

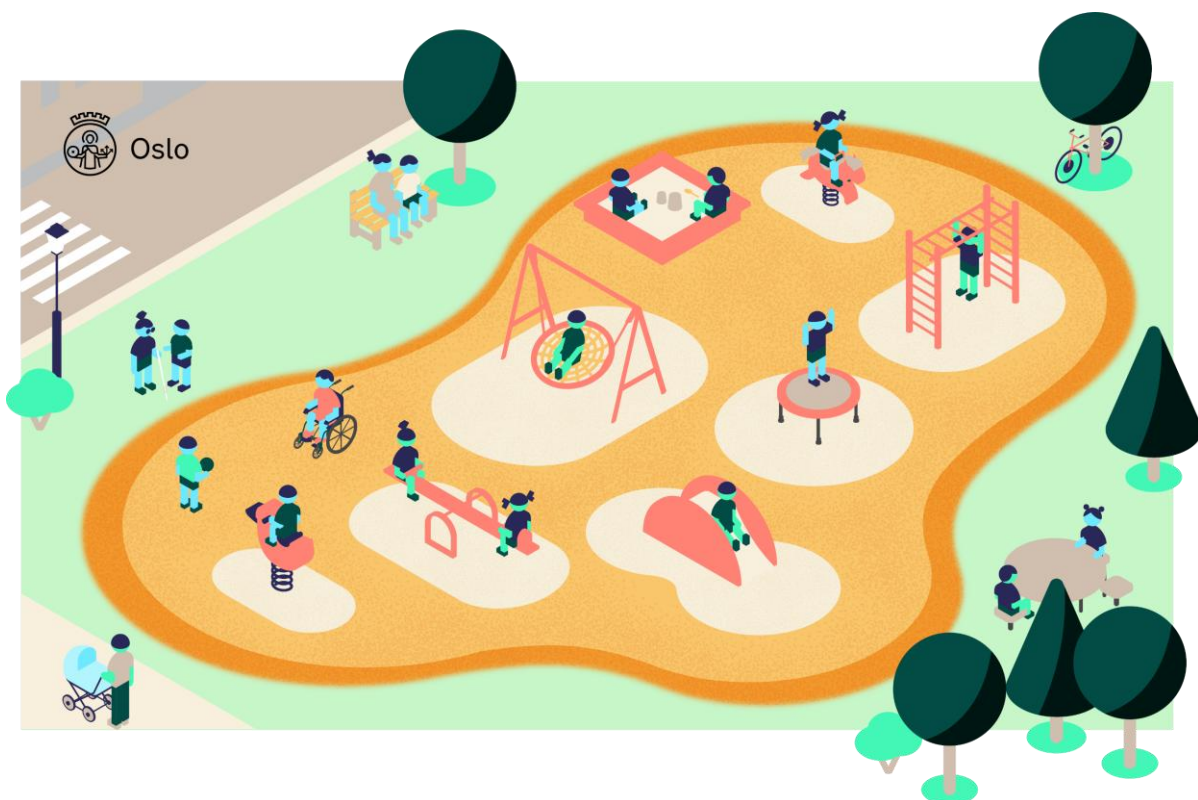
Beregnet til
Oslobygg KF

Dokumenttype
Rapport

Dato
September, 2026

Evaluering av nye fallunderlag

Erfaringer fra innovasjonsprosjektet om utvikling av faste og mer miljøvennlige fallunderlag



Evaluering av nye fallunderlag

Erfaringer fra innovasjonsprosjektet om utvikling av faste og mer miljøvennlige fallunderlag

Oppdragsnavn	FoU-støtte i forbindelse før-kommersiell anskaffelse av fallunderlag
Prosjekt nr.	1350061064-001
Mottaker	Oslobygg KF
Dokumenttype	Rapport
Versjon	1.0
Dato	2026/09/04
Utført av	MYON, AKTE og PRTS
Kontrollert av	JFATRH
Godkjent av	JFATRH
Beskrivelse	Oslobygg KF, Bymiljøetaten i Oslo og Bymiljøetaten i Bergen startet høsten 2022 et innovasjonsprosjekt for å utvikle bærekraftige, brukervennlige og driftssikre fallunderlag til morgendagens lekeplasser. Denne rapporten er en avsluttende evaluering av fallunderlagene i dette prosjektet, og er utarbeidet av Rambøll.

Sammendrag

Oslobygg KF, Bymiljøetaten i Oslo og Bymiljøetaten i Bergen startet høsten 2022 et innovasjonsprosjekt for å bidra aktivt i utviklingen av nye og bedre løsninger for bærekraftige, brukervennlige og driftssikre fallunderlag til morgendagens lekeplasser og andre aktivitetsflater. Innovasjonsprosjektet har mottatt støtte fra Norges Forskningsråd.

Produktene som utvikles skulle:

- Oppfylle fastsatte krav til falldemping og ivareta hensyn knyttet til tilgjengelighet og universell utforming.
- Ikke inneholde helse- og miljøfarlige stoffer og ha mindre kjemikaliebruk enn dagens løsninger.
- Ingen risiko for avrenning av forurensende stoffer eller mikroplast.
- Være robuste og driftssikre.

Det ble først gjennomført en idékonkurranse hvor leverandører ble invitert til å løse en konkret utfordring (fase 0). Produktidéene ble vurdert opp mot kriteriene for fallunderlaget. Deretter ble det inngått forsknings- og utviklingsavtaler med tre leverandører. Prosjektet besto av ytterligere tre faser. De utvalgte leverandørene utarbeidet i fase 1 et løsningsforslag til nye fallunderlag. Videre i fase 2 fikk tre leverandører midler til å utvikle prototyper av innovasjonsproduktene, og til slutt i fase 3 ble det gjennomført felttesting av to utvalgte innovasjonsprodukter: LekeBARK, utviklet av SINTEF, og Baremark, utviklet av Biospinout.

Rambøll har bistått prosjektpartnerne i vurderinger av produktene i fase 2 og fase 3. Denne rapporten beskriver evalueringene av innovasjonsproduktene etter fase 3. I starten av prosjektet ble det utformet en rekke behov og krav til funksjonalitet, innhold av kjemikalier i bestanddeler, avrenning, ressursbruk, avfallshåndtering, klimagassutslipp og drift av innovasjonsproduktene. Innovasjonsproduktene er vurdert ut fra hvordan de oppfyller disse behovene/kravene og er sammenlignet med tre kommersielle produkter valgt ut som referanser. Referanseproduktene er en moderne variant av det klassiske fallunderlaget av gummigranulat, og to som er utviklet for å være mer miljøvennlig. Det ene er basert på kork og plasstøpt. Det andre er et fallunderlag av terrassebord og trelekter i furu montert på demperkomponenter av naturgummi med eller uten justerbare føtter av plast.

Under er det en tabell for hver av innovasjonsproduktene og referanseproduktene som oppsummerer evalueringen av fallunderlagene.

Egenskaper i fallunderlaget Baremark

Beskrivelse av fallunderlag	Fallunderlaget består av sekskantede moduler. Hver modul har et topplag av tau av naturfiber og et bunnlag av treflis som blir bundet sammen av mycel fra sopp. Soppen er en kjuke som bryter ned tre og er ikke giftig.
Kjemikalier og plast i bestanddeler	Fallunderlaget består av organiske materialer, og er det eneste produktet uten noe plastbasert lim eller plastdeler. Det inneholder ikke noen farlige kjemikalier over grenseverdiene i relevante regelverk.
Nedbrytbarhet	Alle deler kan brytes ned i naturen, og det er ingen fare for avrenning av mikroplast.
Potensial for resirkulering	Bunnlaget kan komposteres. Topplaget kan energiggjenvinnes.
Sirkularitet	De fleste materialene er fornybare sekundære ressurser. *
Klimagassutslipp	Middels til lave klimagassutslipp sammenlignet med de vurderte produktene.
Funksjonalitet	Fallunderlaget har god kritisk fallhøyde gjennom testperioden. Det er ikke permeabelt (gjennomtrengelig), men vann drenerer mellom moduler. Det ble utover testperioden observert nedsenkninger i moduler som samler opp vann. Fallunderlaget er rullevennlig, men gjennom testperioden ble det forskyvninger mellom moduler som førte til at kanter som stod opp. Kanter sammen med nedsenkninger på midten av modulene ga økt rullemotstand.
Vedlikehold og drift	Det ble observert soppvekst mellom skjøtene. Topplaget løsnet på enkelte moduler, særlig dem som var kuttet til for å passe langs kanter og leker. Moduler er løse og på en lokalitet hvor de ble testet plukket barn opp moduler. Ikke alle modulene beholdt formen sin gjennom testperioden, noen fikk nedsenkninger i midten, og det ble mindre forskyvninger i høyden imellom dem.

* Se kapittel 4.2 for definisjon av ressurstyper.



Foto: Margrethe Vikan Sæbø / Bergen kommune

Egenskaper i fallunderlaget LekeBARK

Beskrivelse av fallunderlag	Fallunderlaget er av bark (90 %) og bindemiddel (10 %). Det består av ett lag og er støpt på stedet.
Kjemikalier og plast i bestanddeler	Bindemiddelet inneholder polyuretan (PU) som er fossilbasert plast, og andre additiver. Diisocyanater i PU utgjør en helsefare ved montering. Det er derfor nødvendig med rutiner og bruk av verneutstyr. Leverandøren ser på utvikling av et biobasert lim uten bruk av PU.
Nedbrytbarhet	Hovedbestanddelen bark er nedbrytbart. Bindemiddelet består av PU som er et plastprodukt og en mulig kilde til mikroplast. Dette vil være en mye mindre kilde enn fallunderlag som er 100 % av plast, da bindemidlet utgjør en liten del av produktet. Tilsetning av lignin og tannin i bindemiddelet kan bidra til raskere nedbrytning.
Potensial for resirkulering	Produktet kan komposteres, men full nedbrytning av PU-limet er ikke tilstrekkelig dokumentert ennå.
Sirkularitet	De fleste materialene er fornybare sekundære ressurser. *
Klimagassutslipp	Lavt klimagassutslipp sammenlignet med de vurderte produktene
Funksjonalitet	Fallunderlaget har høy kritisk fallhøyde. Utbedrede områder, hvor det ble benyttet en større mengde lim hadde noe lavere kritisk fallhøyde, men fortsatt over kravet på 1,7 m. Fallunderlaget var svært permeabelt etter montering. Det er rullevennlig, men med mer motstand enn de andre testede referanseproduktene av fallunderlag. Fallunderlaget er sklisikkert.
Vedlikehold og drift	Det var mye slitasje på fallunderlaget under testperioden, og behov for reparasjoner. Noen steder havnet det organisk materiale og avfall i fallunderlaget, og leverandør oppgir at fallunderlaget lar seg rengjøre som andre plasstøpte fallunderlag, men dette er ikke blitt testet. I Bergen så det ut som om barken kan ha begynt å brytes ned. Nedbrytning kan skyldes at det ble benyttet mer finkvernet barkflis i fallunderlaget.

* Se kapittel 4.2 for definisjon av ressurstyper.



Foto: Margrethe Vikan Sæbø / Bergen kommune

Egenskaper i fallunderlag av gummi

Beskrivelse av fallunderlag	Fallunderlaget består av et bunnlag som er støtdempende og et topplag som er mer slitesterkt. Både topplag og bunnlag består av gummigranulat (plast) og bindemiddel, men det er mer bindemiddel i forhold til mengden gummigranulat i topplaget.
Kjemikalier og plast i bestanddeler	Alle bestanddeler består av plast. Topplaget er av gummigranulat av etylen-propylen-dien-monomer (EPDM) avfall fra produksjonen av andre produkter som joggesko. Bunnlaget er av gummigranulat av EPDM, naturgummi og styren-butadien-gummi (SBR). I gummigranulatet er det tilsatt additiver og fargepigmenter, men det skal ikke være kjemikalier fra kandidatlisten, eller over grenseverdiene i relevant regelverk. Bindemidlet i både topp- og bunnlag består av PU. Diisocyanater i PU-limet utgjør en helsefare ved montering før de herder. Det er derfor nødvendig med rutiner og bruk av verneutstyr.
Nedbrytbarhet	Ikke nedbrytbart, slitasje fører til dannelse og avrenning av mikroplast.
Potensial for resirkulering	Produktet kan energigjenvinnes.
Sirkularitet	Omtrent halvparten av materialene er ikke-fornybare sekundære ressurser og halvparten er ikke-fornybare primære ressurser. *
Klimagassutslipp	Klimagassutslipp er høyere enn innovasjonsproduktene.
Funksjonalitet	Fallunderlaget er rullevennlig og permeabelt. Fallhøyde tilpasses ved tykkelsen på bunnlaget. Kan bli glatt ved frost.
Vedlikehold og drift	Fallunderlaget er slitesterkt og lett å vedlikeholde. Det kan rengjøres med vann.

* Se kapittel 4.2 for definisjon av ressurstyper.



Foto: Finn Ståle Felberg

Egenskaper i fallunderlag av kork

Beskrivelse av fallunderlaget	Fallunderlaget er plasstøpt. Hoveddelen er kork som tilsettes bindemiddel som består av PU. Dette er barken på eiketrær i Portugal og som kan høstes jevnlig. Korken i fallunderlaget er delvis rester fra annen produksjon som vinkorker.
Kjemikalier og plast i bestanddeler	Hoveddelen av fallunderlaget er av organiske materialer. Som for andre plasstøpte produkter benyttes det et PU-basert lim som inneholder diisocyanater. Diisocyanater kan utgjøre en helsefare ved montering før de herder. Det benyttes også løsemidlet aceton blandet med bindemiddel som primer. Det er derfor nødvendig med rutiner og bruk av verneutstyr. Utover dette inneholder produktet ikke farlige kjemikalier over grenseverdier i relevant regelverk.
Nedbrytbarhet	Kork er nedbrytbart, men PU-lim kan føre til dannelse av mikroplast
Potensial for resirkulering	Produktet kan energigjenvinnes.
Sirkularitet	Blanding av fornybare og ikke-fornybare primære ressurser, og primære og sekundære ressurser. *
Klimagassutslipp	Lavt klimagassutslipp sammenlignet med de vurderte produktene.
Funksjonalitet	Fallunderlaget er rullevennlig og permeabelt. Det har god støtabsorberende evne, hvor kritisk fallhøyde tilpasses med tykkelse på bunnlaget. Kan bli glatt ved frost.
Vedlikehold og drift	Litt slitasje er observert rundt lekeapparater. Fallunderlaget kan vaskes med vann.

* Se kapittel 4.2 for definisjon av ressurstyper.



Foto: Oslobygg KF

Egenskaper i fallunderlaget ShockDeck

Beskrivelse av fallunderlaget	Fallunderlaget består av trevirke som utgjør ca. 95 % og en demperkomponent av naturgummi som kan monteres i justerbare føtter av plast. Trevirket er kobber (Cu)-impregnert lekter monter i demperkomponenten og deretter monteres terrassebord på lektene.
Kjemikalier og plast i bestanddeler	Det benyttes helse- og miljøfarlige kjemikalier i Cu-impregnert trevirke. Dette er en miljøutfordring ved produksjon og avfallshåndtering, men ikke ved bruk. For terrassebordene er det alternativer til impregnering som er mer miljøvennlige. Demperkomponent av naturgummi er tilsatt additiver (kjemikalier), Leverandøren oppgir at det ikke er farlige kjemikalier over grenseverdiene i relevante regelverk i demperkomponenten. Det kan benyttes justerbare føtter av plast som vil være tilsatt additiver.
Nedbrytbarhet	Trevirke kan materialgjenvinnes eller energigjenvinnes avhengig av produktet som er valgt. Demperkomponenten og justerbare føtter kan materialgjenvinnes eller energigjenvinnes.
Potensial for resirkulering	Den store delen av materialene er fornybare primære resurser. *
Klimagassutslipp	Informasjon er ikke tilgjengelig.
Funksjonalitet	Fallunderlaget er rullevennlig. Det var en del variasjon i målt kritisk fallhøyde, men alltid innenfor spesifikasjonene til lekeapparatene. Fallunderlaget er ikke permeabelt, men det drenerer imellom planker. Fallunderlaget er sklissikkert, men det er blitt observert at fallunderlaget er glattere ved frost.
Vedlikehold og drift	Terrassebord er holdbare og kan rengjøres.

* Se kapittel 4.2 for definisjon av ressurstyper.



Foto: Oslobygg KF

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
1. Bakgrunn	9
1.1 Gjennomføring av prosjektet	9
1.2 Beskrivelse av nyutviklede produkter	10
1.2.1 Baremark	10
1.2.2 LekeBARK	11
1.3 Beskrivelse av referanseprodukter	12
1.3.1 Gummiprodukt	12
1.3.2 Korkprodukt	13
1.3.3 ShockDeck	13
2. Metode for evaluering	13
3. Kjemisk innhold og materialbruk	14
3.1 Innhold i produktets bestanddeler	14
3.1.1 Evaluering av bestanddeler i Baremark	15
3.1.2 Evaluering av bestanddeler i LekeBARK	15
3.1.3 Evaluering av bestanddeler i gummiprodukt	16
3.1.4 Evaluering av bestanddeler i korkprodukt	17
3.1.5 Evaluering av bestanddeler i ShockDeck	17
3.2 Nedbrytbare bestanddeler og mikroplast	18
3.2.1 Generelt om nedbrytning av plast	18
3.2.2 Baremark	19
3.2.3 LekeBARK	19
3.2.4 Baremark	19
3.2.5 Gummiproduktet	20
3.2.6 Korkproduktet	20
3.2.7 ShockDeck	20
3.3 Kjemikaliebruk ved montering/legging	20
4. Sirkulærressursbruk og klimagassutslipp	21
4.1 Ombruk og materialgjenvinning	21
4.1.1 Baremark	21
4.1.2 LekeBARK	21
4.1.3 Gummiprodukt	21
4.1.4 Korkprodukt	22
4.1.5 ShockDeck	22
4.1.6 Oppsummering	22
4.2 Fornybar og sirkulær ressursbruk	22
4.2.1 Baremark	23
4.2.2 LekeBARK	23
4.2.3 Gummiprodukt	23
4.2.4 Korkprodukt	23
4.2.5 ShockDeck	23
4.2.6 Oppsummering	24
4.3 Livsløpsvurdering (LCA)	24
4.3.1 Baremark	25
4.3.2 LekeBARK	25
4.3.3 Gummiprodukt	25

4.3.4	Korkprodukt	25
4.3.5	ShockDeck	25
4.3.6	Oppsummering	25
5.	Funksjonelle behov og testing av fallunderlagene	26
5.1	Gjennomføring av testperioden	26
5.2	Observasjoner og driftskontroll i testperioden	28
5.2.1	Baremark	28
5.2.2	LekeBARK	29
5.3	Kontroll av soppvekst	30
5.4	Funksjonelle behov	31
5.4.1	Støtabsorberende evne	31
5.4.2	Rullevennlig overflate	35
5.4.3	Drenerende egenskaper	35
5.4.4	Sklisikker overflate	37
5.4.5	Grafiske og visuelle muligheter	38
6.	Livsløpskostnader	38
7.	Oppsummering	39
8.	Referanser	41

1. Bakgrunn

Det er mange forskjellige typer fallunderlag av både naturlige og syntetiske materialer som gress, kunstgress, sand, bark, kork og gummigranulat. Med tiden har fallunderlag på lekeplasser skiftet fra løse fallunderlag av naturlige materialer som sand til at den dominerende løsningen på lekeplasser er faste fallunderlag som plaststøpt gummigranulat. Dette har vært drevet av hensyn til sikkerhet, universell utforming og drift.

Med økt bruk av fallunderlag av gummigranulat har det kommet fram miljøutfordringer knyttet til disse materialene som spredning av mikroplast, innhold av farlige kjemikalier og avrenning til grunn og vann av miljøgifter. Siden har det vært betydelig utvikling innen fallunderlag av gummigranulat.

Økt bevissthet rundt klima, miljø og sirkulær ressursbruk har også ført til utvikling av alternative fallunderlag som har de samme fordelene som gummibaserte fallunderlag, nemlig sikkerhet, tilgjengelighet for alle brukergrupper og enkel drift og renhold.

I Oslo kommune og Bergen kommune er det til sammen mange tusen kvadratmeter med lekearealer hvor det er behov for fallunderlag. Kommunene er ansvarlige for driften og benytter renere fallunderlag av nyprodusert gummi samt tilstreber å begrense bruken til kun arealer der det er fallrisiko. Ambisjonen er å fase ut gummibaserte fallunderlag, og for å få til det trenger kommunene flere alternativer.

1.1 Gjennomføring av prosjektet

Selv om plasstøpt gummi oppfyller kravene til god drift og universell utforming, ønsker Oslobygg, Bymiljøetaten i Oslo og Bymiljøetaten i Bergen å kunne tilby varierte og mer miljøvennlige alternativer til innbyggerne i kommunene. Derfor startet Oslobygg, Bymiljøetaten i Oslo og Bymiljøetaten i Bergen dette innovasjonsprosjektet høsten 2022 for å bidra aktivt til utviklingen av nye og bedre løsninger for bærekraftige, brukervennlige og driftssikre fallunderlag til morgendagens lekeplasser og andre aktivitetsflater.

Produktene som utvikles skulle:

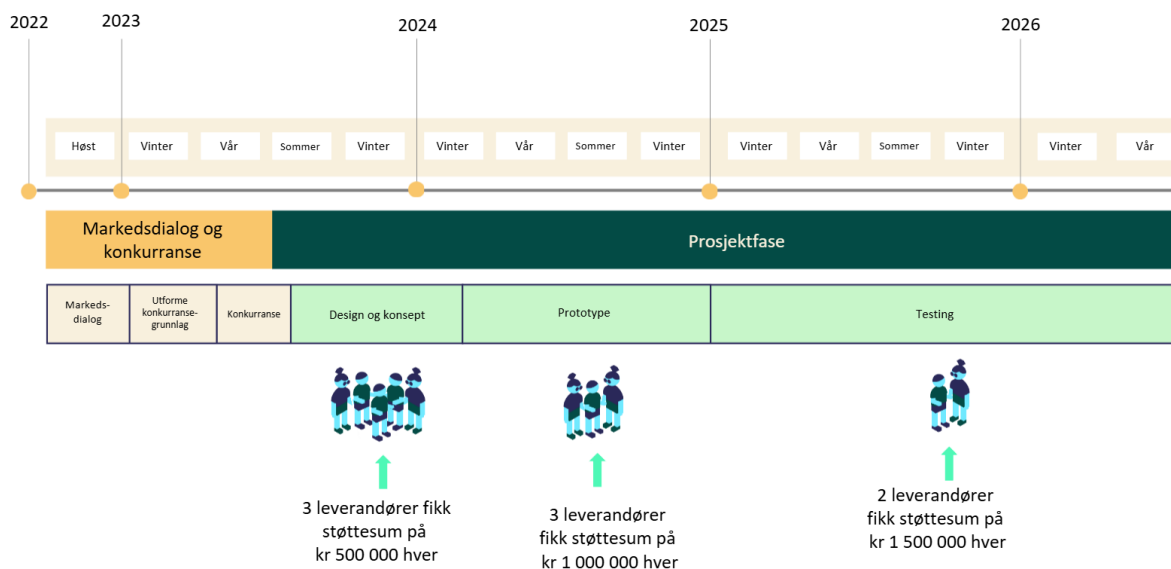
- Oppfylle fastsatte krav til falldemping og ivareta hensyn knyttet til tilgjengelighet og universell utforming.
- Ikke inneholde helse- og miljøfarlige stoffer og ha mindre kjemikaliebruk enn dagens løsninger.
- Ingen risiko for avrenning av farlige stoffer eller mikroplast.
- Være robuste og driftssikre.

I prosjektet er fallunderlag definert som støtdempende materiale under lekeapparater der det er krav til fallsikring. Fallunderlaget skal dekke sikkerhetssonen rundt lekeapparater. Et godt produkt kan likevel ha et bredt bruksområde på lek- og aktivitetsflater i offentlige rom, på idrettsplasser (for eksempel i sportsdekker) og i andre arealer.

Prosjektet begynte med en idékonkurranse hvor leverandører ble invitert til å løse en konkret utfordring (fase 0 - markedsdialog og konkurranse, Figur 1). Ut fra evalueringen av produktidéene

opp mot tildelingskriteriene ble det inngått forsknings- og utviklingsavtaler med tre leverandører, og selve prosjektfasen startet opp.

Prosjektfasen besto av tre faser. De utvalgte leverandørene utarbeidet i fase 1 (design og konsept) et løsningsforslag til nye fallunderlag. I fase 2 (prototype) fikk leverandører midler til å utvikle prototyper av sine løsningsforslag til fallunderlag. I fase 3 (testing) ble to av prototypene utvalgt og videreutviklet til innovasjonsprodukter som det ble gjennomført et år med testing ute i felt under bruk.



Figur 1 Illustrasjon av gjennomføringen av prosjektet med utvikling av innovasjonsprodukter for nye miljøvennlige fallunderlag.

Denne rapporten beskriver evalueringene av innovasjonsproduktene etter fase 3. I starten av prosjektet ble det utformet en liste med behov og tilhørende krav til funksjoner som innovasjonsproduktene skulle eller burde oppfylle. Innovasjonsproduktene er vurdert ut fra hvordan de oppfyller disse behovene, heretter omtalt som evalueringskriterier, og sammenlignet med tre kommersielle produkter valgt ut som referanser, samt øvrig litteratur om miljøproblematikk og sirkulær ressursbruk knyttet til fallunderlag. Oslobygg har engasjert Rambøll til å gjøre de miljømessige og funksjonelle evalueringene av fallunderlagene.

1.2 Beskrivelse av nyutviklede produkter

1.2.1 Baremark

Fallunderlaget består av moduler som er sekskantede. På samme måte som et tradisjonelt fallunderlag består Baremark av fyllmasse og et bindemiddel og er fordelt i et bunnlag og et topplag. Bunnlaget består av celluloseflis, som er et biprodukt/restråstoff fra skogbruk i Norge. Bindemiddelet er mycel, den vegetative delen av sopp, som vil gro inn i materialet og danne et nettverk som gradvis bryter ned flisen mens det binder massen til et sammenhengende, fast dekke med støtabsorberende egenskaper. Det nye fallunderlaget kan leveres med både dødt og levende mycel. Flere ulike materialer blant annet tau av naturfiber, filtet ull og planker av gran er vurdert som mulig topplag. Det er testet ut topplag av naturfibertau og levende mycel i bunnlaget

i fase 3 (Figur 2 Nærbilde av fallunderlagene LekeBARK til venstre og Baremark til høyre rett etter montering. Foto: Margrethe Vikan Sæbø / Bergen kommune).

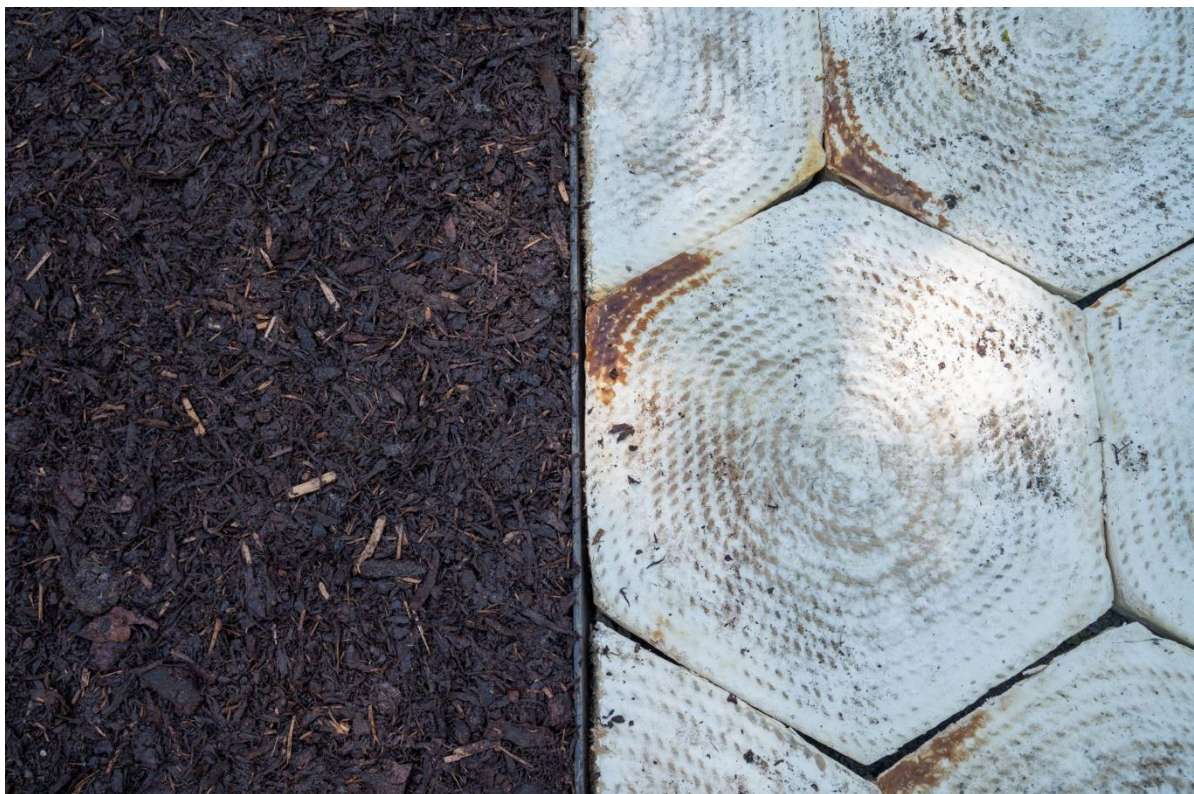
Visjonen til leverandøren er et produkt som er levende og selvhelende, og som kan bidra positivt til det omkringliggende miljøet. I evalueringen av fallunderlaget ble det benyttet moduler av levende mycel med tau i naturfiber som topplag.

Modulene monteres oppå drenerende masser, og det er testet med og uten sand imellom modulene. De er ikke festet til grunnen eller hverandre, men holdes på plass av omkringliggende grunn/vegetasjon eventuelt monterte kanter. Formen på modulene gjør at det er mulig å montere i hellende terreng. Modulene må skjæres i eller lages i andre former for å tilpasses fester på lekeapparater og faste kanter.

1.2.2 LekeBARK

LekeBARK er et ettlags fallunderlag som består av granbark som fyllmasse og et bindemiddel som består av en limbase basert på polyuretan (PU) tilsatt lignin og tannin. Granbark er et restråstoff/biprodukt fra treforedlingsfabrikker og sagbruk i Norge. Lignin/tannin er et biprodukt fra nåltrær.

Fallunderlaget monteres som andre plaststøpte fallunderlag. Limbasen blandes med lignin/tannin og deretter med fyllmaterialet granbark på stedet før det legges ut og får herde (Figur 2 Nærbilde av fallunderlagene LekeBARK til venstre og Baremark til høyre rett etter montering. Foto: Margrethe Vikan Sæbø / Bergen kommune). grunnen der fallunderlaget monteres må bestå av komprimerte og drenerende masser. Fallunderlaget kan ha en fast kantomramming eller monteres inntil organisk materiale/vegetasjon. Fordelen med plaststøpt fallunderlag er at det enkelt monteres rundt fester til lekeapparater og det hefter godt til andre materialer. Det kan også monteres i hellende og kupert terreng.



Figur 2 Nærbilde av fallunderlagene LekeBARK til venstre og Baremark til høyre rett etter montering. Foto: Margrethe Vikan Sæbø / Bergen kommune

1.3 Beskrivelse av referanseprodukter

På det kommersielle markedet har det også vært en utvikling i fallunderlag. Dette er som følge av økt oppmerksomhet knyttet til miljøutfordringer som spredning av mikroplast fra fallunderlag og utlekking av kjemikalier, samt krav fra kjøpere om alternativer. Tre produkter er valgt ut som referanser, deriblant et moderne fallunderlag av gummigranulat.

1.3.1 Gummiprodukt

Dette produktet har et topplag og bunnlag som er plastbaserte. Topplaget i referanseproduktet består av etylen-propylen-dien-monomer (EPDM)-gummi. Det kan enten velges et topplag av ny EPDM eller resirkulert EPDM som er avfall mottatt direkte fra produksjonen av andre produkter som sneakers/joggesko. I det vurderte referanseproduktet er det benyttet resirkulert materiale. Dette sikrer god oversikt over materialstrømmen og kontroll med innholdet av kjemikalier. Topplaget er 10-15 mm og tilsatt et bindemiddel som består av PU.

Bunnlaget i referanseproduktet består av et gummigranulat bestående av EPDM, naturgummi (NR) og styren-butadiengummi (SBR). Dette granulatet blandes med et bindemiddel som består av PU. Tykkelsen på bunnlaget varierer med ønsket fallhøyde.

Fallunderlaget monteres på drenerende masser. Gummigranulat blandes med limbasen på stedet, fordeles utover og må deretter få tid til å herde. Bunnlaget og topplaget støpes hver for seg. Blandingen er elastisk og enkel å montere rundt fester til lekeapparater og i kupert terreng.

1.3.2 Korkprodukt

Fallunderlaget består av et topplag og et bunnlag som begge består av kork og et bindemiddel basert på PU. Topplaget, som skal være slitesterkt, er tynnere og består av en høyere andel lim enn bunnlaget. Bunnlaget er det støtdempende laget og tykkelsen varierer avhengig av nødvendig fallhøyde.

Korkbasert fallunderlag har erstattet gummigranulat med den ytre barken fra korktrær i Portugal. Barken på korktrær vokser kontinuerlig og kan høstes hvert niende år uten å påføre trærne skade. Korken som benyttes i fallunderlaget er rundt 50 % restråstoff/biprodukt fra annen produksjon.

Grunnen må bestå av fast materiale som asfalt eller betong eller med komprimerte drenerende masser. Før montering av fallunderlaget må grunnen primes. Dette gjøres ved å smøre ut en blanding av limbasen og aceton på grunnen for å få bedre heft. Kork blandes med limbasen i riktig forhold på stedet, fordeles utover og må deretter herdes. Det støpes i to omganger, bunnlag og topplag hver for seg. Dette produktet er også et plasstøpt fallunderlag som gir fordelen av at det enkelt monteres rundt fester til lekeapparater og kan monteres på mer kupert terreng.

1.3.3 ShockDeck

Referanseproduktet ShockDeck™ fra leverandøren Rampeline er et nyutviklet produkt og består primært av trevirke. Produktet er bygget opp med furuterrassebord og kobberimpregnerte furulektene, med demperkomponenter av naturgummi og justerbare føtter i plast. Til sammen utgjør disse delene et støtdempende fallunderlag som vi i rapporten heretter omtaler som ShockDeck.

Demperkomponenten av fallunderlaget er produsert utenfor Norge. Trevirke kan skaffes fra lokale byggevareforhandlere, og det er opp til kunden å velge produktet. Det er mange norske produkter av terrassebord og lektene. For terrassebord er det mange valgmuligheter på markedet, som kobberimpregnert, trykkimpregnert i olje, mineralbehandlet eller vann- og varmebehandlet. Miljøfotavtrykket for disse produktene varierer, og enkelte av dem er svanemerkede produkter.

Fallunderlaget monteres på betong eller komprimerte drenerende masser. Lektene settes i demperkomponenten. Det skal være en gitt avstand mellom demperkomponentene og lekten for å sikre riktig demping. Terrassebord skrues i lektene. Rundt fallunderlaget skal det være en kant i betong, belegningsstein, stål eller trevirke. Fallunderlaget tilpasses lekeapparater ved å skjære ut utsparinger i trevirke. ShockDeck kan ikke monteres i skrånene eller hellende terreng, og kan ikke utformes med bølger eller nedadgående ytterkanter.

2. Metode for evaluering

Innovasjonsprodukter og referanseprodukter er evaluert opp mot følgende evalueringskriterier for fallunderlagene som kan deles inn i fire grupper:

1. Funksjonelle behov
 - a. Støtabsorberende evne – minimum fallhøyde på 1,7 m
 - b. Rullevennlig overflate

- c. Drenerende egenskaper
- d. Sklisikker overflate
- e. Grafisk og visuelle muligheter
- f. Byggetekniske løsninger
- 2. Kjemisk innhold og materialbruk
 - a. Innhold i produktets bestanddeler – inneholder produktet fossilbasert plast og/eller helse- og miljøfarlige stoffer over gjeldende grenseverdier
 - b. Nedbrytbare bestanddeler
 - c. Kjemikaliebruk ved montering/legging
- 3. Livsløpskostnader – drift og vedlikehold
 - a. Livsløpskostnader
 - b. Hærverk
 - c. Reparasjon
 - d. Antennelighet
- 4. Sirkulærressursbruk og klimagassutslipp
 - a. ombruk og materialgjenvinning
 - b. fornybar og sirkulær ressursbruk
 - c. Livsløpsvurdering

Evalueringen er gjort basert på dokumentasjon fra leverandørene, intervjuer, kjemiske analyser, livsløpsvurdering (LCA), gjennomføring av funksjonelle tester og gjennomføring av en ettårs testperiode av innovasjonsproduktene.

For evalueringskriteriene ombruk/materialgjenvinning og fornybar og sirkulær ressursbruk ble det regnet ut en score basert på informasjonen om de ulike bestanddelene i fallunderlaget og vektandelen de utgjør av fallunderlaget.

Intervjuene med leverandørene av innovasjonsprodukter og referanseprodukter ble gjennomført over Teams og varte i ca. en time. Leverandørene fikk her mulighet til å forklare hvordan deres produkter oppfyller evalueringskriteriene, og komme med detaljer og spesifisering av overlevert dokumentasjon.

Mer detaljer om metode, gjennomføringen av testperioden, utførelsen av funksjonelle tester og resultatene fra evalueringen er nærmere beskrevet i kapittel 3–6.

3. Kjemisk innhold og materialbruk

3.1 Innhold i produktets bestanddeler

Fallunderlagene ble vurdert ut fra hvilke bestanddeler de består av og det kjemiske innholdet. Leverandørene av innovasjonsproduktene fikk som krav å utvikle fallunderlag som ikke inneholdt fossilbasert plast.

I tillegg skulle det redegjøres for innholdet av kjemikalier med tanke på hudkontakt, om det svelges, og mulige utslipp til terreng og vann rundt fallunderlaget. Innovasjonsproduktene skulle tilstrebe å oppfylle kravene til innhold i leketøy, angitt i leketøysforskriften. Innholdet av stoffer på prioritetslisten (Miljødirektoratet) eller kandidatlisten (REACH) skal ikke overstige 0,1

vektprosent. I tillegg ble det gjennomført kjemiske analyser av innovasjonsproduktene. Det ble tatt en prøve av hvert fallunderlag og analysert for metaller¹ og².

Selv om et kjemikalie er klassifisert som helse- og miljøfarlig, betyr ikke det at alle produkter som inneholder dette kjemikallet vil være farlige eller skadelige. Det er den totale mengden, altså konsentrasjonen av kjemikalet i produktet, som er avgjørende, og hvordan man eksponeres, dvs. er i kontakt med det. Det er nettopp derfor regelverket i leketøyforskriften har grenseverdier, og disse grenseverdiene tar hensyn til at barn for eksempel putter leketøy i munnen og at barn er mer sårbare siden de er små og i utvikling.

3.1.1 Evaluering av bestanddeler i Baremark

Bestanddelene i fallunderlaget er alle organiske materialer. Sopp/mycel som er benyttet i fallunderlaget er en kjuke som forårsaker hvitråte, og den ikke er giftig, men benyttes som medisinsk sopp i asiatiske land [1]. Leverandøren har oppgitt at bestanddelene ikke skal inneholde kjemikalier over grenseverdiene i leketøyforskriften, REACH (det europeiske kjemikalierregelverket) vedlegg 17, REACHs kandidatliste eller den norske prioritetslista. Analyse av tungmetaller og ftalater var under deteksjonsgrensen unntatt sink, kadmium og kobber. Konsentrasjonen av disse metallene var under grenseverdiene i leketøyforskriften. Det er ingen tilgjengelig informasjon om utlekking av kjemikalier fra produktet.

Dette er det eneste fallunderlagene av innovasjonsproduktene og referanseproduktene som ikke inneholder noen bestanddeler basert på plast.

3.1.2 Evaluering av bestanddeler i LekeBARK

LekeBARK består av 90 % bark og 10 % bindemiddel (ut fra vekten til produktet). Bindemidlet består av 90 % polyuretan (PU) og resten (10 %) er erstattet med (biobasert) lignin og tannin fra bark. PU-limet i bindemiddelet er inntil 50 % polymerer som består av difenylmetandiisocyanat (blanding av isomerer, cas-nr. 9016-87-9). Det skal ikke være stoffer fra kandidatlista i PU-limet over 0,1%.

Bruk av PU i bindemiddel er vanlig for faste plaststøpte fallunderlag på grunn av fleksibiliteten til dette materialet. PU inneholder diisocyanater som difenylmetandiisocyanat. Mengden diisocyanater i PU er helsefarlig før herding når det er flytende eller som damp og areosoler i luften [2]. Dette betyr at det kun er en fare ved montering. Fallunderlag med PU-basert bindemiddel er ikke farlig ved bruk/lek.

På grunn av de kjente helsefarene ved isocyanater [2] arbeider SINTEF som er leverandør av fallunderlaget LekeBARK med å utvikle et PU-bindemiddel som er biobasert og isocyanatfritt.

PU-basert lim består av fossilbasert polymer og er et plastprodukt. Det vil si at fallunderlaget består av plast, men dette utgjør en svært liten del av produktet.

Analyser av en tidligere prototype av fallunderlaget, som ikke er produktet som ble benyttet i testperioden, målte nivåer av bly (6,8 mg/kg) over grenseverdien (2,0 mg/kg) i leketøyforskriften for tørt, sprøtt, pulverlignende eller bøyelig leketøysmateriale. Vi antar at blyet kommer fra

¹ arsen, bly, kadmium, kobber, krom total og seksverdig, kvikksølv, nikkel og sink

² actyltributylcitrat, butylbenzylftalat, dibutyladipat, dibutylftalat, dietylftalat, dietylheksyladipat, dietylheksylftalat, di-isobutyladipat, diisobutylftalat, diisooheptylftalat, dimetylftalat, DINCH, di-n-oktylftalat, dipentylftalat, sum av dionylftalat og diisononylftalat og tributylfosfat

barken, lignin eller tannin. Resultatet av analysen er kun basert på en prøve og det er derfor knyttet usikkerhet til resultatet. Dette viser at naturlige og organiske materialer også kan inneholde stoffer som kan utgjøre en fare i store konsentrasjoner. Planter kan for eksempel ta opp miljøgifter fra jordsmonnet de vokser i. Kontroll av alle råmaterialer før produksjon er derfor viktig og ble fulgt opp i videre utvikling av produktet.

Det er ingen tilgjengelig informasjon om utlekking av kjemikalier fra produktet.

3.1.3 Evaluering av bestanddeler i gummiprodukt

Fallunderlaget består av gummigranulat og PU-basert bindemiddel og er et rent fossilbasert plastprodukt.

Bunnlaget av fallunderlaget består av 17 % i vekt av bindemiddel, mens topplaget består av 9 % i vekt av bindemiddel. Total utgjør bindemiddelet 12 % av fallunderlaget ut fra vekt. Det PU-baserte bindemiddelet består også av diisocyanat, og det vil som for LekeBARK utgjøre en helsefare ved montering, men ikke under bruk når bindemiddelet har herdet.

Gummigranulatet benyttet i fallunderlaget er av EPDM i topplaget og i bunnlaget av EPDM, naturgummi og SBR. I produktdatabladet er det oppgitt at disse plastpolymere utgjør 21% av gummigranulatet mens additiver (kjemikalier som tilsettes produktet for å gi det bestemte egenskaper) utgjør 66 % og fargepigmenter utgjør 13 %.

Vi vet ikke hvilke kjemikalier som er benyttet som additiver og fargepigmenter i gummigranulatet, men det er opplysninger i produktdatabladene om helse- og miljøfare. I det EPDM-baserte granulatet i topplaget er det gjennomført flere tester. Gummigranulatet er testet etter standarden Sikkerhet for leketøy (NS-EN 71-3, del 3). Den er prøvd etter metoder for utlekking av ulike helse- og miljøfarlige stoffer. Formålet er å vurdere om suging, slikking, svelging eller langvarig hudkontakt med produktet utgjør en fare.

En utfordring med plastprodukter at det er mange additiver som benyttes i plastproduksjon og det er manglende kunnskap hvordan de kan påvirke miljø og helse [3].

Gummigranulat fra topplaget bestod disse testene. Innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er også testet og innenfor grenseverdiene i REACH (vedlegg XVII) [4]. Topplaget er ellers i tråd med REACH-regelverket. I produktdatabladet for gummigranulat i bunnlaget er det oppgitt at det ikke utgjør en fare for liv og helse, og leverandøren oppgir at det er i samsvar med REACH, og testene viser at det ikke inneholder PAH over grenseverdier.

Tidligere studier av fallunderlag og kunstgressmatter har vist innhold av tungmetaller, PAH, ftalater, alkylfenoler og andre forbindelser i gummigranulat. De viser også at det tidligere er benyttet mye SBR blant annet fra resirkulerte dekk, mens moderne fallunderlag som installeres i dag i stor grad benytter EPDM. Det er antatt at innholdet av tungmetaller og kjemikalier generelt er lavere i EPDM enn i SBR og at mengden PAH er redusert i nyere produkter. Tidligere studier viser at flere av disse miljøgiftene kan lekke ut av gummigranulat av SBR. Folkehelseinstituttet anbefaler derfor at det ikke benyttes resirkulert gummigranulat fra bildekk i fallunderlag. De har videre vurdert studier om helseeffekter som følge av innånding eller hudopptak av støv eller avgassing fra gummigranulat, samt svelging av gummigranulat. Ut fra dette har de konkludert med [4, 5].

Det er gjennomført utlekkingstester av gummiproduktet som er benyttet som referanse i dette prosjektet. Dette er ristetester, der materialet er plassert i kolonner med vann, og ristes i 24 timer. Utlekking av følgende kjemikaliegrupper er analysert; metaller, ftalater, per- og polyfluorente stoffer (PFAS), alkylfenolene octyl- og nonylfenoler og deres ethoxylater, fenol og benzotriazol. Konsentrasjonen av kjemikalier måles i det filtrerte vannet fra ristetestene (eluatet). Fallunderlaget er testet etter kriteriene i standarden DIN 18035-7:2002. Denne standarden er bredt benyttet for testing av fallunderlag av syntetiske materialer. Standarden har kun grenseverdier for mengder av metaller og PFAS som kan lekke ut av fallunderlaget uten å utgjøre en betydelig miljøpåvirkning.

For metallene var konsentrasjonen av bly, kobber, kadmium og nikkel under deteksjonsgrensen. Konsentrasjonen var altså så lav at den ikke kunne måles, eller at kjemikalet ikke var til stede. Konsentrasjonen av sink var 120 µg/L, krom 0,58 µg/L og kvikksølv 0,048 µg/L som er langt under grenseverdiene for utlekking i standarden (sink 500 µg/L, krom 50 µg/L og kvikksølv 1 µg/L). Ftalater og PFASer var alle under deteksjonsgrensene. Alkylfenolene og deres ethoxylater var også under deteksjonsgrensen, unntatt 4-t-oktylfenol, som hadde en konsentrasjon på 0,062 µg/L. Utlekkingstester representerer en konservativ vurdering av potensialet for utlekking, et såkalt «worst case scenario». Det ble påvist lave konsentrasjoner av fenol og benzotriazol i eluatet, henholdsvis 1,4 µg/L og 0,060 µg/L. Resultatene indikerer derfor et svært lavt utlekkingspotensial fra fallunderlaget for undersøkte kjemikaler, og at eventuell utlekking under normale bruksforhold forventes å være liten til ubetydelig.

3.1.4 Evaluering av bestanddeler i korkprodukt

Både topp- og bunnlaget av fallunderlaget består av kork fra korktrær, og bindemiddel basert på PU. I topplaget er størrelsen på korkpartikler mindre og mengden bindemiddel høyere. I det aktuelle korkproduktet er det 38% PU-basert bindemiddel (ut fra vekt, hvor kork er et lett materiale) ved fallhøyde 1,7 m.

Kork er et naturlig materiale, og innholdet av helse- og miljøfarlige stoffer er under grenseverdiene i relevant regelverk. Leverandøren oppgir at fallunderlaget ikke inneholder kjemikalier fra kandidatlisten i en konsentrasjon over 0,01 % i tråd med REACH-regelverket. Det er ikke mottatt noen dokumentasjon eller analyseresultater om utlekking av kjemikalier fra produktet.

Bindemidlet er et PU-basert bindemiddel, som gummiproduktet og Lekebark, og det aktuelle produktet består av et diisocyanat som heter metylendifenylidiisocyanat (cas-nr. 26447-40-5). Produktet utgjør derfor en helsefare ved montering før det herder, og det er nødvendig med rutiner og personlig verneutstyr.

PU-basert bindemiddel består av fossilbasert polymer og er et plastprodukt. Dette utgjør en mindre del av fallunderlaget, som ellers består av organisk materiale.

3.1.5 Evaluering av bestanddeler i ShockDeck

Selve produktet som leverandøren selger er demperkomponenten av naturgummi, og justerbare føtter i fossilbasert plast. Fallunderlaget kan monteres uten føttene. Dette monteres sammen med kobber (Cu)-impregnerte lekter og terrassebord. Lektene som benyttes må være Cu-impregnert og i riktige dimensjoner, mens terrassebordene må være av furu, og impregneringen er valgfri.

Leverandøren har informert om at ferdig montert fallunderlag består ca. av 95 % trevirke, hvorav lektene som må våre Cu-impregnerert lekter utgjør 7,7 % av det totale produktets vekt.

Demperkomponenten består av naturgummi, men vil være tilsatt ulike additiver som skal gi materialet ulike egenskaper. Vi har ikke fått oppgitt hvilke kjemikalier som er benyttet som additiver i produktet. Leverandøren har fått utarbeidet en miljøvaredeklarasjon/Environmental Product Declaration (EPD) for demperkomponenten som foreløpig ikke er sertifisert. I EPD-en er det oppgitt at demperkomponenten, basert på vekt, består av 47 % biobaserte materialer, 4,6 % fossilbaserte materialer og 48,4 % ikke-fornybare mineralressurser. Vi har ikke noe informasjon om utlekking av kjemikalier fra demperkomponenten.

Ved valg av terrassebord kan det hos byggevareforhandlere i Norge velges produkter med ulike typer impregnering som har ulik miljøpåvirkning. De ulike impregneringsmetodene er trykkimpregnering med kobbersalter, trykkimpregnering med kokt olje (Royal), vann- og varmebehandling (Termo) eller mineralbehandling med kisel-/silikatløsninger (Kisel).

Cu-impregnering kan inneholde biocider og tilsetningsstoffer som er klassifisert som helse- og miljøfarlige og kan være på kandidatlisten, og listen over prioriterte stoffer i vannforskriften. Høye kobbernivåer er også i seg selv skadelige for vannmiljøet. Det er vurdert som lav risiko for utlekking fra trevirke under bruksfasen. Miljøutfordringene er knyttet til produksjonen og avfallshåndteringen. Noen av impregneringsmetodene inneholder ikke kjemikalier av bekymring, og er svanemerkede produkter som terrassebord som er mineralbehandlet eller vann- og varmebehandlet. Kjøperen kan derfor selv velge et miljøvennlig alternativ.

3.2 Nedbrytbare bestanddeler og mikroplast

I prosjektet var det et krav til innovasjonsproduktene at de størst mulig grad utformes av bestanddeler som er nedbrytbare i naturen, da slitasje, erosjon eller lignende kan føre til at fragmenter av produktet kan komme på avveie.

Generell slitasje ved lys, vær og bruk vil over tid kunne føre til at det spres partikler fra fallunderlag. For fallunderlag bestående av plast kan dette føre til spredning av mikroplast. For innovasjonsproduktene LekeBARK og Baremark, samt referanseproduktene av kork og trevirke er hovedbestanddelen organisk materiale, og dermed biologisk nedbrytbart.

3.2.1 Generelt om nedbrytning av plast

Plast brytes svært sakte ned og kan hope seg opp i miljøet over tid. Spredning av mikroplast er derfor et betydelig miljøproblem. En studie anslår at det globale spredningen av plast til miljø på land og i vann vil øke med 50 % mellom 2020 og 2040 til 30 millioner tonn [5]. Forskning tyder på at både dyr og mennesker kan ta opp mikroplast gjennom fordøyelsen og innånding, noe som kan negativt påvirke helse og miljø [6].

Også nedbrytbare plastprodukter kan føre til spredning av mikroplast. Selv om plast kan være utviklet for å brytes ned, forutsetter dette ofte bestemte forhold som temperatur over 20 °C som sjelden oppnås i norske klima [7, 8]. I tillegg vil biobasert plast som fossilbasert plast inneholde additiver som kan ha egenskaper vi ikke kjenner godt nok, og som kan utgjøre en risiko for helse og miljø [9]. Mikroplast kan bidra til å spre helse- og miljøfarlige kjemikalier [6].

Flere undersøkelser viser at fallunderlag basert på gummigranulat/plast kan føre til spredning av mikroplast som følge av slitasje og skader. En svensk studie estimerte utslipp fra dekke av gummi (lekeplasser og idrettsbaner) til 0,6–48 g/m² per år. Det var imidlertid stor variasjon mellom de ulike underlagene og usikkerhet i målingene. Basert på det tilgjengelige datasettet var det ikke mulig å konkludere med hvordan bruk, type fasilitet (lekeplass, idrettsbane etc.) og materialtyper i fallunderlaget påvirket utslippet av mikroplast. Til sammenligning ble utslippet fra veier med årlig trafikk på gjennomsnittlig 5 500-13 000 kjøretøy beregnet til 56 g/m² per år [10].

NORCE undersøkte på oppdrag for Bergen kommune ulike kilder til mikroplast i urbane miljøer. Det ble tatt prøver fra gatestøv/veisand, sandfangskummer, slam fra avløpsrenseanlegg, materiale fra biogassanlegg, generelle byrom som lekeparker og mye brukte turstier, samt prøver av svevestøv i luft fra noen hovedinnfartsåre. Prøver fra syv lekeplasser med fallunderlag av plast og gummi viste at slike fallunderlag bidrar til spredning av mikroplast i miljøet, og kan føre til økte mikroplastkonsentrasjoner i nærområdet. Det ble kun undersøkt store mikroplastpartikler (>500 µm) fra lekeplasser, og resultatene er ikke dekkende, men kan anses som en innledende kartlegging [11].

Funnene støttes av undersøkelser fra USA der sandprøver fra lekeplasser med fallunderlag og annet utstyr i plast plassert innenfor parker hadde i gjennomsnitt 5 ganger så mye mikroplast som sandprøver tatt fra andre steder i de samme parkene [12].

Samtidig viste NORCE sine undersøkelser at lekeplassers bidrag til mikroplast i urbane miljøer er liten. De høyeste konsentrasjonene av mikroplast ble funnet i trafikkerte områder, og en stor del av mikroplasten kommer fra dekkslitasje. I tillegg var det betydelig innslag av mikroplast fra forsøpling [11]. Tidligere undersøkelser viser at dekkslitasje står for rundt 40 % av de landbaserte utslippene av mikroplast i Norge [13].

3.2.2 Baremark

Består av naturlige bestanddeler og vurderes som fullstendig nedbrytbart.

3.2.3 LekeBARK

LekeBARK består hovedsakelig av bark, som er et organisk materiale som brytes ned i naturen. I LekeBARK som for de andre plasstøpte fallunderlagene, korkprodukt og gummiprodukt er bindemiddelet av PU. PU er et fossilbasert plastprodukt og vil trolig gjøre nedbrytning av produktet vanskeligere. Slitasje av partikler fra fallunderlaget med bindemiddel utgjør derfor en risiko for spredning av mikroplast. LekeBARK og korkproduktet vil være mye mindre utslippskilder enn rene plastprodukter som gummiproduktet. Bindemiddelet i LekeBARK er tilsatt ligning og tannin som er biologisk nedbrytbare, men det er usikkert hvordan dette virker på nedbrytningen til PU og dannelsen av mikroplast. Antakeligvis vil det bidra til raskere nedbrytning.

3.2.4 Baremark

Baremark oppnår et beregnet potensial for resirkulering på 58 %. Baremark oppgir at topplaget består av naturfibertau som kan komposteres. Dette er teoretisk korrekt, men iht. en gjenvinningsstasjon i Oslo, som Rambøll har hatt kontakt med, vil tau av naturfiber bli sortert som restavfall når det er levert til gjenvinningsstasjonen. Det er mulig at en nærmere koordinering med aktuelle mottak/gjenvinningsstasjoner ville ha identifisert en løsning, men enn så lenge er naturfibertau ikke å anse som komposterbart. Hele bunnet er komposterbart.

3.2.5 Gummiproduktet

Gummiproduktet er 100 % et plastprodukt og all slitasje av overflaten kan bidra til spredning av mikroplast.

3.2.6 Korkproduktet

Hovedandelen av produktet er kork, som er et naturlig materiale som brytes ned i naturen. Bindemiddelet av PU-lim er vurdert i kapittel 3.2.3. Bindemiddelet vil trolig gjøre nedbrytningen av produktet vanskeligere, da det er et fossilbasert plastprodukt.

3.2.7 ShockDeck

ShockDeck består hovedsakelig av trevirke, som kan brytes ned i naturen. Det kan videre monteres med justerbare føtter av fossilbasert plast og demperkomponenten av naturgummi. Det er ukjent om demperkomponenten er biologisk nedbrytbare. Ren naturgummi er biologisk nedbrytbart, men tilsetning av additiver bidrar til å redusere nedbrytbarheten og gjør produktet ikke-nedbrytbart. Disse bestanddelene utgjør en liten del av fallunderlaget (ca. 5 %) og er montert på undersiden av selve fallunderlaget. Dette betyr at de ikke er eksponert ved bruk og utsatt for slitasje. Det er derfor ikke en betydelig risiko for stor spredning av mikroplast fra slitasje ved bruk.

3.3 Kjemikaliebruk ved montering/legging

Montering av innovasjonsproduktet Baremark innebærer ingen bruk av kjemikalier, og det er ubetydelig risiko for avdamping eller avrenning av farlige stoffer. Det samme gjelder montering av ShockDeck.

LekeBARK, korkprodukt og gummiprodukt er plasstøpte fallunderlag. Slike fallunderlag er praktisk med tanke på reparasjoner, tilpasning rundt lekestativer og utstyr og gir mange muligheter med tanke på utforming. Det innebærer også bruk av kjemikalier ved montering. For alle disse underlagene benyttes det bindemidler som tilsettes og herder på stedet hvor fallunderlaget monteres.

Alle bindemidlene benyttet i disse tre produktene er basert på PU og inneholder derfor diisocyanater. Isocyanater er en gruppe kjemikalier som benyttes fordi de har gode bindingsegenskaper. Det er risiko for eksponering for isocyanater i arbeidsprosesser hvor PU-forbindelser dannes, brukes eller varmes opp, enten gjennom innånding eller hudkontakt, slik som montering av fallunderlag. Eksponering for selv lave doser er helseskadelig og kan føre til skader på luftveiene som astma og lungefibrose, irritasjon av hud og øyne og allergiske reaksjoner. Isocyanater er mistenkte for å kunne føre til skader på sentralnervesystemet og være kreftfremkallende. Etter herding er limet inert, men oppvarming kan frigjøre rester/ny avgassing som fortsatt er reaktiv [2].

Ved legging/montering av fallunderlag er det derfor nødvendig å benytte verneutstyr. Leverandører anbefaler å benytte maske, men det er varierende om dette brukes av montører. At fallunderlag monteres utendørs, bidrar imidlertid til å minske faren for innånding. Fra 24. august 2023 skal alle brukere av diisocyanater og diisocyanatholdige blandinger kunne dokumentere fullført opplæring i sikker bruk [2].

Ved montering av korkprodukt kan det være nødvendig, avhengig av hva underlaget/grunnen består av, å prime/dekke underlaget med bindemiddel tilsatt aceton. Aceton er et brennbart løsemiddel som kan forårsake svimmelhet og øyeirritasjon. Aceton vil i stor grad fordampe etter hvert som primer herder.

4. Sirkulærressursbruk og klimagassutslipp

4.1 Ombruk og materialgjenvinning

I evalueringen av ombruk og materialgjenvinning er det definert en skala fra 0-100 % for resirkulerbarhet. Beregningen for resirkulerbarhet har tatt utgangspunkt i avfallshierarkiet og vektlagt ombruk og gjenvinning i et lukket kretsløp høyest, deretter materialgjenvinning, så kompostering og til slutt energigjenvinning og deponering. I tillegg til å se på hvordan de ulike bestanddelene av innovasjonsproduktene kan gjenvinnes, har vi sett på hvor enkelt fallunderlagene vil være å demontere, og muligheter for avfallshåndtering med tanke på avstander og hvilke former for avfallsbehandling som er tilgjengelige i Norge. Det er vurdert om det er avfallsanlegg i Norge som kan materialgjenvinne de ulike bestanddelene, og hvor stor avstand avfallet må transporteres. Det gis score for infrastruktur dersom det er avfallsanlegg i Norge med kapasitet til å materialgjenvinne avfallet. Dersom alle delene av fallunderlaget enten går til deponi eller energigjenvinning gis det en resirkulerbarhet = 0.

4.1.1 Baremark

Baremark oppnår et beregnet potensial for resirkulering på 58 %. Baremark har beskrevet i sin rapport at topplaget består av naturfibertau som kan komposteres. Dette er teoretisk korrekt, men iht. en gjenvinningsstasjon i Oslo, som Rambøll har hatt kontakt med, vil tau av naturfiber bli sortert som restavfall når det er levert til gjenvinningsstasjonen. Det er mulig at en nærmere koordinering med aktuelle mottak/gjenvinningsstasjoner ville ha identifisert en løsning, men enn så lenge er naturfibertau ikke å anse som komposterbart. Hele bunnlaget er komposterbart.

4.1.2 LekeBARK

LekeBARK oppnår et beregnet potensial for resirkulering på 80 %. Ifølge SINTEFs rapport kan hele fallunderlaget komposteres, ettersom produktet hovedsakelig består av bark. Produktet inneholder også PU-lim, der tilsetning av tannin- og lignin kan bidra til nedbrytning under kompostering. Det er likevel fortsatt usikkert om PU-limet brytes fullstendig ned. Det kan derfor ikke utelukkes at mikroplast fra PU-limet blir igjen, og dette bør undersøkes nærmere.

4.1.3 Gummiprodukt

Et gummiprodukt oppnår et beregnet potensial for resirkulering på 0 %. Produktet består av EPDM og PU-lim som må energigjenvinnes. Topp- og bunnlaget består av EPDM med ulik sammensetning, der andelen resirkulert og ny EPDM varierer mellom lagene. Ifølge leverandøren er det mulig å skille/demontere topplaget og bunnlaget fra hverandre, men det er ikke mulig å skille granulaten fra bindemiddelet etter at det har herdet.

4.1.4 Korkprodukt

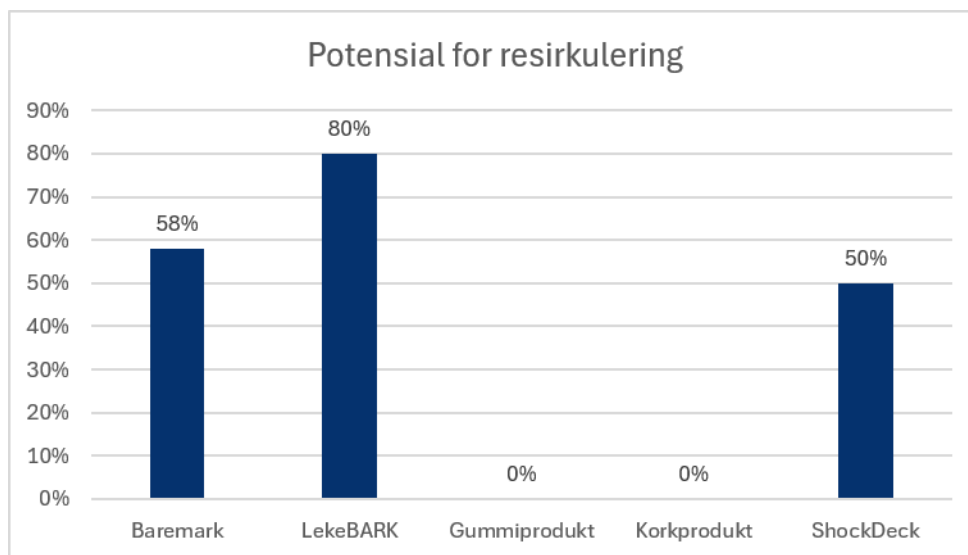
Korkproduktet oppnår et beregnet potensial for resirkulering på 0 %. Korkgranulat i fallunderlaget er nedbrytbart med pyrolyse. Men siden det ikke finnes infrastruktur for pyrolyse i Norge i dag, må fallunderlag gå til energigjenvinning som restavfall. Hadde infrastrukturen vært på plass, ville potensialet for resirkulering ha gått betydelig opp.

4.1.5 ShockDeck

ShockDeck oppnår et beregnet potensial for resirkulering på 50 %. I praksis kan potensialet for resirkulering ligge mellom 0 og 98 %, avhengig av trevirke typer som er brukt. Leverandøren har oppgitt at både ubehandlet og behandlet trevirke kan brukes i fallunderlaget. Hvis impregnerte trevirker er brukt, må trevirkene gå til energigjenvinning. Men hvis rent eller varmebehandlet trevirke er brukt, kan trevirket materialgjenvinnes. Som et resultat er det antatt at 50 % av avfallet går til materialgjenvinning og 50 % til energigjenvinning. Samme gjelder for demperkomponent som er laget av naturgummi som kan både materialgjenvinnes og energigjenvinnes. Føttene er laget av plast og må energigjenvinnes. Demonteringsprosessen for dette produktet er enklere enn for de andre produktene. Ved endt levetid er det mulig å skille ut trevirket uten å skade det, noe som gir gode muligheter for ombruk. Ombruk av impregnert trevirke er likevel ikke vektlagt i scoren.

4.1.6 Oppsummering

Både Baremark og LekeBARK har høyere potensial for resirkulering sammenlignet med de vanlige fallunderlagene på markedet. Dette er fordi hovedmaterialene er biobaserte materialer som er komposterbare.



Figur 3 Oppsummering av vurdering av potensial for resirkulering

4.2 Fornybar og sirkulær ressursbruk

For evaluering av sirkulær ressursbruk er det etablert en skala fra 0-100 %. I beregningen er materialene rangert ut fra om de er fornybare eller ikke-fornybare ressurser, og om materialene er primærråvarer eller sekundærråvarer. De ulike ressurstypene er definert som følger:

- Fornybar sekundær: Resirkulerte eller gjenbrukte materialer som opprinnelig kommer fra fornybare kilder. Dette inkluderer biprodukt som ikke trenger en omfattende eller energikrevende behandlingsprosess.
- Fornybar primær: Naturlige ressurser som kan fornyes eller gjendannes innen en relativt kort tidsramme. De kommer direkte fra naturlige kilder som planter, dyr, sol, vind og vann. Dette inkluderer biprodukt som trenger en omfattende eller energikrevende behandlingsprosess.
- Ikke fornybar sekundær: Resirkulerte eller gjenbrukte materialer som opprinnelig kommer fra ikke-fornybare kilder.
- Ikke fornybar primær: Naturressurser som ble dannet over millioner av år i jordskorpen og som ikke kan fornyes eller gjendannes innen en menneskelig tidsskala. Eksempler inkluderer fossilt brensel (kull, olje, naturgass) og sjeldne mineraler.

Score er gitt på vektbasis av bestanddelenes vurdering av disse ressurstypene. Fornybar sekundær gir vektet score på 100%, fornybar primær på 50 %, ikke-fornybar sekundær på 50 % og ikke-fornybar primær gir vektet score på 0 %.

4.2.1 Baremark

Baremark oppnår 86 % sirkularitet. Bunnlaget består av treflis og soppmycel på sagflis som er fornybare sekundærressurser og topplaget er naturfibertau som er en fornybar primærressurs.

4.2.2 LekeBARK

LekeBARK oppnår 91 % sirkularitet. Hovedmaterialet i fallunderlag er bark som er en fornybar sekundærressurs (biprodukt). Lignin og tannin er vurdert som fornybare primærressurser og PU-lim som ikke-fornybar primærressurs.

4.2.3 Gummiprodukt

Gummiproduktet oppnår 22 % sirkularitet. Ifølge leverandøren er det mulig å tilpasse mengden resirkulert EPDM i både topplag og bunnlag mellom 0 og 100 %. Graden av resirkulert EPDM i fallunderlaget er avhengig av kravene fra kunder. I tillegg kan graden av resirkulert materiale i fallunderlaget bli begrenset av krav til innholdet av farlige kjemikalier som PAH, som det er grenseverdier for i regelverket. For denne evalueringen er det antatt at EPDM i fallunderlaget består av 50 % nytt materiale og 50 % resirkulert materiale. Ny EPDM er kategorisert som ikke-fornybar primærressurs, og resirkulert EPDM er kategorisert som ikke-fornybar sekundærressurs. PU-lim er kategorisert som en ikke-fornybar primærressurs.

4.2.4 Korkprodukt

Korkproduktet oppnår 45 % sirkularitet. Ifølge leverandøren er 50 % korkgranulat biprodukt i både topplag og bunnlag. Nytt korkgranulat er kategorisert som en fornybar primærressurs, og biproduktkorkgranulat er kategorisert som en fornybar sekundærressurs. Det er benyttet i produktet vanlig PU-lim og aceton som er ikke-fornybare primærressurser.

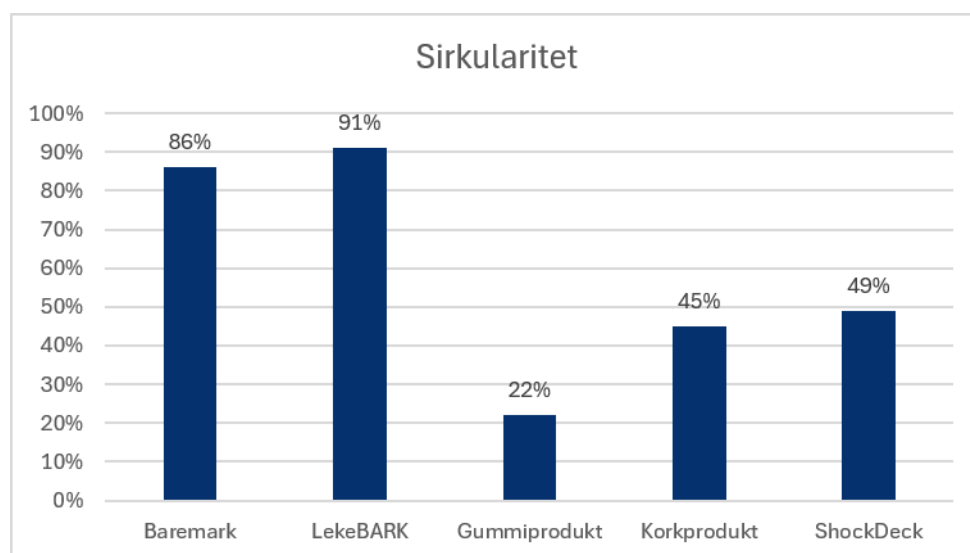
4.2.5 ShockDeck

ShockDeck oppnår 49 % sirkularitet. Løsningen består av 95 % trevirke. For denne evalueringen er det antatt at løsningen består av tjue 28x45-lekter som veier 0,8 kg per stykk, og at

komposisjonen er 95 % trevirke, 3 % naturlig gummi fra demperkomponent, 1,5 % plast fra justerbare føtter og 0,5 % stål fra skruer og bolter. Trevirke og naturgummi er fornybare primærressurser, mens plast og stål er ikke-fornybare primærressurser.

4.2.6 Oppsummering

Både Baremark og LekeBARK har betydelig høyere sirkularitet enn vanlige fallunderlag i markedet. Dette er fordi de fleste materialene er fornybare sekundærressurser. Det bør imidlertid bemerkes at produksjonen av begge produktene ikke er oppskalert ennå. Når innkjøpsplanen er etablert for oppskalering, kan sirkulariteten endres. For trevirkebasert fallunderlag kan sirkulariteten gå opp til 96 % avhengig av trevirketyper som er brukt. Det er viktig å påpeke at evalueringen kun skiller mellom fornybare og ikke-fornybare, samt primære og sekundære ressurser. Materialknapphet er ikke vurdert utover denne kategoriseringen. Dette innebærer en usikkerhet, ettersom enkelte materialer, som er basert på sjeldne ressurser, ikke nødvendigvis får lavere poengsum enn vanlige ikke-fornybare ressurser.



Figur 4 Oppsummering av sirkularitetsvurderingen av innovasjons- og referanseproduktene

4.3 Livsløpsvurdering (LCA)

Livsløpsvurderinger (LCA) er brukt for å beregne klimagassutslipp for produktene. Modellering ble gjort i verktøyet Umberto (11.13.1). Utslippsfaktorer er hentet fra databasen Ecoinvent (3.10) eller litteratur oppgitt av leverandør, i de tilfellene databasen ikke har tilfredsstillende data. Evalueringsmetoden benyttet i verktøy er IPCC (2021). Funksjonell enhet for beregningene er 1 m² montert fallunderlag. Det er gjort en livsløpsvurdering som vurderer utslippet i produksjon, installasjon og avhending/avfallshåndtering. Utskiftninger og reparasjoner under levetiden er ikke hensyntatt. Under testing av innovasjonsproduktene har det vist seg at det har vært behov for reparasjoner og vedlikehold av fallunderlagene i motsetning til de kommersielle referanseproduktene. Se kapittel 5.2, Observasjoner og driftskontroll, for mer informasjon om vedlikehold utført på innovasjonsproduktene.

4.3.1 Baremark

Produktet har et estimert klimagassutslipp på 55,9 kg CO₂e/m². Topplaget til fallunderlaget er i testprodukt laget av naturfibertau. I LCA-vurderingen er det i beregningene av klimagassutslipp benyttet tall for hampetauet i topplaget. Denne utgjorde 95 % av utslippet til fallunderlaget. Utslippsfaktoren til hampetauet er utarbeidet av leverandøren selv og de har ikke kunnet fremlegge dette arbeidet for vurdering av tredjepart. Baremark opplyser om at de for tiden ser på ulike naturfibertyper for topplaget. Bunnlaget består av treflis og soppmycel på sagflis, som begge har lave klimagassutslipp. Produktet har potensial for lave klimagassutslipp dersom topplaget består av naturfiber med lavere utslipp.

4.3.2 LekeBARK

Produktet har et estimert klimagassutslipp på 28,0 kg CO₂e/m². Mesteparten av utslippet stammer fra fossilbasert lim, mens de øvrige bestanddelene, som bark og lignin/tannin, har lave utslipp.

4.3.3 Gummiprodukt

Produktet har et estimert klimagassutslipp på 96,5 kg CO₂e/m². Mesteparten av utslippet stammer fra EPDM. Det er antatt at bunnlaget er laget av resirkulert EPDM og topplaget er laget av ny EPDM i LCA modellering.

4.3.4 Korkprodukt

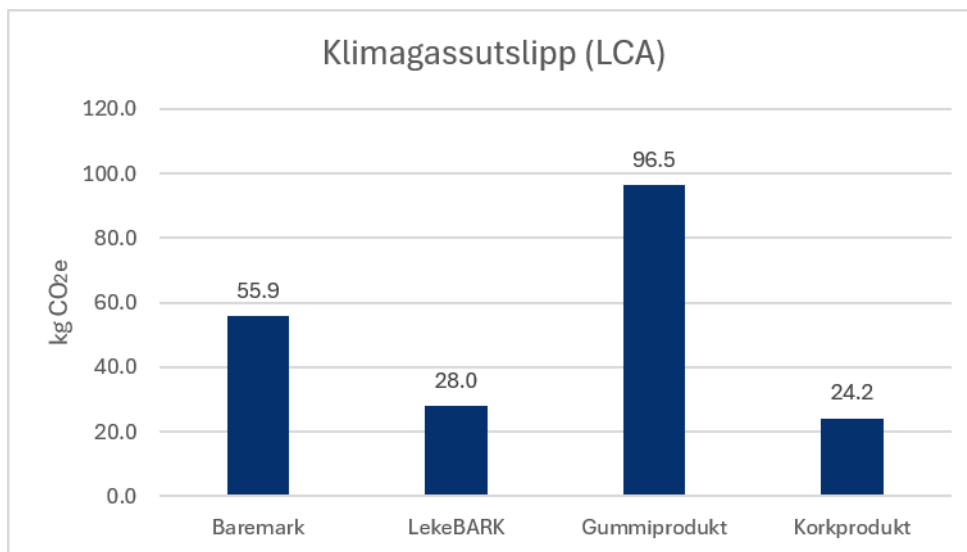
Produktet har et estimert klimagassutslipp på 24,2 kg CO₂e/m². Mesteparten av utslippet stammer fra korkgranulat og fossilbasert lim. Mengden lim per kvadratmeter fallunderlag er lavere for korkproduktet enn LekeBARK som gjør at klimagassutslippet er lavere i dette produktet.

4.3.5 ShockDeck

Leverandøren opplyser at de har laget en livsløpsvurdering for demperkomponenten av fallunderlaget som skal bli en offentlig tilgjengelig EPD, men den må først bli sertifisert. Denne dokumentasjonen ble mottatt så sent i prosjektet at det ikke var mulig å utføre en LCA vurdering av dette produktet.

4.3.6 Oppsummering

LCA-resultatene viser at korkproduktet har lavest estimert klimagassutslipp med 24,2 kg CO₂e/m², etterfulgt av LekeBARK med 28,0 kg CO₂e/m². Baremark er beregnet til 55,9 kg CO₂e/m², men har potensial for lavere utslipp dersom topplaget erstattes med naturfiber med lavere utslipp. Gummiproduktet har høyest utslipp med 96,5 kg CO₂e/m², hovedsakelig fra EPDM. Det er knyttet usikkerhet til beregningene, særlig for de plasstøpte fallunderlagene, ettersom faktisk mengde lim kan variere med utførelsen på stedet. Resultatene er basert på tilgjengelig informasjon fra leverandørene og vurdert etter beste evne. Resultatene vurderes som robuste, men vil variere med blant annet valgt materialtype, mengde lim og andel sekundære materialer.



Figur 5 Oppsummering av klimagassutslipp (LCA) av innovasjons- og referanseproduktene.

5. Funksjonelle behov og testing av fallunderlagene

5.1 Gjennomføring av testperioden

Testperioden varte fra juni 2025 til juni 2026. Fallunderlagene er testet for fallsonen for et huskestativ. Fallunderlagene er montert side om side på tre lokaliteter. To av dem er i Oslo kommune, på Trasop skole og Christian Frederiks plass, og den siste lokaliteten er Kim Frieles plass i Bergen kommune.

Lekeplassinspektøren AS har bistått i gjennomføringen av testing av funksjonelle behov i testperioden og evalueringen. Virksomheten utfører sikkerhets- og internkontroll av lekeplasser og er sertifisert av Norsk sertifisering.



Figur 6 Christian Frederiks plass i Oslo. Foto: Rambøll



Figur 7 Trasop skole, Oslo. Foto: Oslobygg KF



Figur 8 Kim Frieles plass i Bergen. Foto: Bergen kommune

Rett etter montering ble det gjennomført inspeksjon og funksjonelle tester av de monterte fallunderlagene i Oslo og tilsvarende vurderinger av andre kommersielle fallunderlag. Testene kontrollerte støtdemping, rullemotstand, permeabilitet/drenerende egenskaper og sklissikkerhet.

Under testperioden er det gjennomført jevnlig kontroll av fallunderlagene som en del av den systematiske driftsoppfølgingen. Fallunderlagene har blitt inspisert etter en sjekkliste som dekket slitasje, skader og funksjonelle egenskaper og dokumentert med bilder. Formålet var å følge fallunderlagene over tid for å se hvordan slitasjen utviklet seg, og hvordan vær og andre forhold har påvirket funksjonen og tilstanden til fallunderlagene. Kontrollene ble gjennomført hver uke i løpet av den første sommeren og omtrent to ganger i måneden i den resterende perioden.

Under drift har det også vært kontroller av organiske vekster som sopp og mugg som har vokst på og ved fallunderlagene, siden de er av organisk materiale.

Mot slutten av testperioden er det gjennomført nye tester av fallhøyde for å se hvordan testperioden har påvirket funksjonen til fallunderlagene. For sammenligning ble testene gjennomført på lokaliteter med referanseproduktene som også hadde vært i drift i ca. 1 år. Det ble også gjennomført inspeksjoner som vurderte slitasje, hærverk, drift og øvrige funksjonelle behov. Testene ble gjennomført i Oslo 27.–28. april og i Bergen 20. mai. I Bergen ble det også gjennomført funksjonelle tester av rullevannlighet og permeabilitet.

5.2 Observasjoner og driftskontroll i testperioden

5.2.1 Baremark

Det oppstod tidlig skader på underlaget. Det var små skader i hjørnene av nesten alle modulene, men dette hadde liten betydning for funksjon til fallunderlaget og for videre slitasje. På Trasop løsnet tau fra en av modulene, som kort tid etter ble ødelagt av hærverk. Modulene viste altså noe sårbarhet når det oppsto små skader. Det ble fylt på fugesand mellom modulene for å holde modulene på plass, men mye av denne sanden havnet oppå modulene. Under installasjon på Christian Frederiks plass måtte flere av modulene kuttes manuelt på stedet, for å tilpasses kanten

rundt fallunderlaget. Et resultat av tilpasningen var at flere av taukveilene tidlig begynte å flise seg opp og løsne. Mange av disse tilpassede modulene ble derfor byttet ut med spesialtilpassede moduler i etterkant av installasjonen. Noen av modulene som har ble kuttet og tilpasset har oppfylt sin funksjon gjennom hele testperioden. På Kim Frieles plass ble det også observert løse taukveiler i løpet av den første høsten.

Etter sommeren hadde overflaten på fallunderlaget blitt svært ujevnt med forsenkninger i de fleste modulene, og slitasjen under huskene var tydelig. På Trasop lå det mye grus på fallunderlaget og noen moduler var delvis begravde i grus. Dette virket til å bidra til slitasje på overflaten. Etter nedbør sto det vann i enkelte moduler, noe som kan ha bidratt til forsenkningene. Det er blitt opplyst om at elever har plukket opp moduler som viser at fallunderlaget var sårbart for hærverk. På Christian Frederiks plass løsnet taukveiler under dekkhusken og fire moduler ble byttet kort tid etter sommeren.

På høsten viste fallunderlaget liten utvikling i skader og slitasje, men det ble observert stående vann i flere moduler. Det var algevekst på noen moduler. Fallunderlaget som ble montert i testperioden hadde naturfibertau i topplaget av jute, og bytte til et materiale med større robusthet bør gi mindre slitasje og algevekst på topplaget. På Trasop førte store mengder løv og grus på underlaget til at fallunderlaget fremsto som grisete og vanskelig å se. Løvet ble ikke fjernet, men etter hvert som det brøt ned og pulveriserte seg, fylte det fuger og ujevnheter slik at overflaten virket jevnere og mer sammenhengende. På Christian Frederiks plass ble det observert stående vann på fallunderlaget. Det var lite løv på underlaget.

På vinteren ble fallunderlaget hardere. Noen av modulene ble svært glatte ved frost. På Trasop ga frost og nedbrutt løv en jevn overflate, samtidig som mange moduler i ytterkanten var helt dekket av grus og løv, og derfor vanskelige å se. På Christian Frederiks plass framsto underlaget som mer sammenhengende når frost hadde fylt fugene, og modulene virket å ha utvidet seg. Overflaten var jevnere enn tidligere, og et jevnt isdekke la seg over hele området, trolig på grunn av de dårlige dreneringsforholdene.

Våren førte til at fallunderlagene fikk en veldig ujevn overflate. Mange moduler står høyere enn de andre og de fleste modulene har forsenkninger. På Trasop ble det registrert snublekanter på opptil 5 cm mellom modulene og i ytterkant mot grusen. Det var også opptil 4 cm brede fuger, som kan bety at fallunderlaget har beveget seg til siden. På Christian Frederiks plass var snublekantene opptil 2 cm, men enda flere moduler har tydelige forsenkninger sammenlignet med på Trasop. På Trasop var det også spor etter hærverk, ettersom det lå avrevet biter av underlaget til matten på grusen og på fallunderlaget. Noen av modulene er løse på de ulike lokalitetene og det er tydelig at enkelte av modulene på Trasop skole har blitt løftet opp og lagt tilbake igjen, men ingen moduler mangler i fallunderlaget. På slutten av perioden manglet det topplag på en modul fra Christian Frederiks plass. Fallunderlaget på Trasop opplevdes på slutten av perioden som mindre estetisk pent enn på Christian Frederiks plass.

5.2.2 LekeBARK

Rett etter ferdigstilling var overflaten noe ru, skarp og hard i Oslo, men myknet opp etter noen uker bruk. Grunnen til at det var hardere i Oslo var at det ble brukt en grovere fraksjon av bark enn i Bergen. Bark begynte å løsne ganske fort og spredte seg til områdene rundt, men etter hvert fikk underlaget «satt seg», og barken holdt seg hovedsakelig på underlaget. På Trasop skole kom det en del grus inn på dekket spesielt ved påstigning til husken, mens det ikke var noe

spesielt å merke på Christian Frederiks plass, da det hovedsakelig er gress i kantavgrensningen rundt.

Etter sommeren oppstod det på Trasop noen utgravninger i barken rundt fugleredehusken, og i grusen ved siden av fallunderlaget var utgravningen større enn under selve husken. På Christian Frederiks plass var det derimot store utgravninger etter sju uker. Under dekkhusken var hele toppdekket av bark slitt vekk og grusen under var synlig, med ca. 15 cm utgraving. Under småbarnshusken var utgravningen ca. 5 cm. Skadene ble forholdsvis enkelt utbedret med nytt lag bark og lim, men utbedringen skapte et tydelig visuelt skille, en hardere overflate på grunn av økt bruk av bindemiddel og en ujevn overgang som etter hvert gav en potensiell snublekant. Også på Kim Frieles plass i Bergen var det så mye slitasje under husken at reparasjon var nødvendig. På utbedrede steder virker det som om det er benyttet mer enn 10 % bindemiddel, og tester og kontroller viser at dette har påvirket funksjonen til fallunderlaget. Robustheten har økt, og de støtdempende egenskapene er noe dårligere.

Høsten viste til god drenering i LekeBARK-fallunderlaget. Det fungerte som en svamp, og vann piplet ut når det ble lagt på vekt. Fallunderlaget ble ikke glatt. Det utbedrede feltet på Christian Frederiks plass drenerte dårligere og var også glattere. På Trasop ble det mye løv og grus oppå fallunderlaget.

På våren ble områdene for slitasje større i omkrets, både på Trasop og Jernbanetorget, med ca. 5 cm dype utgravninger begge steder. Mest utgravning ble observert under husken, og der hvor man står og gir fart. I Bergen ble det observert at deler av barken var omdannet til jord i løpet av våren, som trolig skyldes at det er brukt fraksjoner av bark av mindre granulattørrelse.

5.3 Kontroll av soppvekst

Det ble gjort kontroller av soppvekst på de to innovasjonsproduktene. I juni 2025 ble det tatt prøver av ulike sopparter på fallunderlagene som ble sendt inn til analyse. Konklusjonen fra analysene var at kjuken, som er den samme soppen som er benyttet til å produsere fallunderlaget, ble observert gjentakende ganger på de ulike lokalitetene (Christian Frederiks plass og Trasop skole). Denne ufarlige soppen er en hvitmuggsdannende sopp som bryter ned tre, og typisk er knyttet til trestubber eller døde trær.

Det ble observert andre typer sopp på Baremark under prøvetagning på lokalitetene i Bergen og Oslo i løpet av 2025 og 2026. På alle lokalitetene ble det funnet blekksopp med ukjent art og begersopp av slekten *Peziza* (mest sannsynlig arten *Peziza repanda*, og også et par tilfeller fra slekten *Pezizales*). Disse soppene er uspiselige, men ikke giftige. Det har i tillegg vært prøvetatt sopp som var umoden slik at den ikke kunne artsbestemmes, og i Bergen i september 2025 ble det tatt en prøve av soppen *Parasola sp.* (ukjent art).

Observasjonene har ikke påvist at sopp har vært til hinder for bruk av fallunderlaget. Soppveksten har stort sett oppstått i skjøtene mellom moduler. Inspeksjonen har vist at det ikke er forekomst av giftige sopp.



Figur 9 Bilder av observert soppvekst på fallunderlaget Baremark. Foto: Oslobygg KF

I tillegg til soppvekst ble det også observert annen vekst på fallunderlagene. På Baremark ble det observert slimdyr og alger.

I testen på de tre pilotlekeplassene ble det brukt levende mycel i modulene. Miljødirektoratet godkjenner ikke videre testing med den aktuelle soppstammen, og testingen av disse modulene ble derfor avsluttet. Leverandøren har tett dialog med Miljødirektoratet og utvikler nå en ny versjon av produktet med dødt mycel, som planlegges testet i samarbeid med Bergen kommune.

Innovasjonsprosjektet har vist at mycel fungerer godt som bindemiddel, og har flere fordeler for fallunderlaget. Leverandøren arbeider derfor videre med en annen stamme innen samme soppart for videre testing og mulig kommersialisering.

I tillegg ble det tatt prøver av fallunderlaget LekeBARK. I en prøve ble det observert små mengder soppvekst, ikke på selve barken, men på organisk materiale fanget i sprekke på barken. Dette var *Alternaria chartarum* og *Trichoderma sp.* som er ufarlige.

5.4 Funksjonelle behov

5.4.1 Støtabsorberende evne

Det var et krav at den støtabsorberende evne til innovasjonsproduktene skulle kunne godkjennes for en fallhøyde på minimum 1,7 meter.

For fallunderlag ved fallhøyde over 60 cm er det et krav at støtdempende evne skal dokumenteres (forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr §11) [14]. Det er en egen standard (NS-EN1177) som omfatter støtdempende lekeplassunderlag og metoder for testing av støtdemping. Den kritiske fallhøyden for et fallunderlag er når HIC (Head Injury Criterion – hodeskakekriterium) er under 1000 ved gjennomføring av testen. I standarden er det i tillegg et krav om en øvre grense for akselerasjon på 200 GMax. HIC er et mål på sannsynligheten for en hodeskade ved sammenstøt

(fall med hodet først). For å oppfylle kriteriet om en fallhøyde på minimum 1,7 m må altså fallunderlaget ha en score $HIC \leq 1000$ eller $GMax \leq 200$ ved høyde 1,7 m [15]. I tillegg ble det vurdert om fallunderlaget ble deformert eller skadet ved gjennomføring av testene, da et skadet underlag ikke vil være funksjonelt og måtte erstattes. Standarden stiller krav til under hvilke forhold tester på lekeplasser skal gjennomføres, deriblant fuktighet og temperatur som må være mellom 5–55 °C.

Det ble gjennomført HIC-test av innovasjonsproduktene innledende før montering og etter at de var montert i starten av testperioden, samt ved slutten av testperioden. HIC-test i starten av testperioden ble gjennomført i juni 2025, ca. en måned etter montering i Oslo. Mot slutten av testperioden ble det gjort nye målinger i Oslo i april 2026 og i Bergen i mai 2026. I Oslo ble det i tillegg gjennomført målinger av referanseprodukter i april 2026 som var montert for ca. et år siden tilsvarende innovasjonsproduktene. Kort forklart er flere soner av fallunderlag testet, og i hver sone gjennomføres en serie fall med ulike høyder.

Gjennomføring av HIC-test fra start og slutt av testperioden viste at alle innovasjonsproduktene oppfylte kravet om fallhøyde 1,7 m på alle lokalitetene (Figur 10). Det ble kun observert deformasjoner i Baremark ved de største fallhøydene og ikke i de andre fallunderlagene. Fallhøyden for innovasjonsproduktene og referanseproduktene var alltid innenfor kravet til monterte lekeapparater. Tiden fra starten av testperioden til slutten ser ikke ut til å ha påvirket fallhøyden betydelig for innovasjonsproduktene. Se resultater for innovasjonsproduktene og referanseproduktene i Tabell 1 og Tabell 2.



**Figur 10 Bilde fra gjennomføring av HIC-test på innovasjonsproduktet LekeBARK på Christian Frederiks plass.
Foto: Lekeplassinspektøren**

Tabell 1 Målt kritisk fallhøyde for innovasjonsproduktene på de ulike lokalitetene ved start og slutt av testperioden.

År	Fallunderlag	Sted	Sone	Kritisk fallhøyde (m)
2025	Baremark	Christian Frederiks plass	1 – ved sete i ro	2,42
			2 – under sete når utsving	>2,22
			3 – ved kant	2,13
		Trasop skole	1 – ved sete i ro	2,08
			2 – under sete når utsving	2,25
			3 – ved kant	2,11
			4 – modul uten topplag	1,80
	LekeBARK	Christian Frederiks plass	1 – under sete (mer slitasje)	2,80
			2 – under sete utsving	>3,10
			3 – ved kant	>3,12
		Trasop skole	1 – under sete (mer slitasje)	3,35
			2 – under sete utsving	>3,49
			3 – ved kant	>3,48
2026	Baremark	Christian Frederiks plass	1 – under sete	2,64
			2 – under sete når utsving	2,66
			3 – ved kant på skjøt	2,78
		Trasop skole	1 – under sete	2,62
			2 – under sete når utsving	2,74
		Kim Frieles plass	1 – mellom seter	3,14
			2- lavt punkt	>3,29
	LekeBARK	Christian Frederiks plass	1 – ved sete (reparert)	1,89
			2 – under sete utsving	2,99
		Trasop skole	1 – side av sete (mer slitasje)	>3,20
			2 – under sete utsving	>3,23
		Kim Frieles plass	1 – under sete når utsving	>3,28
			2 – under sete reparert	3,05

Tabell 2 Målt kritisk fallhøyde for referanseproduktene.

Fallunderlag	Område og sone	Kritisk fallhøyde (m)
Gummiprodukt	1 – under sete	1,77
	2 – under sete når utsving	1,72
	3 – ytterkant	2,04
Korkprodukt	1 – 1m fra utløp sklie	1,87
	2 – senter utløp sklie (større tykkelse)	2,25

ShockDeck	Huskeområde, 1 – under sete på spikerslag	2,31
	Huskeområde, 2 – under sete når utsving	2,61
	Trampoline og balanseområde, 1 – inntil trampoline	1,54
	Trampoline og balanseområde, 2 – inntil balansestativ	2,32

5.4.1.1 Baremark

I Baremark ble det målt mindre variasjoner i kritisk fallhøyde. Det ble målt høyere kritisk fallhøyde på lokalitetene i Oslo på slutten av testperioden sammenlignet med starten av testperioden, og det ble målt høyere kritisk fallhøyde i Bergen enn på lokalitetene i Oslo.

Grunnen til forskjell i Baremark målt kritisk høyde er uklar. Det er mulig at det kan knyttes til variasjoner mellom moduler og endringer i modulene over tid da mycel er et levende materiale. Forskjellen mellom Bergen og Oslo kan skyldes forskjell i grunnforholdene, dvs. opparbeidingen av grunnen under modulene.

5.4.1.2 LekeBARK

I flere av testene kunne ikke kritisk fallhøyde bli bestemt nøyaktig da fallhøyden var over høyden utstyret kunne måle. I soner med slit fallunderlag på Trasop skole var kritisk fallhøyde fortsatt rundt maks for utstyret, noe som gjør det vanskelig å vurdere hvordan slitasje har påvirket fallhøyden.

På Kim Frieles plass og Christian Frederiks plass var det variasjoner i målt kritisk fallhøyde på grunn av reparasjoner utført på fallunderlaget. På Christian Frederiks plass endret kritisk fallhøyde seg fra 2,80 m til 1,89 m, mye lavere enn Trasop skole hvor det ikke var reparert >3,20 m. På Kim Frieles plass gikk kritisk fallhøyde fra over maks høyde som kan måles til 3,05 m. Reparatert området hadde hardere fallunderlag, og dette resulterte i lavere kritisk fallhøyde Økt mengde lim ser ut til å redusere den kritiske fallhøyden. Mer lim i fallunderlaget gir i tillegg økte klimagassutslipp fra produktet. Samtidig fører det til mindre slitasje som gir mindre behov for vedlikehold og mindre bruk av materialer.

Basert på målinger av kritisk fallhøyde for LekeBARK ser det ut som at det er mulig å utvikle produktet slik at tykkelsen på fallunderlaget også her kan tilpasse ønsket fallhøyde som korkproduktet og gummiproduktet.

5.4.1.3 Gummiprodukt

Leverandøren av referanseproduktet av gummigranulat leverer fallunderlag med ulike fallhøyder. Fallhøyden justeres ved at tykkelsen på det støtdempende bunnlaget endres. Å endre tykkelsen ut fra behov er positivt med tanke på materialbruk. Gummiprodukt leveres i fallhøyde 1 m til 3 m som tilsvarer en tykkelse på 30-120 mm. I referanseproduktene av gummigranulat var den kritiske fallhøyden målt som forventet relatert til tykkelsen på fallunderlaget og høyere i ytterkantene av fallunderlaget vekk fra lekeapparatet der det er størst slitasje.

5.4.1.4 Korkprodukt

Som for gummiproduktet kan korkproduktet leveres med ulike fallhøyder. Korkproduktet leveres med fallhøyde fra 1,45 m til 2,80 m som tilsvarer en tykkelse på 40-135 mm. Også på det korkproduktet ble det observert slitasje ved lekeapparatene og målt litt tynnere tykkelse på fallunderlag, men ikke i samme grad som for LekeBARK.

5.4.1.5 ShockDeck

ShockDeck er levert med kritisk fallhøyde opptil 1,80 m. Tilsvarende innovasjonsproduktene er det ikke noen variasjon i hvilken fallhøyde som tilbys. På samme måte som for produktet Baremark var det variasjoner i den målte kritiske fallhøyden. Forskjellene kan være knyttet til monteringen. Ikke alle spikerslag er festet med skruer til stendene. Noen steder ser det ut som at hvert annet spikerslag er festet som gir spenn i plankene. Økt avstand fra spikerslag med skruer resulterte i høyere fallhøyde enn fallhøyde målt på spikerslag (Bekkelaget skole; med fallhøyde 2,31 m på spikerslag og 2,61 m vekk fra spikerslag ved huskestativet).

5.4.2 Rullevennlig overflate

Rullevennlighet ble testet med bruk av rullestol med en bruker og målt motstand når rullestolen går fra stillestående til å trille og ved jevnt drag.

Etter montering av fallunderlagene for testperioden i juni 2025 i Oslo ble det gjennomført tester som viste at alle innovasjonsproduktene var rullevennlige, men det var noe større rullemotstand på LekeBARK, som har en grovere overflate. Både ShockDeck, korkproduktet og gummiproduktet har en jevn og fast overflate som er rullevennlig, og testene bekreftet dette. Etter montering fikk deler av LekeBARK mye løs bark som øker rullemotstanden. Utbedrede områder er derimot mye fastere og mer rullevennlige. Baremark fikk utover høsten større nedsenkninger, og etter vinteren var det også blitt kanter som står opp mellom modulene. Dette bidrar til å gi fallunderlaget økt rullemotstand. Test av rullemotstand i Bergen, mai 2026, viser at innovasjonsproduktene fortsatt er rullevennlig. Innovasjonsproduktene hadde noe høyere rullemotstand enn referanseproduktene.

5.4.3 Drenerende egenskaper

Det var et krav til leverandørene av at fallunderlaget må ha gode drenerende egenskaper slik at vann renner gjennom fallunderlaget og kan absorberes av grunnen under. Permeabiliteten til fallunderlagene ble testet med å plassere et plastrør så tett som mulig mot fallunderlaget og fylle det med en gitt mengde vann. Deretter ble det observert hvor fort vannet rant gjennom fallunderlaget.

Gjennomføring av test etter montering på lokalitetene i Oslo har vist at LekeBARK er et svært permeabelt fallunderlag. Vannet trakk gjennom fort og det ble ikke dannet dammer med vann. Testene ble utført igjen på slutten av testperioden på Kim Frieles plass i Bergen (Figur 11). Her ble det ikke målt like god permeabilitet, og det ble liggende vann på overflaten over lengre tid (2 min). Barken som er benyttet i fallunderlaget på Bergen har mindre størrelse som kan ha bidratt til å gjøre fallunderlaget tettere. Av utseende så barken ut som den var i ferd med å bli omdannet til jord. Det kan også være tilført annet materiale som bidrar til å tette underlaget. Dette er en kjent utfordring for andre faste fallunderlag som av gummigranulat hvor det er behov for jevnlig rengjøring. I Oslo er det benyttet grovere bark, og det er ikke observert stående vann ved

inspeksjoner. Dette tyder på at permeabiliteten er bedre opprettholdt ved grov bark, men det er usikkert, da testen ikke ble utført på nytt på slutten av perioden.

Tester av Baremark viser at dette fallunderlaget ikke er permeabelt. Drenering foregår ved at vann drenerer mellom modulene. Etter bruk har noen av modulene blitt innsunket på midten og inspeksjon gjennomført av fallunderlagene i regnperioder har vist at vann blir liggende på modulene og ikke drenert bort (Figur 12). Det er observert at fallunderlaget tar til seg vann over tid. Testing ble gjennomført rett etter montering i Oslo, på dette tidspunktet var modulene helt tørre og rette og vannet rant rett av. I slutten av testperioden ble tester gjennomført i Bergen, vannet drenert fortsatt godt i fugene mellom modulene, men vann ble stående på de innsunkede midtene av modulene før det sakte trakk inn i topplaget.



Figur 11 Test av permeabilitet og drenering i Bergen på slutten av testperioden. Bilder øverst viser LekeBARK, og bilder nederst viser Baremark. Foto: Lekeplassinspektøren



Figur 12 Inspeksjon av fallunderlag under testperioden, den 7. oktober 2025. Det regnet på dagen, og dagene i forkant var det mye regn. Foto: Oslobygg KF

Test av korkproduktet og gummiproduktet viser at de er permeable som LekeBARK. Materialene i ShockDeck er ikke permeabelt, her vil vann drenere mellom terrassebordene.

For alle fallunderlagene, både for innovasjonsproduktene og referanseproduktene, er grunnarbeidet viktig, enten ved at det benyttes filtrerende masser eller at vannet ledes bort for å sikre god drenering. For de plasstøpte fallunderlagene er det viktig med renhold da organisk materiale eller sand som blir liggende oppå kan begrense permeabiliteten. For fallunderlagene Baremark og Shockdeck kan det i teorien tilsvarende være et problem om organisk materiale samler seg opp, men leverandøren av ShockDeck rapporterer at dette ikke har blitt observert eller vært et problem de fire årene produktet har vært på markedet.

5.4.4 Sklisikker overflate

Sklisikkerhet på fallunderlag kan være en utfordring særlig ved regn. Inspeksjon i oktober etter flere dager med regn viste at enkelte modulene i Baremark-fallunderlaget var glatte. Dette skyldtes vekst av alger på tauverket. Enkelte av modulene ble glatte ved frost.

LekeBARK har ru overflate som sørger for at overflaten er mer sklisikker. Det var glattere overflate på områder av LekeBARK-fallunderlaget hvor det ved utbedring var benyttet mer lim.

ShockDeck kan bli glatt ved regn og særlig ved frost. Alternativer som treplanker med riller kan gjøre overflaten mindre glatt.

Både korkproduktet og gummiproduktet har god drenering som gjør disse fallunderlagene relativt sklisikre ved regn. Fallunderlagene kan bli glatte ved frost.

5.4.5 Grafiske og visuelle muligheter

Gummiproduktet kommer i mange fargevarianter. I motsetning til gummiproduktet er de øvrige fallunderlagene hovedsakelig av naturlige materialer (LekeBARK, Baremark, korkprodukt og ShockDeck) og har derfor begrensninger i fargeuttrykk.

6. Livsløpskostnader

I følgende kapittel presenteres vurderinger av de ulike produktenes egenskaper med tanke på livsløpskostnader, hærverk og reparasjon. Vurderingene er kun basert på egne erfaringer fra kommunale prosjekter hos de tre prosjektpartnerne Oslobygg KF, Bymiljøetaten i Bergen og Bymiljøetaten i Oslo. Hærverk er komplekst å vurdere, og risikoen vil variere mye fra lokasjon til lokasjon – blant annet avhengig av bruk, tilsyn og omgivelser. Det er likevel forsøksvis sagt noe om eventuelle forskjeller mellom dekkene, basert på erfaringer.

Produktene vurderes opp mot gummiproduktet. Dette produktet er robust og har lang levetid, med garantiperiode opp mot fem år. Selv om produktene bør spyles og vaskes jevnlig, og gjerne bør gjennomgå med egnet rensemaskin for å opprettholde kvalitet og permeabilitet, er vedlikeholdskostnadene små. Produktet står seg forholdsvis godt også ved mangelfullt vedlikehold. Det er robust, og er erfaringsmessig et relativt lite fristende mål for hærverk. Som for andre fallunderlag kan det likevel være fristende å forverre skader som først har oppstått. Dette er en gjenganger for alle typer underlag. Produktet kan repareres ved at fagpersonell skjærer ut skadet område og legger nytt gummidekke, med bruk av nødvendig verneutstyr.

Det korkproduktet er noe dyrere å legge enn gummiproduktet. Levetiden varierer mye mellom lekeplassene som er anlagt. Det er en tendens til at mindre arealer har noe bedre robusthet enn større arealer, som i større grad kan sprekke opp. Utførelse og legging av dekket forutsetter fagpersonell med god kjennskap til produktet. Høy kvalitet i utførelsen er en forutsetning for å oppnå robuste, plaststøpte dekker, uavhengig av om granulatet består av gummi eller bark, men er særlig viktig for kork. Produktet er ellers sammenlignbart med gummigranulatdekker når det gjelder hærverk og reparasjon, selv om det så langt har vist seg å være behov for hyppigere reparasjoner i mange tilfeller. Det bemerkes at erfaringene er delte, og at enkelte arealer med korkdekke står seg tilsvarende godt som gummigranulatbaserte løsninger. Også for gummigranulatbaserte løsninger finnes det variasjon fra areal til areal.

Kommunene har begrenset erfaring med ShockDeck. Innkjøpsprisen framstår som lik, eller noen ganger lavere enn for gummigranulatbaserte fallunderlag, men dette vil variere med ønsket fallhøyde. I tillegg kan trevirket ha ulik kvalitet; vedlikeholdsfrie terrassebord er dyrere i innkjøp, men vil kreve mindre vedlikehold over tid. Det må også bemerkes at det kan være behov for noe mer utgraving dersom dekket skal ligge på samme nivå som omgivelsene (i flush), siden det kreves større dybde for å oppnå tilsvarende fallhøyder som de øvrige referansedekkene (kork og gummi).

Med tanke på hærverk er det så langt ikke gjort bekymringsverdige funn, og produktet fremstår som robust. Skader på enkelte plater utbedres ved utskifting av berørte moduler. Det er en fordel at materialet som benyttes – tre – er kjent for de fleste entreprenører, noe som gjør både montering og reparasjon relativt enkelt og rimelig. For å sikre at funksjon og egenskaper opprettholdes, anbefales jevnlig visuelle inspeksjoner for å avdekke løse eller forskjøvede

elementer, deformasjoner eller andre mekaniske skader. Rengjøring kan gjennomføres på tilsvarende måte som for de øvrige referansedekkene, ved bortspyling av løst materiale.

Innovasjonsproduktene har man svært begrenset erfaring med, og begge har behov for videreutvikling, særlig med tanke på robusthet, før eventuell kommersialisering. Baremark satser mot en lav innkjøpskostnad, da det benyttes rimelige restmaterialer i produksjonen. Dette kan kompensere for forventet hyppigere utskiftning av moduler. På alle testlekeplassene har det vært behov for utskiftning av enkelte moduler. Siden dekket er modulbasert, er det enkelt og rimelig å legge, og dermed også forholdsvis enkelt å skifte ut. I prøveperioden har det vært tilfeller der moduler har blitt løftet på, eller tilfeller der løse taukveiler har fristet til ytterligere skade og hærverk. For å redusere slike forhold er det viktig at modulene er robuste og blir værende som et plant og sammenhengende dekke. Særlig på én av testlekeplassene ble det observert større gliper mellom modulene, og at dekket beveger seg oppover og utover, som gav økt hærverk og behov for reparasjon. God innramming og godt grunnarbeid vurderes som viktige faktorer for å unngå dette i framtidige installasjoner. Modulene er noe dypere enn andre fallunderlag, og det kan derfor være behov for mer omfattende grunnarbeid.

LekeBARK består også i stor grad av et rimelig råmateriale, bark. Basert på første generasjon underlag, bør det forventes at selve installasjonen etter hvert kommer til å havne på omtrent samme markedspris per m² som tilsvarende gummidekker, ifølge leverandøren. Testene så langt har vist behov for utbedringer på to av tre lekeplasser, blant annet som følge av utgravinger. Samtidig har disse vært relativt enkle å gjennomføre. Det må antas at behovet for utbedringer vil være hyppigere enn for fallunderlag av gummigranulat, men dette kan trolig håndteres forutsigbart gjennom faste vedlikeholdsintervaller. Dette behovet må sees på i sammenheng med den videre produktutviklingen og at resultatene så langt varierer stort mellom de tre testlokasjonene. Utbedringer og vedlikehold må utføres av fagpersonell, på tilsvarende måte som for fallunderlag av gummigranulat og andre plasstøpte fallunderlag. I driftsfasen anbefales jevnlig inspeksjoner, samt at dekket jevnlig feies, støvsuges eller blåses for å unngå oppsamling av fremmedlegemer. Én gang per år bør dekket spyles. Større ansamlinger av blader og annet organisk materiale bør fjernes for å unngå forringelse av dekket.

7. Oppsummering

Produkt	Fordel	Ulempe
Baremark	- Består av bare organiske materialer - God støtabsorbering - Kan komposteres med avtale med avfallsstasjon - Laget av fornybare-sekundære materialer - Potensial for lavt klimagassutslipp	- Ikke like robust som referanseproduktene, og må videreutvikles for å oppnå tilstrekkelig kvalitet. - Moduler fikk nedsenkninger hvor vann samlet seg ved regnfall, og etter en stund ble det forskyvninger og mindre

		høydeforskjeller mellom noen moduler.
LekeBARK	• Hovedmaterialet er bark. • God støtabsorbering. • God permeabilitet. • Kan komposteres, men full nedbrytning av PU-limet er ikke dokumentert ennå • Laget av fornybare sekundære materialer • Lavt klimagassutslipp	• Bindemiddel består i dagens løsning av PU og inneholder diisocyanater • Stor slitasje under testperioden på 2 av 3 lokaliteter, slik at det måtte gjennomføres reparasjoner. Mer lim ga mer slitestyrke, men er negativt med tanke på kjemikaliebruk, klimagassutslipp og støtabsorberende evne. Produktet må videreutvikles for å oppnå tilstrekkelig kvalitet.
Gummiprodukt	• God permeabilitet • God støtabsorbering og mengden materiale som brukes kan tilpasses nødvendig fallhøyde. • Kan lages av sekundære materialer • God framkommelighet for rullestoler	• Produktet er 100 % plast og en kilde til mikroplast • Bindemiddel består av PU som inneholder diisocyanater • Laget av ikke-fornybare materialer • Må energigjenvinnes • Høyere klimagassutslipp
Korkprodukt	• God permeabilitet • God støtabsorbering og mengden materiale som brukes kan tilpasses nødvendig fallhøyde. • Laget av fornybare materialer • Lavt klimagassutslipp • God framkommelighet for rullestoler	• Bindemiddel består av PU og inneholder diisocyanater • Må energigjenvinnes • Noe utsatt for slitasje og behov for reparasjon
ShockDeck	• Består i hovedsak av trevirke, et kjent naturmateriale • Laget av store deler fornybare materialer • Mulighet for ombruk av enkelte bestanddeler • God framkommelighet for rullestoler	• Lekter må være Cu-impregnerte • Maksimal fallhøyde er lavere enn for de andre produktene i dagens løsning • Kan ikke monteres på skrånende eller ujevnt terreng.

8. Referanser

- [1] L. Ryvarden, «Hvitråte,» Store norske leksikon, 21. november 2024. [Internett]. Available: <https://snl.no/hvitr%C3%A5te>. [Funnet 15. Juni 2026].
- [2] Arbeidstilsynet, «Isocyanater,» [Internett]. Available: <https://www.arbeidstilsynet.no/risikofyllt-arbeid/kjemikalier/isocyanater/>. [Funnet oktober 2025].
- [3] C. Campanale, C. Massarelli, I. Savino, V. Locaputo og V. Uricchio, «A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health.,» *International Journal on Environment Ressearch and Public Health*, p. 26, 13 02 2020.
- [4] K. B. Jørgensen, «PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner),» Store norske leksikon, 22. februar 2025. [Internett]. Available: https://snl.no/PAH_-_polysykliske_aromatiske_hydrokarboner. [Funnet 2026].
- [5] OECD, «Policy Scenarios for Eliminating Plastic Pollution by 2040,» OECD Publishing, Paris, 2024.
- [6] United Nations Environment Programme, «From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution,» 2021.
- [7] Klima- og miljødepartementet, «EUs melding om biobasert, bionedbrytbar og komposterbar plast. EØS-notat,» 4. mai 2023. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2023/mars/eus-melding-om-biobasert-bionedbrytbar-og-komposterbar-plast/id2975501/>. [Funnet 2026].
- [8] NIBIO, «Nedbrytning i jord (AP2),» 3. mars 2021. [Internett]. Available: <https://www.nibio.no/prosjekter/dgrade-nedbrytning-av-bionedbrytbar-plast-i-jord-og-avfallsstrommer/DGRADE%20AP2%20-%20Nedbrytning%20i%20jord#publication--2be197c13-3ddd-458c-b562-e44b63014748-collapse>. [Funnet 2026].
- [9] A. D. C. V. M. W. Lisa Zimmermann, «Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition,» *Environment International*, vol. 145, p. 106066, 2020.
- [10] M. Olshammar, A. R. Lisette Graae og F. Nilsson, «Microplastic from cast rubber granulate and granulate-free artificial grass surfaces,» Swedish Environmental Protection Agency, 2021.
- [11] NORCE, «Kartlegging av mikroplastkilder i urbant miljø fra land til sjø - kilder, mengdr og spredning,» 2022.
- [12] V. S. Koutnik, J. Leonard, L. A. E. Rassi, M. M. Choy, J. Brar, J. B. Glasman, W. Cowger og S. K. Mohanty, «Children's playgrounds contain more microplastics than other areas in urban parks,» *Science of the Total Environment*, vol. 845, 2023.
- [13] Mepex, «M-1910 Norske landbaserte kilder til mikroplast,» Miljødirektoratet, 2021.
- [14] Justis- og beredskapsdepartementet, «Forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr (FOR-1996-07-19-703)».
- [15] Norsk standard, «NS-EN 1177:2018+A1:2023 Impact attenuating playground surfacing - Methods of test for determination of impact attenuation,» 2018, redigert 2023.
- [16] N. Duale, «Støtdempende fallunderlag – vurdering av helserisiko,» Folkehelseinstituttet, 2021.

- [17] Cowi, «TA2965 Innhold og spredning av miljøgifter fra produkter framstilt av gummigranulat,» Klima- og forurensningsdirektoratet, 2012.