2 mm.
Tre og stål			
Tre	7,24	m ³	Modell fra RIB
Stål - knutepunkt	2,44	kg	I knutepunktet mellom tre og betong. Antar at det benyttes galvanisert stålfester og betongskruer i festene. 10 skruer og 10 fester, med en tetthet på 7800 kg/m ³
Oljebeis	24,19	kg	Trevirke må beises. Antar 6 m ² tre per liter beis med en litervekt på 0,93 g/cm ³
Tak			
Sedumtak, takteking, knasteplate	65,99	m ²	Modell fra RIB
Kryssfiner	0,33	m ³	Modell fra RIB. Antar tykkelse på 5mm
Stål - nedløp, gesimsbeslag, takrenne	87,99	kg	Anslag etter modell fra RIB. Antar egenvekt på 7900 kg/m ³ for rustfritt stål

Figur 13 og Figur 14 viser tydelig at ombruk er det designalternativet med lavest klimagassutslipp. Det er 57% besparelse med ombruk sammenlignet med ny betong støpt av

lavkarbon B, 40% besparelse sammenlignet med lavkarbon ekstrem og 82% sammenlignet med et prefabrikkert sykkelskur.



Figur 13: Klimagassutslipp for de ulike designalternativene for sykkelskuret gitt etter de ulike bygningselementene.



Figur 14: Klimagassutslipp for de ulike designalternativene for sykkelkuret gitt etter de ulike livsløpsfasene.

5.1.2. Lekehus

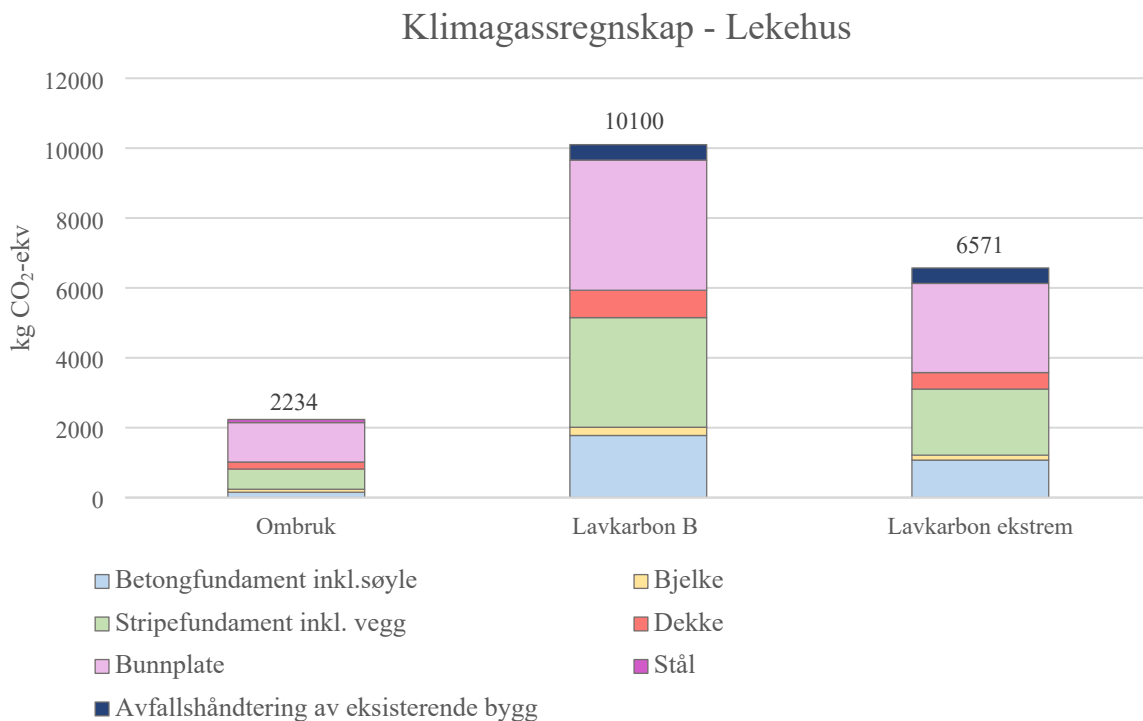
De benyttede mengdene i klimagassberegningene for lekehus av ombrukt betong er gitt i Tabell 4. Mengdene gitt i kubikkmeter for betongen er de samme mengdene benyttet for utslippet beregnet til nytt lekehus.

Tabell 4: Materialer og mengder for lekehus av ombrukt betong

Materiale	Mengder	Enhet	Kilde/Kommentar
Betongfundament inkl. søyle			
Fundament med søyle	5,9	m ³	Modell fra RIB
Skjærtverrsnitt søyle	0,2	m ²	Modell fra RIB
Overflate søyle	4,5	m ²	Modell fra RIB
Løpemeter søyle	0,6	lm	Modell fra RIB
Bjelke			
Bjelke betong	0,8	m ³	Modell fra RIB
Skjæretverrsnitt bjelke	0,5	m ²	Modell fra RIB
Overflate bjelke	9,1	m ²	Modell fra RIB
Løpemeter bjelke	1,6	lm	Modell fra RIB
Vegg			
Stripefundament med vegg	10,4	m ³	Modell fra RIB
Skjæretverrsnitt vegg	2,2	m ²	Modell fra RIB
Overflate vegg	74,8	m ²	Modell fra RIB
Løpemeter vegg	10,8	lm	Modell fra RIB
Dekke			
Dekke	2,6	m ³	Modell fra RIB
Skjæretverrsnitt dekke	4,3	m ²	Modell fra RIB
Overflate dekke	27,0	m ²	Modell fra RIB
Løpemeter dekke	14,4	lm	Modell fra RIB
Betongheller			
Betongheller	14	m ³	Modell fra RIB og arkitekt. Antar 10 heller på 3,5x2 m med tykkelse 200 mm
Skjæretverrsnitt betongheller	22	m ²	Modell fra RIB og arkitekt. Antar 10 heller på 3,5x2 m med tykkelse 200 mm
Overflate betongheller	162	m ²	Modell fra RIB og arkitekt. Antar 10 heller på 3,5x2 m med tykkelse 200 mm
Løpemeter betongheller	110	lm	Modell fra RIB og arkitekt. Antar 10 heller på 3,5x2 m med tykkelse 200 mm
Sementbasert membran			

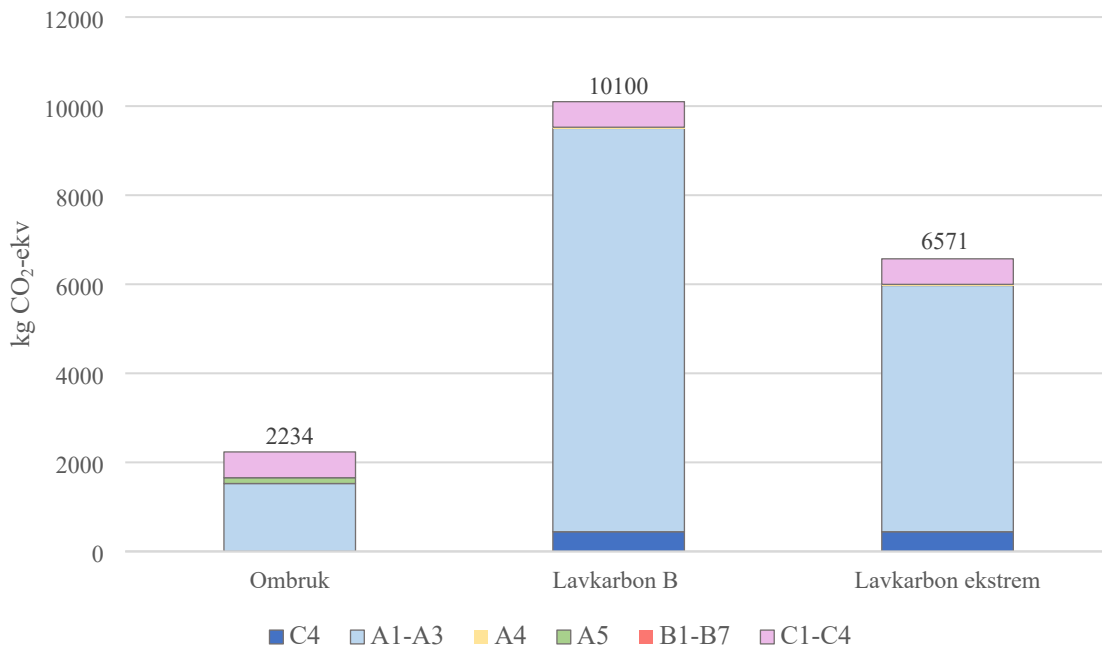
Sementbasert membran søyle	30,6	kg	Benytter 1,7 kg/m ² per mm tykkelse, med en tykkelse på 2x2 mm.
Sementbasert membran bjelke	61,7	kg	Benytter 1,7 kg/m ² per mm tykkelse, med en tykkelse på 2x2 mm.
Sementbasert membran vegg	508,9	kg	Benytter 1,7 kg/m ² per mm tykkelse, med en tykkelse på 2x2 mm.
Sementbasert membran dekke	183,6	kg	Benytter 1,7 kg/m ² per mm tykkelse, med en tykkelse på 2x2 mm.
Sementbasert membran betongheller	1101,6	kg	Benytter 1,7 kg/m ² per mm tykkelse, med en tykkelse på 2x2 mm.
Stål			
Ståldrager	70,2	kg	Modell fra RIB

Figur 15 og Figur 16 viser tydelig at ombruk er det designalternativet med lavest klimagassutslipp. Det er 78 % besparelse med ombruk sammenlignet med ny betong støpt av lavkarbon B og 67 % besparelse sammenlignet med lavkarbon ekstrem.



Figur 15: Klimagassutslipp for de ulike designalternativene for lekehuset gitt etter de ulike bygningselementene.

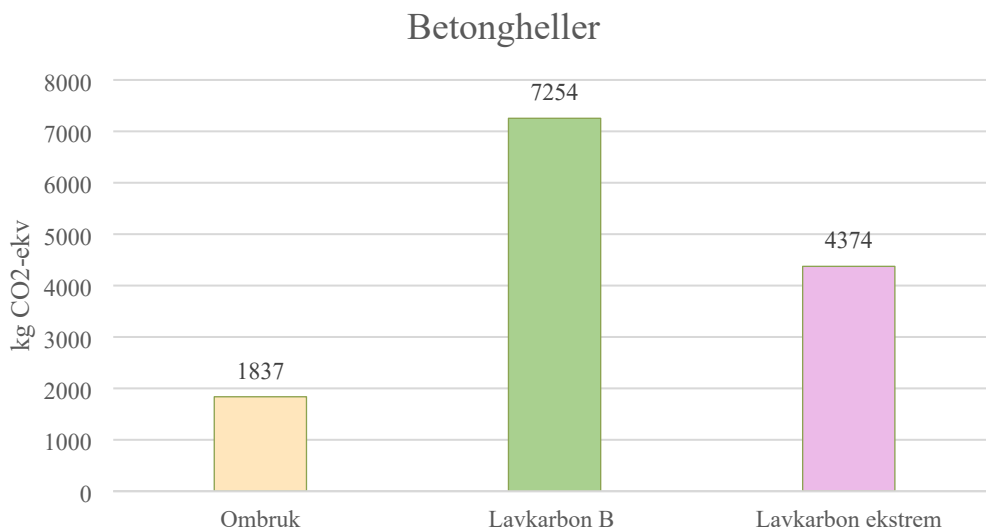
Klimagassregnskap - Lekehus



Figur 16: Klimagassutslipp for de ulike designalternativene for lekehuset gitt etter de ulike livsløpsfasene.

5.1.3. Betongheller

Dersom man kun ser på ombruk av betongheller for sykkelkuret ser man at man får en reduksjon på 75 % sammenlignet med Lavkarbon B og 58 % sammenlignet med Lavkarbon ekstrem.



Figur 17: Klimagassutslipp for ulike designalternativer for betongheller

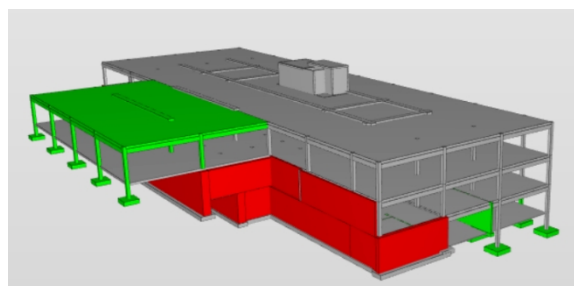
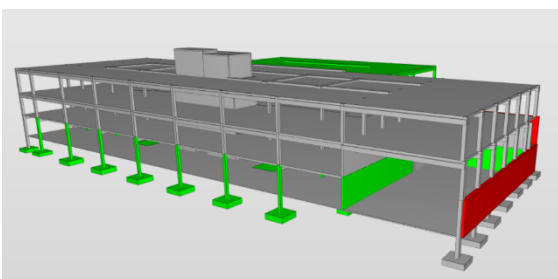
5.2. Kostnader

I tillegg til klimagassutslipp, vil kostnader være en avgjørende faktor når det kommer til gjennomføring av ombruk. Arbeidet gjort i denne mulighetsstudien inkluderer ikke en analyse av kostnader.

Kostnader vil være prosjektspesifikt, og vil være avhengig av valgt gjennomføringsmetode av ombruksarbeidet. Det er flere ulike verktøy og maskiner som kan benyttes, og kostnadene vil være avhengig av dette. Hvilken type kran som benyttes vil variere fra prosjekt til prosjekt, og er avhengig av gjennomføringen av resten av prosjektet, samt størrelse på riggplass. Type kran og kapasitet vil påvirke kostnadene. Mellomlagring og transportlengde vil også påvirke kostnadene.

6. Anbefalinger

De materialene som er mest tilgjengelig for demontering er materialene markert i grønt. Dette gir tilgang til elementer som er vurdert egnet til ombruk, søyler med fundamenter. Denne øvre kan demonteres etter at det er sanert, mens resterende bygg sanerer. Dette gjør at skånsom demontering ikke forstyrrer fremdriften på hovedprosjektet. Elementene som er markert i kjeller er det høyere risiko for svinn da disse må tas ut etter resterende bygg er revet.



Den formen for ombruk som vil gi mest erfaring for bransjen er å bygge lekeskuret av ombrukte materialer, her har man mulighet til å teste spesifikke konstruksjoner i en mindre skala. Det er likevel knyttet en større risiko til hvilken tilstand de planlagte elementene har etter demonteringen er gjennomført.

Ved ombruk av elementer til sykkelstallet vil det være høyere sannsynlighet for gjennomføring med de utvalgte konstruksjonene. Det er lagt opp til et fleksibelt design, som baserer seg på elementer man har mange av i Stabbursmoen skole.

Den enkleste formen for ombruk, som vil gi stor besparelse på avfallsproduksjon og klimagassutslipp, er betongheller. Men dette vil ikke gi noen ny erfaring til bransjen. Dersom det viser seg at det ikke vil være mulig å gjennomføre høyverdig ombruk av alle de demonterte elementene, vil likevel komponentene være egnet som utomhuselementer.

7. Veien videre

Studien skal brukes til å se på mulighetene ved å ombruke betong fra skolen som skal rives i forbindelse med utbygging av nye Stabbursmoen skole som blir lokalisert på samme tomt.

Vi skal i første omgang fortsette prosjekteringen med ombrukt betong. Her vil det være et samarbeid mellom deltakerne i GjenOm, prosjektledere i Trondheim kommune og prosjekteringsgruppen til kontrahert entreprenør. Prosjektering for ombruk vil ikke gi noen merkostnad til hovedprosjektet for Stabbursmoen skole, da dette støttes 50% av Enova og 50% av klima og miljøenheten. Prosjektet har søkt støtte fra Miljødirektoratet via Klimasats for midler til merkostnader ved gjennomføring av ombruk av bærende plasstøpte konstruksjoner. Både under riving og oppføring vil det dokumenteres tidsforbruk og kostnader for å kunne analysere dataene i etterkant. Vi har sett i arbeidet med mulighetsstudien at kostnader er den faktoren vi har fått innhentet minst informasjon om, vi mener derfor at det vil gi et stort bidrag til feltet dersom vi kan knytte reelle kostnader til ombruk av bærende konstruksjoner i betong.

Deretter vil studien og erfaringer fra prosessen spille en viktig rolle inn i leveransen til forskningsprosjektet, som er å lage en veileder på hvordan ombruke bærende konstruksjoner i betong. Veilederen skal være åpen og tilgjengelig for alle som har interesse av den.

Kilder:

Figur 3: Momentdiagram for en kontinuerlig bjelke. Hentet fra: [Elastic bending moment diagram \(BMD\) for 2-span purlin system, together... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#) (16.04.24)

Küpfer, Célia & Bastien-Masse, Maléna & Devènes, Julie & Fivet, Corentin. (2022). Environmental and economic analysis of new construction techniques reusing existing concrete elements: two case studies. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1078. 012013. 10.1088/1755-1315/1078/1/012013.

Célia Küpfer, Maléna Bastien-Masse, Corentin Fivet, *Reuse of concrete components in new construction projects: Critical review of 77 circular precedents*, Journal of Cleaner Production, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135235>

Célia Küpfer, Numa Bertola, Corentin Fivet, *Reuse of cut concrete slabs in new buildings for circular ultra-low-carbon floor designs*, Journal of Cleaner Production, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141566>

Figur 1, bilder er hentet presentasjon av Célia Küpfer fra workshop 06.10.23 organisert av GjenOM med prosjekter fra flere Europeiske land. Célia Küpfer presenterte funn fra Structural Xploration Lab, EPFL, Sveits. Andre deltakere fra workshopen var: Återhus - bygga hus av hus (Sverige, <https://aterhus.nu/>), ReCreate, (EU prosjekt med partner fra Tampere University, KTH, Eindhoven University of Technology (TU/e), Brandenburg University of Technology, mfl. <https://recreate-project.eu/>), StrucutralReuse, DTH (Danmark <https://orbit.dtu.dk/en/projects/enabling-business-by-reuse-of-basic-building-components-documenta>). Andre deltakere på workshop var stipendiater innom og industripartners innom ombruk,

TEMPELHOFER FELD, Projects on the Tempelhofer Feld - Plattenvereinigung, 2024. Nettside. Tilgjengelig 2024.05.23. (URL: <https://www.tempelhoferfeld.de/en/discoveries-experiences/civic-engagement-projects/plattenvereinigung/>)

Vedlegg 1

982005-11-31

Utarbeidet av: Espen Kjetså, 24.04.2024

Case: Ombruk/gjenbruk av betongkonstruksjoner – Stabbursmoen skole

Dette notatet omhandler betongteknologiske vurderinger rundt muligheter for ombruk/gjenbruk av konstruksjonselementer ved Stabbursmoen skole.

Case

Stabbursmoen skole skal rives, og det ønskes å se på muligheter for ombruk/gjenbruk av bæresystemet i plasstøpt betong. Asplan Viak har tidligere utført en tilstandsvurdering av bæresystemet.

Konstruksjonene

Skolen ble bygget i 1979, og består av tre etasjer (U2, U1 og 1. etg). Bæresystemet består av yttervegger i betong, søyler, bjelker og dekker av plasstøpt betong.

Yttervegger

Ytterveggene av plasstøpt betong er karbonatisert inn til armeringen, og er ikke vurdert som egnet til ombruk (krever omfattende rehabilitering for å gjenopprette levetid). Det kan finnes mulighet for å benytte de deler som har stått under bakkenivå (trolig betydelig mindre karbonatisering), men dette må eventuelt undersøkes på senere tidspunkt.

Søyler

De undersøkte søylene i bygget var to av de som var tilgjengelige da skolen var i drift. Disse hadde malte overflater, og svært varierende overdekning (målt fra 8- 27mm til bøyler, med snitt fra 13-24mm). Det er ikke foretatt prøver for kloridinnhold og karbonatisering av søylene.

Basert på prøveresultatene fra andre elementer, så ble det vurdert at kloridholdig betong er svært lite sannsynlig. Karbonatiseringen antas å være i nærheten av øvrige malte flater i tilsvarende miljø, ± 5 mm.

Det må påregnes at det kan finnes innebygde søyler i bygget, som ikke er overflatebehandlet, og som kan ha avvikende karbonatiseringsdybder.

Bjelker

Noen av de tilgjengelige bjelkene ble undersøkt mht. overdekning. Resultatene viste svært varierende overdekning (målt fra 6-31mm, med snitt mellom 15-20mm). De synlige bjelkene hadde også malte overflater.

Basert på prøveresultatene fra andre elementer, så ble det vurdert at kloridholdig betong er svært lite sannsynlig. Karbonatiseringen antas å være i nærheten av øvrige malte flater i tilsvarende miljø, ±5mm.

Dekker

Dekkene var ikke tilgjengelige for overdekningsmåling under tilstandsvurderingen, grunnet nedsenket himlingsystem. Det foreligger derfor ingen data på overdekning og karbonatisering. Kloridinnhold av betydning i betongen vurderes som svært lite sannsynlig.

Innervegger

Innerveggene er av ulike tykkelser, og trolig ulikt armert. For tykk vegg (t=800mm) er overdekningen målt høy (ca. 60mm). Denne vil ha god bestandighet videre. For innervegg med t=180mm ble det målt overdekning på ca. 20mm.

Stikkprøve av innervegg indikerer neglisjerbart kloridinnhold i betongen. Dette antas å gjelde samtlige betongkonstruksjoner. Det ble målt karbonatiseringsdybde på ca. 5mm.

Vurderinger av gjenværende levetid (i tilsvarende miljø)

I og med at karbonatisering er den aktuelle nedbrytningsmekanismer på Stabbursmoen skole, kan det foretas generelle estimater av gjenværende levetid på konstruksjonene. Det er viktig å bemerke at dette forutsetter at konstruksjonene fortsetter å stå i tilsvarende miljø.

$$x = k * \sqrt{t}$$

hvor x = karbonatiseringsfronten (mm)

k = karbonatiseringskoeffisient

t = tid i år

Dersom vi setter konservativt 10mm karbonatisering i dag på malte konstruksjonsdeler innomhus, og en maks grense på 20mm, vil vi få følgende:

$$10\text{mm} = k * \sqrt{45}$$

$$\rightarrow k = \frac{10}{\sqrt{45}} = 1,49 \text{ (hastighet)}$$

$$\rightarrow 20\text{mm} = 1,49 * \sqrt{t}$$

$$\rightarrow t = \left(\frac{20}{1,49}\right)^2 = 180 \text{ år (total levetid)}$$

$$\rightarrow 180 \text{ år} - 45 \text{ år} = 135 \text{ år (gjenværende levetid)}$$

Eksempelet viser hvordan karbonatiseringshastigheten avtar med tiden. I tabellen nedenfor gjengis en oversikt resultater fra tilsvarende utregninger for ulike scenarier.

Nåværende karbonatiseringsfront	5mm k=0,75	8mm k=1,19	10mm k=1,49	12mm k=1,79	15mm k=2,24
Gjenværende levetid med OD = 10mm	132 år	25 år	-	-	-
Gjenværende levetid med OD = 15mm	355 år	113 år	56 år	25 år	-
Gjenværende levetid med OD = 20mm	666 år	237 år	135 år	79 år	34 år
Gjenværende levetid med OD = 25mm	>1000 år	396 år	236 år	150 år	79 år
Gjenværende levetid med OD = 30mm	>1000 år	590 år	360 år	235 år	134 år

Resultatene i tabellen viser estimater for gjenværende levetid for ulike karbonatiseringsdybder og overdekning. Det er verdt å merke seg at dette gjelder scenarier hvor konstruksjonselementene blir stående i tilsvarende miljø som tidligere (innomhus).

Det vil si at innomhus forventes elementer med overdekning 15mm (antar majoriteten av konstruksjonene innenfor dette) å kunne stå i 56 år til, dersom vi antar en konservativ karbonatiseringsfront på 10mm.

Vurderinger av gjenværende levetid (i utomhus miljø)

Dersom innvendige konstruksjonsdeler skal ombrukes/gjenbrukes utomhus, vil de komme til å stå i et nytt miljø, som er mer «aggressivt» mht. karbonatisering (m.m.). Hvor hurtig karbonatiseringen vil gå videre utomhus er noe vanskeligere å estimere, men det

kan benyttes en tilnærming hvor tas et utgangspunkt i målte verdier for yttervegger, og hvor vi antar tilnærmet samme betong/utførelse på konstruksjoner utomhus og innomhus.

Dersom vi benytter verdi for gjennomsnittlig karbonatiseringsdybde på 30mm og alder 45 år, får vi en karbonatiseringskoeffisient på $k=4,47$.

En konservativ tilnærming vil da være å bruke k-verdi for hastigheten utomhus og anta at elementene karbonatiseres med denne hastigheten i de neste 50 årene utomhus. Videre legges nåværende karbonatiseringsdybde til. Eksemplene i tabellen nedenfor viser estimerte karbonatiseringsdybder, dersom elementer med ulik grad av karbonatisering og overdekning flyttes ut og står 50 år uten tiltak (med eksisterende overflatebehandling).

Nåværende karbonatiseringsfront	5mm	8mm	10mm	12mm	15mm
Karbonatiseringsdybde etter 50 år utomhus	36mm	39mm	41mm	43mm	46mm
Karbonatiseringsdybde etter 40 år utomhus	33mm	36mm	38mm	40mm	43mm
Karbonatiseringsdybde etter 30 år utomhus	29mm	32mm	34mm	36mm	39mm
Karbonatiseringsdybde etter 20 år utomhus	25mm	28mm	30mm	32mm	35mm
Karbonatiseringsdybde etter 10 år utomhus	19mm	22mm	24mm	26mm	29mm
Karbonatiseringsdybde etter 5 år utomhus	15mm	18mm	20mm	22mm	25mm

Resultatene i tabellen er trolig godt på den konservative siden, da det tar høyde for at karbonatisering gjenopptas med en gang i høy hastighet (som deretter avtar med tiden igjen).

Resultatene indikerer at det vil være behov for overdekning på 40mm, dersom elementer innomhus flyttes utomhus og står der uten videre tiltak i 50 år. Likedan vil elementer med overdekning på 30mm forventes å kunne stå 20-30 år uten tiltak.

Basert på de overdekningsmålingene som er gjort, samt sannsynlige prosjekterte verdier, så er det trolig svært få konstruksjonsdeler på skolen som tilfredsstillende dette.

Det virker mer realistisk å finne elementer med overdekning på ca. 20mm. Disse vil estimert ha en levetid på opp mot 20 år, dersom disse flyttes ut uten supplerende tiltak.

Dersom elementene skal stå lenger enn dette vurderes det å være behov for supplerende tiltak, som kan bremse karboniseringshastigheten og dermed forlenge restlevetiden.

Vurderinger av mulige tiltak

Elektrokjemiske metoder for å gjenopprette/forlenge levetiden til betongkonstruksjoner utsatt for karbonisering er omfattende, og vurderes som lite aktuelt i denne sammenhengen.

Det mest rasjonelle vil være å påføre en overflatebehandling på betongen, som vil ha karboniseringsbremsende effekt. Det finnes flere ulike produktkategorier som har denne effekten (i varierende grad), og som i tillegg har andre ulike egenskaper.

Grovt sett kan vi dele inn i følgende aktuelle kategorier:

- Hydrofoberende impregnering
- Impregnering
- Belegg
- Puss

Hydrofoberende impregnering - trenger inn i betongen og danner vannavvisende hinne (ikke filmdannende) på betongen. Typiske materialer er silan/siloksan. Disse endrer ikke betongens opprinnelige overflate (fargeløse), og vurderes bare å være aktuelle i tilfeller hvor opprinnelig betong ikke er overflatebehandlet tidligere. De brukes primært til å beskytte mot inntrengning og regulering av fuktinnhold i betongen.

Impregnering - Delvis filmdannende (tynn film), reduserer betongens overflateporøsitet og forsterker overflatesjiktet. Impregneringen fyller helt eller delvis porer i betongen ved at den trenger inn og reagerer til et produkt som ligger igjen i porene. Eksempler på materialer som benyttes er vannglass, Na-,Ca- og Li-silikater, epoksy, polyuretan og metacrylat. Aktuelle i tilfeller hvor opprinnelig betong ikke er overflatebehandlet tidligere.

Belegg - Filmdannende, tykkelser typisk 0,1-5mm (kan gå enda høyere om nødvendig). Produktene i denne kategorien danner kontinuerlig sammenhengende film på betongoverflaten. Beleggene fås i ulike materialer, som har ulike egenskaper (vanntetthet, elastisitet etc.). Typiske materialer er lateks, epoksy, polyuretan, pMMA, og

sement. Beleggene vil ofte kunne gi de beste egenskapene som bestandighetstiltak, men er normalt pigmenterte, og gir et annet estetisk uttrykk enn ubehandlet betong.

Puss - Velkjent og tradisjonell metode for beskyttelse av fasader etc. Det finnes flere ulike puss-systemer med noe variasjon i egenskaper. Pusslaget vil fungere som en «buffer» mot videre karbonatisering av betongen, i tillegg til å beskytte den mot mekaniske påkjenninger etc.

Oppsummerende betraktninger/anbefalinger

Levetidsbegrepet

Begrepet «gjenværende levetid» er i denne sammenheng antall år frem til armeringskorrosjon initieres. Det vil som regel ta lang tid fra dette tidspunktet og frem til skadeutviklingen får vesentlige konsekvenser for bæreevne. Det vil imidlertid gradvis kunne utvikles opprissing, delaminering og avskallinger av overdekning.

Bygningskomponenter Stabbursmoen - ombruk innomhus

Basert på vurderingene som er gjort tidligere i dette notatet, så vurderes det at elementer med minst 15mm overdekning vil kunne gjenbrukes/ombrukes innomhus uten ekstra tiltak de neste 50 årene.

Bygningskomponenter Stabbursmoen - ombruk utomhus

Betongelementene på Stabbursmoen skole vurderes å være egnet til direkte gjenbruk/ombruk utomhus (ingen ytterligere bestandighetstiltak) for konstruksjoner hvor levetiden settes til 20 år.

Dersom det aksepteres større risiko for at armeringskorrosjon kan initieres, med potensiell skadeutvikling i form av opprissing, delaminering og avskallinger, så kan restlevetiden forlenges ytterligere, trolig over 30 år. Dette bør selvsagt ses i sammenheng med den gjenbrukte/ombrukte konstruksjonens funksjon, og risiko/konsekvens ved skadeutvikling.

For ønske behov om lenger levetid, vil det være nødvendig å overflatebehandle komponentene med egnet overflatebehandling (ut fra funksjonsbehov).

Forbehandling av komponenter

Forbehandling bør alltid følge produktanvisningen til det produktet/systemet for overflatebehandling man har valgt.

Innvendige konstruksjonsdeler som allerede er slemmet og/eller malt krever ofte ekstra forbehandling, hvor eksisterende maling og slemming fjernes eks. ved sandblåsing), dersom det skal benyttes andre typer overflatebehandling på disse.

Innvendige konstruksjonsdeler som er ubehandlede vil være mest egnet for påføring av nytt system for overflatebehandling, for å forlenge restlevetiden. Forbehandling før påføring av nytt system vil normalt være mye mindre omfattende, og kan ofte begrenses til høytrykksspyling.

Det må påregnes at mindre skader i overflaten av elementene må utbedres med reparasjonsmørtel (eks. [Redirep](#)), og store porer/høy poretetthet bør fylles (eks. [Mapepoxy CEM-S](#)) før ny overflatebehandling kan etableres. Dette for å sikre en jevn og tett film, både umiddelbart og over tid.

Produkter/systemer for å begrense karbonatisering og fuktinntrengning

For de elementene som vurderes ombrukte i et lengre tidsperspektiv, vil det være nødvendig å påføre en overflatebehandling som bidrar til å bremse karbonatiseringen av betongen og begrense/hindre fuktinntrengning i betongen. Det mest egnede vil være filmdannende belegg, som omfatter alt fra tynne malingsjikt til tykkere belegg av eksempelvis epoxy, sement/lateks- produkter.

For elementer med eksisterende overdekning på ca. 30mm vil det være fornuftig å velge en akrylmaling (tynn film). Valg av rett produkt her vil forventes å beskytte de ombrukte konstruksjonsdelene tilstrekkelig til at levetiden strekker seg mot 50 år. Eksempel på egent malingsprodukt kan være [Elastocolor Paint](#).

Dersom overdekningen er lavere enn dette, og det er ønske om lang forventet levetid på de ombrukte konstruksjonsdelene, vil det være fornuftig å velge eksempelvis [Mapelastic](#), som er en sementbasert membran. Denne påføres gjerne i ca. 2mm tykkelse, noe som tilsvarer omtrent 30mm betongoverdekning mht. bestandighet. Membranen er vanntett, men svakt diffusjonsåpen. Det vurderes at påføring av 2-3mm av dette produktet (eller tilsvarende) vil ivareta bestandigheten til de aller fleste konstruksjonsdelene på Stabbursmoen de neste 50 årene. Produktet kan påføres manuelt med stål Brett eller sprøytes. Fargen er «betonggrå», men kan evt. overmales med kompatibel maling til ønsket farge.

Behandling av kuttflater

Ved kapping av plasstøpte betongkonstruksjoner vil det oftest stå igjen armering med eksponerte kuttflater. Disse vil følgelig være direkte utsatt for atmosfærisk korrosjon, dersom de ikke behandles, samtidig som de blir lokale svakhetssoner mht. inntrenging av andre aggressive stoffer. Kuttflatene kan forsegles effektivt med epoxy (eks. [Mapepoxy L](#)), eller [Mapelastic](#) (gjærne som en del av en større behandling).

Beskyttelse mot frostsprengning

Elementer som ved gjenbruk/ombruk graves ned i bakken og/eller blir veldig fuktekspontert, vil kunne være utsatt for frostsprengning over tid. Normalt sett vil det være snakk om mindre avskallinger i overflaten i flere sykluser, som over tid «spiser» seg innover i tverrsnittet. For å beskytte betongen mot dette, må den enten beskyttes mot frost eller hindre oppsug av vann i poresystemet.

For elementene på Stabbursmoen vil [Mapelastic](#) være et godt valg, og spesielt dersom øvrige flater behandles med dette. Produktet vil danne en membran som hindre fuktopptak i betongen, og vil følgelig redusere risiko for frostsprengning i stor grad. Dette fordrer at elementene er relativt tørre ved påføring av produktet.

Hydrofobere impregnering vil også kunne bidra til å redusere vanninntrengning, og kan være en mulig behandling i tilfeller hvor ekstra beskyttelse mot frostsprengning vurderes nødvendig/ønskelig.

Midlertidig lagring av elementer

Elementer som skal gjenbrukes/ombrukes bør generelt lagres tørt. Lagring utomhus vurderes ok, men tildekking bør etableres frem til produktene har gjennomgått aktuell behandling før montasje. Betong tar raskt opp fuktighet, men bruker vesentlig lenger tid på å tørke ut. Det vurderes ikke som kritisk om elementene blir eksponert for litt regnvær i en overgangsperiode. Produktanvisninger til valgt produkt må alltid følges, og det varierer noe i hvilken grad betongen må være tørr. I dette tilfellet vurderes det tilstrekkelig å lagre de utomhus med tildekking/under tak.

Vedlegg 2

Bygningselementer og mulig om-/gjenbruk

Ny bruk (om-/gjenbruk):	Beskrivelse	Mulig i testprosjekt (utendørs på Stabbursmoen)	Grad av utnyttelse 1 = knust 2 = heller på mark 3= som stein (trykkkapasiteten, ikke strekk) 4 = nytte tensile, nye koblinger 5 = nytte tensile og koblinger	Kostnad/vanskelighetsgrad 1 = kjempedyrt 2 = medium dyrt 3 = litt dyrt	Overføringsverdi 1 = uvanlig nybruk, lav overføringsverdi 2 = ikke uvanlig, medium overføringsverdi 3 = veldig vanlig, høy overføringsverdi	Kommentar/diskusjonsmomenter	Totalt
Hele konstruksjonen:							
Ombruke betongkonstruksjonen som den står							
Plasstøpte dekker:							
Plasstøpt betongdekke => prefabdekke	Dekke skjæres i biter, legges ut på ny konstruksjon, nye koblinger	Bruplate (lang spenn - testes koblinger sammen)	4	1	3	Dyrt - Testing og bearbeiding av elementene. Vanskelig å finne elementer, samt at de må være en viss størrelse, dette kan føre til at det er vanskelig å løfte ut elementene. Vil forsinke riveporsessen. I tillegg mye sikkerhet som må være på plass. Første gang det ble gjort for hulldekker, ble det 10x så dyrt som ved bruk av nye hulldekker (Oslo SBL)	8
Gjenbruk som stripefundament	Dekke skjæres i biter / vegg med stripefundament brukes som det er	Langhus	3	2	3	Testing og bearbeiding, for å være sikker på at den kan bære lastene. Flytter et element som er ment for innvendig bruk til utvendig - mer bearbeiding. Mindre biter, fører til enklere utheising. Mindre biter fører til mere saging per kvm. betong.	8
Gjenbruk som vegger:	Dekke skjæres i biter og settes på høykant. Får ikke utnyttet armeringskapasiteten i dekke. Ren trykkkonstruksjon. Høyde vegg avhengig av hvor store biter som kan tas ut av donorbygg.	4) Vegger i langhus - lekehus, f.eks 2 vegger kan være av betong, resterende sider av huset kan være åpen med søyler.	3	2	2	Lavere overføringsverdi da man ikke bruker alle egenskapene til betongen. Ville kanskje ikke støpt en betongvegg hvis man ikke skal bruke strekkreflene	7
- Vegg mot terreng (bakvegg i sokkel, kjellervegg)			4	1	2	Krever mye bearbeiding og testing for å sikre at de har de egenskapene de trenger. Bruker man samme type betong på vegg og dekke? Må tillegg være tett mhp. radon og fukt	7

- Vegg mellom to enheter/brannceller (leilighetsskille, skille mellom rekkehus)	4) Vegger i langhus - lekehus, f.eks 2 vegger kan være av betong, resterende sider av huset kan være åpen med søyler.	4	1	3	Krever mye bearbeidng og testing for å sikre at de har de egenskapene de trenger	8
-Avstivende vegger i trappesjakter/heissjakter		4	1	3	Må avstivende vegger ta opp strekk? Krever mye bearbeidng og testing for å sikre at de har de egenskapene de trenger	8
Yttervegg/kledning		3	2	1	Er ikke ofte betong benyttes som kledning. Flytter innvendig betongelement ut, må da bearbeides.	6
Forstøtningsmur uteareal/opphøyde bedd.		3	3	2		8
Plate på mark	Dekke skjæres i biter, legges side om side på planert under	2	2	1	Plate på mark må være tett for hindre fukt og radon til å trekke inn, må da være sikker på at dette ikke vil trenge inn i bygget. Eller mener dere at det skal brukes som avrettingsmasse/planert underlag, for å så legge isolasjon og støp?	5
Bruer i utearealet	Benytte dekke direkte som en slab, eller sagt i biter og satt sammen som en trykkbue-konstruksjon. 1) Bekk: Det tas i disse dager en ny runde på om bekken skal reetableres som åpen bekk forbi eiendommen. Ei bru vil da være et element som behøves. Ved helt åpen bekk, trengs det 2 bruer, en som del av gangvei mot nord og en mindre som ligger lenger sør. Det er kanskje bru mot sør som er mest aktuell, da denne har mindre spenn. -LARK sjekker spenn for denne. 2) Vannrenne - overvann i skolegård: Det er også lagt opp til vannrenner og fordøringsbasseng i skolegården, som vil bli uansett bekkeåpning eller ei, her trengs det også en lita bru.	3	1	2	Kan velge mange andre materialer for samme bruk.	6

Kulvert for føring av tekniske installasjoner	Brukes både som vegg og lokk/tak		3	2	2	Kulvert er ofte støpt i betong, fint å kunne erstatte denne med ombrukt betong. Kostand er avhengig av størrelse, samt om den skal legges under bakken. Skal den legges under bakken, krever det bearbeiding slik at den tåler fukt.	7
Ballvegg - innspent vegg	3) Ballvegg - skille mellom soner med forskjellig aktivitet: Det kan være behov for en vegg for å skille forskjellige soner i skolegården med forskjellig aktivitet, eks. Ballbane fra huskestativ, eller ballmål og basketbane. Det kan også være fint å ha en betongvegg som bakvegg/le for et lekeareal. Skrå betongvegger som Parkour/skateboard-element.		4	2	2	Tror dette er gjennomførbart, og tilføre verdi til skolen, men tror overføringsverdien til andre prosjekt vil være lav. Skillevegger kan lages i andre materialer, blant annet tre. Dette er nok et billigere alternativ enn ombrukt betong.	8
Plasstøpte vegger:							
Ombruk som prefab vegg:	Etasjehøyde i donorbygget setter begresing på høyder i nybygg. Nye koblinger mot dekke.						
- Vegg mot terreng (bakvegg i sokkel, kjellervegg)			4	1	2	Krever mye bearbeiding og testing for å sikre at de har de egenskapene de trenger. Bruker man samme type	7
- Vegg mellom to enheter/brannceller (leilighetsskille, skille mellom rekkehus)	4) Vegger i langhus - lekehus, f.eks 2 vegger kan være av betong, resterende sider av huset kan være åpen med		4	1	3	Krever mye bearbeiding og testing for å sikre at de har de egenskapene de trenger	8
- Avstivende vegger i trappesjakter/heissjakter	4) Vegger i langhus - lekehus, f.eks 2 vegger kan være av betong, resterende sider av huset kan være åpen med søyler. Koblinger på hjørner mest interessant til RIB		4	1	3	Må avstivende vegger ta opp strekk? Krever mye bearbeiding og testing for å sikre at de har de egenskapene de trenger	8
Yttervegg/kledning	4) Vegger i langhus - lekehus, f.eks 2 vegger kan være av betong, resterende sider av huset kan være åpen med søyler.		4	2	1	Er ikke ofte betong benyttes som kledning. Flytter innvendig betongelement ut, må da bearbeides. Antar det er bedre å ombruke vegger til vegg, og dekke til dekke.	7

Erstatte plasstøpt plate på mark			2	2	1	Plate på mark må være tett for hindre fukt og radon til å trekke inn, må da være sikker på at dette ikke vil trenge inn i bygget. Eller mener dere at det skal brukes som avrettingsmasse/planert underlag, for å så legge isolasjon og støp?	5
Gjenbruk som stripefundament			4	2	1	Antar at vegg er tynnere enn et dekke, og vil da ta opp mindre laster. Må da bearbeide og teste for å være sikker på at den kan ta opp lastene.	7
Yttervegg/kledning							
Bruer i utearealet	Veggelementet inneholder ikke armering på samme måte som et dekke, kan ikke legges ned som et dekke. Kan brukes i rene trykkkonstruksjoner.	1) Bekk: Det tas i disse dager en ny runde på om bekken skal reetableres som åpen bekk forbi eiendommen. Ei bru vil da være et element som behøves. Ved helt åpen bekk, trengs det 2 bruer, en som del av gangvei mot nord og en mindre som ligger lenger sør. Det er kanskje bru mot sør som er mest aktuell, da denne har mindre spenn. -LARK sjekker spenn for denne. 2) Vannrenne - overvann i skolegård: Det er også lagt opp til vannrenner og fordøringsbasseng i skolegården, som vil bli uansett bekkeåpning eller ei, her trengs det også en lita bru.	3	1	2	Kan velge mange andre materialer for samme bruk.	6
Kulvert for føring av tekniske installasjoner	Kun som sidevegger pga. armering?		3	2	2	Kulvert er ofte støpt i betong, fint å kunne erstatte denne med ombrukt betong. Kostand er avhengig av størrelse, samt om den skal legges under bakken. Skal den legges under bakken, krever det bearbeiding slik at den tåler fukt.	7

Ballvegg - innspent vegg		3) Ballvegg - skille mellom soner med forskjellig aktivitet: Det kan være behov for en vegg for å skille forskjellige soner i skolegården med forskjellig aktivitet, eks. Ballbane fra huskestativ, eller ballmål og basketbane. Det kan også være fint å ha en betongvegg som bakvegg/le for et lekeareal. Skrå betongvegger som Parkour/skateboard-element.	4	2	1	Tror dette er gjennomførbart, og tilføre verdi til skolen, men tror overføringsverdien til andre prosjekt vil være lav. Skillevegger kan lages i andre materialer, blant annet tre. Dette er nok et billigere alternativ enn ombrukt betong.	7
Amfi utvendig/innvendig		5) Sitteamfi i betong	2	3	2	Antar det er en grei gjennomføring, mye likt som å skjære ut heller.	7
Takoverdekning - inngangsparti/sykkelskur/lager	Kun som sidevegger pga. armering?		2	2	2	Blir et tungt takoverdekning i forhold til hva som vanligvis ville blitt brukt. Må støtte opp dette.	6
Forstøtningsmur uteareal/oppdyrde bedd.			3	3	2		8
Betongheller/slitesterkt dekke i uteareal		8) Bruk av betongelementer som heller på bakken. Gjort på Nidarvoll, og kanskje ikke den høyverdige gjenbruken vi er ute etter? Fint for veileder uansett?	2	3	3	Utnytter ikke egenskapene til betongen, men det må uansett enten legges stein eller asfalt, og da er det gunstig å ombruke betongen til dette. Hellene trenger lite bearbeiding, og de kan plasseres ut i fra plassen, dette fører til relativt lite kostander sammenlignet med andre alternativer	8
Lekeapparat i utearealet - klatretårn, flere etasjer.	Kun som sidevegger pga. armering?		4	2	2	Kan overføre erfaringene med veggmontering til større prosjekter, og få en høyere nytteverdi på ombruket.	8
Plasstøpte søyler:							
Plasstøpt søyle => prefabsøyle	Etasjehøyde i donorbygget setter begresing på høyder i nybygg. Nye koblinger mot dekke.	Interessant for veilederen? Sammenligne med fundament inkludert	4	2	3	Enkel prosess ved demontering ved klippe topp og bunn, men deler av søylen vil bli ødelagt, slik at den blir kortere. Må kuttes og bearbeides.	9

Stripefundament	Fordrer rektangulært tverrsnitt og dybde på søylene		4	2	1	Antar at søyle er smalere enn et faktisk stripefundament, slik at det kan bli vanskelig å gjennomføre.	7
Erstatte plasstøptplate på mark.	Hvor små elementer er gunstig å bruke til dette. Fordrer rek		2	1	1	Vanskelig å sikre at plate på mark blir tett, må nok ha veldig mange søyler og fyllmasse, eventuelt et påstøp.	4
Lekeapparat i utearealet - klatretårn, flere etasjer.	7) Sittemøble, sittekanter, vegger i oppbygde bedd - betong som en rød tråd gjennom uteoppholdsarealet. På dette punktet er det mulighet til å bruke store mengder av betongkonstruksjonen - hvilke elementer er lettest å frigjøre fra eksisterende konstruksjon ved riving? F.eks. søyler 300x300mm og at disse brukes til kanter mm.		3	3	2	Antar at dette er gjennomførbart, og ikke særlig dyrt. Erfaring fra å bygge lekeapparater kan overføres til større bygg.	8
Amfi utvendig/innvendig	Fordrer rektangulært tverrsnitt		2	3	2	Antar det er en grei gjennomføring, mye likt som å skjære ut heller.	7
Betongheller/slitesterkt dekke i uteareal	Fordrer rektangulært tverrsnitt		2	3	3	Antar dette skal være en grei gjennomføring, men må nok graves noe lengre ned enn ved bruk av vegg pga. tykkelsen.	8
Element bestående av søyle og dekke skåret ut av							
Gjenbruk som overdekning (paviljong/leskur/sykkelparkering)	Spenn reduseres om man ikke får til nye koblinger mellom flere elementer.	Viste også Lark dekke-søyle-dekke konstruksjonen vi har snakket om tidligere og bruk av om-/gjenbruk av betong til overdekket sykkelparkering. LARK var også positiv til dette	5	1	3	Dyrt å sage ut biter, samt at utheisingen ville være krevende med tanke på løfteanordninger og kranen må ha stor løftekapasitet. Høy overføringsverdi, da hvis dette kan gjennomføres på større prosjekt	9
Gjenbruk som ny konstruksjon => dekke/søyle			5	1	3	Hvis dette er gjennomførbart har dette høy overføringsverdi, men er nok veldig dyrt.	9
Element bestående av søyler, bjelke/dekke som en							
Drager og dekke => bru i uteoppholdsarealet			5	1		tunge og store biter fører til krevende løfteoperasjon. Usikker på hva dette kam overføres til	6

Brygge (utskåret vegg-dekk element)		6) Brygge - ved bekkeåpning og ved overvannshåndtering - er det lagt opp til en brygge som stikker ut i vannet. Denne kan f.eks. være et utskåret vegg-dekke-element hvor vegg blir håndløper, samt avstiver konstruksjonen, bruene kan krage ut over vannet.	5	1	2	Tunge og store biter fører til krevende løfteoperasjon. Fint å beholde sammenkoblingen mellom dekke og vegg.	8
			Trapper:				
Ombrukes til ny innvendige trapp			5	1	3	Krevende utheising, men sagingen kan være relativt ok. Får brukt mye av egenskapene til betongen, samt at man beholder form og funksjon.	9
Ombrukes til ny utvendige trapp						Krevende utheising, men sagingen kan være relativt ok. Får brukt mye av egenskapene til betongen, samt at man beholder form og funksjon, men krever mer behandling da den føyttes ut.	6
		Bruk av betong desinget for innvendig bruk ute må utredes.	2	1	3		
Lekeapparat i utearealet - klatretårn, flere etasjer			3	2	1		6
			Fundamenter:				
Ombrukes til nye fundamenter			3	2	3	Fundament lages av betong, som fører til høy overføringsverdi. Må testes for å være sikker på at den tåler de nye lastene.	8

