

Ombruk av plasstøpt betong på Stabbursmoen skole

Prosjektering for ombruk



Dokumentinformasjon

Prosjektet er utarbeidet av:

Asplan Viak: Oskar Fahlstedt, Jill Saunders, Thomas Munkeby, Henriette Sandberg, Espen Kjetså

Backe: Fredrik Eggan Rimol

Eggen Arkitekter: Ida Midbøe Rognstad

Agraff Arkitektur: Antonia Jaryd

Trondheim kommune: Hege Wik

02	19.sept 2025	Mindre revisjon før publisering	OF	HS
01	3. sep. 2025	Prosjektering for ombruk	OF, HS,mfl.	JS, HW
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Sammendrag

Prosjektet på Stabbursmoen skole har undersøkt mulighetene for ombruk av plasstøpt betong, med fokus på demontering og ombruk av dekker og søyler i nye konstruksjoner. Målet har vært å hente erfaringer om tekniske løsninger, kostnader og miljøgevinster.

Erfaringene viser at utskjæring og ombruk av dekkelementer er teknisk gjennomførbart og kan gi gode resultater. Elementene blir videreført til et lekehus og sykkelkur i skolegården. Ombruk av søylene viste seg derimot å være utfordrende. Uforutsette forhold på byggeplass, blant annet avvik mellom tegninger og faktisk konstruksjon, førte til omfattende ekstraarbeid.

Klimagassberegningene viser at ombruk av dekker kan gi betydelige utslippsreduksjoner når demontering og bearbeiding skjer lokalt og effektivt. I beste fall kan utslippene reduseres med opptil 78 % sammenlignet med ny betong. Samtidig viser resultatene at miljøgevinsten raskt reduseres dersom prosessen krever mye tilleggsressurser eller transport over lengre avstander.

Kostnadsanalysen viser en merkostnad på ca. 280 % for dekker og ca. 40 % for søyler, men prosjektet har hatt preg av nybrottsarbeid med høye kostnader til prosjektledelse og omprosjektering. Fremtidige prosjekter kan dra nytte av erfaringene og redusere usikkerhet, tidsbruk og kostnader.

Prosjektet understreker betydningen av tidlig planlegging, involvering av entreprenør og tydelig beskrivelse av ombruk i konkurransegrunnlag. Erfaringene tilsier at dekker egner seg bedre til ombruk enn søyler, og at anvendelser som betongheller, ballast eller andre enkle konstruksjoner fremstår som mer realistiske bruksområder på kort sikt. Samtidig viser casen at det finnes et betydelig potensial for miljøgevinster dersom metodene videreutvikles og standardiseres.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
1. Introduksjon	5
1.1. Formål med prosjektet og prosjektgruppe	6
1. Case	8
1.1. Innledende design og identifisering av ombrukselementer	9
2. Involvering av entreprenør i design fasen	12
3. Demontering av betongen	14
4. Iterativ designprosess	19
Sykkelskur	19
Lekehus	20
5. Prosjektering av nye konstruksjoner	21
5.1. Prosjektering av forbindelser	21
5.2. Betongbearbeiding	21
6. Klimagassberegninger	23
6.1. Metode	23
6.2. Resultater prosjektspesifikke	26
6.3. Resultater for dekke, per m ²	28
7. Kostnadsanalyse	31
8. Anbefalinger for videre arbeid med ombruk av plasstøpt betong	35
Vedlegg 1	37
Vedlegg 2	39

1. Introduksjon

Armert betong er det mest brukte konstruksjonsmaterialet i bygninger på grunn av sin holdbarhet, bæreevne, termiske egenskaper, brannmotstand og relativt lave kostnad [1]. Til tross for en teoretisk levetid på 50-100 år blir mange bygninger revet før tiden på grunn av funksjonell, romlig, økonomisk eller teknisk foreldelse [2]. Prematur riving fører til unødvendig materialavfall og økte klimagassutslipp gjennom hele livsløpet [3,4]. Dagens praksis for sirkulær økonomi knyttet til betong er i hovedsak begrenset til downcycling – knusing av betong til bruk som tilslag eller råstoff i ny betongproduksjon – snarere enn direkte ombruk [5,6]. Direkte ombruk av hele betongelementer kan imidlertid redusere etterspørselen etter sement betydelig og senke de totale utslippene [4,6]. Norge har tatt skritt for å standardisere ombruk av prefabrikkerte betongelementer, som vist i NS 3682, som gjelder for hulldekker i prefabrikkert betong [7]. Metoder for ombruk av plaststøpte betongelementer er derimot et lite utforsket tema med få dokumenterte eksempler.

Devènes et al. [8] analyserte en sveitsisk case der utskutte plaststøpte betongelementer fra donorbygg ble gjenbrukt til å konstruere en buebro for fotgjengere. Den komparative analysen viste at den gjenbrukte broen reduserte klimapåvirkningen (GWP) med opptil 74 % samtidig som ytelsen var sammenlignbar med en ny bro [8]. En annen studie av Küpfer et al. [9] bekreftet tilsvarende miljøgevinster, men identifiserte også økonomiske utfordringer som må overvinnes. Videre foreslo Küpfer et al. [6] en metode for utforming av nye etasjeskiller ved å skjære ut og hente seksjoner fra donorbygg. Denne tilnærmingen bevarer bøyekapasiteten i platene og minimerer behovet for modifikasjoner under gjenmontering. Studien rapporterte betydelige miljøbesparelser sammenlignet med nybygging av etasjeskiller [6].

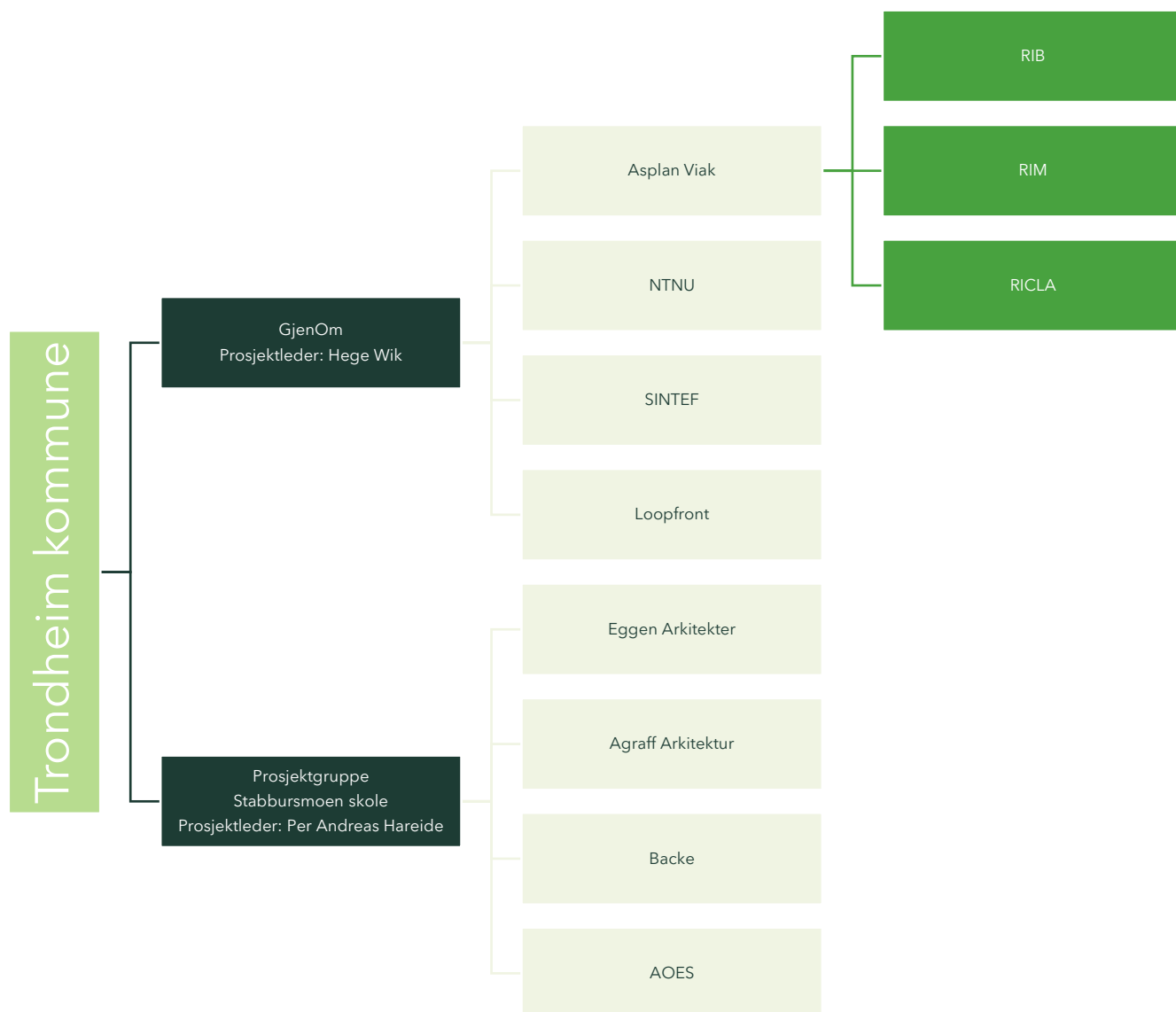
Denne studien presenterer resultater fra forskningsprosjektet GjenOm, som undersøkte den praktiske gjennomførbarheten av å gjenbruke plaststøpt armert betong basert på inventardata dokumentert av entreprenører under demonteringsprosessen. Ved å analysere empiriske data fra demontering av etasjeskiller i en skolebygning gir studien innsikt i de praktiske, tekniske og miljømessige implikasjonene ved ombruk av plaststøpt betong, og bidrar til utviklingen av standardiserte metoder.

1.1. Formål med prosjektet og prosjektgruppe

Formålet med prosjektering for ombruk er å realisere ideene fra mulighetsstudien¹. Prosjektet hadde som mål å ombruke strukturell betong i en ny bygning som skulle tjene det samme høyverdige formålet som den opprinnelige strukturen. Dette betydde at søyler skulle ombrukes som søyler og bjelker som bjelker. Derfor ble det i prosjektet utviklet et design som ligner på en funksjonell, fullskala bygning. Målet var å skape en «proof of concept»-struktur for å hente erfaring for eventuelle større prosjekter.

Trondheim kommune er prosjekteier for prosjektet, og har med både deltakere fra forskningsprosjektet GjenOm, samt deltakere fra prosjektgruppen som jobber med ny Stabbursmoen skole. Det er i all hovedsak GjenOm-teamet som har jobbet med prosjekteringen, men god støtte fra prosjektgruppen til Stabbursmoen skole. AOES har stått for demontering, og Backe er entreprenør for prosjektet. Det har vært en suksessfaktor isolert i prosjektet at utførende parter ble inkludert tidlig i prosjektet for å kunne se på gjennomførbarheten av de teoretiske mulighetene. Likevel hadde det totalt sett vært bedre dersom demontering og ombruk var beskrevet inn i konkurransegrunnlaget til hovedprosjektet. I tillegg til at prosjekteringen er støttet av Enova, er gjennomføringen støttet av Klimasatsmidler.

¹ [Ombruk av plasttøpt betong på Stabbursmoen skole - Mulighetsstudie](#)



Figur 1 - Organisasjonsoversikt for prosjektet.

1. Case

Stabbursmoen skole, som ligger i Trondheim, Norge, ble bygget i 1978/79 som en kombinert barneskole og ungdomsskole. Etter hvert som nabolaget rundt skolen vokste, økte også elevtallet. Rapporter om utilstrekkelig plass og økte vedlikeholdsbehov ble sendt til kommunen. For å løse plassproblemet ble det bygget et tilbygg for å huse noen av ungdomsskoleelevene. Dette løste imidlertid ikke vedlikeholds utfordringene. Som et resultat igangsatte kommunen en vurdering av skolen i 2019.

I 2021 ble det fremmet et forslag om å gjøre skolen om til en ren barneskole, ved at ungdomsskoleelevene flyttet til en annen skole. I 2022 vurderte kommunen å ombruke det eksisterende bæresystemet samtidig som de gjennomførte store renoveringer av tak, fasade, ventilasjonssystem og interiør.

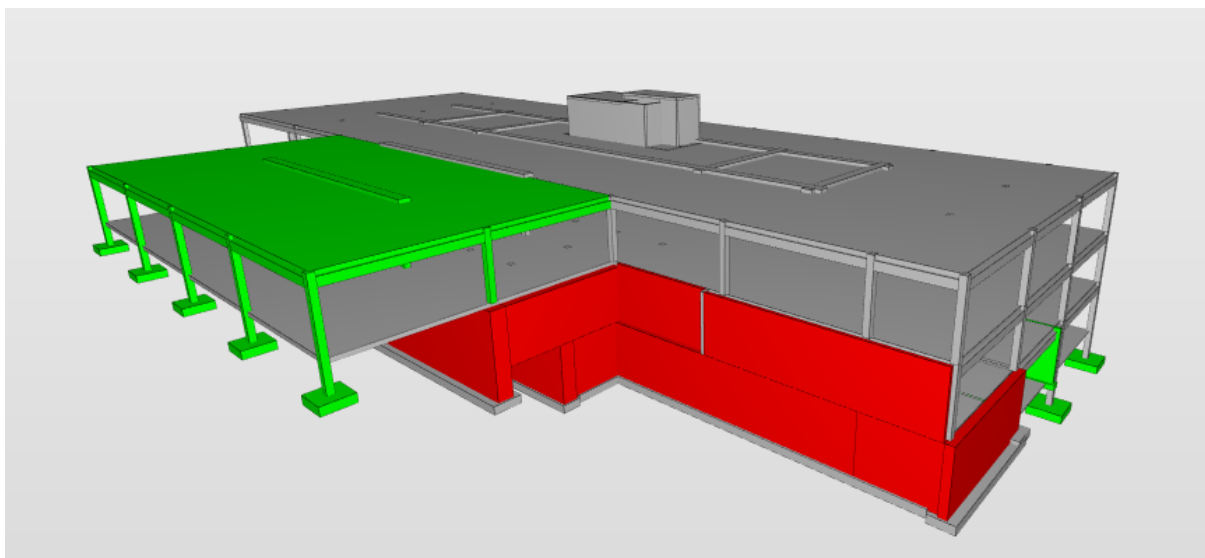
Kommunen engasjerte Asplan Viak for å evaluere potensialet for ombruk av bæresystemet. Skolens bæresystem består av bjelker, søyler og plasstøpte dekker og gulv, fundamentert direkte på bakken. En tilstandsanalyse, inkludert tester for kloridinnhold, karbonatisering og betongens trykkstyrke, ble gjennomført. Målinger av armeringsoverdekning ble også tatt. Resultatene indikerte at betongens styrke var lavere enn spesifisert i de opprinnelige tegningene. De indre overflatene var generelt i god stand med hensyn til karbonatisering og kloridangrep, men noen bjelker og søyler viste lav armeringsoverdekning, noe som nødvendiggjorde videre overvåking for potensielle karbonatiseringsproblemer. De ytre overflatene viste synlige skader, inkludert frostskaider, avskalling på grunn av lav overdekning, knusing og karbonatisering nær armeringen. Undersøkelsen konkluderte med at bæresystemet kunne ombrukes, men ville kreve nøye planlegging og koordinering mellom arkitekter, bygningsingeniører, elektrikere og rørleggere. Strukturelle oppgraderinger ville også være nødvendig for å møte dagens belastningskrav og for å imøtekomme eventuelle nye åpninger, noe som kunne introdusere noen kostnadsusikkerheter.

Trondheims politikere bestemte til slutt å rive og erstatte Stabbursmoen skole. Hovedårsakene var den lave takhøyden, som ville komplisere installasjonen av moderne ventilasjonssystemer, og usikkerheten rundt nøyaktige kostnadsestimater for en full renovering. En ny bygning ble antatt å tillate mer presise kostnadsanslag.

I henhold til TEK-17, ble det etter beslutningen om å rive skolen igangsatt en undersøkelse for å utforske potensialet for ombruk av materialer, komponenter og utstyr. På dette tidspunktet søkte GjenOm-prosjektet en casestudie for ombruk av plasstøpt betong. Stabbursmoen skole-prosjektet ble presentert for GjenOm, som fikk i oppgave å evaluere de potensielle fordelene ved å redde elementer fra bygningen for ombruk i den nye strukturen. Med støtte fra Enova ble det satt i gang en mulighetsstudie for å kartlegge potensialet for ombruk.

1.1. Innledende design og identifisering av ombrukselementer

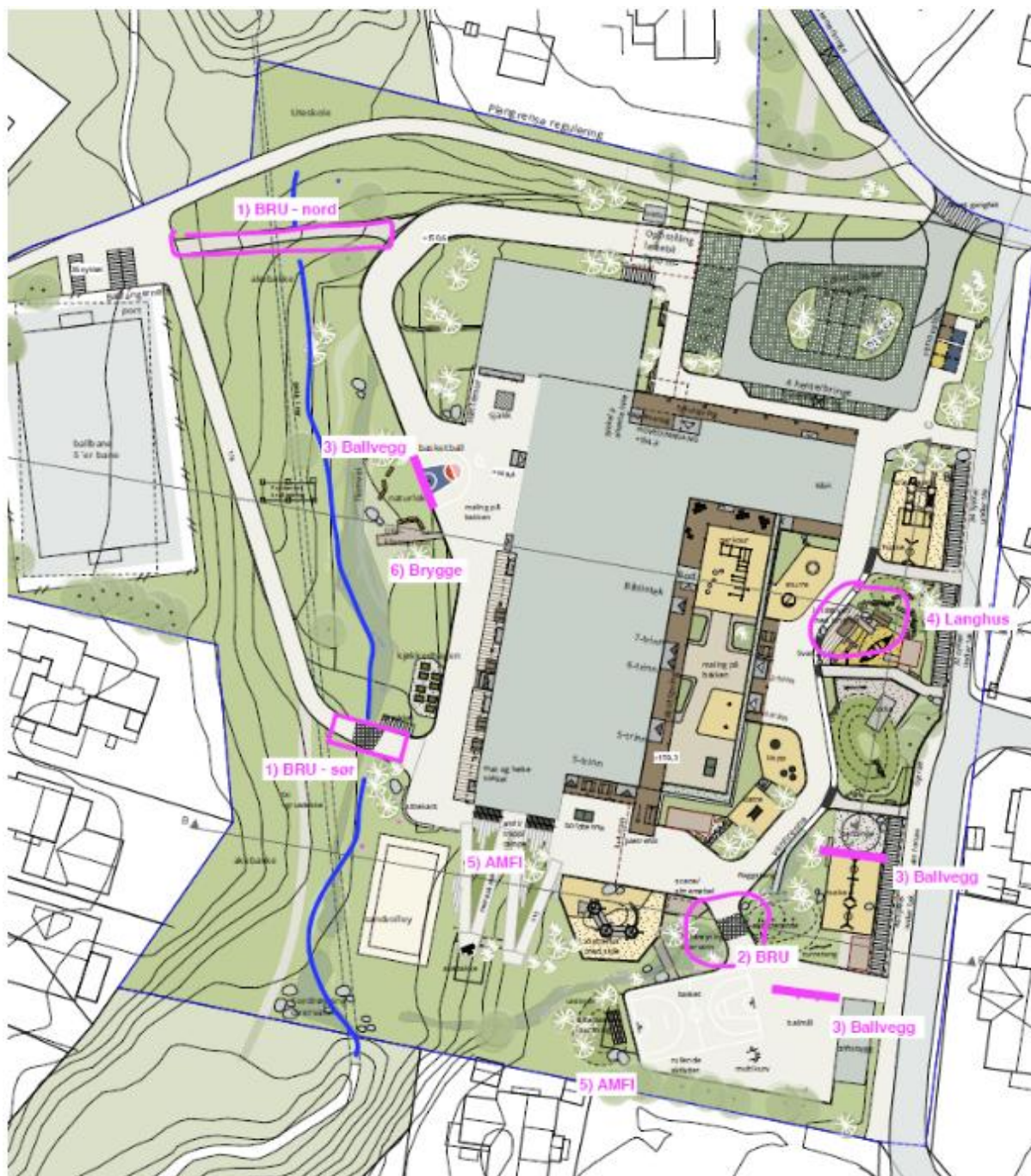
Basert på tilgjengelig dokumentasjon (tegninger og tilstandsvurderinger) om den eksisterende bygningen og rapporten om ombrukspotensialet til betongen, begynte GjenOm-teamet å kartlegge potensielle elementer for ombruk. En strukturell BIM-modell ble utviklet (Figur 2) av den eksisterende bygningen basert på tilgjengelig informasjon.



Figur 2 - BIM-modell av gamle Stabbursmoen skole. Grønn indikerer betong av god kvalitet. Rødt indikerer betong med høyt karbonatiseringsnivå.

Grønt indikerer betong av god kvalitet og som er lettest tilgjengelig for demontering. Rødt indikerer betong med høyt karbonatiseringsnivå. I denne perioden samarbeidet GjenOm-teamet med prosjektgruppen til Stabbursmoen skole for å utforske mulige ombruksalternativer. Tidlig gjorde byggherren det klart at ombruk av betongelementer fra den gamle strukturen i den nye bygningen ikke var gjennomførbart. Byggherren uttrykte bekymring for å introdusere en slik ukonvensjonell tilnærming, med henvisning til sikkerhet, kvalitet og potensielle kostnadsoverskridelser som store risikoer. På grunn av disse risikoer, ble det avtalt at betongen skulle ombrukes i skolegården istedenfor som en del av det nye skolebygget. Målet ville være å hente erfaring fra dette prosjektet slik at fremtidige prosjekter får mer kunnskap om prosessen og derfor lavere risiko.

Basert på de ombrukbare betongelementene som ble identifisert og kommunisert gjennom BIM-modellen, begynte arkitektene å utvikle designkonsepter. De konkluderte med at mye av betongen kunne ombrukes til ulike landskapselementer.



Figur 3 - Forslag til landskapsplan til nye Stabbursmoen skole som viser alternative ombruksmuligheter av betongen i skolegården, som blant annet bru, ballvegg og amfi.

Som vist i Figur 3, foreslo arkitektene flere funksjoner, inkludert en bru, en brygge, et lekehus, et amfiteater, ballvegg, benker og et sykkelskur. I ombyggingsplanen vurderte kommunen å åpne en bekk, da miljøvurderinger avslørte tilstedeværelsen av ørret. Dette førte til ideen om å inkludere broer. Planen ble imidlertid stoppet på grunn av bekymringer for barns sikkerhet, noe som resulterte i kun en delvis åpning av bekken og ingen behov for broer eller brygger. For å opprettholde målet om å teste forbindelser som kan brukes senere i større bygg ble det

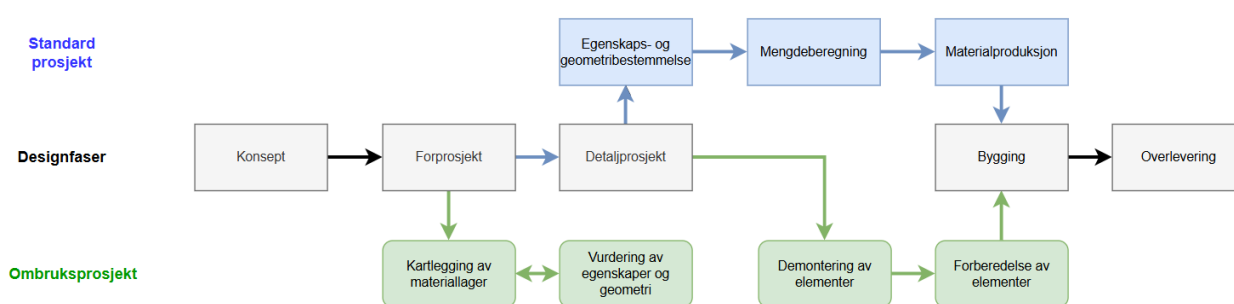
valgt å gå vidare kun med bærende konstruksjoner som skal brukes som bærende konstruksjoner vidare. I tillegg måtte elementene tilpasses skolens spesifikke krav, ved at designet skulle møte behovene til skolen og elevene.

Det ble foreslått å hente ut søyler, dekker og vegger fra bygningen. Disse elementene kunne ombrukes til å bygge et sykkelkur (for å teste ombrukbarheten av søyler), et lekehus (for å teste ombrukbarheten av dekker og vegger), og til landskapselementer som kanter og heller, ved bruk av dekker og søyler.

2. Involvering av entreprenør i design fasen

Et viktig moment for å komme videre fra mulighetsstudien og tidlige vurderinger mellom rådgiverteam og arkitektene ble å involvere entreprenøren for at de kan bidra inn i planleggingen med å hente ut betongen fra bygningen. Det var allerede bestemt at samme entreprenør skulle håndtere både rive-prosessen og oppbyggingen av skolen, mens selve rivningen skulle utføres av en underentreprenør.

Under det første møtet med hovedentreprenøren presenterte GjenOm-teamet prosjektets premiss og designløsninger. Teamet forklarte at designprosessen ville avvike fra et tradisjonelt prosjekt, ved at det ikke blir en strømlinjeformet prosess som vanlig, men heller en iterativ prosess, se **Feil! Fant ikke referanseikilden..**



Figur 4. Designfaser i et standardprosjekt sammenlignet med et ombruksprosjekt (tilpasset fra Devènes et al [8]).

Det ble understreket viktigheten av å involvere både entreprenøren og riveentreprenøren tidlig i designprosessen, siden designet ville være iterativt. Med flere revisjoner basert på elementene som var tilgjengelige etter uthenting, var det avgjørende for GjenOm-teamet å forstå riveentreprenørens muligheter til å hente ut betongen.

Entreprenøren reagerte positivt på prosjektet og uttrykte interesse for å lære hvordan man kan ombruke betong i praksis. De forsøkte å bruke BIM-modellen til å evaluere tid, kostnader og metoder som kreves for å hente ut betongen, og videreformidle denne informasjonen til riveentreprenøren som skulle håndtere selve demontering.

På dette tidspunktet møtte prosjektet flere utfordringer:

- Entreprenøren ble usikker på mengden betong som måtte demonteres, da det ut fra modellen potensielt kunne demonteres en god del vegger, søyler og dekker, både fra øvre plan og sokkeletasjen.
- De fryktet at demonteringsprosessen kunne forsinke rivingsfasen av den eksisterende skolen.

- Manglende erfaring med slike prosjekter førte til at de satte en høy pris. Dette bekymret byggherren, som vurderte å stoppe prosjektet på grunn av kostnadene og forsinket fremdrift. Stabbursmoen-prosjektet var allerede presset på både fremdrift og budsjett, fordi skolen har en bestemt åpningsdato, og ombruken kunne ikke gå ut over det opprinnelige skolebudsjettet.

GjenOm-teamet tok opp utfordringen med relevante beslutningstakere og fremhevet prosjektets betydning. Etter hvert ble også riveentreprenøren involvert. Opprinnelig var planen å knuse all betongen og bruke den som fyllmasse under den nye skolebygningen, men riveentreprenøren konkluderte imidlertid med at det ville være mulig å hente ut den nødvendige betongen for prosjektet. Etter en vurdering ble det bestemt at prosjektet skulle prøve å ombruke deler av betongen. Det ble videre flere runder med både byggherre og entreprenør for å finne risikoreduserende tiltak i prosjektet.

Etter å ha spesifisert det nødvendige arbeidet, satte hovedentreprenøren en pris på prosjektet. Kostnadene for å hente ut betongen var fremdeles svært høye, og riveentreprenøren hadde estimert en forsinkelse på tre uker. Demontering av betongelementene fra første plan i bygget kunne pågå parallelt med riving av resten av bygningen, og ville ikke påvirke fremdriften til prosjektet. Mens veggene og søylene i sokkelen, som var planlagt ombrukt, ble anslått for vanskelig å demontere innenfor den gitte tidsrammen ved bruk av konvensjonelle rivningsmetoder, og ville derfor resultere i en forsinkelse. Som et resultat ble prosjektet nedskalert igjen.

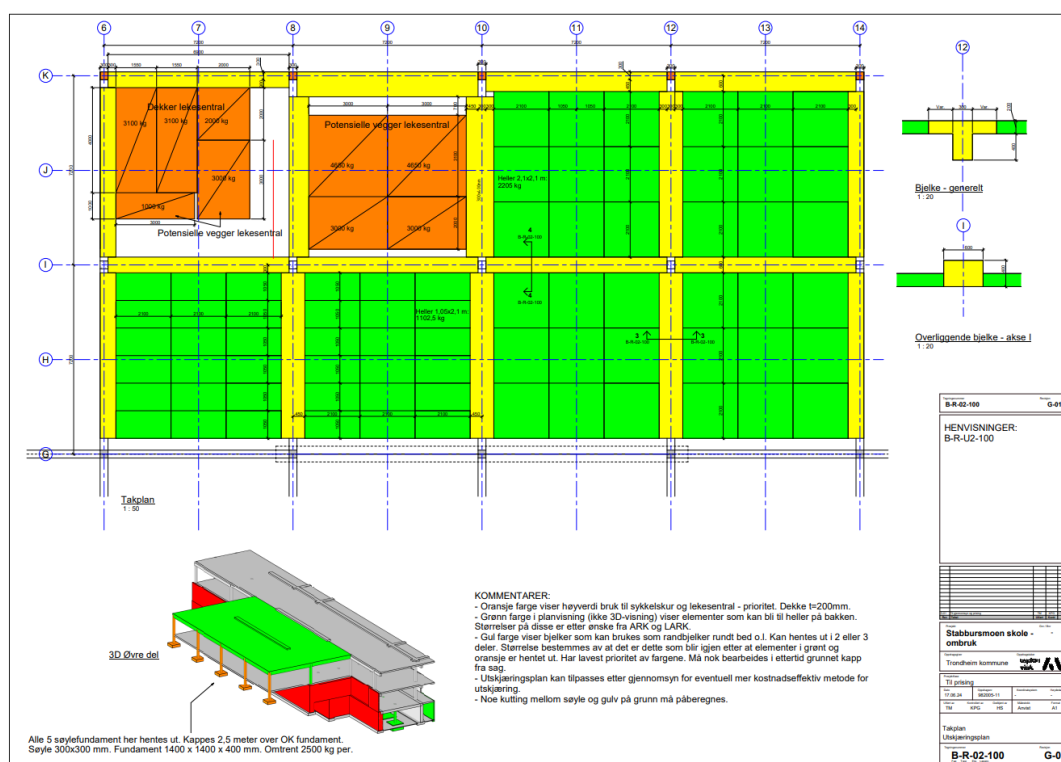
I samarbeid med entreprenøren ble det bestemt at betong kun skulle hentes ut fra første plan, mens resten, inkludert veggene og søylene i sokkelen, skulle rives med konvensjonelle metoder. Det ble også bestemt å kun fokusere på sykkelskuret og lekehuset, og byggherren bekreftet at kun betongen som trengtes til sykkelskuret og lekehuset skulle ombrukes. Planen om å bruke betong til landskapselementer og vegger som veggelementer i lekehuset ble derfor skrinlagt. For lekehuset ble det behov for en omprosjektering da det nå kun var tilgjengelig dekkeelementer som vegger, og ikke lengre veggelementer fra skolen. Sykkelskuret mistet også tilgang til en søyle, da det var opprinnelig planlagt med seks søyler, mens første plan hadde kun fem, så tegningsgrunnlaget måtte revideres.

Siden mengden betong som skulle ombrukes var redusert, ble også de totale kostnadene redusert.

3. Demontering av betongen

Byggingeniøren lagde en detaljert rivebeskrivelse til riveentreprenøren, med både dimensjoner og vekt, se Figur 4.

Utvelgelsen av betongelementer for demontering og ombruk tok utgangspunkt i vurderinger og modelleringsarbeid presentert i mulighetsstudien (se Kapittel 3.4 og Figur 3-5 i mulighetsstudien)². Her ble det identifisert komponenter i byggets øvre etasje med god tilgjengelighet, som ble vurdert som særlig egnet for uttak. Det opprinnelige utvalget omfattet dekker, bjelker og søylefundamenter, samt enkelte elementer fra kjelleretasjen som kunne hentes ut ved konvensjonell riving. I gjennomføringsfasen ble utvalget imidlertid redusert til kun dekker og søyler i byggets fremre del. Disse elementene ble vurdert som teknisk egnet for utendørs ombruk, med en estimert gjenværende levetid på 20–30 år uten ytterligere tiltak, og opp mot 50 år ved bruk av egnet overflatebehandling (jf. Kapittel 2.2 i mulighetsstudien). Det ble også gjennomført vurderinger av nødvendige tiltak for å beskytte mot korrosjon, karbonatisering og frostsprengning, samt behandling av kuttflater.



Figur 4 - Rivebeskrivelse med dimensjoner og vekt, utarbeidet av rådgivende byggingeniør i prosjektet.

² Ombruk av plaststøpt betong på Stabbursmoen skole - Mulighetsstudie

De oransje arealene indikerer hvilke deler av betongdekket som skal skjæres ut og demonteres fra taket på skolens første plan. Riveentreprenøren satte opp stilas under taket for å sikre det fra undersiden gjennom demonteringsprosessen. I tillegg til stillaset ble det montert støttende konstruksjoner i trevirke, samt XPS isolasjon på et lag kryssfiner. Dette for å ha et sjikt å skjære gjennom ved demontering av dekkene. Sett i retrospekt kunne det heller blitt valgt EPS for å benytte et materiell med lavere klimagassutslipp.

Det var planlagt å bruke gulvsag for å skjære ut delene fra dekket, men på grunn av utfordringer med sagen ble det skiftet til å bruke en veggsag som kan fjernstyres og gikk på skinner. Mest trolig kom utfordringene av at de traff rett på armering i det de skulle sage ut det første elementet, dette kunne vært unngått dersom armeringen hadde blitt kartlagt i forkant.



Figur 5 - Den opprinnelige gulvsagen til venstre, bruk av veggsag til høyre.

Bolter og ankre ble montert på hver del før de ble skjært ut og heist ut med en mobilkran, se Figur 6.



Figur 6 - Til venstre: Utskjæring av dekkelementer fra første plan. Til høyre: Mobilkran som løfter på plass utskåret dekke til egnet lagringssted på tomten.

Under arbeidet loggførte riveentreprenøren tidsforbruk og metodene som ble benyttet for hver riveaktivitet. Disse dataene er samlet inn, samtidig som det også ble gjennomført et møte for å dokumentere tilbakemeldinger fra riveentreprenøren.

Planen var å hente ut søylene etter at riveentreprenøren hadde revet resten av området. Da riveentreprenøren begynte, møtte de imidlertid uventede utfordringer fordi de tilgjengelige tegningene var unøyaktige. Tegningene viste at søylene hadde hvert sitt fundament, men søylene var i virkeligheten koblet sammen til en betongvegg under bakken. Dette gjorde at den opprinnelige planen om å grave dem ut og løfte dem med en gravemaskin ikke var gjennomførbar.



Figur 7 - Søyle med integrert grunnmur.

Det var nødvendig å sage dem ut, men på grunn av den stramme tidsplanen var det ikke nok tid. Etter et møte med hovedentreprenøren og byggherren ble det bestemt at riveentreprenøren skulle forsøke å hente ut minst tre søyler i stedet for seks. Som et resultat måtte designet av sykkelstaket revideres nok en gang. For å fremskynde demonteringsprosessen brukte riveentreprenøren en gravemaskin med klo for å "tygge" betongen ut. Selv om denne metoden ble ansett som akseptabel gitt omstendighetene, økte det risikoen for å skade søylene. Riveentreprenøren fikk demontert tre søyler med fundament og en uten.



Figur 8 - Søyلة etter adskillelse fra fundamentveggen, og inspeksjon etter løfting og flytting til lagring på byggeplassen.

4. Iterativ designprosess

For både sykkelskuret og lekehuset har det foregått en iterativ designprosess. Prosessen startet basert på de første analysene av hvilke materialer som er mulig å hente ut fra bygningen. Deretter har designet blitt justert iht. til behov på skolegården og til slutt oppdatert for å gjenspeile de materialene som er demontert og hentet ut.

Sykkelskur

Innledningsvis var planen for sykkelskuret at det skulle hentes ut seks søyler fra gamle Stabbursmoen skole som skulle ombrukes. For å ta hensyn til brekkasje ved riving ble utgangspunktet et design som kombinerer betongsøylene med limtresøyler ved behov for å forlenge høyden på søylene.

Etter nedskalering av omfanget av demonteringen og hvilke elementer som var mulig å hente ut, ble det kun mulig å hente ut fem søyler, og videre ble det kjent at det kun var mulig å hente ut tre søyler. Dette gjorde at det på nytt ble nødvendig å se på hvordan designet skulle utformes. Det var ingen utfordring å hente ut søylene i full høyde, som først fryktet, og det vil derfor ikke være behov for forlengelse av søylene med et annet materiale. Det har gjennom prosessen blitt sett på flere oppdaterte design, som vist under. Mens det endelige designet er utarbeidet av arkitekten i samarbeid med byggingeniørene.

Førsteutkast sykkelstur



Revisjon 1



Figur 9 - Skisser av sykkelskuret fra Eggen arkitekter.

Lekehus

Lekehuset skal oppføres ved å ombruke de utskårne dekkeelementene, som både gulv og vegger i den nye konstruksjonen. For å gjøre bygget til et fullverdig lekeapparat tilpasset en barneskole, kompletteres det med lette trekonstruksjoner samt lekeutstyr som sklie, brannmannstang og lignende. I betongelementene som benyttes som vegger, vil det bli tatt utsparinger for å skape åpninger og gi innsyn til lekeområdene. Figur 10 viser de ulike stadiene til designet av lekehuset.

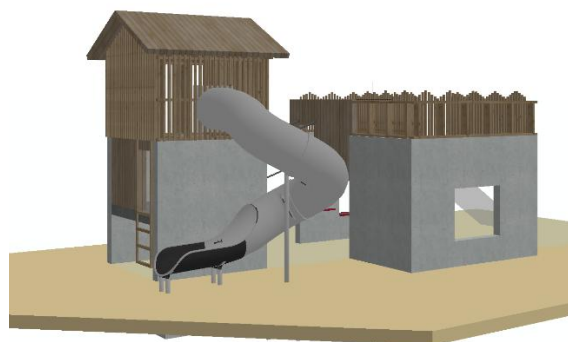
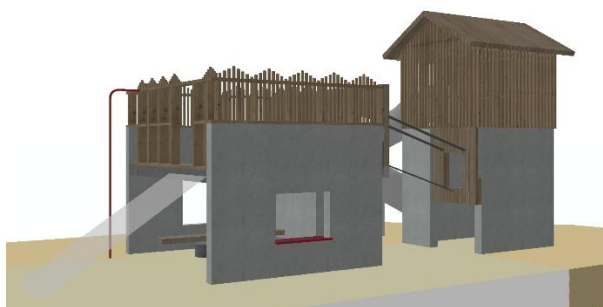
Førsteutkast lekehus



Revisjon 1



Revisjon 2



Figur 10 - Illustrasjoner av lekehuset fra Agraff arkitektur³.

³ [Agraff arkitektur](#)

5. Prosjektering av nye konstruksjoner

5.1. Prosjektering av forbindelser

En stor del av arbeidet med å prosjektere de nye konstruksjonene ligger på å prosjektere forbindelser mellom de demonterte konstruksjonene. Prosjektet inneholder mange forskjellige typer forbindelser. Det er bruk av både tre-, stål og betongkonstruksjoner. Der det er forbindelser mellom ombrukte elementer har det vært viktig å ivareta store toleranser som man ikke kjenner ned til detalj. En kontrast til dette er nye limtrekonstruksjoner som man får bestilt til ytterste presisjon. Det benyttes stål for å feste betongkonstruksjoner mot hverandre, og for å ta opp krefter der betongkonstruksjonen ikke er sterk nok.

Konstruksjonene, og dermed forbindelsene, skal plasseres i et miljø som utsetter den for karbonatisering og må behandles mot dette. Dette må ligge i baktankene ved prosjekteringen. Det samme gjelder arkitektonisk tilpasning og tilpasning til lekeplassvennlig konstruksjon. Det er med andre ord en del krav utover det at forbindelsene skal feste sammen to komponenter.

5.2. Betongbearbeiding

De demonterte elementene vil ha et behov for bearbeiding når de skal gå fra å være plassert i et beskyttet miljø inne til å kunne stå ute. Det er også noen skader på elementene etter demonteringen. Hovedmålet er å reparere og overflatebehandle betongkomponentene for å sikre deres levetid og strukturelle integritet i deres nye utendørs bruksformål. Dette krever en nøye tilnærming til behandling av skader og korrosjonsbeskyttelse av betongelementene.

Sykkelparkeringsprosjektet ved nye Stabbursmoen skole benytter tre søyler med fundament fra det gamle skolebygget som bærende komponenter for et beskyttende overbygg. Disse søylene krever utbedring før de kan installeres i den nye strukturen. Prosessen omfatter forbehandling, mekaniske reparasjoner, og omfattende overflatebehandling.

Forbehandlingen involverer avkapping av løs betong og fjerning av eksisterende maling. Mekaniske reparasjoner utføres for å korrigere skader, og inkluderer påføring av korrosjonsbeskyttende produkter og reparasjonsmørtel for å styrke strukturen. Endelig overflatebehandling vil beskytte søylene mot værpåvirkninger og bremse karbonatisering, samtidig som den estetiske fremtoningen forbedres, med bruk av produkter som Mapelastic Zero som gir langvarig beskyttelse.

Elementene fra det gamle dekke på Stabbursmoen skole er tiltenkt å inngå i den nye lekesentralen, hvor de vil fungere som strukturelle komponenter i bygningen. To av disse

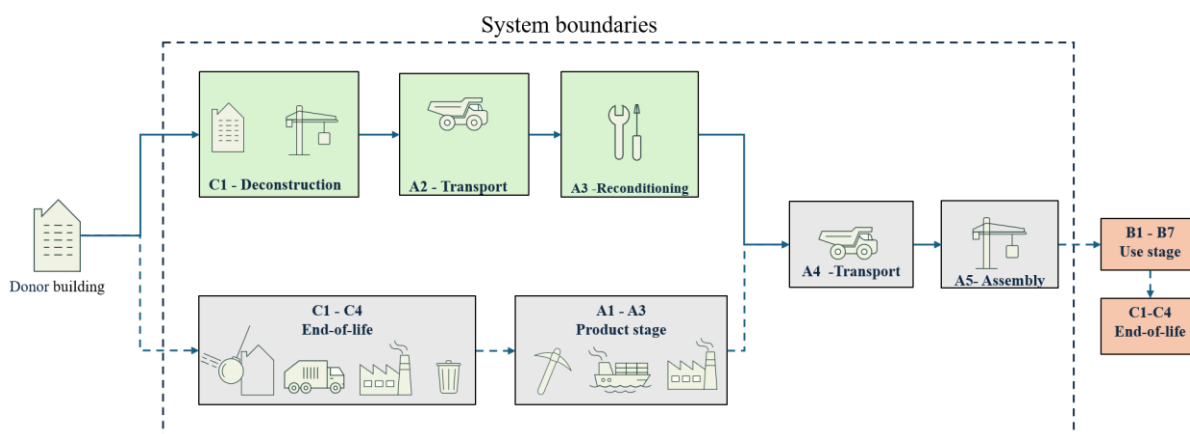
elementene vil tjene som dekker, mens andre vil bli integrert som veggskiver, noen med utsparinger. Det forventes begrenset behov for mekaniske reparasjoner ettersom elementene fremstår som relativt skadefrie med fast betong. Forbehandling av disse komponentene innebærer kappearbeid for bolter, fjerning av løs betong og generell overflaterengjøring. Behandlingsprosessen sikrer mot ytterligere karbonatisering og klimainduserte skader. Overflatebehandlingen, inkludert bruk av Elastocolor Pittura Zero, er designet for å gi beskyttelse og samtidig opprettholde en estetisk overflate, noe som er essensielt for varigheten av betong når den brukes utendørs.

6. Klimagassberegninger

Klimagassberegningene presenterer resultater basert på datagrunnlag innhentet og dokumentert av entreprenøren i forbindelse med demonteringsarbeidet. Ved å analysere empiriske data fra demontering av dekker, gir studien innsikt i de praktiske, tekniske og miljømessige konsekvensene ved ombruk av plastøpt betong. Resultatene bidrar til utviklingen av standardiserte metoder og tilnærminger for betongombruk i byggebransjen.

6.1. Metode

De klimagass konsekvensene er vurdert ved hjelp av en komparativ livsløpsanalyse. Det legges til grunn en funksjonell levetid på 50 år. Systemgrensene er utformet med utgangspunkt i tilnærmingen til Küpfer et al. [6], og illustreres i Figur 11. Beregningene er gjort med disse avgrensingene for å kunne brukes videre i nye studier for analyse av ombrukt betong.



Figur 11 Systemgrenser for komparativ LCA. Inspirert av [6].

Det er valgt å gjøre to ulike analyser, en av de nye konstruksjonene av sykkelskur og lekehus, og en analyse av ombruk av 1 m² dekke. Scenariene beskrevet under er lik for begge analysene.

Scenarier analysert i studien

Studien av Fahlstedt et al. [10] sammenligner to alternative scenarier for ombruk av dekker fra perspektivet til en byggherre som eier både donorbygget og den nye konstruksjonen på samme tomt. I GjenOm-tilfellet er byggherre kommunen, og prosjektet omfatter riving/nedmontering av en skolebygning fra 1970-tallet og lokal ombruk av bygningsdeler i et nytt bygg. Det er i detalj beskrevet hva som er inkludert for de ombrukte materialene. For nye materialer er det antatt tilsvarende prosesser som i scenario 2.

- **Scenario 1 - Ombruk av betong fra donorbygget (R_S1):**
 - **C1:** Omfatter slutten av livsløpet til donorbygget, inkludert alle miljøpåvirkninger knyttet til demontering og uttak av betongelementene.
 - **A2:** Transport av uttatte dekkeelementer til omarbeidingsanlegg.
 - **A3:** Materialbruk og prosesser som er nødvendige for å re-kondisjonere betongelementene slik at de kan benyttes i ytterligere 50 år.
 - **A4:** Transport av de ferdig bearbeidede dekkeelementene til den nye byggeplassen. Transport av nye materialer er inkludert i beregningene sykkelkur og lekehuset.
 - **A5:** Installasjon av de ombrukte dekkeelementene, inkludert nødvendig maskinbruk, materialer og prosesser.
- **Scenario 2 - Ikke ombruk av betong:**
 - **C1-C4 (donorbygg):** Hele slutten av livsløpet til donorbygget regnes inn i miljøpåvirkningene knyttet til produksjon av nye dekker i jomfruelig materiale.
 - **A1-A3:** Produksjon av nye materialer, inkludert materialuttak, prosessering og maskinbruk.
 - **A4:** Transport av nye materialer fra produsent til byggeplass, enten med betongbil (plasstøpt betong) eller lastebil (prefabrikkerte elementer).
 - **A5:** Installasjon av nye materialer, inkludert nødvendige materialer, maskiner og prosesser.

Ekskluderte livsløpsfaser

Bruksfasen og slutten av livsløpet til den nye konstruksjonen er utelatt fra vurderingene, ettersom disse antas å være like i begge scenarier.

Sammenligning av ombrukt og ny betong

Miljøpåvirkningene ved ombruk av betong sammenlignes med bruk av ny armert betong fremstilt av jomfruelige råmaterialer. Den ombrukte betongen er vurdert opp mot to varianter av lavkarbonbetong:

1. **Lavkarbon B (LC_B)** – plasstøpt betong som er standard i Norge, med tilhørende prosesser i fasene A1–A5, samt C1–C4 for donorbygget.
2. **Lavkarbon Ekstrem (LC_E)** – en avansert lavkarbonvariant av plasstøpt betong, også med relevante prosesser i A1–A5 og C1–C4.

Oppbygging av stillas og vurdering av utslippsallokering



Figur 12 - Stillaset under betongen som ble skåret ut.

Ettersom hovedentreprenøren ikke kunne verifisere hvorvidt materialene brukt til avstivning over stillas (kryssfiner, XPS og trebjelker) ble ombrukt på bygningen, ble alternative scenarier analysert:

- **R_S2:** Antar at det kun ble brukt stål stillas til avstivning, og at disse kan ombrukes ubegrenset.
- **R_S3:** Tildeler kun miljøpåvirkning til materialer som gikk til avhending, og antar at øvrige ombrukbare materialer kan ombrukes ubegrenset.
- **A2 - Transport til lagring/klargjøring**

Siden det nye bygget skal oppføres på samme tomt som donorbygget, var det ikke behov for transport til eksternt lager eller re-kondisjoneringsanlegg.

- **A3 - Klargjøring**

For å forberede dekkeelementene til ombruk, vil det utføres overflatebehandling, mindre kapping, sliping og utjevning. Siden dekkene i det aktuelle prosjektet skal stå eksponert for vær og vind, skal de overflatebehandles med et beskyttende sjikt for å hindre karbonatisering og armeringskorrosjon. I denne studien antas imidlertid at dekkene benyttes innendørs, og slik behandling regnes derfor som unødvendig.

- **A4 - Transport til byggeplass**

Ettersom lagring, klargjøring og montering foregikk på samme tomt, ble det ikke generert transportutslipp i denne fasen.

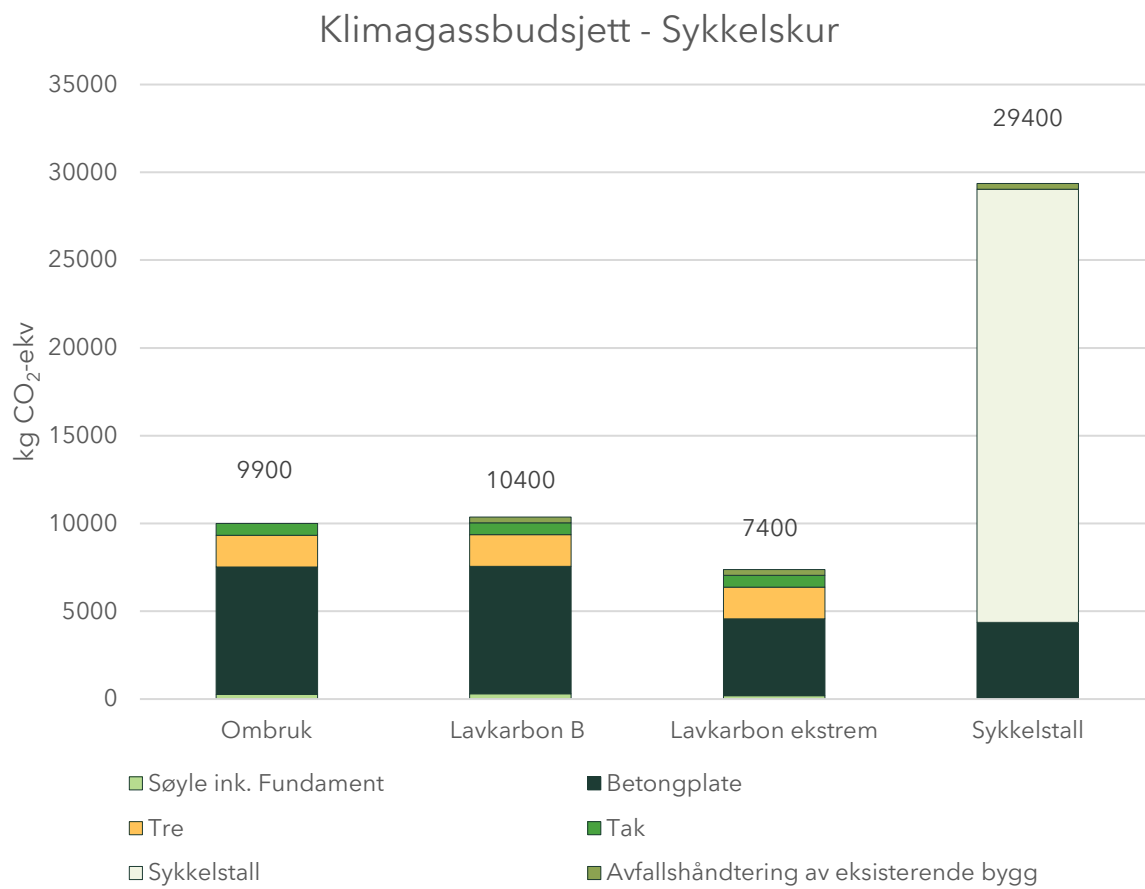
- **A5 - Montering**

Installasjonsarbeidet var ikke fullført på tidspunktet for denne studien. Basert på dialog med hovedentreprenøren antas det imidlertid at metodikken vil være tilsvarende som ved montering av prefabrikkerte dekker. Installasjonen innebærer:

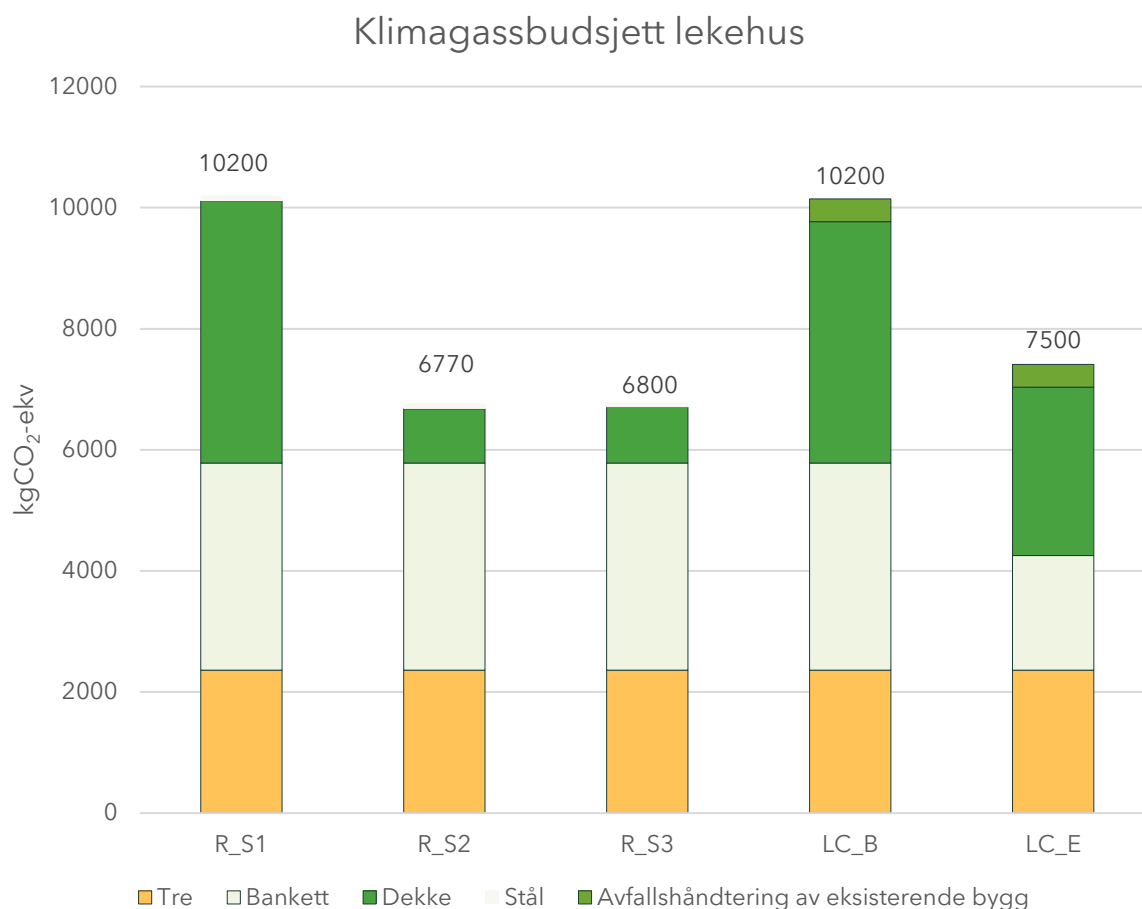
- Heising av elementene på plass ved hjelp av mobilkran. Kranbruken ved montering er antatt å være tilsvarende som ved demontering.
- Sammenkobling av elementene med stålvinkler [6].

6.2. Resultater prosjektspesifikke

For sykkelskuret er prosjekterte mengder benyttet til å beregne klimagassutslippet av de ulike scenariene. Figur 13 viser de beregnede utslippene for ulike alternativer for sykkelstur, i og med at det kun er 3 søyler som er ombrukt i «ombruk»-scenariet er det ikke stor differanse mellom et sykkelstur som benytter lavkarbon B sammenlignet med ombruk. Ved bruk av lavkarbon ekstrem vil dette alternativet komme best ut, hovedsakelig på grunn av at betongplaten syklene skal stå på har lavere utslipp. Dersom man sammenligner ombruk av søyler, eller ny produsert betong mot prefabrikkerte sykkelstativ ser vi en reduksjon på 64%. For inndata benyttet i beregningene, se Vedlegg 1.



Figur 13 - Klimagassutslipp fra sykkelskur, sammenligning av ombruk, lavkarbon B, lavkarbon ekstrem og prefabrikkert sykkelstall.



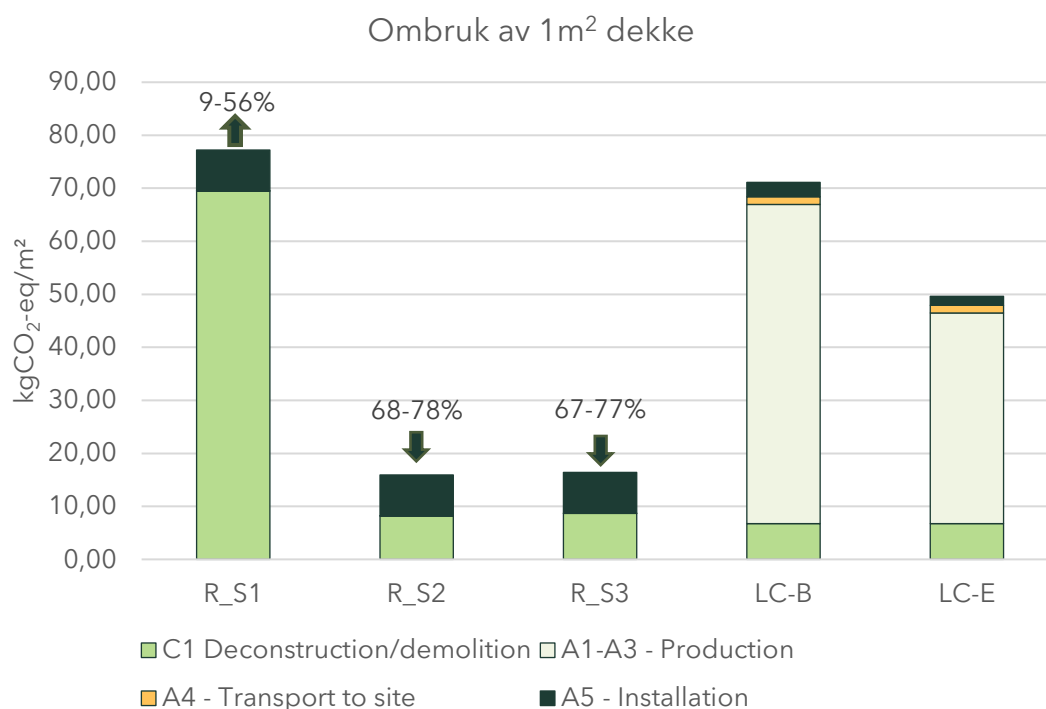
Figur 14 - Klimagassutslipp fra lekehus.

R_S1 = ombruksscenario 1, LC-B = plaststøpt lavkarbon B, LC-E = plaststøpt lavkarbon ekstrem.

6.3. Resultater for dekke, per m²

Dette kapittelet presenterer resultatene fra livsløpsanalysen (LCA) for ombruksscenariene, der 1 m² ombrukt plaststøpt betongdekke sammenlignes med ny plaststøpt betong. Den funksjonelle enheten er definert som 1 m² armert betongdekke med en tykkelse på 200 mm, i samsvar med gjeldende strukturelle sikkerhetskrav for boligbygg i Norge. Vurderingen omfatter kun betongkonstruksjonen og ekskluderer overflatebehandlinger.

Resultatene i Figur 15 viser at klimagassutslippet for ombrukte dekkeelementer i basisscenarioet (R_S1) er høyere enn for plaststøpte lavkarbonvarianter – både Lavkarbon B (LC-B) og Lavkarbon Ekstrem (LC-E). De normaliserte utslippene for ombrukte dekker i R_S1 er 77,2 kg CO₂-ekv/m², som er henholdsvis 9 % og 56 % høyere enn for LC-B og LC-E. Dette er betydelig høyere enn det som er rapportert i sammenlignbare studier [6].



Figur 15 - Klimagassutslipp fordelt på livsløpsfaser.

R_S1 = ombruksscenario 1, LC-B = plasttøpt lavkarbon B, LC-E = plasttøpt lavkarbon ekstrem.

Imidlertid viser Figur 15 at resultatene endres betydelig i de to øvrige ombruksscenarioene, der miljøpåvirkningen fra avstivningsmaterialer er fordelt på alternative måter. I scenario R_S2 reduseres utslippene med 68-78 %, og i R_S3 med 67-77 %, sammenlignet med LC-B og LC-E. Dette tilsvarer normaliserte utslipp på omtrent 16 kg CO₂-ekv/m², i tråd med funn fra tidligere studier [6].

Resultatene antyder at hovedentreprenøren kan ha vært for konservativ i dimensjoneringen av avstivningssystemet, ettersom bruk av kun stillas potensielt kunne vært tilstrekkelig. Arbeidernes sikkerhet hadde imidlertid høyeste prioritet, og dette var avgjørende for valg av uttaksmetode. Resultatene understreker betydningen av grundig vurdering av demonteringsfasen (C1) i livsløpsanalyser.

• 4.2 Usikkerhet og følsomhet

Resultatene i denne studien er sterkt påvirket av prosjektspesifikke forhold som har direkte innvirkning på inndataene. De viktigste faktorene som påvirker resultatene er:

- **Ombruksscenarier**
- **Materialbruk i C1 (demonteringsfasen):** Metoden som benyttes for uttak av dekkeelementer har stor betydning for materialforbruket. Hovedentreprenøren opplyste at uskadde materialer ville bli ombrukt i dette og andre prosjekter, men

kunne ikke bekrefte hvor materialene spesifikt ville bli ombrukt. Følgende tre scenarier ble derfor analysert:

- I **R_S1** ble alle miljøpåvirkninger knyttet til produksjon og avhending (EOL) av kryssfiner, XPS og trebjelker inkludert.
- I **R_S2** ble det antatt at kun stillas ble benyttet, og at disse kunne ombrukes ubegrenset.
- I **R_S3** ble kun miljøpåvirkningen fra materialer som ble kastet medregnet, mens ombrukbare materialer ble antatt å kunne brukes videre.

- **Transport i A2 og A4**

Siden det nye bygget blir oppført på samme tomt som donorbygget, er dekkeelementene lagret og skal behandles på stedet. Det oppstod derfor ingen transportrelaterte utslipp i disse fasene.

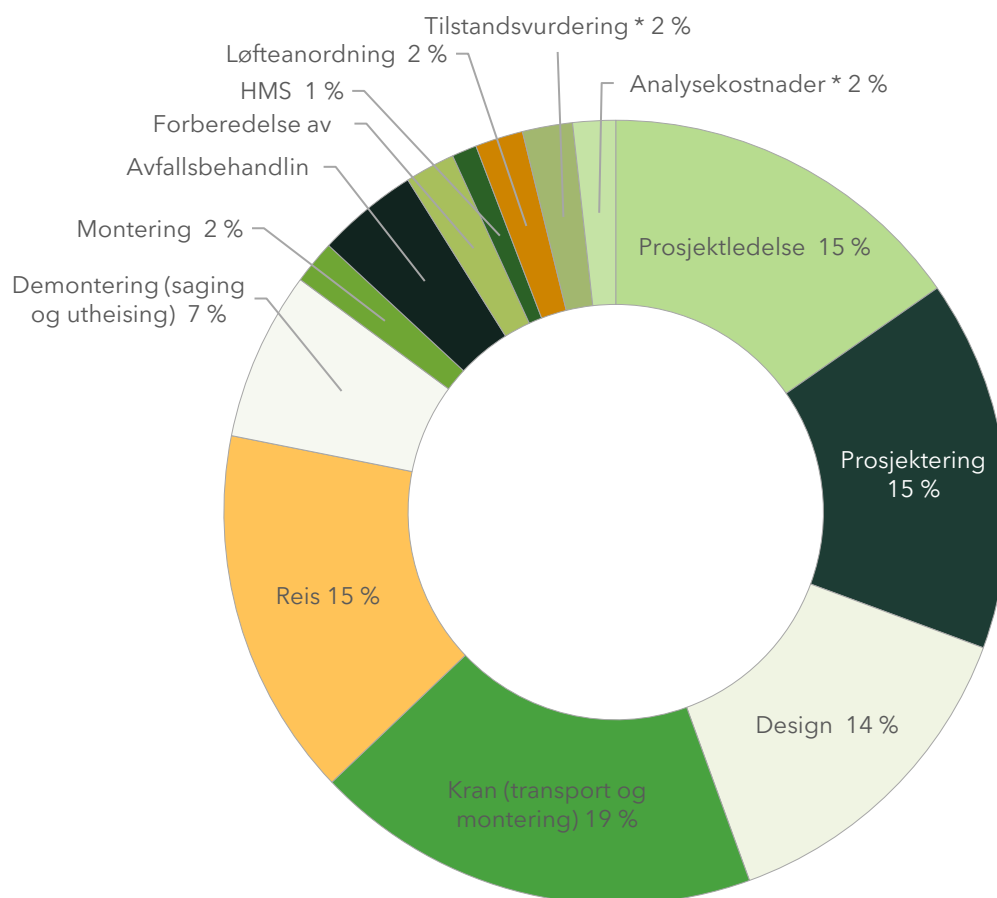
- **Installasjonsmetode i A5**

På tidspunktet for studien er ikke installasjonen av dekkeelementene gjennomført. Det er dermed usikkerhet knyttet til den faktiske installasjonsmetoden og ressursbehovet. Det er antatt at bruk av kran under installasjonen vil være tilsvarende som ved demonteringen.

7. Kostnadsanalyse

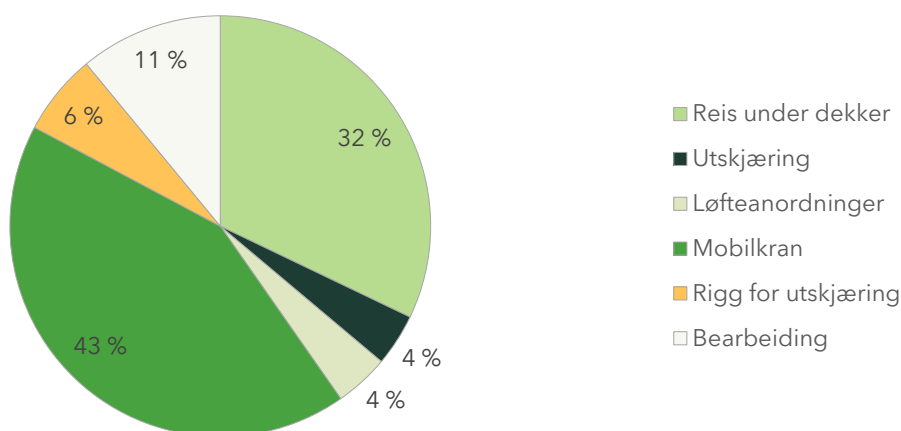
For å gi et bilde av de økonomiske rammene i prosjektet presenteres her både prosjekteringskostnader og kostnader for demontering, selv om demonteringsarbeidet i dette tilfellet var støttet gjennom Klimasats (se Figur 17). I et ombruksprosjekt med nybrottsarbeid går det med betydelig mer tid til prosjektledelse enn i tradisjonelle prosjekter. Dette skyldes at mange forhold er ukjente både for prosjekterende, utførende og byggherre. Selv om prosjektledelse, prosjektering og design utgjorde 44 % av de totale kostnadene, er mye av dette knyttet til usikkerhet og behov for nye måter å planlegge, prosjektere og utforme løsninger på. Som beskrevet tidligere i rapporten, oppstår det ofte behov for flere iterasjoner i designarbeidet når prosessen starter før materialene er demontert og gjort tilgjengelige. Et konkret eksempel er sykkelskuret, hvor hele konseptet måtte endres vesentlig etter at antallet tilgjengelige søyler ble redusert fra seks til tre, noe som krevde omprosjektering.

Det er viktig å merke seg at kostnader knyttet til tilstandsvurdering og prøvetaking for analyse av betongens trykkfasthet ikke belaster økonomien i dette prosjektet. Årsaken er at Stabbursmoen skole i utgangspunktet ble helhetlig vurdert med tanke på rehabilitering og videre bruk av bæresystemene, inkludert en grundig tilstandsanalyse av betongen, før GjenOM-prosjektet ble involvert. Tester som ble sendt til SINTEF ble gjennomført i et tidligere stadium av prosjektet, og ble derfor ikke belastet ENOVA- eller RFF-midlene. I denne sammenheng ble det også tatt flere prøver enn det som normalt ville vært nødvendig for å dokumentere ombruk av betongdekkene – totalt 9 prøver av dekker og vegger. Prøver av søylene ble først gjennomført etter at de var demontert fra bygget. Dette gjør at prosjektet skiller seg fra andre sammenlignbare ombruksprosjekter, hvor kostnader knyttet til tilstandsvurdering og prøvetaking av betong må påregnes



Figur 16 - Fordeling av totale budsjetterte kostnader i prosjektet. * kostnader knyttet til tilstandsvurdering og prøvetak av betongkjerner (analysekostnader) belastet ikke økonomien i prosjektet. Derfor ble tester sendt til SINTEF ble gjennomført i et tidligere stadium i prosjektet, ikke belastet ENOVA- eller RFF- prosjekt.

Kostnadsfordeling - dekker



Figur 17 - Kakediagrammet viser budsjettert kostnadsfordeling for demontering av dekkelementer inkluderer kun oppgaver arbeidsoppgaver på byggeplass.

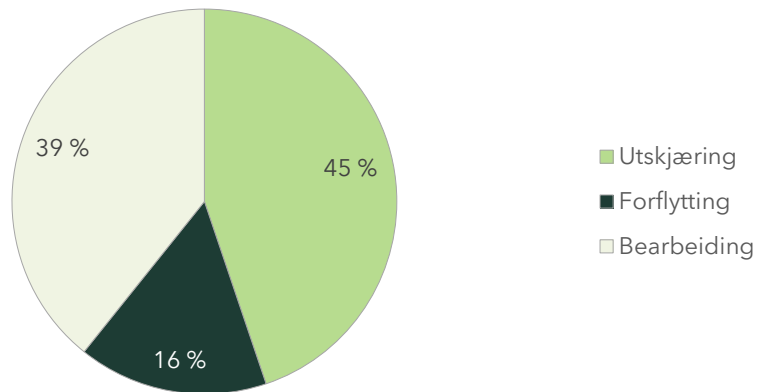
Figur 17 viser budsjettert kostnadsfordeling for demontering av dekkelementer. Her er det kun inkludert arbeidsoppgaver på byggeplass. Den største enkeltposten er mobilkran. Sammenlignet med de andre postene blir denne veldig høy, da det er en kostnad som er tilnærmet like stor uansett hvor mange dekker som blir skåret ut. I dette tilfellet ble det demontert et relativt lavt antall dekker, sammenlignet med hva som var tilgjengelig i bygget. Dersom alle elementene fra demonteringsplanen i Figur 4 hadde blitt skåret ut, ville prisen for mobilkranen blitt lavere per m² dekke.

Et alternativ til mobilkran kunne vært å benytte tårnkran til dette arbeidet. Likevel er det utfordringer med å etablere en tårnkran så tidlig i prosjektet som skal bli stående resten av byggetiden. Mye av grunnen til dette er at man ønsker å ha tårnkranen plassert på nært nytt bygg som mulig, dette er vanskelig å gjennomføre før rivningen er ferdig. Det er ikke beregnet hva kostnaden hadde vært dersom det hadde blitt brukt en tårnkran.

For ombruk av dekker er det beregnet en merkostnad på 8000 kr/m², som tilsvarer nesten 280% av prisen per m² nytt betongdekke.

Når det gjelder ombruk av søyler, var utskjæring den største kostnadsposten, etterfulgt av bearbeiding. Prosessen ble imidlertid mer krevende enn forventet. Spesielt viste ringmuren og stripefundamentene som søylene var forankret i seg å være mer kompliserte å håndtere enn antatt. Dermed er det avvik på de faktiske kostnadene fra de budsjetterte. I stedet for effektiv saging ble det nødvendig med mer graving og klipping, samt løpende vurderinger underveis.

Kostnadsfordeling - søyler



Figur 18 - Kakediagrammet viser budsjettert kostnadsfordeling for demontering av dekkelementer.

Figur 18 viser budsjettert kostnadsfordeling for demontering av søyler. Selv om merkostnadene er usikre, indikerer underlaget at ombruk av søyler ga en merkostnad på rundt 40 % sammenlignet med nypris hentet fra Norsk Prisbok. Dette tar kun høyde for demonteringskostnadene og ikke de forventede økte kostnadene til nye materialer nå som antallet søyler er færre.

8. Anbefalinger for videre arbeid med ombruk av plasstøpt betong

Erfaringene fra prosjektet viser at det er tydelig at god planlegging og tilstrekkelig tid er avgjørende dersom ombruk av betongelementer skal lykkes. I dette prosjektet ble tiltaket introdusert sent i planleggingen for selve rivningen av skolen, noe som gjorde arbeidet mer omfattende og krevende enn nødvendig. Dersom ombruk vurderes fra start, med avsatte ressurser og tydelig ansvarsfordeling, vil prosessen kunne gjennomføres langt mer effektivt.

Utskjæring av dekkeelementene fremstår som et vellykket tiltak. Arbeidet ble gjennomført på en strukturert måte, og resultatet viser at betongelementer kan bearbeides og tilrettelegges for ombruk med god kvalitet når riktig metode og kompetanse er på plass.

Erfaringene viser også at markedet per i dag har begrenset etterspørsel etter brukte dekker. I de fleste tilfeller vil det fremdeles være rimeligere og mer tidsbesparende å bygge nytt, enn å ombruke brukte dekker i nye bærende konstruksjoner. En mulig anvendelse kan imidlertid være som ballast eller lodd, der risiko og presisjonskrav er lave og der fremdriften ikke er avgjørende.

En mer lovende løsning kan være å benytte utskårne dekkeelementer som betongheller eller andre tilsvarende ikke-bærende elementer. Selv om de ofte vil være overdimensjonerte til et slikt formål, fremstår dette som et praktisk og potensielt lønnsomt bruksområde hvor man kan utnytte materialenes kvalitet uten omfattende bearbeiding.

Ombruk av søyler viste seg å være svært ressurskrevende, og effekten stod ikke i forhold til innsatsen. Den største utfordringen var avvik mellom originale tegninger og faktiske forhold, samt komplekse sammenføyninger som skapte uforutsette problemer. Basert på erfaringene fra dette prosjektet vurderes det som lite hensiktsmessig å ombruke søyler på tilsvarende måte i fremtidige prosjekter.

Oppsummert vurderes utskjæring og ombruk av dekker som et vellykket tiltak, mens ombruk av søyler fremstår som lite hensiktsmessig i dette prosjektet. Fremtidige prosjekter bør vurdere nøye hvilke elementer som faktisk egner seg til ombruk, og legge til rette for dette tidlig i planleggingsfasen slik at det inkluderes i konkurransegrunnlag. Bruk av betongelementer til enklere konstruksjoner, som heller eller ballast, fremstår som mer realistiske og verdiskapende alternativer enn forsøk på å tilpasse elementene til nye bærende funksjoner. Dette viser viktigheten av å forsøke å bevare bygg i plasstøpt betong, rehabilitere og transformere de til ny bruk. For å lese mer om hvilke vurderinger som bør gjøres i forbindelse med vurdering av nivå på rehabilitering, transformasjon, ombruk eller riving, se [denne](#) veilederen utarbeidet av GjenOm.

Kilder

- [1] Benefits of concrete - Concrete Europe, (n.d.).
<https://www.theconcreteinitiative.eu/benefits-of-concrete> (accessed March 26, 2025).
- [2] E. Buitelaar, S. Moroni, A. De Franco, Building obsolescence in the evolving city. Reframing property vacancy and abandonment in the light of urban dynamics and complexity, *Cities* 108 (2021) 102964. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102964>.
- [3] Building Materials and the Climate: Constructing a New Future, n.d.
- [4] The Breakthrough Agenda Report 2023, (n.d.).
- [5] A.T.M. Marsh, A.P.M. Velenturf, S.A. Bernal, Circular Economy strategies for concrete: implementation and integration, *J. Clean. Prod.* 362 (2022) 132486.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132486>.
- [6] C. Küpfer, N. Bertola, C. Fivet, Reuse of cut concrete slabs in new buildings for circular ultra-low-carbon floor designs, *J. Clean. Prod.* 448 (2024) 141566.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141566>.
- [7] NS 3682:2022 - Hulldekker av betong til ombruk, Stand. Online (2022).
<https://online.standard.no/nb/ns-3682-2022> (accessed March 18, 2025).
- [8] J. Devènes, J. Brütting, C. Küpfer, M. Bastien-Masse, C. Fivet, Re:Crete - Reuse of concrete blocks from cast-in-place building to arch footbridge, *Structures* 43 (2022) 1854–1867. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.07.012>.
- [9] C. Küpfer, M. Bastien-Masse, J. Devènes, C. Fivet, Environmental and economic analysis of new construction techniques reusing existing concrete elements: two case studies, 2022 (n.d.). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012013>.
- [10] O. Fahlstedt, H. Mo Sandberg, J. Saunders, T. Munkeby, H. Wik, F. Nygaard Rasmussen, S.Ø. Nesheim, R.A. Bohne, Climate Impacts of Reusing Reinforced Cast-in-Place Concrete Floor Slabs, *SBE25* (2025).

Vedlegg 1

Sykkelskur

Materiale	Mengder	Enhet	Kilde/Kommentar
Betongfundament- og søyle			
Skjærelengde betongfundament inkl. søyle	0,3	m ²	Skjæretverrsnitt etter modell fra RIB
Betongfundament + søyle	2,8	m ³	Modell fra RIB
Overflate betongsøyle	6,5	m ²	Overflaten til et betongfundament etter modell fra RIB
Skjærelengde betongsøyle	0,9	lm	Skjæretverrsnitt etter modell fra RIB
Sementbasert membran betongsøyle	43	kg	Benytter 1,7 kg/m ² pr mm tykkelse, med en tykkelse på 2x2 mm.
Betongdekke			
Betongdekke	24	m ³	Modell fra RIB.
Tre og stål			
Tre	7	m ³	Modell fra RIB
Stål - knutepunkt	2	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	kg	Trevirke må beises. Antar 6 m ² tre per liter beis med en litervekt på 0,93 g/cm ³
Tak			
Taktekking	66	m ²	Modell fra RIB
Kryssfiner	0,3	m ³	Modell fra RIB. Antar tykkelse på 5mm
Stål - nedløp, gesimsbeslag, takrenne	88	kg	Anslag etter modell fra RIB. Antar egenvekt på 7900 kg/m ³ for rustfritt stål

Lekehus

Materiale*	Mengder	Enhet	Kilde/Kommentar
Betongdekke			
Betongdekke	8,72	m ³	Modell fra RIB.
Tre og stål			
Tre	1,5	m ³	Modell fra ARK
Ståldrager	70	kg	
Armering	1040	kg	
Ny betong			
Banketter under vegg	10	m ³	Modell fra RIB

*Lekeinstallasjoner som sklier osv er ekskludert.

Vedlegg 2

Inndata for beregning av klimagassutslipp per m² dekke i 6.3. Basert på resultat som ble publisert av Fahlstedt et al. [10].

Table 1 - Summary of the reuse process and the GWP factors for materials, machinery, and processes, based on logged activities by the main and subcontractor

Life cycle phase	Process/material	kgCO2-eq/unit	Unit	Comment	Source
Reuse scenario					
C1–Deconstruction	Sawing	1.30E+00	m²	Sawing (cross-sectional area).	C
	Lifting	9.6/1.05E-03	hr/kg	Lifting concrete slabs.	C, S
	A4-Transport	2.29E-01	tkm	Transport, passenger car.	E
		7.68E-02	tkm	Transport of mobile crane (biodiesel).	S, E
		1.63E-01	tkm	Counterweights to the crane.	S, E
		1.63E-01	tkm	Transport of materials for shoring	C, E
		1.63E-01	tkm	Transport destructive tests.	E
	Testing	1.80E-03	m²	Drilling, carbonatization tests	C
	A1-A3 – Shoring materials	1.40E+00	kg	Plywood	EPD, C
		3.18E+00	kg	XPS	EPD, C
		1.60E-01	kg	Wood beams	EPD, C
	C2 -Transport of waste	1.63E-01	tkm	Plywood waste	E, C
		1.63E-01	tkm	XPS waste	
		1.63E-01	tkm	Wood beams waste	
	C3-C4 – Waste materials	4.19E-01	kg	Plywood waste	C, EPD
		3.21E+00	kg	XPS	
		2.56E-02	kg	Wood beams	
	C2 - EOL	1.63E-01	tkm	plywood	C, E
		1.63E-01	tkm	XPS	
		1.63E-01	tkm	Wood beams	
	C3-C4 – EOL materials	4.19E-01	kg	plywood	C, EPD
		3.18E+00	kg	XPS	
		1.33E-02	kg	Wood beams	
A2 – Transport	To reconditioning	1.63E-01	tkm	Not included stored at site	E
A3 – Manufacture	Reconditioning	3.49E-03	lm	Jackhammer	C, S
		3.08E-03	lm	Angle grinder	
A4 – Transport	To site	1.63E-01	tkm	No transport needed.	E
A5 – Installation	Transport	7.68E-02	tkm	Mobile crane	Same as for C1.
		1.63E-01	tkm	Counterweights	
	Lifting	9.6E+00/1.05E-03	hr/kg	Same as in C1.	
New concrete					
C1	Demolition	9.20E+00	m³	Demolition of concrete slabs	EPD
C2-C3	Transport and waste processing	1.63E-01	tkm	Transport of concrete waste	E
		1.12E+01	m³	Generic process for concrete waste treatment	Ö
		6.72E-02	kg	Rebar removal (140 kg/m³)	EPD, NP
A1-A3	Production	2.30/1.10E+02	m³	Low-carbon B/Extreme.	NP
		4.73E-01	kg	Rebar.	EPD, NP
		4.73E-01	m	Formwork, edges.	NP
		1.84E+00	m²	Formwork - system for reinforced slabs.	NP
		3.07E-01	m²	Curing measures for low-carbon E.	NP
A4	Transport	7.76E-03	m	Formwork - reinforced slabs.	NP
		6.0E-03	kg	Rebar.	NP
		3.30E-02	m²	Formwork - reinforced slabs.	NP
		6.20E+00	m²	Concrete.	NP
		1.30E-02	m²	Curing measures for low-carbon E.	NP
		1.63E-01	tkm	Transport of rebar (for alternative scenario).	E

		6.55E-02	tkm	Concrete truck (alternative scenario).	E
A5	Installation	5.89E-03	m	Formwork, edges.	NP
		5.00E-03	kg	Rebar.	NP
		1.29E+01/6,91E+00	m³	Concrete.	NP
		2.20E-02	m²	Formwork - reinforced slabs.	NP
		1.89E-01	m²	Curing measures for low-carbon E.	NP
		1.01E+00	m³	Concrete pumping	Ö

