



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Bacheloroppgave 2022 15 stp**  
Fakultet for landskap og samfunn

## **Egenskaper ved ulike fallunderlag til bruk for lekeområder i Norge**

Properties of fall surfaces in playgrounds for  
children in Norway

**Helene Hofmann**  
Landskapingeniør

## Forord

Denne bacheloroppgaven markerer min avslutning på landskapsingeniørstudiet ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Arbeidet med denne oppgaven startet høsten 2021, med størst arbeidsmengde våren 2022. Denne oppgaven utgjør 15 studiepoeng.

Gjennom arbeidet med oppgaven har jeg fått mer kunnskap om de ulike fallunderlagene som finnes på det norske markedet. Jeg har lært mye om de ulike egenskaper ved de forskjellige fallunderlagene som blir brukt på norske skoler, barnehager og lekeplasser. I løpet av oppgaveskrivingen har jeg også blitt kjent med flere kunnskapsrike personer som velvillig og raulst har delt av sin kunnskap og erfaringer innenfor dette fagfeltet.

Jeg vil spesielt takke Kjersti Håbjørg, min hovedveileder, for gode råd og tilbakemeldinger underveis i prosessen. Hennes engasjement og kjennskap til bransjen har gjort det enklere for meg å komme i kontakt med dyktige og relevante fagpersoner. Jeg må også takke alle de som har bidratt med faglige samtaler, delt erfaringer og kommet med gode innspill. En særlig takk til Lars Mortensen fra Skaaret Landskap og Carl Fredrik Reinertsen fra CH-prosjekt som i tillegg til å dele av sin kunnskap også har lest igjennom oppgaven og kommet med gode tilbakemeldinger.

Takk til alle medstudenter, forelesere og andre som har bidratt til å gjøre disse årene på Ås til en god opplevelse som jeg kommer til å ta med meg videre.



Figur 1: Nordre park, Lillehammer. Foto: Helene Hofmann

Helene Hofmann

---

Helene Hofmann  
Ås, mai 2022

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>2</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>6</b>
1.1 <i>Innledning</i> .....	6
1.1.1 Fallunderlag på norske lekeplasser - introduksjon til temaet .....	6
1.1.2 Fallunderlag på norske lekeplasser i et historisk perspektiv .....	6
1.2 <i>Målsetting og aktualitet</i> .....	7
1.3 <i>Problemstilling</i> .....	8
1.4 <i>Temaets relevans (hvorfor det er viktig for landskapsingeniører)</i> .....	8
1.5 <i>Avgrensning</i> .....	8
1.6 <i>Metode</i> .....	9
1.6.1 Litteratursøk.....	9
1.6.2 Innhenting av informasjon fra fagpersoner .....	10
<b>2 Teori (teoretisk og praktisk bakgrunn, samt regelverk)</b> .....	<b>11</b>
2.1 <i>Støtabsorpsjon</i> .....	11
2.1.1 Måling av støtabsorpsjon.....	11
2.2 <i>Termiske egenskaper</i> .....	11
2.3 <i>Vedlikehold</i> .....	12
2.4 <i>Økonomi</i> .....	12
2.5 <i>Miljø og bærekraft</i> .....	12
2.6 <i>Gjeldende regelverk og standarder for norske lekeplasser</i> .....	12
<b>3 Resultater</b> .....	<b>14</b>
3.1 <i>Gummi som fallunderlag</i> .....	14
3.1.1 Egenskaper.....	14
3.1.2 Vedlikehold .....	15
3.1.3 Levetid.....	16
3.1.4 Klimapåvirkning og bærekraft.....	16
3.1.5 Økonomi.....	17
3.1.6 Fordeler og ulemper (oppsummering) .....	17
3.2 <i>Kork som fallunderlag</i> .....	20
3.2.1 Egenskaper.....	20
3.2.2 Vedlikehold .....	20
3.2.3 Levetid.....	21
3.2.4 Økonomi.....	21
3.2.5 Klimapåvirkning og bærekraft.....	21
3.2.6 Fordeler og ulemper (oppsummering) .....	22
3.3 <i>Bark og flis som fallunderlag</i> .....	24

3.3.1	Egenskaper .....	24
3.3.2	Vedlikehold .....	25
3.3.3	Levetid .....	25
3.3.4	Økonomi .....	25
3.3.5	Klimapåvirkning og bærekraft.....	25
3.3.6	Fordeler og ulemper (oppsummering) .....	25
3.4	<i>Sand som fallunderlag</i> .....	27
3.4.1	Egenskaper .....	27
3.4.2	Vedlikehold .....	28
3.4.3	Levetid .....	28
3.4.4	Økonomi .....	28
3.4.5	Klimapåvirkning og bærekraft.....	28
3.4.6	Fordeler og ulemper (oppsummering) .....	29
3.5	<i>Grus som fallunderlag</i> .....	30
3.5.1	Egenskaper .....	30
3.5.2	Vedlikehold .....	31
3.5.3	Levetid .....	31
3.5.4	Økonomi .....	31
3.5.5	Klimapåvirkning og bærekraft.....	31
3.5.6	Fordeler og ulemper (oppsummering) .....	32
3.6	<i>Gress som fallunderlag</i> .....	33
3.6.1	Egenskaper .....	33
3.6.2	Vedlikehold .....	34
3.6.3	Levetid .....	34
3.6.4	Økonomi .....	34
3.6.5	Klimapåvirkning og bærekraft.....	35
3.6.6	Fordeler og ulemper (oppsummering) .....	35
3.7	<i>Oppsummering av resultater</i> .....	37
<b>4</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>38</b>
4.1	<i>Hvordan velge riktig fallunderlag?</i> .....	38
4.2	<i>Regelverkets betydning for utforming av lekearealer og valg av fallunderlag</i> .....	38
4.3	<i>Fremtidens fallunderlag</i> .....	38
4.4	<i>Hvordan stemmer resultatene med annen dokumentasjon og erfaringer?</i> .....	40
4.5	<i>Svakheter ved metode og gjennomføring.</i> .....	40
4.5.1	Litteratursøk .....	40
4.5.2	Samtaler med fagpersoner .....	41
4.6	<i>Videre (gjenstående) arbeid</i> .....	41
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>Litteraturliste</b> .....	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Vedlegg 1</b> .....	<b>46</b>

## Sammendrag

Fallunderlag er viktig for å ivareta barnas helse- og sikkerhet på lekeplassene, i skolene og i barnehagene. Det finnes en rekke ulike fallunderlag, og de fallunderlagene som blir mest brukt i Norge, er gummi, sand, bark, flis, grus, gress, kunstgress, gressarmering og kork. Hvert underlag har sine egenskaper, noe som kan gjøre det vanskelig å velge underlag. Denne oppgaven har derfor til hensikt å gjøre rede for de ulike egenskapene ved de forskjellige fallunderlagene, slik at det blir lettere å velge riktig underlag til rett formål i gitte omgivelser.

Egenskaper som støtabsorpsjon, permeabilitet, termiske egenskaper, økonomiske- og vedlikeholdsmessige egenskaper er viktig for valg av fallunderlag for norske lekeplasser, skoler og barnehager. Det er også viktig at de tilfredsstillir regelverket for slike underlag. De siste årene har det også blitt viktigere med miljøvennlige og bærekraftige løsninger for å redusere klimagassutslippene. Produktene som velges, skal være laget av miljøvennlige råmaterialer, produksjonen skal være mest mulig utslippsfri, de skal ha en lang holdbarhet og levetid og materialene skal være resirkulerbare etter endt bruk.

I tillegg til materialenes egenskaper avhenger konkrete valg av fallunderlag også av forhold som bruk, klimatiske og geografiske forhold, estetikk og krav til universell utforming. En oversikt over fallunderlagene og deres generelle egenskaper kan være til hjelp når man skal velge underlag for konkrete forhold lokalt.

Fremtiden vil kunne stille nye krav og fallunderlag må trolig tåle økt bruk og større nedbørmengder som forventes de kommende årene. Materialene bør også være miljøvennlige og bærekraftige for å tilfredsstillir kravene til klimavennlige løsninger.

Det aller viktigste er barnas sikkerhet og trivsel. Lekeplassene skal være innbydende og morsomme arealer hvor barna kan utfolde seg, utvikle sine motoriske evner, samtidig som de er trygge.

## Abstract

Fall surfaces are important to preserve children's health and safety in playgrounds, schoolyards and in kindergartens. There are several different fall surfaces, and the fall surfaces that are mostly used in Norway are rubber mulch, sand, bark, wood chips, gravel, grass, synthetic turf, grass reinforcement grid, and cork. Each fall surface has its own properties that makes it difficult to know which fall surface that will be best suited for a specific purpose. Accordingly, the objective of this thesis is to present and assess the different properties for the various fall surfaces, so that it becomes easier to choose the right surface for the right purpose in a given environment.

Properties such as shock absorption, permeability, thermal properties, economy, and maintenance are important properties when choosing a fall surface in Norway. In recent years, environmentally friendly and sustainable solutions have become more important. The products selected should be made from environmentally friendly raw materials, the production should be as emission-free as possible, should have a long lifetime, and the materials should be recyclable after ended use.

In addition to the material properties, the choice of fall surface also depends on several external factors such as use, climatic and geographical differences, aesthetics, and requirements for universal design. An overview of the different fall surfaces and their general properties can be helpful when choosing a surface locally.

In the future we will face with new requirements and novel fall surfaces will probably have to withstand increased wear and larger amounts of precipitation. The materials should be environmentally friendly and sustainable to meet the requirements of climate-friendly solutions.

The most important thing, however, is the children's well-being and safety. The playgrounds should be inviting and fun areas to where children can unfold, flourish, and develop their motor skills, while being safe.

# 1 Introduksjon

## 1.1 Innledning

### 1.1.1 Fallunderlag på norske lekeplasser - introduksjon til temaet

Norge vil få en betydelig befolkningsvekst de kommende årene. SSB sine tall viser at den norske befolkningen vil vokse med hele 11 prosent frem mot 2050 (Leknes, 2020). Denne veksten vil være geografisk ujevnt fordelt. De store byene og områdene rundt vil ha en stor befolkningsvekst, mens distriktskommunene vil se en betydelig nedgang. Dette skyldes i hovedsak at de unge fra distriktene flytter inn til mer bynære strøk (Leknes, 2020).

Det er de største byene som Oslo, Bergen, Stavanger og Trondheim, med omegn, som vil ha den største befolkningsveksten de neste årene. Viken fylke vil ifølge SSB ha den største veksten, med hele 30 prosent frem til 2050 (Leknes, 2020).

Denne kraftige befolkningsveksten øker behovet for utbygging og setter et enormt press på arealressursene i og rundt storbyene i hele landet. Særlig vil det bli mange flere barn og unge i byene (Leknes, 2020). Dette vil sette et stort press på skoler og barnehager i bynære områder og det vil gi et økende behov for lekearealer. Det vil bli flere barn på mindre geografiske arealer, som vil gi utfordringer knyttet til plass på skoler og barnehager, spesielt for utearealene.

Lekeområdene må også tåle mer bruk og større slitasje.

Samtidig står vi ovenfor store klimautfordringer som tvinger oss til å måtte tenke nytt, og finne nye, mer miljøvennlige og bærekraftige løsninger. Klimaet er i ferd med å endre seg og med dette kommer det større mengder nedbør og temperaturvariasjoner. Dette får også konsekvenser for kravene til utearealer for barn og unge.

De fremtidige lekearealene våre må ha gode, mer bærekraftige og miljøvennlige løsninger som tåler økt bruk og er slitesterke, samtidig som de må tåle den økte nedbørmengden som forventes. Men det er også viktig at barnas lekearealer muliggjør og inviterer til variert lek. Det skal være arealer som barna trygt kan leke på uten risiko for alvorlige skader som hodeskader eller benbrudd, samtidig som arealene skal muliggjøre utforsking og utvikling, og forberede barna for verden utenfor barnehagene og skolenes gjerder.

Det vil altså være et økt behov for lekearealer, særlig i de store byene, som er bærekraftige og tåler de nye klimaforholdene. Fremtidens krav til utearealer og falldekke kan sees i lys av historien.

### 1.1.2 Fallunderlag på norske lekeplasser i et historisk perspektiv

Før etableringen av lekeplasser var det gjerne naturen som var barnas lekearealer. De fleste hadde naturområder med skog og bekker tett opp til der de bodde. Det var spennende områder å leke i over alt. Barna tilbrakte dessuten mer tid hjemme og i nærområdene. På 1940-tallet var det lite fokus på skolegårdens utforming. Skoledagene var korte, og det var også friminuttene. Derfor bestod uteplassen ofte kun av en stor grus- eller asfaltplass. Leken foregikk utenfor skolegården. I 1950-årene ble det mer vanlig med egne lekeplasser til barna i byparkene. De så et behov for egne arealer hvor barna kunne leke, da parkenes planmessighet og estetikk var mer tilrettelagt for voksne enn for barn. De første lekeplassene med lekeplassutstyr ble møtt med stor begeistring, barna sto i kø for å leke på de nye huskene, skliene, karusellene og dumphuskene (vippehuskene). På 1960- og 70-tallet ble det også behov for lekeplasser i boligområdene. Det ble anlagt små gruslagte plasser med ulike lekeapparater (Nilsen, 1996).

På 1980-tallet ble det satt sterkere søkelys på barns sikkerhet og det var et stort ønske om å redusere antallet alvorlige ulykker på lekeplassene. I 1979 kom den første standarden for lekeplassutstyr utarbeidet i Tyskland. Denne standarden førte til en sterk nedgang i alvorlige

lekeplassulykker i Tyskland, og den ble etter hvert også tatt inn i svensk og dansk regelverk. Norge kom først med da den nye felles europeiske standarden var klar i 1998 (NS-EN 1176). Da hadde Norge også fått en egen «forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr». På 1990-tallet var det rundt 7500 årlige lekeplassulykker i Norge. Dette var høyere enn i andre land, og en av grunnene til at Norge ble med i det felles europeiske arbeidet for lekeplass-sikkerhet. Det førte også til mer systematisk kontroll og et økt fokus på fallunderlag på lekeplassene. (Anonym, 2022)

På begynnelsen av 80-tallet ble også den første lekeplassen med bruk av gummi som fallunderlag bygget. Dette var gummi-heller produsert i Tyskland med en standard tykkelse som skulle beskytte mot fall opp til 1,5 m. Plass-støpt gummi kom til Norge på 90-tallet, også det fra utlandet. Denne gummien bestod av gummi fra opprevne bildekk og lim. Den første gummien bestod av kun et sjikt med gummi og lim, og var helt svart. Gummi kom som et alternativ til sand for å hindre at store mengder sand ble dratt inn i bygninger og gjorde skade på linoleumsgulvene og økte vedlikeholdsbehovet innendørs. Da gummi først kom til Norge, var det et kostbart produkt som ble lite bruk. Utover på 2000 tallet ble det etter hvert rimeligere og dermed svært mye brukt i Norge. (Anonym, 2022).

I tråd med utviklingen beskrevet ovenfor, har barnas lek utviklet seg fra å foregå i naturnære områder rundt boligområdene til at barna i dag, fra svært ung alder, tilbringer de fleste timene med dagslys på skolen og i barnehagen. Skolens og barnehagens utearealer er derfor blitt en viktig del av barnas utvikling av motoriske ferdigheter og adferd sammen med andre. Det er også blitt et større behov for flere lekeplasser på kommunale og statlige friområder i tillegg til parker og boligområder. Også valget av fallunderlag har endret seg fra små gruslagte plasser og mye bruk av sand til utstrakt bruk av gummi. I dag er det dessuten blitt et sterkere søkelys på bærekraft og miljøvennlige løsninger også på lekeplasser. Naturelementer har blitt viktig, og det er blitt et mål flere steder å gå bort fra bruken av gummi som fallunderlag, og over til mer miljøvennlige alternativer.

De demografiske endringene som er beskrevet ovenfor har sammen med at man har fått nye materialvalg, gitt nye muligheter og løsninger for utforming av utearealer.

## 1.2 Målsetting og aktualitet

Målet med denne oppgaven er å kartlegge egenskapene for de mest brukte fallunderlagene på norske lekeplasser. Hensikten med å lage en oversikt over egenskapene, er å gjøre det lettere for byggherren og de prosjekterende å finne frem til hvilket fallunderlag som egner seg best for å lage gode og sikre lekearealer for barna. Slik kan forhåpentligvis denne oppgaven være til hjelp for landskapsingeniører og andre i deres valg av det fallunderlaget som egner seg best til det gitte utearealet og den forventede bruken.

Valg av riktig fallunderlag på lekearealer er viktig og aktuelt. Som beskrevet i innledningen, vil de demografiske endringene gi økte krav til å lage gode og hensiktsmessige utearealer som tåler flere barn og økt bruk. I tillegg møter vi strengere krav til miljø og bærekraft. Dessuten vil klimaendringer gi behov for nye og smartere løsninger. Sist, men ikke minst er egenskapene til fallunderlag viktig for å sikre barns helse og sikkerhet. Valg av riktig fallunderlag er derfor viktig for barna (for bruk og sikkerhet), for byggherre (for planlegging og utbygging), for de som har ansvaret for arealene (vedlikehold) og for samfunnet (kostnadene).



### 1.3 Problemstilling

Problemstillingen i denne oppgaven er *egenskaper ved ulike fallunderlag til bruk for lekeområder i Norge*.

Det konkrete spørsmålet som skal besvares er:

- Hvilke egenskaper har de ulike fallunderlagene som brukes på lekeplasser i Norge?

Svaret på dette spørsmålet vil være til hjelp for å finne et hensiktsmessig fallunderlag ved prosjektering av lekearealer.

### 1.4 Temaets relevans (hvorfor det er viktig for landskapsingeniører)

Valg av materialer og deres egenskaper er en sentral del av landskapsingeniørfaget. Det er viktig å vite hvilke materialer som egner seg best til ulike formål. For utforming, prosjektering og bygging av utearealer er det derfor helt sentralt at landskapsingeniøren har gode kunnskaper om fallunderlag.

Landskapsingeniører skal dessuten arbeide både erfarings- og kunnskapsbasert (evidensbasert). Det er derfor viktig at vi er i stand til å lese, forstå og sammenstille faglig informasjon på en god og riktig måte.

I tillegg skal landskapsingeniører følge med på samfunnsendringer og ta viktige valg og beslutninger på områder som angår mange mennesker i lang tid, slik som for eksempel ved utforming av lekearealer. Valg av fallunderlag på et kunnskapsmessig godt grunnlag vil da være helt sentralt.

Dessuten er det viktig at landskapsingeniøren kan finne løsninger som er godt tilpasset brukerne – i dette tilfellet barna.

### 1.5 Avgrensning

Informasjonsmengden om dette temaet er enorm. Oppgaven må derfor avgrenses for å være håndterbar. Målet med denne oppgaven er derfor begrenset til å gi en oversikt over egenskapene til de ulike fallunderlagene, slik at man kan gjøre kunnskapsbaserte valg i konkrete situasjoner. Målet er ikke å finne ut hvilket fallunderlag som er best. Det vil variere fra sted til sted. Estetiske aspekter ved fallunderlag vil variere sterkt ut fra sted, omgivelser og type prosjekt. Dette er derfor ikke drøftet spesielt i denne oppgaven.

Oppgaven vil videre være avgrenset til de fallunderlagene som er mest brukt i Norge og som egner seg best for de klimatiske forholdene her.

Det brukes kunnskapsoppsummeringer der disse finnes. Ellers brukes enkeltstudier (artikler) og rapporter. I tilfeller der det mangler informasjon fra slike kilder, brukes informasjon fra erfarne fagpersoner og leverandører.

## 1.6 Metode

For å svare på problemstillingen og det konkrete spørsmålet, skal følgende kvalitative metoder benyttes:

1. Litteratursøk
2. Innhenting av informasjon gjennom samtaler med fagpersoner

### 1.6.1 Litteratursøk

Det ble gjennomført litteratursøk i forskjellige databaser. Tabellen viser de ulike søkestrengene for de ulike databasene. Søket er også nærmere beskrevet i vedlegg (1).

**Tabell 1** Oversikt over litteratursøk

Database	Søkeord	Antall referanser
Oria	[Alle felt Inneholder] ("fall surface" ELLER "fall surfacing") OG [Alle felt Inneholder] playground	10
Web of Science	("fall surface" or "fall surfacing") AND playground [All fields]	2
Scopus	("fall surface" or "fall surfacing") AND playground [All fields]	4
PubMed	("fall surface" or "fall surfacing") AND playground [All fields]	39
	Totalt	55
	Dubletter fjernet	6
	Identifiserte studier	49
	Ekskluderte studier på bakgrunn av tittel og sammendrag	37
	Ekskluderte studier etter gjennomlesning	9
	Sum: Inkluderte studier fra litteratursøket	3
	Inkluderte referanser fra identifiserte studier og anbefalinger	4
	Inkluderte referanser på bakgrunn av søk etter spesifikk informasjon	36
	Tidligere forelesninger benyttet i oppgaven	3
	Totalt antall referanser	46

Som analysemetode, har jeg brukt dokumentanalyse, hvor jeg har brukt rettet innholdsanalyse, der jeg i de inkluderte dokumentene har lett etter bestemt innhold (Hsieh, 2005). Innholdet jeg har søkt systematisk etter, er sentrale egenskaper ved fallunderlag, altså egenskaper som kan besvare problemstillingen og oppgavens spørsmål.

De egenskapene jeg har søkt etter er:

- Fysiske egenskaper
- Kjemiske- og miljømessige egenskaper
- Termiske egenskaper
- Vedlikeholdsbehov
- Forventet levetid
- Klimapåvirkning og bærekraft
- Økonomi

Disse egenskapene er valgt etter at jeg har satt meg inn i regelverket og litteraturen om fallunderlag. Det er egenskaper som er vesentlige for vurdering av fallunderlag i Norge. De danner også elementene i tabellene som er brukt ved gjennomgangen av de inkluderte dokumentene og som er gjengitt i resultatdelen. Spørsmål om disse egenskapene er også sentrale ved innhenting av informasjon gjennom samtaler med fagpersoner.

#### 1.6.2 Innhenting av informasjon fra fagpersoner

For enkelte fallunderlag gir ikke litteraturen tilstrekkelig informasjon om alle relevante egenskaper. Eksempelvis, gir ikke dokumentene svar på kostnader for ulike fallunderlag i Norge. For å frembringe dette, er det innhentet informasjon fra fagpersoner. Det er gjort et selektert utvalg av fagpersoner som er valgt nettopp ut fra deres kompetanse om fallunderlag i Norge.

Det ble tatt kontakt med 9 fagpersoner, hvorav syv svarte.

Fagpersonene som har bidratt med informasjon, er landskapsarkitekter (2), anleggsgartnere (2) og leverandører (3). I tillegg har jeg fått viktig informasjon fra en siviløkonom med spesialkompetanse innenfor lekearealer.

Informasjonen er innhentet gjennom e-poster (7) og samtaler (4), og i enkelte tilfeller fra nettsider til leverandører (eksempelvis ut fra råd i samtaler).

Det er gjort notater under samtalene. Informasjon som er hentet fra e-poster og egne notater, er sammenfattet i ettertid. Også her er informasjonen hentet med tanke på å beskrive de ulike egenskapene ved fallunderlagene. De fagpersonene som er navngitt i oppgaven, har godkjent dette via e-post og fått mulighet til å lese gjennom oppgaven før levering. For en person har det ikke vært mulig å få skriftlig samtykke til å oppgi navn. Der hvor informasjonen fra denne personen er brukt, er det derfor angitt (Anonym, 2022).

## 2 Teori (teoretisk og praktisk bakgrunn, samt regelverk)

For å gjøre rede for og vurdere de ulike egenskapene, er det vesentlig å kjenne disse i detalj. I tillegg er det sentralt å kjenne det aktuelle regelverket og de standardene som gjelder. Regelverket inneholder også krav til fallunderlagenes egenskaper. Nedenfor følger en oversikt over de ulike egenskapene, samt over det aktuelle regelverket og relevante standarder.

### 2.1 Støtabsorbsjon

Støtdempende underlag/ fallunderlag er definert som «underlag på støtflater som er ment å redusere skaderisikoen ved fall på det» (Standard Norge, 2019).

Absorbsjon er «en prosess hvor enten et stoff eller energi trenger inn i et annet stoff» (Helseth, 2020). Ved støt mot et underlag virker kroppen og underlaget på hverandre med motsatt like store kraftstøt (Ormestad, 2019). Det vil si at jo mykere underlaget er, desto mer av støtet absorberes i underlaget og mindre i menneskekroppen.

Støtabsorbsjon er viktig for å unngå skader ved fall. Hodeskader utgjør de mest alvorlige skadene på norske lekeplasser. Hodet er svært utsatt for slagskader mot harde overflater, og derfor er det svært viktig at underlag har god støtdempende effekt. Ved løse materialer som sand, bark og flis, dannes det en grop til hodet som hindrer slag på hjernen. Faste materialer som gummi, kork og gress demper støtet, men hodet vil sprette tilbake etter fallet, noe som kan medføre skader på hjernen (Anonym, 2022).

#### 2.1.1 Måling av støtabsorbsjon

Det er to hovedmåter å måle støtabsorbsjonen til de ulike fallunderlagene på. Den ene heter Head Injury Criterion (HIC) og måler hvor alvorlige hodeskader som kan oppstå ved fall fra ulike høyder og på de ulike underlagene. Det benyttes et hode laget av aluminium. Dette slippes fra ulike høyder. Akselerasjonen til testhodet og tiden det tar før testhodet treffer underlaget er grunnlaget for beregningene av HIC verdien. Grenseverdien er på HIC 1000 for å være godkjent som fallunderlag.

Den andre testmetoden er Max G som måler forholdet mellom den maksimale akselerasjonen som oppleves under et sammenstøt og den normale akselerasjonshastigheten grunnet tyngdekraften. Denne testmetoden har en annen grenseverdi, hvor maksimum G skal være lavere enn 200. Disse to grenseverdiene på HIC 1000 og G 200 kan ikke direkte sammenliknes for de ulike materialene og høydene (Nilsen, 1996).

### 2.2 Termiske egenskaper

Ved temperaturendringer endres også fallunderlagenes egenskaper. Materialet kan endre struktur (omfang, form, sprekkdannelse). I tillegg endres de støtabsorberende egenskapene.

Det viktigste for å opprettholde dekkets støtdempende egenskaper, også ved lave temperaturer, er dets permeabilitet. Altså vannets evne til å trenge gjennom dekket. Dette hindrer at is legger seg på overflaten eller fryser til is inne i materialet. Varmeabsorbsjon kan også være relevant på varme sommerdager (Walsh, 2016). Dessuten er friksjon viktig ved fuktige forhold – altså at materialet ikke blir glatt når det blir vått.

Norge er et land preget av lange og kalde vintre, der barna leker ute. Derfor må fallunderlagene også fungere ved lave temperaturer. Det er også store geografiske forskjeller i Norge når det kommer til temperatur, nedbør og vind. Dette må man også ta i betraktning når man velger et fallunderlag. Fallunderlaget må tåle det været og klimaet som er i det gitte området, for å kunne fungere optimalt.

## 2.3 Vedlikehold

Fallunderlagene er eksponert for vær og vind, samt slitasje gjennom bruk. Regn og vind kan slite på og frakte bort løse materialer. Sol kan endre materialets utseende (falme) og struktur.

Alle typene av fallunderlag krever altså vedlikehold. Vedlikeholdet er viktig for at dekket skal opprettholde de gode støtdempende egenskapene og ha lengst mulig levetid.

Vedlikeholdsbehovet vil variere med bruken og slitasjeeksponeringen. Det er produsenten/leverandøren av dekket sitt ansvar å oppgi hvilke prosedyrer som må følges for drift, vedlikehold og ettersyn av underlaget for å opprettholde dekkets støtdempende egenskaper.

## 2.4 Økonomi

Ved valg av fallunderlag har kostnaden som regel stor betydning. For de fleste prosjekter vil kostnad telle mer enn kvaliteten på produktene. Dette er i ferd med å endre seg med den økte oppmerksomheten på bærekraft, hvor kvaliteten til produktene har en større betydning enn pris.

Når det kommer til fallunderlag og økonomi er det flere faktorer som spiller inn. Det er kvadratmeterprisen, som er prisen for selve materialet samt kostnadene for leggingen av dekket. Kvadratmeterprisen må veies opp mot vedlikeholdskostnadene til produktet, her er det store variasjoner. Også dekkets levetid er en viktig del av økonomiaspektet. Jo lenger levetiden er, jo færre utskiftningskostnader blir det. En utfordring er at anskaffelsesbudsjettet er begrenset og at livsløpskostnadene ikke tas med i beregningen ved anskaffelse. Flere av produktene har også høye kostnader ved deponering.

## 2.5 Miljø og bærekraft

Både miljø og bærekraft er viktige for vurdering av fallunderlag. Miljø handler om hvordan produktene påvirker miljøet rundt og hvilke konsekvenser det eventuelt kan ha på miljøet med tanke på CO<sub>2</sub> utslipp og miljøgifter.

Bærekraft er et mer komplekst begrep som tar inn flere faktorer enn kun hvordan produktene påvirker miljøet. Bærekraft omfatter også begreper som gjenbruk, ombruk, levetid, drift og vedlikehold, transport og fleksibilitet. For at et produkt skal være bærekraftig bør det tilfredsstillende flere av disse punktene. Det bør helst bestå av gjenbrukede materialer og kunne ombrukes på et senere tidspunkt. Det bør ha en lang levetid og kreve minst mulig drift og vedlikehold. Produktet bør også ha flere funksjoner, slik at det kan brukes til mer enn kun et formål. Produksjonen og transporteringen av produktene bør foregå lokalt og over korte avstander (Fuglseth,2022).

Et negativt klimaregnskap er et begrep som brukes i forbindelse med produkter fra treverk. Dersom et produkt har et negativt utslipp har produktet tatt opp og fanget opp mer CO<sub>2</sub> i løpet av treetts levetid enn CO<sub>2</sub> utslippene forbundet med produksjonen av produktene, noe som er positivt (Fuglseth,2022).

I tillegg til de ulike egenskapene ved fallunderlagene, vil også valg av fallunderlag styres av regler, forskrifter og standarder.

## 2.6 Gjeldende regelverk og standarder for norske lekeplasser

Det finnes en rekke lover, regler og standarder for norske lekeplasser. Dette er for å ta vare på barnas sikkerhet og helse ved lek. Nedenfor følger en kort oversikt, for å beskrive rammene for vurdering og bruk av fallunderlag.

Opplæringslova er en lov som skal styrke skolenes innhold og oppgaver. I paragraf 9 A-2 står det at «Alle elever har rett til eit trygt og godt skolemiljø som fremjar helse, trivsel og læring». Og i henhold til paragraf 9 A-7 som omhandler det fysiske miljøet på skolene skal skolene «planleggjast, byggjast, tilretteleggjast og drivast slik at det blir teke omsyn til tryggleiken, helsa,

trivselen og læringa til elevane». Samt at «Alle elevar har rett til ein arbeidsplass som er tilpassa behova deira. Skolen skal innreiast slik at det blir teke omsyn til dei elevane ved skolen som har funksjonshemmingar». (Opplæringslova, 1998).

Denne Loven gir ingen krav til areal eller utforming, men den sier at arealene skal være tilpasset formålet og være funksjonelle. loven er med på å påvirke skolenes uteområde i den forstand at den setter krav til barnas trygghet og at den skal fremme barnas helse. Det kommer også frem at det er svært viktig at utearealene er universelt utformet og tilpasset de med funksjonshemninger.

Forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr har som formål å forhindre skader fra lekeplassutstyr når de benyttes til riktig formål.

I paragraf 11, «Fallunderlag», er det oppgitt følgende krav: «For at lekeplassutstyret skal kunne tas i bruk, må utstyrets fallunderlag være støtdempende. Dette gjelder ved fallhøyder på over 60cm. Kravet til fallunderlagets støtdempende evne vil avhenge av fallhøyden for det enkelte utstyr. Hvis syntetiske matter eller gummiheiler brukes som fallunderlag ved fallhøyde over 60cm, skal den støtdempende evnen kunne dokumenteres. Fjell, betong og asfalt skal ikke brukes som fallunderlag» (Forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr, 1996).

Fallunderlaget skal dekke sikkerhetssonen til lekeplassutstyret. I henhold til paragraf 10 vil størrelsen på sikkerhetssonen «avhenge av fallhøyden og må sees i sammenheng med et areal aktiviteten dekker. Sikkerhetssonen fastsettes særskilt for det enkelte utstyr» (Forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr, 1996).

Det står også i paragraf 15, «Produktinformasjon», at et hvert lekeplassutstyr skal ha en medfølgende produktveiledning. Denne veiledningen skal inneholde informasjon om sikkerhetssoner, korrekt fundamentering av lekeplassutstyret, vedlikeholdsbehov og krav til fallunderlag og støtdemping. Det er den som har anskaffet lekeplassutstyret som står ansvarlig for vedlikehold og ettersyn slik at sikkerhetsegenskapene opprettholdes (Forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr, 1996).

I likhet med de fleste andre land, har Norge en standard som blant annet skal sikre trygge lekeplasser. Standarden for lekeplassutstyr og underlag NS-EN1176&1177, skal forhindre alvorlige skader fra fall og liknende fra norske lekeplasser, skoler og barnehager. Den setter begrensninger for hvor høy fallhøyden fra lekeapparatene kan være og hvilken tykkelse, på de ulike fallunderlagene, som kreves for de ulike fallhøydene. Standarden er et godt hjelpemiddel for å oppfylle loven om produktkontroll og forskriften om sikkerhet ved lekeplassutstyr. Den legger også føringer for kontrollering av støtdemping og ulike prøvingsmetoder for kontrollering av fallabsorpsjon. Standardens formål er å sikre trygge lekeplasser for barn og unge, forhindre dødsulykker eller andre alvorlige skader som medfører varige men, samtidig som den ikke skal hindre utforming av lekeplasser og lekeplassutstyr med spenning og utvikling (Standard Norge, 2019/2017).

Regelverket og standarden har et dobbelt formål. De skal forhindre alvorlige skader på norske lekeplasser samtidig som det gis rom for fri utfoldelse og utvikling.

## 3 Resultater

Nedenfor presenteres de ulike fallunderlagene som er aktuelle for bruk på lekeplasser i Norge, med vekt på de egenskapene som er nevnt ovenfor.

For hvert fallunderlag presenteres først de ulike egenskapene. Deretter gis en sammenstilling av fordeler og ulemper. Til sist oppsummeres egenskapene i en tabell. Helt til sist sammenstilles alle resultatene i en tabell, slik at det blir enklere å sammenligne egenskapene for alle fallunderlagene.

### 3.1 Gummi som fallunderlag

Gummi, som fallunderlag på lekeplasser, kom til Norge på 80-tallet og har blitt mye brukt de siste 10-15 årene. Det finnes to hovedtyper gummidekke brukt som fallunderlag på norske lekeplasser. Det ene er plass-støpt gummi som legges og formes på stedet. Den andre typen er gummiheller. Dette er prefabrikkerte matter som sammenføres og danner et sammenhengende gummidekke. Gummihellene er ikke et like fleksibelt produkt, da det settes sammen av flere ferdigproduserte elementer. Mens man med plass-støpt gummi kan lage ulike former og figurer på stedet (Sønsteby, 2011).

#### 3.1.1 Egenskaper

##### 3.1.1.1 Fysiske egenskaper

Gummi er et fast materiale som kan virke noe hardere enn løse materialer som sand, men har gode støtdempende effekter. Det kreves ikke like stor tykkelse for å tilfredsstille kravene for fallabsorpsjon sammenliknet med andre typer materialer. For en fallhøyde på 2 meter kreves det en tykkelse på 70 mm og for en fallhøyde på 3 meter trengs det en tykkelse på 100 mm (www.tress.com). Dette vil dog variere noe fra leverandør til leverandør. Gummidekket må testes og dokumenteres for å sikre at det tilfredsstiller de kravene som stilles til støtdemping.

Gummi er et slitesterkt alternativ. Fordi det er et fast materiale med gode vannavstøtende og drenerende egenskaper, slites det i liten grad bort av vær og vind. Ved høy friksjon fra skosåler vil det oppstå slitasje på dekket. Dette vil ha liten påvirkning på dekkets støtdempende effekt, men vil kunne frigjøre mikroplast som fører til en forurensning av naturen.

##### 3.1.1.2 Kjemiske- og miljømessige egenskaper

Gummidekke, brukt som fallunderlag, består av en base med grovkornet Styren-butadiengummi (SBR) fra gamle bildekk. Denne typen gummi er motstandsdyktig mot UV-eksponering, ozon og temperaturforskjeller og egner seg godt i et utemiljø (Sønsteby, 2011). Fordi denne gummien er resirkulert vet man ikke 100% hva den består av og den kan derfor inneholde stoffer som kan være helse- og miljøskadelige (Reinertsen, 2022).



Figur 2: Fallunderlag av plassstøpt gummi på lekeplass i Nordre park på Lillehammer. Foto: Helene Hofmann

Topplaget består som regel av ny EPDM-gummi. Denne gummi har også gode egenskaper som egner seg godt for bruk utendørs og kommer i mange forskjellige fargenyanser (Sønsteby, 2011). Fallunderlag av gummi består av 90% gummigranulat og 10% lim (Berthelsen, 2011). Limet som blir brukt er polyuretan (PU). Polyuretan består av isocyanater som frigjør giftige gasser i flytende form og i herdingsprosessen, men er ikke helseskadelig når det har fått herdet (Sønsteby, 2011). PU- bindemiddelet er



Figur 3: Tversnitt av plass-støpt gummi. Foto: Helene Hofmann

utsatt for mekanisk slitasje fra sand og grus og slites raskt bort, noe som kan resultere i løse gummipartikler og skader på overflaten på gummidekket (Sønsteby, 2011). Fordi polyuretan frigjør giftige stoffer ved oppvarming må gummidekket deponeres som spesialavfall (Reinertsen, 2022).

### 3.1.1.3 Termiske egenskaper

Gummi er et elastisk materiale som tåler bevegelser og endringer i grunnen. Elastisiteten tillater utvidelser og sammentrekninger ved temperaturvariasjoner uten at dekket sprekker opp. Gummi gir også tilstrekkelig med falldemping under skiftende klima- og værforhold, noe som gir en lenger bruksperiode gjennom året. Gummi fryser ikke og vil derfor også være mykt under kuldeperioder (Sønsteby, 2011). Dette er en viktig egenskap for det norske klimaet med lange og kalde vintre, hvor barn fremdeles vil leke ute på lekeplasser, skoler og barnehager.

Det er viktig at gummidekket legges på gode drenerende masser slik at vannet lett kan trenge gjennom underlaget og hindre vannansamlinger som kan fryse til is. Det kan samle seg fuktighet i porene som fryser og gjør at gummi blir noe hardere i kalde perioder. Det kan også dannes et tynt frostlag på toppen som gjør underlaget glatt (Reinertsen, 2022). Valg av farge kan være viktig med tanke på at materialet kan bli varmt om sommeren dersom det er mørkt (Walsh, 2016).

### 3.1.2 Vedlikehold

Gummidekke er ikke vedlikeholdsritt, selv om det gjerne reklameres med det. Som alle andre materialer kan det skje ødeleggelser og skader som må repareres. Hull og andre skader på dekket, kan raskt forverres dersom de ikke repareres raskt. Fordi dekket er luft- og vanngjennomtrengelig samler det seg jord, sand, grus, støv, pollen, forurensende stoffer, frø og liknende i sprekker og porer. Dette fører til mekanisk slitasje av dekket, samt at det reduserer permeabiliteten til dekket, noe som kan endre støtabsorpsjonen. Det er derfor viktig å rengjøre dekket regelmessig, ikke bare for å forlenge levetiden, men også for å forhindre at barna får i seg de skadelige stoffene og at personer med allergi blir unødig plaget. Gummidekket rengjøres med milde rengjøringsmidler som oppvaskmiddel og andre husholdningsmidler. Man skal unngå å benytte løsemidler, olje eller sterke rengjøringsmidler da dette kan ødelegge gummidekke eller være skadelig for barnas helse og naturen. Etter at dekket er vasket skal det trykk-spyles. Vasking bør gjennomføres minst en gang i året (Sønsteby, 2011).

Det tyske firmaet Strandmaster har også utviklet en maskin til dyprensning av gummidekker, som fjerner sand og smuss fra belegget. Maskinen bruker kun vann til å skylle ut sanden og suger det deretter opp. Dyprensing er viktig for å opprettholde dekkets drenerende egenskaper og vil også kunne få frem de kraftige fargene til dekket igjen (Hansen, 2019).



### 3.1.3 Levetid

Levetiden for et gummidekke anslås å være på mellom 10 og 15 år avhengig av slitasjeeksponeringen og vedlikeholdet av dekket (Reinertsen, 2022). Det er lite utbredt med testing av HIC- verdier på gamle dekker som gjør det vanskelig å kontrollere underlagets støtdempende egenskaper og når de bør skiftes ut. Dekkene blir byttet ut når topplaget er veldig slitt eller har fått sprekkdannelser (Reinertsen, 2022).

### 3.1.4 Klimapåvirkning og bærekraft

Gummien brukt til gummidekke på lekearealer, er ikke et naturlig produkt og inneholder miljøskadelige stoffer som vil havne i naturen. Bindemiddelet polyuretan inneholder flere miljøskadelige giftstoffer, blant annet Bisfenol A, et industriframstilt kjemisk stoff på listen over prioriterte giftstoffer og fosfororganiske flammehemmere (Gillgren, u.å.). Mesteparten av gummien som blir produsert i dag er laget av fossil olje. Olje er en ikke-fornybar ressurs som fører til store utslipp av karbondioksid i atmosfæren. Oljebaserte produkter som EPDM gummi brytes også sakte ned, noe som fører til langsiktig forurensning.

Etter undersøkelser av helse- og miljøskadelige stoffer i gummibelegg og gummiheller gjort av NGU og miljøenheten i Trondheim kommune ble det konkludert med at det er et innhold av THC (totale petroleum-hydrokarboner, >C<sub>5</sub>-C<sub>35</sub>), PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner)- og PBC (polyklorerte bifenyler)-forbindelser, sink og nonylfenol i gummien brukt som fallunderlag. Det ble også funnet innhold av jern, krom ftalater og bromerte flammehemmere som blir tilført ved produksjon av fallunderlag (Duale, 2011). Dette er stoffer som plasseres ut i naturen og kan ha en forurensende effekt.

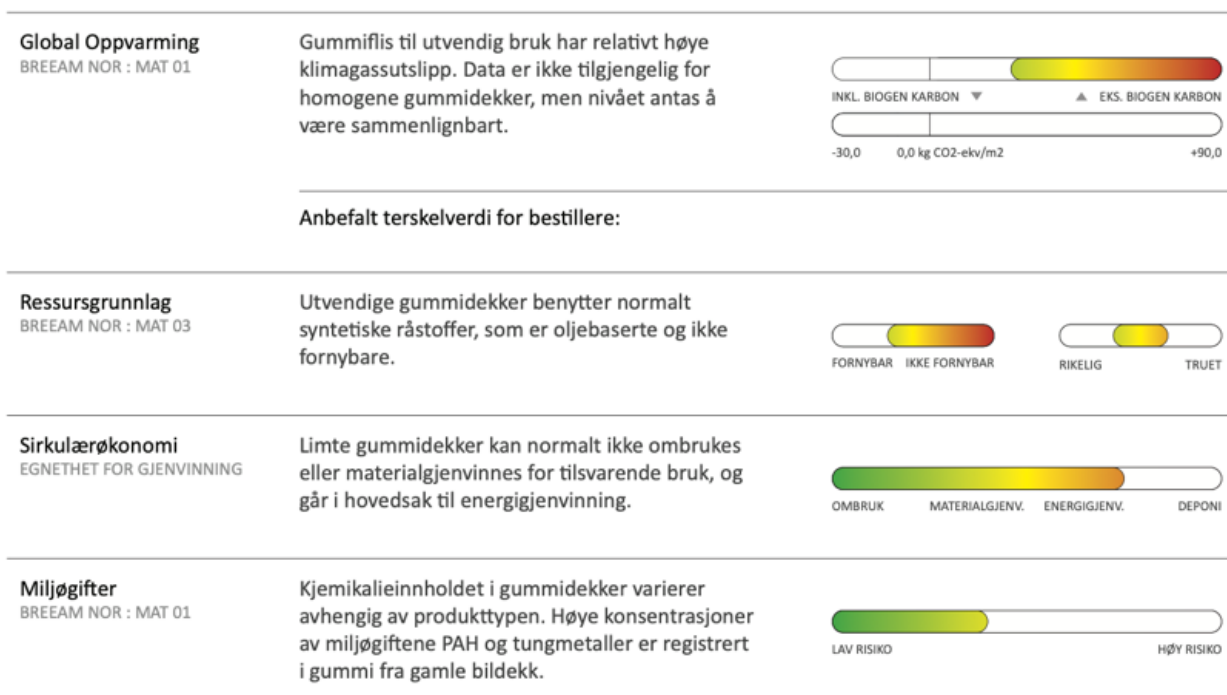
Etter gjennomførte jordprøver av grunnen under gummibeleggene og gummimattene ble det funnet utlekking av THC (>C<sub>5</sub>-C<sub>35</sub>), PAH- og PBC-forbindelser som trolig kommer fra de resirkulerte bildekkene. Det ble også funnet utlekking av bromerte flammehemmere. Dette viser at denne typen gjenvinning av brukte bildekk fører til utslipp av flere helse- og miljøskadelige stoffer til naturen. Undersøkelsen viste også at det ble funnet mindre helse- og miljøskadelige stoffer i plassstøpt gummibelegg enn i gummiheller. (Berthelsen, 2011).

De fleste gummidekkene som blir brukt i Norge, blir produsert og transportert fra Tyskland og Storbritannia (Grønn byggallianse, 2021), og blir fraktet med store skip og lastebiler som gir en ytterligere forurensning.

Fallunderlag av gummi består i stor grad av resirkulert materiale. Det øverste granulatsjiktet kan bestå av opp til 75% gjenvunnet gummi og det nedre sjiktet består i all hovedsak av knuste bildekk og er 100% gjenvunnet (Grønn byggallianse, 2021). Limstoffene og bindemiddelet må deponeres, noe som medfører en ytterligere forurensning (Grønn byggallianse, 2021).

At gummidekke har lang levetid og krever lite vedlikehold gjennom året, gjør produktet mer bærekraftig fordi det krever lite ettersyn og trengs ikke å byttes eller skiftes ut etter en kort stund. Men dekket har kun én funksjon og er derfor mindre bærekraftig enn flerfunksjonelle dekker.

Mens store deler av dekket består av gjenbrukt materiale, lar dekket seg vanskelig gjenbruke. Figuren på neste side, hentet fra Grønn byggallianse, viser at gummi brukt som fallunderlag har en høy global oppvarming og består av ikke-fornybare ressurser som gjør produktet mindre bærekraftig. Limet som er brukt gjør det også vanskelig å gjenbruke.



Figur 4: Grønn byggallianse, (2021). Oversikt over miljøegenskapene til gummidekke. Hentet fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Gronn-Materialguide-v3\\_1\\_utskriftsversjon-002.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Gronn-Materialguide-v3_1_utskriftsversjon-002.pdf) (Lest 16.02.22).

### 3.1.5 Økonomi

Fallunderlag av gummi er et dyrt materiale sammenliknet med de andre typene fallunderlag. Men, fordi det har en så lang levetid og krever lite vedlikehold vil det kunne bli billigere på sikt. Kvadratmeterprisen på gummidekke varierer med tykkelsen på dekket og strekker seg fra 1000 kr til 1900 kr (Reinertsen, 2022). Vedlikeholdskostnadene til et gummidekke vil være omtrent 10% av anskaffelseskostnadene, men dette vil variere mye fra sted til sted (Reinertsen, 2022).

### 3.1.6 Fordeler og ulemper (oppsummering)

#### 3.1.6.1 Fordeler

Fordelene med et fallunderlag av gummi er at det er et veldig allsidig og fleksibelt produkt med mange utformingsmuligheter. Det finnes opp mot 30 ulike fargenyanser og materialet kan enkelt formes. Med gummi kan man da utforme sitt eget landskap med morsomme fasonger og farger. Det gir mulighet for variasjon og øker bruksmulighetene, for eksempel ved terrengformasjoner som kan brukes som akebakker om vinteren. Gummidekke er også et produkt som er svært slitesterkt og har dermed lang holdbarhet (Sønsteby, 2011).

Gummi har god støtdempende effekt. Det kreves derfor mindre tykkelse på dekket, for å tilfredsstille de strenge kravene for støtdemping, enn mange andre produkter. Dekket krever også lite vedlikehold og er enkelt å holde rent.

Et fallunderlag av gummi reduserer også slitasjen på lekeapparatene fordi det ikke inneholder løst materiale som kan komme i kontakt med utstyret. Dekket er selvdrenerende, noe som hindrer store vannansamlinger på overflaten, samt at det legger seg is om vinteren. I tillegg har det en lydempende effekt, som kan være en stor fordel på mindre lekearealer med mange barn ([www.lekogpark.no](http://www.lekogpark.no)).

Gummien tåler store temperaturvariasjoner og har støtdempende effekter selv når det er flere minusgrader. Dette gir en lenger bruksperiode og er en viktig egenskap i det norske klimaet, med lange kuldeperiode og store temperaturvariasjoner gjennom året (Sønsteby, 2011).

En annen viktig fordel med et fallunderlag av gummi er at det egner seg godt til universell utforming. Dette gjør at også barn med funksjonshemninger og de som sitter i rullestol lett kommer seg frem og har mulighet til å være med å leke. Dette er svært viktig, for å tilfredsstille kravene om universell utforming på offentlige uteområder.

#### 3.1.6.2 Ulemper

Gummidekke har også noen negative egenskaper som fallunderlag. Spesielt gummi fra resirkulert bildekk, inneholder flere stoffer som er helse- og miljøskadelige. Selve EPDM-gummien som blir benyttet, er ikke spesielt skadelig, men stoffene som er absorbert i gummien i bildekk kan være helse- og miljøskadelige. Bindemiddelet polyuretan inneholder også flere stoffer som kan være helse- og miljøskadelige.

Etter undersøkelser og rapporteringer gjort av miljødirektoratet kunne de konkludere med at gummi benyttet til fallunderlag på lekeplasser, skoler og barnehager ikke utgjør noen betydelig helsefare for barn og unge (Duale, 2011). Selv om gummien som er benyttet, inneholder helsefarlige stoffer, er barnas eksponering for disse stoffene så lav at det ikke medfører noen helsefare. De råder til ikke å benytte resirkulert gummigranulat på nye anlegg eller ved utskifting på eksisterende anlegg. Dette skyldes usikkerheter knyttet til innholdet av isocyanater, et allergi- og astmafremkallende stoff, og innholdet av miljøkemikalier som kan gjøre en skade på naturen (Duale, 2011).

Høy friksjon mot gummioverflaten kan gi brannskader. Dette er spesielt utsatt under husker, ved utløp til sklier, taubaner og slengtau. Dette kan også være en risiko i områder med mye ferdsel og fare for fall på underlaget i fart (Nilsen, 1996).

Gummiheller er mer ustabile enn helstøpt gummi og krever en god innramming for å ligge stabilt. Det vil også kunne vokse ugress i fugene og dersom de ligger i plen vil gresset kunne vokse over mattene og dekke de til.

Pigmentene som gir gummidekket de kraftige fargene vil etter tid falme av ved mye soleksponering. Fargene vil ikke lenger se like fine ut og vil kunne få anlegget til å se eldre ut. Gummiens overflate kan også bli glatt når det er vått.

Gummidekke er et produkt som kun har begrenset funksjon og inviterer i seg selv ikke til lek slik som ulike løse materialer, som sand, gjør. Gummi har derfor ingen flerfunksjonalitet. Det er derfor svært viktig med lekeapparater som kan brukes på forskjellige måter og stimulere barnas kreativitet og motorisk utvikling.

Tabellen nedenfor gir en samlende oppsummering av egenskapene.

**Tabell 3** Egenskapene til gummi som fallunderlag

Egenskaper	Vurdering
Fallabsorpsjon	Gummi er et fast materiale som kan virke noe hardt, men gir god beskyttelse mot skader ved fall. Det trenger derfor ikke å være svært tykt for å tilfredsstille kravene til fallsikkerhet sammenliknet med andre typer materialer. For en fallhøyde på 2 meter trengs det en tykkelse på 70 mm og for en fallhøyde på 3 meter trengs det en tykkelse på 100 mm ( <a href="http://www.tress.com">www.tress.com</a> ). Dette vil variere noe fra leverandør til leverandør.
Vedlikehold og drift	Denne typen dekke krever lite vedlikehold gjennom året og reduserer slitasjen på lekeplassutstyret.
Holdbarhet/levetid	Fallunderlaget har en lang levetid på mellom 10 og 15 år avhengig av slitasjen på dekket. Gummidekke er svært slitesterkt.
Økonomi	Fallunderlag av gummi er et kostbart alternativ, men med den lange holdbarheten og lite vedlikeholdsbehov vil det kunne være rimelig i lengden. Anskaffelseskostnadene varierer fra 1000 kr til 1900 kr per kvadratmeter.
Universell utforming	Gummien har en slett og fin overflate som gjør den universelt utformet.
Klimapåvirkning og bærekraft	Gummi er et materiale vi helst ønsker å unngå å sette ut i naturen fordi det inneholder flere miljø- og helseskadelige kjemikalier. Produksjonen av slike dekker har også et relativt høyt klimagassutslipp.
Permeabilitet	Vann trenger gjennom porene i gummien, og med gode drenerende masser under dekket vil lite vann samle seg på overflaten. Rengjøring av dekket er viktig for å opprettholde de gode permeable egenskapene til dekket.
Termiske egenskaper (Vinterhalvår)	Gummi er et elastisk materiale som tåler store temperaturvariasjoner. Dekket har også en støtdempende effekt i kalde perioder.
Flerfunksjonalitet	Dekket har ikke flerfunksjonalitet og inviterer mindre til lek enn løse materialer som sand.

## 3.2 Kork som fallunderlag

Kork er et naturprodukt og består av foredlet bark. Kork blir ofte reklamert med å være et mer miljøvennlig alternativ til gummidekke på lekeplasser, skoler og barnehager.

Korken som blir brukt, kommer fra korkeiker i Portugal. Disse eikene produserer store mengder bark som kan fjernes hvert niende år uten å skade treet. Totalt kan et barkeiketree med en gjennomsnittsalder på 200 år bakes 17 ganger. ([www.Sandvikplay.no](http://www.Sandvikplay.no)).

Kork er et forholdsvis nytt materiale som fallunderlag på norske lekeplasser og det er begrenset med informasjon og erfaringer med dette materialet som dekke.

### 3.2.1 Egenskaper

#### 3.2.1.1 Fysiske egenskaper

Korken har mange av de samme egenskapene som gummidekke. Det er et svært allsidig og slitesterkt produkt med en høy falldempende effekt, men kan også virke hardt i likhet med gummi. For en fallhøyde på 2 meter kreves det en tykkelse på 70 mm og for en fallhøyde på 2,8 meter kreves det en tykkelse på 135 mm for å tilfredsstille kravene til støtabsorpsjon (Reinertsen, 2022).

Kork er et fast dekke og vil derfor ikke bli utsatt for store erosjonsskader, men dekket kan være utsatt for sprekkdannelser.

#### 3.2.1.2 Kjemiske og miljømessige egenskaper

Fallunderlag av kork består av ett topplag og ett bunnlag. bunnlaget består av større korkgranulat og topplaget består av finere granulat som gir en slettere overflate. Kork som materiale er et naturlig produkt og dermed i seg selv et miljøvennlig produkt, men i likhet med gummidekke, består også korkdekke av bindemiddelet polyuretan.

Korkdekket krever en større mengde lim enn gummi. Korkdekket har frem til i dag bestått av 85% lim i topplaget og 90% lim i bunnlaget (vektprosent). Dette er i stadig utvikling, det nye blandingsforholdet for 2022 er et topplag med 90% lim og et bunnlag med 45% lim (vektprosent) (Reinertsen, 2022). Mengden lim vil variere fra produsent til produsent.

#### 3.2.1.3 Termiske egenskaper

Kork er et materiale som kan trekke til seg vann. Ved høy fuktighet vil korken kunne utvide seg og trekke seg sammen ved tørre perioder. Dette vil kunne føre til sprekkdannelser i dekket. Sprekkdannelsene kan også ha en sammenheng med mengden lim som er brukt.

Fordi kork brukt som fallunderlag, er et svært nytt produkt, er det lite kjennskap til dekkets egenskaper ved lave temperaturer.

### 3.2.2 Vedlikehold

Kork som fallunderlag krever noe vedlikehold. For å unngå at organisk materiale, grus, sand, salt og andre partikler havner i hulrommet til korken, er det viktig å holde overflaten til korkdekket fri for løsgods. Det anbefales å fjerne løv en gang i måneden med løvblåser, dette er spesielt viktig før det legger seg snø på bakken. All sand og annet støv spyles med kaldt vann og børstes bort for å rense korkens overflate og hulrom slik at det ikke hindrer vannet i å trenge gjennom eller øker



Figur 5: Fallunderlag av kork på Nordby skole.  
Foto: Helene Hofmann



Figur 6: Oppsprukket korkdekke. Foto: Helene Hofmann

slitasjen av dekket. Det kan brukes en høytrykkspyler til å rengjøre korkdekket, men for høyt trykk kan skade dekket. Det anbefales ikke å benytte motoriserte eller mekaniske verktøy på dekket da dette kan gi skader. Dersom det oppstår skader på dekket, skal dette repareres av en sertifisert installatør av korkdekke ([www.Sandvikplay.no](http://www.Sandvikplay.no)).

### 3.2.3 Levetid

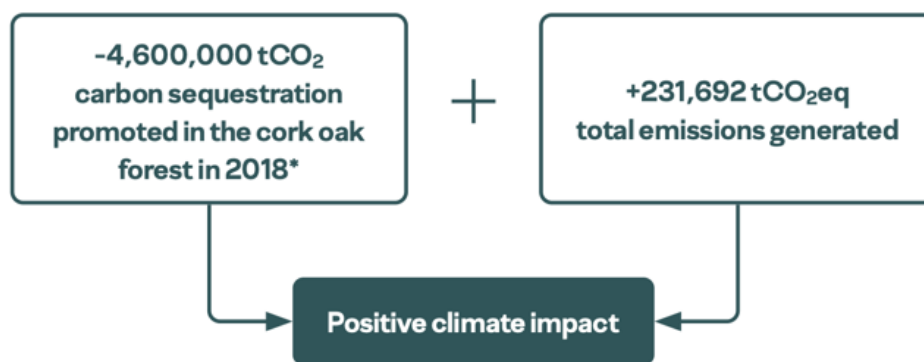
Levetiden til et fallunderlag av kork er ikke dokumentert, da det er et svært nytt materiale. Leverandører oppgir at den antatte levetiden på fallunderlag av kork er 10 år ved normal bruk og dersom dekket vedlikeholdes slik det er anbefalt.

### 3.2.4 Økonomi

Kork er et kostbart produkt. Kvadratmeterprisen varierer også her med tykkelsen på dekket fra 1700 kr og opp til 3000 kr (Reinertsen, 2022). Vedlikeholdskostnadene vil være omtrent det samme som for gummi. Fordi korken inneholder så store mengder lim, som vil gi fra seg giftige gasser ved forbrenning, må det på spesialdeponi som også koster penger. Kostnadene forbundet med dette er ca. 6000 kr per tonn (Reinertsen, 2022).

### 3.2.5 Klimapåvirkning og bærekraft

Kork er et naturlig og miljøvennlig materiale. Klimaregnskapet til råmaterialene som blir brukt i korkdekket blir ofte sett på som et materiale med et negativt karbonavtrykk, fordi det har vært med å bidra til å ta opp CO<sub>2</sub> samtidig som høstingen av barken til kork produksjon ikke skader eiketrærne. Ved å fjerne barken til korkeikene vil også dette øke treets evne til å ta opp CO<sub>2</sub>. For hvert tonn kork som blir høstet, vil korkeikene ta opp 73 ton CO<sub>2</sub> ([www.amorin.com](http://www.amorin.com), 2020). Figuren fra bærekrafts rapporten ved kork produksjonen nedenfor viser at korkeikskogen i 2018 hadde et karbonlager på 4 600 000 ton CO<sub>2</sub> mens det totale utslippet fra kork produksjonen var på 231 692 ton CO<sub>2</sub> ekvivalent. Dette tilsvarer et negativt klimaregnskap.



Figur 7: [www.amorium.com](http://www.amorium.com), (2020). Mengden karbonlagring fra korkeikskogene i 2018 og utslipp fra korkproduksjon tilsvarer en positiv klimapåvirkning. Tilgjengelig fra: [https://www.amorim.com/xms/files/Sustentabilidade/Corticeira\\_Amorim\\_Sustainability\\_Report\\_2020\\_EN.pdf](https://www.amorim.com/xms/files/Sustentabilidade/Corticeira_Amorim_Sustainability_Report_2020_EN.pdf) (Lest 21.03.22).

Rapporten sier også at sammenliknet med produksjon av plastikk, er utslippene ved korkproduksjonen, uten karbonlagringen i korkeikene, 10 ganger lavere enn plastikk ([www.amorim.com](http://www.amorim.com), 2020).

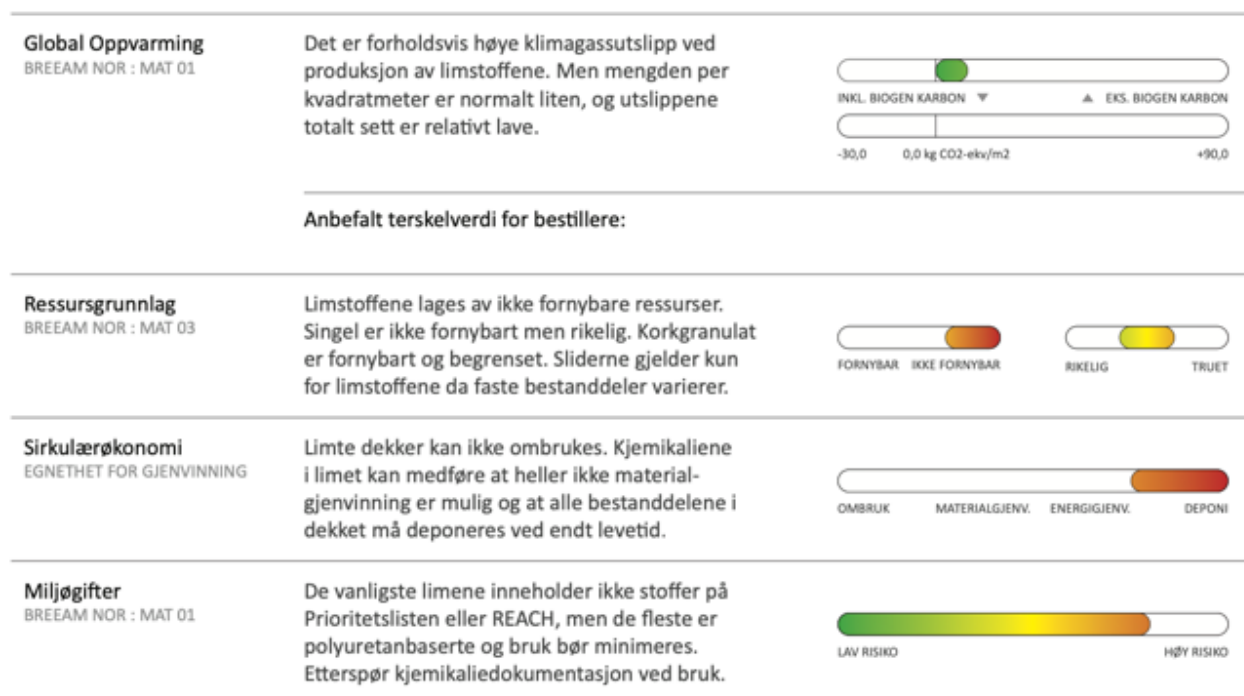
Selv om produksjonen av korken har et negativt klimaregnskap, må produksjonen av korkdekket og limet også tas med i regnskapet. Likevel vil kork trolig være klimamessig konkurransedyktig, da produksjonsutslippene ikke vil være vesentlig større enn for andre dekker.

Selv om kork er et naturlig og miljøvennlig produkt er det svært viktig å kontrollere at barken som benyttes kommer fra en bærekraftig skogdrift og at høstingen ikke er til skade for korkeikene. Ved økt etterspørsel etter kork vil produsentene øke deres plantasjer og dette kan gå ut over annen vegetasjon som er viktig for økosystemet. Kork er en fornybar- men begrenset ressurs (Grønn byggallianse, 2021).

Fallunderlag av kork inneholder store mengder lim som har et høyt klimagassutslipp ved produksjon og er en ikke-fornybar ressurs. Korkdekkene brukt som fallunderlag vil kunne bli brukt som fyllmasser ved utskifting, men dette avhenger av bindemidlenes kjemikalieinnhold. Limstoffene i dekket kan ikke gjenbrukes og dekket vil medføre en forurensningskilde ved deponering (Grønn byggallianse, 2021).

Usikkerheten rundt kvaliteten og levetiden til kork som fallunderlag, gjør dekket mye mindre bærekraftig per dags dato. Det har vært behov for utskiftninger av korkdekker kort tid etter utlegging, noe som fører til svinn og et økt materialforbruk som reduserer bærekraften.

Figuren nedenfor viser en oversikt over miljøegenskapene til kork og limte dekker hentet fra grønn byggallianse.



Figur 8: Grønn byggallianse, (2021). Oversikt over miljøegenskapene til kork og limte dekker. Hentet fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Grønn-Materialguide-v3\\_1\\_utskriftsversjon-002.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Grønn-Materialguide-v3_1_utskriftsversjon-002.pdf) (Lest 16.02.22).

### 3.2.6 Fordeler og ulemper (oppsummering)

#### 3.2.6.1 Fordeler

Fallunderlag av kork er laget av korkbark, som er et miljøvennlig produkt. Korken er et produkt med et negativt klimaregnskap, fordi det binder og absorberer karbondioksid i løpet av korkeikenes vekstperiode.

Kork er et fast dekke som ikke spres utenfor fallsonen eller medfører økt slitasje på lekeplassutstyret. Dekket har også en slett overflate som gjør det universell utformet.

Kork er et lett materiale som egner seg godt også på konstruksjoner som har begrenset bæreevne (eksempelvis tak). Kork har også en lys overflate, som gjør at den ikke blir like varm som for eksempel mørk gummi, på varme sommerdager (www.rampline.com). På korkdekkets overflate

kan man brenne inn ulike mønster eller avgrensninger dersom det er ønskelig. Dette kan gjøre dekket mer interessant og morsommere for barna (www.tress.com).

### 3.2.6.2 Ulemper

Kork er et svært nytt produkt som ikke er mye prøvd ut i Norge. De siste årene har det blitt prøvd ut i ulike pilotprosjekter i de største byene i Norge. Det er lite erfaring med denne typen dekke i det norske klima i dag. Man ser allerede etter 1-2 år at flere fallunderlag av kork på norske lekeplasser blir byttet ut og erstattet med et annet dekke fordi kvaliteten ikke er god nok.

Kork består av store mengder lim som ikke er en fornybar ressurs og inneholder flere helse- og miljøskadelige stoffer. Limstoffene kan heller ikke material gjenvinnes, noe som gjør at dekket må deponeres ved endt levetid.

Korken er utsatt for sprekkdannelser som følger av temperaturvariasjoner og inntørking. Korken blir i stor grad påvirket av fuktinnholdet. Ved høyt fuktinnhold utvider det seg og ved lite fuktinnhold krymper det. Dette kan medføre sprekkdannelser i dekket.

Kork har heller ikke flerfunksjonalitet og inviterer ikke til kreativ lek, slik som sand. Dekket finnes heller ikke i andre farger enn korkens naturlige lysebrune farge som vil kunne falme over tid.

Tabellen nedenfor oppsummerer korkens egenskaper.

**Tabell 4** Egenskapene til kork som fallunderlag

Egenskaper	Vurdering
Fallabsorpsjon	Kork har gode støtdempende egenskaper, men vil, i likhet med gummi, kunne virke noe hardt. For en fallhøyde på 2 meter trengs det en tykkelse på 70mm og for en fallhøyde på 2,8 meter kreves det en tykkelse på 135mm (Reinertsen, 2022). Dette vil variere med ulike leverandører.
Vedlikehold og drift	Kork krever lite vedlikehold. Det anbefales å rengjøre dekket en gang i året for å fjerne partikler fra hulrommene i dekket
Holdbarhet/levetid	Levetiden til dekket anses å være 10 år, men dette er usikkert med tanke på at det er et svært nytt produkt og man ser allerede etter 1-2 år at det gjøres utskiftninger.
Økonomi	Kork er et kostbart produkt og har en anskaffelseskostnad på mellom 1700kr og 3000kr.
Universell utforming	Kork har en slett overflate som gjør det lett for rullestolbrukere å bevege seg på. Det er derfor universelt utformet.
Klimapåvirkning og bærekraft	Selve korken som kommer fra barkeiker i Portugal er et svært miljøvennlig materiale, mens den store mengden lim og usikkerhetene rundt holdbarheten gjør produktet mindre bærekraftig.
Permeabilitet	Vannet drenerer lett gjennom hulrommene i dekket. Det er viktig å rengjøre dekket regelmessig for å opprettholde dekkets permeabilitet.
Termiske egenskaper (Vinterhalvår)	Kork er utsatt for sprekkdannelser ved store temperaturvariasjoner. Det er lite kjennskap til dekkets egenskaper ved lave temperaturer.
Flerfunksjonalitet	Korkdekket har ingen flerfunksjonalitet.



### 3.3 Bark og flis som fallunderlag

Resultatene for fallunderlagene bark og flis presenteres samlet, da disse er svært like og har mange av de samme egenskapene. Eventuelle forskjeller fremgår av teksten.

Bark og flis er de mest miljøvennlige alternativene for fallunderlag på lekearealer. De er helt naturlige produkter uten noen kjemisk behandling eller liknende. Disse materialene har, på samme måte som kork, tatt opp og bundet karbondioksid gjennom treets vekstperiode, noe som gir produktene et negativt klimaregnskap.



Figur 9: Bark brukt som fallunderlag på Søre Ål skole på Lillehammer. Foto: Helene Hofmann



Figur 10: Flis brukt som fallunderlag på Hammartun barne- og ungdomsskole på Lillehammer. Foto: Helene Hofmann

#### 3.3.1 Egenskaper

##### 3.3.1.1 Fysiske egenskaper

Bark og flis er myke materialer med gode støtdempende egenskaper. For en fallhøyde på opptil 2 meter kreves det en dybde på 200 mm og en fallhøyde på opptil 3 meter krever en dybde på 300 mm. Fordi bark/fliser et løst materiale legges det til 100 mm i tillegg til denne dybden for kompensasjon for forskyvninger og liknende (Standard Norge, 2017).

Bark og flis er flyktige materialer som vil kunne bli skylt bort med regn eller blåst bort med vinden. Barken vil også komprimeres lett, noe som endrer de støtabsorberende egenskapene og øker vedlikeholdsbehovet (se nedenfor). Bark og flis er enkle materialer å legge ut.

##### 3.3.1.2 Kjemiske og miljømessige egenskaper

Som nevnt, er det ikke brukt kjemiske midler i fallunderlag av bark eller flis. Furubark er å foretrekke fremfor granbark fordi det inneholder mindre mikroorganismer og derfor er et renere alternativ ([www.klatrebarna.no](http://www.klatrebarna.no)). Furubarken brytes også saktere ned. Fargestoffene fra granbarken setter også lettere farge på klær enn det furubark gjør (Nilsen, 1996). Den anbefalte partikkelstørrelsen på bark brukt som fallunderlag er fra 20 mm til 80 mm og for flis er det 5-30 mm (Standard Norge, 2017).

##### 3.3.1.3 Termiske egenskaper

Bark vil kunne fungere som et isolerende lag og absorberer varme slik at bakken under barklaget ikke fryser like lett. Det er viktig at dekket under barken er permeabel for å få unna overvannet raskest mulig og at vannet ikke absorberes i barken og fryser til is. Barken vil etter mye bruk bli brutt opp i mindre biter og dette vil kunne danne en komposterende masse i bunnen som blir hardt når det fryser (Nilsen, 1996).

Flis har gode støtdempende egenskaper hele året. Gjennom en undersøkelse av ulike fallunderlag ved forskjellige klimatiske forhold konkluderes det med at flis har de beste støtdempende egenskapene i fuktig og frossen tilstand ved -10 grader celsius (Lewis, 1993).

### 3.3.2 Vedlikehold

Fordi bark/fliser et løst materiale som over tid vil spre seg og bli komprimert etter bruk, vil det være behov for å fylle på mer materiale jevnlig for å opprettholde det gitte kravet til støtabsorpsjon. Som regel må det etterfylles etter hvert 2. til 3. år (Nilsen, 1996). Materialene er også flyktige, noe som resulterer i økt behov for rydding av arealene rundt fallsonen.

Fordi barken komprimeres lett, vil det vil være behov for å vende barken for å opprettholde de støtdempende egenskapene til dekket.

### 3.3.3 Levetid

Barken synker sammen og blir omdannet til jord i løpet av 2-4 år. Man må derfor regne med å gjøre en fullstendig utskifting av fallunderlag av bark hvert 6-7 år, avhengig av fuktigheten på stedet og bruken (Nilsen, 1996). Flis brytes ikke like fort ned og kan forventes å ha en noe lenger levetid enn bark.

### 3.3.4 Økonomi

Bark og flis er rimelige materialer som er lette å få tak i Norge. Prisen ligger på rundt 950 kr per kubikk inkludert levering med kranbil (Reinertsen, 2022). Det vil bli noen økte kostnader i forbindelse med etterfylling av masser hvert annet eller tredje år. Bark og flis er også gode alternativer i områder hvor fraktomkostningene for sand og grus er høye (Nilsen, 1996).

### 3.3.5 Klimapåvirkning og bærekraft

Bark og flis er miljøvennlige produkter med et negativt klimaregnskap. Det finnes ingen tall på miljøutslippene ved produksjon av bark eller flis. En mulig årsak til dette er at utslippene fra produksjonen ikke har noen betydning sett i sammenheng med karbonlagringen i trevirket. Størsteparten av barken og flisen som blir benyttet til fallunderlag er et biprodukt fra tømmerproduksjonen.

Det er god tilgang på disse produktene over hele landet og utslippene forbundet med frakten er gjerne liten. Men fordi det må etterfylles flere ganger vil det bli noe mer utslipp forbundet med frakt.

### 3.3.6 Fordeler og ulemper (oppsummering)

#### 3.3.6.1 Fordeler

Bark og flis er helt naturlige og miljøvennlige produkter som ikke gjør skade på naturen. Fuktig bark har et lavere frysepunkt enn sand som kan være gunstig i perioder hvor temperaturen ligger på rundt 0 grader (Nilsen, 1996).

Bark og flis er lette materialer som er enkle å legge ut, selv i ulendt terreng hvor det ikke er fremkommelighet for maskiner. Barken ligger stabilt og egner seg godt i slake skråninger ([www.klatrebarna.no](http://www.klatrebarna.no)).

Det er ikke like stort problem med katteavføring i bark og flis som i sand, men det vil kunne oppstå behov for å fjerne uønskede gjenstander som glasskår, sprøytespisser og annet søppel som skjuler seg i flisen/barken og kan være til skade for barna ([www.klatrebarna.no](http://www.klatrebarna.no)).

Bark/flis regnes ikke som universelt utformet. Rullestolbrukere får likevel lettere tilgang til områder med bark enn med et dekke av sand, da det er et fastere og mer stabilt materiale ([www.klatrebarna.no](http://www.klatrebarna.no)).

### 3.3.6.2 Ulemper

Bark er et løst materiale, noe som lett fører til at det kommer på avveie og kan gi området et mer rotete uttrykk. Det er også utsatt for komprimering ved mye tråkk over tid, noe som vil redusere dekkets støtdempende effekt. Bark er også et naturlig produkt hvor nedbrytningsprosessen vil starte kort tid etter det blir lagt ut, noe som medfører hyppigere etterfyllingsbehov. Ved fuktige forhold, vil barken kunne avgi en sterk lukt, og granbark vil kunne gi farge på klær. Bark har vist seg å kunne gi allergiproblemer og bør derfor ikke benyttes på områder hvor det er dårlig med luftveksling (Nilsen, 1996).

Furubark er ikke et like tilgjengelig produkt og kan være vanskelig å få tak i.

Flis er et lett materiale og vil kunne bli fraktet bort av vinden. Det vil derfor kreve kantavgrensning for å holde flisen innenfor fallsonen og hindre at den forflytter seg like lett.

Tabellen nedenfor gir en oppsummering av egenskapene for bark og flis som fallunderlag.

**Tabell 5** Egenskapene til bark og flis som fallunderlag

Egenskaper	Vurdering
Fallabsorpsjon	De støtdempene egenskapene er gode, men avtar ved bruk og krever etterfylling (utskifting). En fallhøyde på 2 meter krever en dybde på 200 mm + 100 mm. En fallhøyde på 3 meter krever en dybde på 300 mm +100 mm.
Vedlikehold og drift	Fordi bark/fliser et flyktig materiale vil det kreve noe mer vedlikehold som jevnlig etterfylling og kosting.
Holdbarhet/levetid	6-7 år avhengig av bruken og fuktigheten på stedet. Flis vil kunne ha noe lenger levetid da det ikke har like rask nedbrytningstid som bark.
Økonomi	Rimelige materialer, men høyere vedlikeholdskostnader. Prisen for bark og flis er på ca. 950 kr per kubikk.
Universell utforming	Bark og flis er ikke universelt utformet, men det er noe lettere fremkommelig enn sand.
Klimapåvirkning og bærekraft	Både bark og flis har negativt klimaregnskap som gjør det til det mest miljøvennlige alternativet for fallunderlag.
Permeabilitet	Bark er et mykt materiale som fort blir utsatt for komprimering ved mye bruk, noe som reduserer permeabiliteten til dekket. Flis har gode permeable egenskaper da vannet lett trenger gjennom.
Termiske egenskaper (Vinterhalvår)	Bark har gode isolerende egenskaper og egner seg godt i områder med lange perioder med temperaturer rundt 0 grader. Flis har de beste falldempende egenskapene i frossen tilstand.
Flerfunksjonalitet	Ikke flerfunksjonelt.

### 3.4 Sand som fallunderlag

Sand er det mest vanlige fallunderlaget brukt på norske lekeplasser ([www.klatrebarna.no](http://www.klatrebarna.no)), men man ser at den økte bruken av gummi har resultert i færre nye lekeplasser med sand som fallunderlag, spesielt i de største byene. Sand har mange gode støtdempende egenskaper, men er et svært flyktig materiale og vil lett komme på avvegen.

#### 3.4.1 Egenskaper

##### 3.4.1.1 Fysiske egenskaper

Sand er et naturlig produkt som med riktig kornstørrelse og lagtykkelse vil ha en god støtdempende effekt. Minimumskravet til tykkelsen på sand er 300-400 mm. En fallhøyde på 2 meter krever en lagtykkelse på 200 mm og en fallhøyde på 3 meter krever en lagtykkelse på 300 mm. Fordi sand er et løst materiale og er flyktig skal det alltid legges minst 100 mm ekstra som et slitelag for å kompensere for den sandmengden som etter hvert vil forsvinne etter bruk (Standard Norge, 2017).

Mye av sanden vil også forsvinne som en konsekvens av erosjon. Sand er et flyktig materiale, og fordi det består av mange små og lette partikler vil det enkelt bli skylt bort med regnvannet eller blåst bort med vinden. Det er gjerne de fineste partiklene som forsvinner eller blir skylt ned i grunnen, mens de grovere partiklene blir igjen og legger seg på toppen. Dette vil kunne være med å påvirke den støtdempende effekten.

Sandens støtdempende egenskaper vil også bli påvirket av fuktighetsforholdet. Derfor anbefales det at sanden testes i våt tilstand for å sikre at de støtdempende egenskapene til dekket er tilstrekkelig, også når det regner (Jäniskangas, 2017).

##### 3.4.1.2 Kjemiske og miljømessige egenskaper

Det brukes en spesiell sand som fallunderlag. Dette er en støtabsorberende sand som er testet etter NS EN 1177 og egnert seg som støtsand. Denne sanden må ikke forveksles med sand brukt i sandkasser. Sanden brukt som fallunderlag har en grovere struktur og vil i mindre grad pakke seg og bli hard. Den anbefalte partikkelstørrelsen på støtsand er 0,25 til 8 mm og være avrundet (Standard Norge, 2017). Det er viktig å kontrollere at sanden er ensartet, det vil si at den har samme kornstørrelse. Dette gjøres med en siktekurve som forteller hvor mye prosent det er av hver enkelt partikkelstørrelse i sanden som leveres. Dersom sanden består av mindre- og større korn enn det som er anbefalt, får sanden en bedre stabilitet og blir hardere. Det bør være minst mulig finstoff i sanden, maksimalt 10%, for å gi best mulig støtdempende effekt over tid (Nilsen, 1996). I henhold til NS-EN 1177 skal sanden vaskes før den legges ut for å fjerne mesteparten av finstoffet som silt og leire for å hindre at sanden pakker seg. Når sanden er blitt vasket sier vi gjerne at den er naturlig erodert (Standard Norge, 2017).

##### 3.4.1.3 Termiske egenskaper

Den støtdempende effekten til sand blir redusert når det fryser. Sand har lett for å bli hardpakket ved mye bruk og spesielt dersom det er mye nullstoff i sanden. Dette gjør sanden mindre permeabel, og man får vannansamlinger. Dette gjør at sanden blir like hardt som is når det er



Figur 11: Sand brukt som fallunderlag på Hammartun barne- og ungdomsskole på Lillehammer. Foto: Helene Hofmann

minusgrader og mister all støtdempende effekt. Derfor er det viktig at sanden opprettholder de gode permeable egenskapene ved å løse opp sanden og redusere innholdet av nullstoffer. Det er viktig med en god overflateavrenning, dette kan bedres ved å heve nivået med sand i forhold til områdene rundt. Dette er viktig for å unngå at det danner seg et tykt islag på overflaten og området vil tinte raskere og fortære få tilbake de støtdempende egenskapene (Nilsen, 1996).

#### 3.4.2 Vedlikehold

Sanden blir fort hardpakket etter mye tråkk og dette reduserer den støtdempende effekten kraftig. Sanden må derfor vendes og mykes opp etter bruk for å opprettholde dens funksjon. Dersom det har oppstått et utfellingslag, et lag med finstoff under sanden som er hardpakket, bør dette fjernes. Dette gjøres enten ved å feie bort det øverste laget med grov sand for så å fjerne utfellingslaget. Eller man kan benytte en jordfreser som man kjører over arealet med jevne mellomrom. Dette fjerner ikke utfellingslaget, men hindrer at det pakker seg og blir hardt ([www.lekeplasskontrollen.no](http://www.lekeplasskontrollen.no)).

Mye av sanda kommer på avveie på grunn av vær og vind, men også som en konsekvens av at barna leker i sanda. Derfor må det stadig etterfylles med ny sand. Mye løs sand utenfor fallsonen er gjerne ikke ønskelig, men umulig å unngå. Denne sanden må kostes opp eller spyles bort for at plassen skal virke mer ryddig. Det er også mye søppel og uønskede ting som kan havne i sanden, dette må fjernes. Dersom katter eller andre dyr har gjort fra seg i sanden må denne sanden fjernes og vaskes for å hindre at barna får det i seg. Sentrale deler av Oslo eller andre store byer er spesielt utsatt for løse gjenstander og dyreavføring i sanden, dette resulterer ofte i et behov for hyppigere utskiftninger av sanden, så ofte som hvert år (Reinertsen, 2022).

Det er mulig å vaske og rense støtsanden, etter at den har blitt lagt ut, for å fjerne finstoff som er blitt dannet ved bruk. Sanden blir da gravd opp og vasket på stedet. Dette gir sanden en lenger levetid og er et mye billigere alternativ enn å skifte ut sanden (Anonym, 2022).

#### 3.4.3 Levetid

Sanden bør byttes ut etter 5-10 år avhengig av bruken, vedlikeholdet og værforholdene på stedet. I sentrumsnære områder vil det være behov for hyppigere utskiftninger grunnet ansamlinger av uønskede gjenstander som glasskår, katteavføring og sprøytespisser. Dette kan medføre utskiftninger så ofte som hvert år (Reinertsen, 2022).

#### 3.4.4 Økonomi

Sand er et rimelig produkt som er enkelt å få tak i. Prisen per kubikkmeter med fallsand er ca. 950 kr. Fullstendige utskiftninger av fallsonen vil koste rundt 1600 kr per kubikkmeter (Reinertsen, 2022). Etterfyllingen og vedlikeholdsbehovet vil øke kostnadene knyttet til bruken av sand som fallunderlag, dette vil varere mye fra sted til sted.

#### 3.4.5 Klimapåvirkning og bærekraft

Sand er et naturlig materiale som ikke medfører noe utslipp av miljøskadelige stoffer ut i naturen, men sand er en ikke fornybar ressurs som enten blir produsert på egne sandtak eller ved pukkverk. Produksjonen av sand medfører også til klimautslipp ved uttak og transport av masser på stedet og eventuelt finknusing. Det globale oppvarmingspotensialet for sand med en fraksjon på 0/8 er på 0,755 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalent ([www.epd-norge.no](http://www.epd-norge.no), 2020). Dette vil variere med produksjonssted.

Støtsand må også fraktes til stedet. Avstanden vil variere mye avhengig av hvor nære anlegget ligger et sandtak eller et pukkverk som selger den ønskede fraksjonen. Dette må da også tas inn i klimaregnskapet. Det må også ofte fraktes sand flere ganger da det må etterfylles for å opprettholde de støtdempende egenskapene.

Sand har et godt flerbrukspotensial og vil kunne fungere som en sandkasse for de minste barna. Dersom det vedlikeholdes jevnlig og på en god måte vil det også ha en lang levetid som er positivt for bærekraftigheten til produktet.

### 3.4.6 Fordeler og ulemper (oppsummering)

#### 3.4.6.1 Fordeler

Sand er et naturlig materiale som ikke medfører noe helse- eller miljømessige skader for verken barna eller naturen.

Sand er et produkt som er mye brukt og er lett å få tak i. Det er også en vare som har en lav anskaffelseskostnad ([www.klatrebarna.no](http://www.klatrebarna.no)).

Selv om støtsand har funksjonen å dempe mot fall så vil den også ha flere funksjoner for barna. Sand er et formbart materiale som barna kan grave groper og bygge borger av. I kombinasjon med vann kan det få en helt ny konsistens. Her er det bare kreativiteten som stopper barna.

#### 3.4.6.2 Ulemper

Sand er et løst materiale som lett kommer i kontakt med lekeplassutstyret og vil føre til økt slitasje på utstyret. Barn kan også finne på å grave langs festene til lekeplassutstyret som vil kunne medføre ustabilitet. Dette vil føre til økt vedlikehold av lekeplassutstyret. Løs sand på fast dekke som asfalt kan også medføre fallskader som en konsekvens av kulelagereffekten (Nilsen, 1996).

Sanden kan også føre til mye støv i tørre perioder. Sanden blir fort tatt opp med vinden og kan gi kraftige støvskyer. Sanden blir også lett ført bort fra fallsonen og til uønskede områder som for eksempel inn i bygninger ([www.klatrebarna.no](http://www.klatrebarna.no)). Dette er uønsket da det fører til et større renholdsbehov innendørs, samt økt slitasje på gulvene. Derfor er det lurt å plassere arealer med sand et stykke unna innganger for å forhindre at sanden blir fraktet med inn.

Sanden er også et materiale som gjerne tiltrekker seg dyr, spesielt katter som gjør fra seg i sanden. Dette er uhygienisk og gir fra seg en sterk, ekkel lukt. Uønskede gjenstander som sprøytespisser, glasskår og annen søppel kan enkelt gjemme seg i sanden og kan være farlig for barna. Dette fører også til et økt vedlikeholdsbehov og hyppigere utskiftinger.

Sand er heller ikke et materiale som er lett for rullestolbrukere å bevege seg på og er derfor ikke universelt utformet. Det er muligheter for å bygge ramper over sanden som gjør det mulig for rullestolbrukere å komme seg frem til lekeapparatene, men da er det viktig at rampen ikke plasseres der det er fare for at barna kan falle ned.

Tabellen nedenfor gir en oppsummering av egenskapene for sand som fallunderlag.

**Tabell 6** Egenskapene til sand som fallunderlag

Egenskaper	Vurdering
Fallabsorpsjon	Sand har gode støtdempende egenskaper. En fallhøyde på 2 meter krever en dybde på 200 mm + 10 mm. En fallhøyde på 3 meter krever en dybde på 300 mm +100 mm.
Vedlikehold og drift	Sand krever en del vedlikehold, mengden avhenger av bruken. Sand vil også øke vedlikeholdsbehovet av lekeplassutstyret.
Holdbarhet/levetid	5-10 år avhengig av bruk og vedlikehold.
Økonomi	Sand er et rimelig produkt og enkelt å få tak i. Prisen per kubikkmeter er på rundt 950kr. Det må regnes med større utskiftningskostnader.
Universell utforming	Sand er et krevende materiale for rullestolbrukere å bevege seg på og er derfor ikke universelt utformet.
Klimapåvirkning og bærekraft	Produksjonen av sand har et lavt globalt oppvarmingspotensiale på ca. 0,755 kg CO <sub>2</sub> -ekvivalent. Sand er ingen fornybar ressurs.
Permeabilitet	Sand blir fort utsatt for komprimering og en ansamling av et nedre sjikt med finstoff. Dette reduserer permeabiliteten og gjør at det legger seg vann på overflaten.
Termiske egenskaper (Vinterhalvår)	Fordi sanden lett komprimeres og blir fast, samler det seg vann på overflaten og i porene som gjør sanden hard når det fryser.
Flerfunksjonalitet	Sanden brukt som fallunderlag vil også kunne fungere som en slags sandkasse.

### 3.5 Grus som fallunderlag

Grus ble mye brukt som fallunderlag før, men ikke like mye nå i dag. Grus har mange av de samme egenskapene som sand, men har en grovere struktur.

#### 3.5.1 Egenskaper

##### 3.5.1.1 Fysiske egenskaper

For en fallhøyde på opptil 2 meter trengs det et grusdekke med 200 mm dybde og for 3 meter fallhøyde kreves det en dybde på 300 mm. I tillegg til dette må det legges på 100 mm for å kompensere for forflytninger og forskyvninger av grusen. Den anbefalte kornstørrelsen for grus brukt som fallunderlag er 2-8 mm (Standard Norge, 2017).

Etter undersøkelser og tester utført på ulike fallunderlag ble det slått fast at grus har en delvis dårlig støtdempende effekt sammenliknet med de andre dekkene. Det ble derfor konkludert med at grus ikke bør benyttes som fallunderlag dersom fallhøyden er 2 meter eller mer (Mack, 2000). Grus bør også, i likhet med sand, testes i fuktig tilstand for å sikre at den støtdempende effekten til underlaget er tilstrekkelig og opprettholder kravene i NS-EN 1177 også når det regner (Jäniskangas, 2017).

### 3.5.1.2 Kjemiske og miljømessige egenskaper

Grus inneholder ingen kjemiske stoffer. Det finnes to hovedtyper grus, naturlig grus og knust grus/pukk. Grusens sammensetning og form vil ha en betydning for den støtdempende effekten. Fordi pukk er knust fjell, har den skarpe og taggete kanter. Disse kantene tillater ikke forskyvninger av gruspartiklene, og ved bruk vil gruspartiklene bryte i mindre partikler. De små partiklene pakker seg sammen og danner et hardpakket lag under den løse grusen, 5-8 cm under overflaten. Dette laget reduserer den støtdempende effekten betraktelig (Branson, 2012).

Den naturlige grusen er naturlig eroderte steiner med den korrekte partikkelstørrelsen. Denne grusen har runde kanter og tillater forskyvninger i dekket. Det vil derfor ikke bryte like lett i mindre partikler samt danne et hardpakket lag og er å foretrekke til bruk som fallunderlag (Branson, 2012).

For å unngå dannelsen av dette hardpakket laget av finstoff anbefales det å vaske grusen før det blir benyttet som fallunderlag for å vaske bort finstoffet. Grus er utsatt for erosjon fra vær og vind, men også av mye bruk, noe som gjør at det alltid vil dannes noe finstoff.

### 3.5.1.3 Termiske egenskaper

Grusen mister lite av den støtdempende effekten om vinteren, men dersom grusdekket består av et hardpakket lag av finstoff vil dette bli like hardt som betong dersom det fryser og grusen vil ikke lenger ha noe støtdempende effekt. Permeabiliteten til grusen er avgjørende for dekkets støtdempende effekt om vinteren.

### 3.5.2 Vedlikehold

Vedlikeholdsoppgavene for et fallunderlag av grus er mye av det samme som for sand. Det er viktig å vende og myke opp grusen med jevne mellomrom for å hindre at grusen pakker seg. Det har lettere for å danne seg et hardpakket lag i grus enn i sand og dette laget må fjernes eller løses opp oftere. Fordi grus er et flyktig materiale, vil det bli behov for etterfylling for å opprettholde kravene til fallabsorpsjon. Det vil også bli behov for rengjøring rundt fallsonen.

### 3.5.3 Levetid

Levetiden til fallunderlag av grus er avhengig av bruken og vedlikeholdet. Støt- grus har en tendens til å pakke seg og bli svært hardt som vil føre til hyppigere utskiftninger (Reinertsen, 2022).

### 3.5.4 Økonomi

Grus er et billig alternativ til fallunderlag og har en pris på 950 kr per kubikkmeter (Reinertsen, 2022). Grus krever en del vedlikehold for å opprettholde de støtdempende egenskapene til dekket og det vil medføre en økt kostnad.

### 3.5.5 Klimapåvirkning og bærekraft

Grus og pukk er en ikke-fornybar ressurs og det finnes ikke ubegrensede mengder av disse råstoffene. Spesielt naturgrus er en knapphetsressurs flere steder og det er derfor ønskelig at det benyttes pukk fremfor naturgrus. Uttak av store mengder grus og pukk gir irreversible skader på naturen. Store pukkverk og uttak av moreneavsetninger resulterer i store skjæringer og groper i landskapet. Produksjonen medfører også lokale støv- og støyforurensninger ([www.NGU.no](http://www.NGU.no), 2020).

Pukk er knust fjell som er blitt sprengt og gått gjennom knusing og sikting til ønsket kornstørrelse, i dette tilfellet 2-8 mm. Produksjonen av pukk med tilnærmet like fraksjoner, har en global oppvarming potensiale på ca. 3,25 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalent (EPD-norge.no, 2022).



Naturgrus fra morenemasser har et globalt oppvarmingspotensiale på ca. 1,53 kg CO<sub>2</sub>- ekvivalent (EPD-norge.no, 2021). Dette innebærer da utslippene fra sorteringen av de ulike fraksjonene, rensing og finknusing, samt den interne transporten av de ulike massene (EPD-norge.no, 2021).

I tillegg til dette må det regnes med utslipp i forbindelse med frakten av grusen til stedet. Også her vil det være behov for jevnlig påfylling av masser som øker utslippene i forbindelse med frakt.

### 3.5.6 Fordeler og ulemper (oppsummering)

#### 3.5.6.1 Fordeler

Grus er et naturlig produkt som er lett tilgjengelig og passer inn på de fleste lekearealer, enten det er i byen eller i mer naturnære områder. Grus er også et billig alternativ.

Grus er også et materiale som kan invitere til kreativ lek hos barna spesielt hos de minste. Dette gir fallunderlaget en flerfunksjonalitet.

#### 3.5.6.2 Ulemper

Et grusdekke består sjeldent kun av en bestemt kornstørrelse. Det er også svært vanskelig å unngå at det dannes finstoff i grusen. Dette kan gi utfordringer etter hvert, da finstoffet legger seg nederst og blir pakket sammen til en kompakt og hard masse. Dette sjiktet med finstoff reduserer den støtdempende effekten betraktelig da det kan bli like hardt som betong når det fryser.

Grus og spesielt pukkk vil kunne ha skarpe kanter som i seg selv vil kunne gi barna små skader dersom de faller på dekket. Løs grus på tette overflater som asfalt kan virke «glatt» og medføre en risiko for fallskader. Grusen brukt som fallunderlag er heller ikke universelt utformet.

Tabellen nedenfor gir en oppsummering av egenskapene for grus som fallunderlag.

**Tabell 7** Egenskapene til grus som fallunderlag

Egenskaper	Vurdering
Fallabsorpsjon	Grus har en dårlig støtdempende effekt sammenliknet med de andre fallunderlagene. Det anbefales ikke å benytte grus som fallunderlag dersom fallhøyden er mer enn 2 meter.
Vedlikehold og drift	Fordi grus er et flyktig materiale og pakkes lett ved mye bruk, medfører dette et økt vedlikeholdsbehov.
Holdbarhet/levetid	Et fallunderlag av grus har en tendens til å pakke seg og bli hard etter en kortere periode. Dette vil medføre et hyppigere behov for utskiftning.
Økonomi	Grus er et rimelig alternativ til fallunderlag, men vil ha noe høyere vedlikeholdskostnader. Prisen på støtgrus er på ca. 950 kr per kubikkmeter.
Universell utforming	Grus som fallunderlag er ikke universelt utformet.
Klimapåvirkning og bærekraft	Grus er ikke en fornybar ressurs, men har lave utslippstall ved produksjon. Det globale oppvarmingspotensialet til grus er mellom 1,53 og 3,83 kg CO <sub>2</sub> ekvivalent.
Permeabilitet	Det dannes lett et kompakt lag med finstoff i bunnen av grasdekket som reduserer permeabiliteten til dekket betraktelig.
Termiske egenskaper (Vinterhalvår)	På grunn av dette hardpakke laget med finstoff blir grusen fort hard når det fryser og grusen mister den støtdempende effekten.
Flerfunksjonalitet	Grus er et element barna kan leke i og har derfor en flerfunksjonalitet.

### 3.6 Gress som fallunderlag

Det finnes ulike former for gress brukt som fallunderlag. Vi har naturlig gressplen, gressarmeringsmatter og kunstgress. Valget mellom disse typene gress som fallunderlag avhenger av slitasjen i området og fallhøyden til lekestativet. Alle disse alternativene tilfører noe grønt til anlegget, noe som er svært viktig i ellers grå og naturløse barnehager og skoler.



Figur 12: Naturlig gressplen brukt som fallunderlag på Suttetajordet på Lillehammer. Foto: Helene Hofmann

#### 3.6.1 Egenskaper

##### 3.6.1.1 Fysiske egenskaper

Naturlig gress kan brukes som fallunderlag med en fallhøyde opp til 1 meter dersom det vedlikeholdes godt. Det stilles ingen krav til prøver eller dokumentasjon av støtabsorpsjonen til gresset, da dette er vanskelig å gjennomføre (Standard Norge, 2017). Lokalklimatiske forhold vil påvirke ytelsen til gresset som støtdempende overflate. Gressets støtdempende egenskaper varierer mye og avhenger av jordforholdene under gresset og de lokalklimatiske forholdene.

Kunstgress legges oppå et støtdempende lag bestående av gummi eller skumplast. Tykkelsen til dette støtdempende laget avgjør dekkets støtdempende effekt. En kunstgressmatte med en tykkelse på 45 mm kan brukes som fallunderlag ved en fallhøyde helt opp til 3,2 meter ([www.unisport.com](http://www.unisport.com)).

Gressarmeringsmatter er gummi- eller plastmatter med større hulrom hvor det skal vokse gress gjennom og til slutt bli fullstendig dekket av gress slik at det ser ut som en gressplen. Disse mattene beskytter gresset mot den verste slitasjen og gir gresset en økt støtdempende effekt. Disse mattene kan beskytte mot fall på opp til 3 meter, avhengig av materialene og tykkelsen på mattene.



Figur 13: Prøve av gressarmering. Foto: Helene Hofmann

##### 3.6.1.2 Kjemiske og miljømessige egenskaper

Den støtdempende effekten til naturlig gress er avhengig av jordsammensetningen under gresset. Det er viktig at jorden tåler trykk uten å bli for kompakt og hard. Å redusere mengden mold og tilføre sand i jordblandingen, vil bidra til at jorden ikke blir like fort komprimert og at vann trenger raskere gjennom jorden (Ellingsen, 2020). Dette vil gjøre gresset mer slitesterkt og at det vil tåle mer bruk.

Det støtdempende laget i kunstgress består av gummigranulat, ofte fra gamle bildekk som er bundet sammen av bindemiddelet polyuretan eller skumplast laget av polyolefiner (slik som på figur 14). Tykkelsen på dette støtdempende sjiktet avhenger av fallhøyden ([www.unisport.com](http://www.unisport.com)). Kunstgressfibrene består i all hovedsak av polyetylen og har en fyllmasse av sand for å gi stabilitet.



Figur 14: Prøve av kunstgress med støtdempende underlag av skumplast. Foto: Helene Hofmann

Gressarmeringsmatter vil ha ulike kjemiske egenskaper avhengig av hvilken type gummi eller plast som er brukt.

### 3.6.1.3 Termiske egenskaper

Også for naturlig gress påvirkes de støtdempende egenskapen av temperaturen og av de klimatiske forholdene. Slitasjen og komprimeringen av gresset reduserer de drenerende egenskapene til gresset, noe som gir en dårlig støtdempende effekt, spesielt om vinteren. Det er derfor vesentlig med gode, drenerende masser, som tåler mye tråkk, under gresset. Gresset er også utsatt for frostskafer i løpet av vinteren. De andre gressbaserte dekkene har egenskaper tilsvarende materialene i dem (gummi, skumgummi og plast) og har mange av de samme egenskapene som plass-støpt gummi eller gummiheller.

### 3.6.2 Vedlikehold

Gress er et levende produkt som krever gode forhold for å kunne vokse. I tørre perioder vil det være behov for vanning og det må gjødsles med jevne mellomrom for å oppnå optimal vekst. Gresset må også klippes etter behov.

Naturlig gress som blir brukt som støtdemping i fallsonen til et lekeapparat, vil bli utsatt for mye tråkk og slitasje. Dette vil medføre et vedlikeholdsbehov for å opprettholde den støtdempende effekten til gresset. Gress er utsatt for slitasjeskafer. Ved utstrakt bruk vil det være behov for ettersåing. Mye tråkk fører til en kompakt jord med lite luft og dårlig permeabilitet. I tillegg til å redusere den støtdempende effekten, vil det kunne gi gule flekker i gresset. Det vil derfor være behov for å lufte plenen. Dette gjøres som regel maskinelt, men kan også gjøres for hånd med et grep som stikkes ned i gresset. Dette vil tilføre luft i de øverste 10-15 cm av jordlaget. Tilføring av sand i disse hullene vil også redusere videre komprimeringsskafer (Bjugstad, 2021)

Kunstgress krever lite vedlikehold. Det kan oppstå behov for børsting av kunstgressmatten for å løse opp gressfibrene igjen og blåse over arealet med løvblåser for å fjerne løv og liknende (Reinertsen, 2022). Gressarmeringsmattene må løsnes og løftes opp fra bakken 1-2 ganger i året for å hindre at de synker ned i bakken og mister den støtdempende effekten (Reinertsen, 2022).

### 3.6.3 Levetid

Det finnes mange ulike gressarter til forskjellige formål og med ulike egenskaper. Det er derfor viktig å velge en gresstype som tåler mye slitasje og tråkk for at det skal leve lengst mulig. Det er vanskelig å anslå levetiden til et fallunderlag av gress fordi det er et levende produkt som jevnlig vokser og fornyer seg. Så lenge gresset vedlikeholdes på den korrekte måten og ikke blir utsatt for store slitasjeskafer slik at det ikke vokser tilbake, vil det kunne vare lenge.

Et kunstgressdekke forventes å ha en levetid på 10-15 år, avhengig av bruken og vedlikeholdet av dekket. Kunstgressmatten blir fort utsatt for slitasjeskafer ved mye tråkk og det vil kunne oppstå behov for utskiftninger av kunstgresset etter 3-4 år. På kunstgress kan man enkelt skifte ut deler av dekke som er mest slitt uten å måtte bytte hele kunstgressmatten. Det støtdempende laget under kunstgresset har en lang levetid (Reinertsen, 2022).

Gressarmeringsmattene har også en lang levetid dersom de vedlikeholdes på en god måte. Uten vedlikehold synker mattene ned i bakken og mattene må raskere skiftes ut.

### 3.6.4 Økonomi

Gress er et mye brukt produkt og er enkelt å få tak i, både som frø og som ferdiggress. Gressfrø er et rimelig produkt. Kvadratmeterprisen på kunstgress og gressarmeringsmattene varierer med tykkelsen. For kunstgress vil prisen variere fra 900 kr til 1300 kr/m<sup>2</sup>. En gressarmeringsmatte for en fallhøyde på 1,5 m vil koste ca. 400 kr per kvadratmeter (Reinertsen, 2022).

Vedlikeholdskostnadene for både kunstgress og gress-armering vil være relativt liten. Naturlig gress vil kreve en del mer vedlikeholdskostnader.

### 3.6.5 Klimapåvirkning og bærekraft

Gress bidrar positivt til klimaet og miljøet og binder CO<sub>2</sub> gjennom fotosyntesen. Kunstgress og gressarmeringsmatter er laget av fossile råvarer som ikke er bærekraftig og bidrar til økte klimagassutslipp. Fordi gressarmeringsmattene består av flere hulrom, er gummi- eller plastbruken mye mindre enn for helstøpte gummimatter eller kunstgressmatter. Gressarmeringsmattene bidrar også til innslag av grønt på arealer hvor dette ellers ikke hadde vært mulig. Gummien eller skumplasten i kunstgress består i tillegg til kunstgressmattene av små plastpartikler som er en viktig utslippskilde av mikroplast i naturen. Kunstgresset med et støtdempende lag av gummi fra resirkulerte bildekk vil også ha et forurensningspotensiale av tungmetaller. Et støtdempende lag av skumplast inneholder ikke disse tungmetallene og vil være bedre for miljøet. Kunstgressmattene og det støtdempende sjiktet kan konstrueres slik at de er lette å resirkulere og materialgjenvinne ([www.unisport.com](http://www.unisport.com)), men kunnskapen for resirkulering av kunstgress er mangelfull og er ikke mulig i dag. Kunstgresset vil derfor være en forurensningskilde ved deponering (Reinertsen, 2022).

### 3.6.6 Fordeler og ulemper (oppsummering)

#### 3.6.6.1 Fordeler

Gress er det mest naturlige alternativet som fallunderlag da det er et naturlig materiale som egner seg som underlag på skoler, barnehager og lekeplasser. Gress bidrar til å rense luften og gi en jevnere lufttemperatur. Gress huser mange insekter og dyr som kan gi mye glede og spenning for barna. Gresset har også mange estetiske kvaliteter og tilfører grønn vegetasjon til området.

Kunstgress er et innbydende og mykt materiale å leke og oppholde seg på. Det kan også leveres i mange ulike farger og med ulike figurer på. Kunstgress er også et godt alternativ for universell utforming. Kunstgress visner ikke (som naturgress) og krever lite vedlikehold.

Gressarmeringsmatter gir gresset en ekstra beskyttelse mot slitasje. Dette gjør det mulig for gress å vokse i arealer med mye bruk og få inn et innslag av noe naturlig og grønt i områder hvor dette ikke ellers ville vært mulig. Det er enkelt å montere og kan lett tilpasses fallsonen til lekeapparatene. Både kunstgress og gress-armering er gode alternativer for universell utforming (Olsen, 2019).

#### 3.6.6.2 Ulemper

Fordi gress kun kan brukes som fallunderlag ved fallhøyder opp til 1 meter er bruken begrenset. Gress slites fort bort ved mye bruk, som resulterer i større arealer med hardpakket jord som gresset ikke klarer å vokse på. Gress er også utsatt for komprimering som reduserer den støtdempende effekten og de drenerende egenskapene til dekket. Gress blir også fort gjørmete og utrivelig i vått og kaldt vær. Et gressareal krever også mye vedlikehold for å opprettholde de gode egenskapene.

Både kunstgress og gressarmeringsmatter er fremstilt av fossile råvarer som verken er bærekraftig eller miljøvennlig. De er en kilde til mikroplast i naturen ved slitasje.

Det kan være krevende å få gresset til å etablere seg under gressarmeringsmattene og de vil kunne stå eksponert (slik som på figur 15), noe som ikke er noe særlig estetisk vakkert.

Kunstgress blir fort utsatt for slitasjeskader i arealer med mye tråkk. De flate gummisålene under barnas sko sliter lett på kunstgresset, som egentlig er konstruert for å tåle fotballsko med knotter under (Reinertsen, 2022).



Figur 15: Gressarmeringsmatter brukt som fallunderlag. Foto: Helene Hofmann

Tabellen nedenfor gir en oppsummering av egenskapene for gress som fallunderlag.

**Tabell 8** Egenskapene til gress, kunstgress og gressarmering brukt som fallunderlag

Egenskaper	Vurdering		
	Gress	Kunstgress	Gressarmering
Fallabsorpsjon	Støtdempende effekt opp til 1 m.	Gode støtdempende egenskaper og kan beskytte mot fall helt opp til 3,2 meter (dette vil varere fra leverandør til leverandør).	Gode støtdempende egenskaper og kan beskytte mot fall opp til 3 meter (dette vil varere fra leverandør til leverandør).
Vedlikehold og drift	Krever mye vedlikehold for å opprettholde de støtdemperne egenskapene.	Krever lite vedlikehold	Krever lite vedlikehold. Mattene bør løftes på en gang i året.
Holdbarhet/levetid	Gresset er utsatt for slitasje. Dersom gresset har gode vokseforhold, har det en lang levetid.	Lang levetid på 10-15 år. Det vil være behov for hyppigere utskiftninger av kunstgressmatten dersom den ligger i slitesonen.	Lang levetid. Vil være behov for hyppigere utskiftninger ved dårlig vedlikeholdsarbeid.
Økonomi	Billig alternativ, men krever en del vedlikehold.	Noe mer kostbart alternativ, men lave vedlikeholdskostnader. Prisen vil variere fra 900 kr til 1300 kr per kvadratmeter.	Ganske rimelig alternativ med lave vedlikeholdskostnader. Prisen per kvadratmeter er på rundt 400 kr, dette vil varere med tykkelsen på matten.
Universell utforming	Ikke universelt utformet	Universelt utformet	Universelt utformet
Klimapåvirkning og bærekraft	Bidrar positivt til klimaet.	Laget av fossile råvarer og bidrar til utslipp av mikroplast i naturen.	Laget av fossile råvarer. Hulrommene reduserer bruken av gummi og plast sammenliknet med gummiheller eller plass-støpt gummi.
Permeabilitet	Har ofte en dårlig permeabilitet ved store nedbørmengder. Permeabiliteten avtar fort ved mye bruk.	Har gode permeable egenskaper	Jordlaget under mattene avgjør dekkets permeabilitet.
Termiske egenskaper (Vinterhalvår)	Dårlig støtdemping om vinteren fordi jorden fryser.	Mye av de samme egenskapene som gummidekke.	Mye av de samme egenskapene som gummidekke.
Flerfunksjonalitet	Ingen flerfunksjonalitet	Kunstgress er mykt å sitte på og kan fungere som et oppholdsrom.	Ingen flerfunksjonalitet

### 3.7 Oppsummering av resultater

De ulike egenskapene til dekkene er oppsummert i tabell 9.

Resultatene viser at dersom man legger vekt på universell utforming, så kommer gummi, kork, kunstgress og gressarmering best ut. Legger man mest vekt på økonomi, vil det være bedre å velge bark, flis, gress og gressarmering. Tilsvarende krever gummi, kork og kunstgress minst vedlikehold, mens bark, flis og gress er mest miljøvennlig/bærekraftig.

**Tabell 9** Oppsummering av de ulike egenskapene til de forskjellige fallunderlagene brukt på norske lekeplasser, skoler og barnehager

	Gummi	Kork	Bark	Flis	Sand	Grus	Gress	Gress- armering	Kunst- gress
Fallabsorpsjon	Gul	Gul	Grønn	Grønn	Grønn	Rød	Rød	Gul	Grønn
Vedlikehold og drift	Grønn	Grønn	Gul	Gul	Rød	Rød	Rød	Gul	Grønn
Holdbarhet/ levetid	Grønn	Rød	Rød	Gul	Gul	Gul	Gul	Grønn	Grønn
Økonomi	Rød	Rød	Grønn	Grønn	Gul	Gul	Grønn	Grønn	Rød
Universell utforming	Grønn	Grønn	Gul	Gul	Rød	Rød	Gul	Grønn	Grønn
Miljø og bærekraft	Rød	Rød	Grønn	Grønn	Gul	Gul	Grønn	Rød	Rød
Permeabilitet	Grønn	Grønn	Gul	Grønn	Gul	Rød	Rød	Rød	Gul
Termiske egenskaper (Vinterhalvår)	Grønn	Rød	Gul	Grønn	Gul	Gul	Rød	Grønn	Grønn
Flerfunksjonalitet	Rød	Rød	Gul	Gul	Grønn	Grønn	Gul	Rød	Grønn

Grønn = bra

Gul = middels

Rød = dårlig

## 4 Diskusjon

Gummi har vært det dominerende valget av fallunderlag de siste årene grunnet dens gode støtdempende effekt, gode termiske egenskaper og fordi det krever mindre vedlikehold. Det betyr ikke at gummi er det beste fallunderlaget, men bare at det har vært mest hensiktsmessig, og vi ser allerede nå at bruken av gummi er i ferd med å endre seg.

### 4.1 Hvordan velge riktig fallunderlag?

Som vist i oppgaven, er det mange ulike krav og mange (lokale) forhold som påvirker valg av fallunderlag. Det er likevel mulig å peke på viktige momenter for valg av fallunderlag for norske lekeplasser, skoler og barnehager.

Fallunderlaget skal ha god (og godkjent) støtabsorpsjon for å sikre gode lekeplasser for barn og unge og hindre alvorlige skader ved fall, også om vinteren. Det er videre viktig å velge fallunderlag som egner seg for den bruken som er tenkt på området. I sentrumsnære områder, hvor det gjerne er lite areal fordelt på mange barn, er det gunstig med et dekke som tåler stor slitasje, men også gjerne et dekke med flere funksjoner for å utnytte plassen best mulig. Estetikk er også viktig. Lekeplassen skal se fin ut og være tiltrekkende for barn. Valget av fallunderlag bør også gjenspeile de estetiske faktorene på området. Et gummidekke passer ikke så godt inn i en barnehage som ligger tett på naturen, da ønsker man gjerne å bevare det naturlige preget med for eksempel bark eller flis. Lekeplassene skal også være tilgjengelig for alle, også de med funksjonshemninger. Derfor er det viktig med arealer som også er universelt utformet.

Den aller viktigste faktoren for valg av fallunderlag skal være barna. Det er for barna vi lager disse lekeplassene og ikke for de voksne som ønsker minst vedlikeholdsbehov eller det billigste alternativet. Det er barnas trivsel som skal komme først.

### 4.2 Regelverkets betydning for utforming av lekearealer og valg av fallunderlag

Som vist i teoridelen (2.6), legger regelverket føringer for valg av fallunderlag. Regelverket har påvirket utformingen av norske lekeplasser og økt sikkerheten (reduisert skadeomfanget). Samtidig har regelverket også noen mindre positive konsekvenser. Større arealer belegges med gummi og det lages lekeapparater som i stor grad bestemmer barnas lek. Ifølge den svenske forskeren og landskapsarkitekten Märit Jansson, kan lekeplassene våre bli så trygge at de blir kjedelige for barna, spesielt de eldre barna (Jansson, 2015). Gjennom Janssons forskning ble det konkludert med at barna foretrekker uterom de selv kan være med på å forme gjennom graving av hull, bygging av tårn og leking med elementer som vann, pinner og stein. Barn er kreative og lekeplasser bør bidra til kreativitet og motorisk utvikling, ikke forhindre den. Jansson mener ikke at lekeplassene skal være farlige, men at det å få skrubbsår ikke er farlig, men heller en viktig del av det å vokse opp (Jansson, 2015). Små ulykker hos barn kan også være et tegn på lærdom gjennom utprøving og livsutfoldelse mener professor ved Norges idrettshøyskole, Gunnar Brevik (Ellingsen, 2008). Utfordringen er derfor å forhindre alvorlige skader samtidig som det tilrettelegges for aktiv utfoldelse og utvikling.

### 4.3 Fremtidens fallunderlag

Selv om gummi har vært det dominerende valget av fallunderlag, er dette i ferd med å endre seg. Økt urbanisering, klimaendringene vi står ovenfor og det økte fokuset på bærekraftige løsninger vil trolig øke bruken av andre fallunderlag. Særlig må fallunderlaget tåle den økte bruken vi kan forvente oss i storbyene, det må håndtere overvannet, være bærekraftig samt tilfredsstillende reglene og kravene om støtabsorpsjon og universell utforming. Løse materialer som sand, bark, flis og grus vil kunne bli bedre alternativer enn fallunderlag av gummi fordi de tilfredsstiller flere av disse kravene, men det vil fortsatt bli behov for arealer med bruk av faste materialer for å tilfredsstille

kravet til universell utforming. Dette legger et større press på prosjekteringen for å lage gode anlegg som tar hensyn til alle disse faktorene.

Gummi vil trolig fortsatt bli en del brukt som fallunderlag i Norge, men på grunn av de økte kravene til bærekraft må bruken reduseres. Frem til i dag har det blitt lagt store arealer i gummi, også utenfor den oppsatte fallsonen. Dette ser vi at allerede er i ferd med å endre seg. Det blir viktigere å lese lekeplassutstyret for å kartlegge hvilke arealer det er behov for fallunderlag og ikke og kun legge gummi der det er mest nødvendig. Dette vil kunne redusere bruken av gummi betraktelig (Haug, 2021).

Vedlikeholdsbehovet til anleggene vil øke ettersom de løse materialene trenger mer vedlikehold for å opprettholde de gode egenskapene. Økt vedlikehold trenger ikke være en negativ ting. Det vil kunne gi flere arbeidsplasser også for de med lavere utdanning. Flere og flere arbeidsplasser krever en høyere utdanning enn tidligere. Dette gir et større behov for flere arbeidsplasser for de med lavere utdanning (Fedoryshyn, 2018).

Fokus på økonomi vil trolig også endre seg. Det vil bli et større fokus på kvalitet og bærekraftige løsninger og et mindre fokus på pris. Dersom bruken av fallunderlag som sand, grus, bark og flis øker, vil anskaffelseskostnadene bli mindre mens drift- og vedlikeholdskostnadene vil øke.

Det aller viktigste er at lekeplassene, skolene og barnehagene sikrer barnas helse og sikkerhet samtidig som de er morsomme, attraktive og lar barna utfolde seg. Regelverket og standarden legger føringer for sikkerheten ved fallunderlag, men gjør det også mulig å prosjektere nye og spennende løsninger slik at barna kan utvikle deres ferdigheter gjennom lek.

## Nye materialer

Det har blitt utviklet en ny form for fallunderlag av gummi som kalles E-TPU. Den består av to lag hvor det øverste slitelaget består av farget EPDM-gummi, tilsvarende andre gummidekker, og det nederste laget består av gummi- og granulatifiber. Det er dette laget som skiller seg ut fra de andre gummidekkene. Denne typen gummiunderlag er ikke et resirkulert materiale og er følgelig fri for SBR-gummi fra resirkulerte bildekk.



Figur 16: Vareprøve - tversnitt av E-TPU gummi. Foto: Helene Hofmann

Gummien inneholder derfor ingen helse- eller miljøskadelige stoffer. E-TPU består også av en større kornstørrelse sammenliknet med SPR-gummi og er da fri for mikroplast. På den måten skal den være mer miljøvennlig og følger anbefalingene til miljødirektoratet om å ikke benytte resirkulert gummi fra gamle bildekk i produksjonen av nye fallunderlag. Denne typen gummi er også utviklet for å gi en økt støtdempende effekt ([www.chp.no](http://www.chp.no)). Denne typen gummidekke er også mye lettere og inneholder mindre lim sammenliknet med de andre gummidekkene (Reinertsen, 2022).

E-TPU er ikke tatt med i denne sammenligningen, da det foreløpig er lite informasjon og erfaring med dette i Norge i dag.



#### 4.4 Hvordan stemmer resultatene med annen dokumentasjon og erfaringer?

Resultatene er hentet fra litteraturen og stemmer følgelig med denne. Det er mulig at enkeltstudier ikke har blitt fanget opp, slik at det kan finnes litteratur som avviker fra resultatene. Et enkelt oppdatert søk 12.5.2022 (fra 2021) ga en referanse, som ikke var relevant. Derimot ble det funnet en referanse, som kunne være relevant: *Avellino, Ralph V. Are children's playgrounds meeting safety criteria? A comparative analysis of school, public park, and residential playgrounds. Touro College, 2003.* Dessverre var selve boken ikke tilgjengelig. Dette understreker en utfordring med denne type studier: Det kan finnes litteratur og dokumentasjon som enten ikke er søkbar eller tilgjengelig.

Deler av informasjonen stammer dessuten fra fagfolk på området, slik at det stemmer med erfaringer og kunnskap fra praksisfeltet. Det er selvsagt mulig at erfaringene er spesielle eller er styrt av feilinformasjon, men at informasjonen som er innhentet fra ulike aktører er samstemt, styrker gyldigheten.

Så vidt jeg kan se, er det ikke laget en tilsvarende sammenligning av fallunderlagenes egenskaper tidligere, men det finnes studier av fallskader ved ulike fallunderlag (Branson, 2012). De har ikke med alle de forskjellige fallunderlagene, kun noen få. Disse viser at naturlig grus gir flest skader sammenliknet med plass-støpt gummi (Branson, 2012). Dette stemmer med funnene i denne oppgaven.

#### 4.5 Svakheter ved metode og gjennomføring.

Som ved alle oppgaver, har også denne oppgaven sine styrker og svakheter. Enkelte svakheter er knyttet til valg og gjennomføring av metode(n).

##### 4.5.1 Litteratursøk

###### 4.5.1.1 Informasjonsinnhenting

For flere av underlagene har det vært vanskelig å få tilgang til pålitelig informasjon. I noen tilfeller har jeg vært avhengig av informasjon fra produsenter og leverandører uten mulighet til å etterprøve (verifisere) deres informasjon. Dessuten har informasjonen noen ganger vært ulik fra de ulike kildene, slik at det kan være vanskelig å sammenligne resultatene. Eksempelvis oppgir noen støtabsorbsjon i HIC og ande i Max g. Dessuten vil informasjon om pris variere fra leverandør til leverandør og vedlikeholdskostnader vil variere fra sted til sted.

Som nevnt, kan jeg ha oversett kilder (litteratur). Mye informasjon finnes ikke åpent tilgjengelig, eksempelvis produsenters spesifikasjoner og prisinformasjon.

Litteratursøket som ble gjennomført ga få relevante treff for denne oppgaven. Dette kan tyde på at søkestrengen ikke var korrekt eller spesifikk nok, men det kan også vise at det finnes få studier på egenskaper ved fallunderlag. Dette har gjort at jeg har blitt nødt til å benytte mer informasjon fra leverandører og liknende.

Det finnes trolig en rekke andre dekker (brukt andre steder i verden) som ikke er omtalt i denne oppgaven. Bare dekker som er relevante i Norge er tatt med. Tilsvarende finnes det mange varianter av samme type dekke, eksempelvis gummidekke, E-TPU og gummibark. For å begrense oppgavens omfang, har jeg bare tatt med informasjon om typiske fallunderlag.

Tabell 9 er en grov inndeling av egenskapene til de forskjellige dekkene i tre ulike kategorier. Dette gjør overgangene noe upresise. For en mer detaljert oversikt over egenskapene til de forskjellige fallunderlagene må man se på tabellene 3-9 hvor disse er beskrevet mer nøyaktig. Disse tabellen bygger både på informasjonen innhentet gjennom litteraturen og den generelle forståelsen jeg har fått gjennom samtaler med fagpersoner.

Jeg har valgt å ta for meg alle de 9 mest brukte formene for fallunderlag i Norge. Noe som har gjort at jeg ikke har hatt kapasitet til å gå like mye i dybden for hvert av fallunderlagene og de forskjellige egenskapene enn dersom jeg hadde kun tatt for meg noen av dem. Jeg ønsket å ta for meg alle de mest relevante fallunderlagene for de norske forholdene slik at det skal bli lettere å kunne sammenlikne disse og få et overblikk over de fleste alternativene som finnes på markedet nå.

#### 4.5.2 Samtaler med fagpersoner

Jeg har i denne oppgaven tatt kontakt med landskapsarkitekter, anleggsgartnere og leverandører da disse sitter på mye kunnskap og gode erfaringer.

Mitt utvalg kan være selektivt eller skjevt, ved at det ikke er tilfeldig hvem jeg har tatt kontakt med (eksempelvis ut fra råd fra veileder og andre fagpersoner) og at det trolig ikke er tilfeldig hvem som har vært villige til komme med informasjon. Informasjonen baserer seg, som nevnt, på enkeltpersoners faglige erfaring og er ikke verifisert av uavhengige kilder. Jeg kan derfor ha fått feil informasjon. Utfordringen er at det ikke finnes alternativ dokumentasjon. Kildene har vært troverdige og jeg har ikke hatt grunn til å tvile på den informasjonen de har bidratt med.

I tillegg finnes det selvsagt mange andre personer som har viktig informasjon for valg av fallunderlag, eksempelvis barnehageansatte, vaktmestere og annet personale ved skoler og barnehager. I prinsippet burde man også ha spurt barna selv. Dette er både viktig og riktig, men det ville ha sprengt rammen for denne oppgaven.

#### 4.6 Videre (gjenstående) arbeid

Denne oppgaven viser at det fortsatt er et betydelig behov for videre arbeid med dette temaet. Vi trenger mer informasjon om de ulike fallunderlagene. For eksempel er kork i dag et ganske nytt materiale hvor det finnes lite informasjon.

Dessuten vil det komme mange nye materialer på markedet. Eksempelvis hevdes det at den nye formen for gummidekke, E-TPU, er bedre for miljøet fordi det ikke inneholder SBR-gummi. Det hadde vært interessant og se på forskjellene på de nye og de etablerte dekkene med tanke på miljø og bærekraft.

Vi trenger også mer forskning på hvordan de ulike fallunderlagene påvirker barns aktivitet og utvikling.

Mer kunnskap om hvordan regelverket påvirker valg av fallunderlag og hvilke egenskaper som regelverket vektlegger er også områder der vi trenger mer kunnskap.

## 5 Konklusjon

Problemstillingen i denne oppgaven har vært «*egenskaper ved ulike fallunderlag til bruk for lekeområder i Norge*» der jeg har svart på følgende spørsmål: «Hvilke egenskaper har de ulike fallunderlagene som brukes på lekeplasser i Norge?» Svaret håper jeg jeg kan være til nytte for landskapsingeniører og andre som planlegger, prosjekterer og utfører lekearealer for barn, slik at arealene tilfredsstillende gjeldende krav, lokale behov og ikke minst fremme barnas utfoldelse, utforskning og utvikling.

Fallunderlag er svært viktig for å hindre alvorlige skader som følger av fall på lekeplasser. Fallunderlaget skal sikre barnas helse og sikkerhet på lekeplasser, skoler og barnehager. I tillegg skal underlaget stimulere til lek og læring.

I dag finnes det mange ulike fallunderlag å velge mellom, både faste dekker som gummi, kork, gress, gressarmering og kunstgress, samt flere løse materialer som grus, sand, bark og flis. I tillegg har de forskjellige fallunderlagene ulike egenskaper som støtabsorpsjon, permeabilitet, termiske egenskaper, kjemiske- og miljømessige egenskaper, økonomiske- og vedlikeholdsmessige egenskaper. De er også ulikt egnet for universell utforming og flerfunksjonalitet.

Valg av fallunderlag avhenger dessuten av mange ulike faktorer som bruk, klimatiske forhold, estetikk, økonomi og det gjeldende regelverket. Slike forhold vil avgjøre hvilke egenskaper som man vil legge mest vekt på i konkrete anlegg. Dette vil variere mye fra sted til sted. De siste årene har også klima og bærekraft blitt en viktig faktor ved valg av materialer.

Alle disse forholdene kan gjøre valget av fallunderlag vanskelig. Derfor er det viktig å ha solid kunnskap om de ulike egenskapene til de forskjellige dekkene brukt til forskjellige formål under ulike forhold.

Det viktigste ved valg av fallunderlag er barna. Underlaget skal gjøre at barna trygt kan leke på lekeplasser, skoler og barnehager uten å pådra seg alvorlige skader, men de skal også være innbydende og stimulerende samt bidra til motorisk utvikling.

## 6 Litteraturliste

- Amorium.com (2020). *Sustainability report*. Tilgjengelig fra: [https://www.amorim.com/xms/files/Sustentabilidade/Corticeira Amorim Sustainability Report 2020 EN.pdf](https://www.amorim.com/xms/files/Sustentabilidade/Corticeira_Amorim_Sustainability_Report_2020_EN.pdf) (Lest 21.03.22).
- Anonym (2022). Samtale med fagperson der det ikke var mulig å få skriftlig samtykke. Ås (07.04.2022).
- Berthelsen, B.O., Ottersen, R.T., & Støver, L., (2011). *Helse og miljøskadelige stoffer i støtdempende fallunderlag på lekeplasser for barn*. Tilgjengelig fra: <http://filer.fmh.no/verktoykasse/fallunderlag.pdf> (Lest 11.03.22).
- Bjugstad, N., (2021). *Jordpakking. Kjøreskader. Markgrep*. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, digital forelesning.
- Branson L.J., Latter, J., Currie, G.R., Nettel-Aguirre A., Embree T. & Hagel B.E. (2012). *The effect of surface and season on playground injury rates*. Paediatr Child Health 2012;17(9):485-489 (21.03.22).
- Chp.no, (u.å.). *Sureplay er nå enda bedre, både for barn og miljø!* Tilgjengelig fra: <https://www.chp.no/produkter> (Lest 03.05.22).
- Duale, N., & Brunborg, G., (2011). *Støtdempende fallunderlag-vurdering av helserisiko ved bruk av støtdempende underlag på lekeplasser og barnehager og skolegårder*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/2879/ta2879.pdf> (Lest 26.01.22).
- Ellingsen, D., (2008). *Tryggere, men kanskje kjedeligere*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/tryggere-men-kanskje-kjedeligere> (Lest 04.03.22).
- Ellingsen M.N., (2020). *Dette bør du vite om jorden i hagen din*. Tilgjengelig fra: <https://www.nmbu.no/aktuelt/node/41062> (Lest 30.03.22).
- Epd-norge.no, (2020). *Sand produsert ved Helle sandtak*. Tilgjengelig fra: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316428-1606990721/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-2536-1130\\_NCC-Helle-Sandtak.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316428-1606990721/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-2536-1130_NCC-Helle-Sandtak.pdf) (Lest: 12.04.22).
- Epd-norge.no, (2021). *Naturgrus, produsert ved avd Grasmo, Eidskog*. Tilgjengelig fra: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317513-1614085762/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-2699-1377\\_Naturgrus--produsert-ved-avd-Grasmo--Eidskog.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1317513-1614085762/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-2699-1377_Naturgrus--produsert-ved-avd-Grasmo--Eidskog.pdf) (Lest: 12.04.22).
- Epd-norge.no, (2022). *Pukk, produsert på avd. Høye*. Tilgjengelig fra: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1322935-1646309391/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-3375-1998\\_Pukk--produsert-pa-avdHoie.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1322935-1646309391/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-3375-1998_Pukk--produsert-pa-avdHoie.pdf) (Lest: 12.04.22).
- Fedoryshyn, N., (2018). *Tyngre vin inn på arbeidsmarkedet for unge med lav utdanning*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/artikler-og-publikasjoner/tyngre-vei-inn-pa-arbeidsmarkedet-for-unge-med-lav-utdanning> (Lest 04.05.22).
- Forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr (1996). *Andre egenskaper ved lekeplassutstyr og merking, produktinformasjon og emballering*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1996-07-19-703> (Lest 06.02.22).
- Fuglseth, M., (2022, Februar 15). *Klima og LCA*. Ås, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

- Gillgren, J., Schulze, P.E. & naturvernforbundet. *Plast og giftfrie barnehager*. Tilgjengelig fra: <https://naturvernforbundet.no/getfile.php/13150138-1579871641/Dokumenter/Div.%20vedlegg%20til%20nettsaker/Falldekke%20av%20plast%20til%20Oarnas%20beste%2022.1.2020/3.%20Per-Erik%20Naturvernforbundet%20Plastfrie%20barnehager.pdf> (Lest 10.03.22)
- Glomsaker P., & Kåfjord S., (2007). *Kunstgressboka, Bygging, drift og vedlikehold av kunstgressbaner*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kkd/idrett/kunstgressboka-v-0919-2007.pdf> (Lest 30.03.22).
- Grønn byggallianse & Context AS (2021). *Grønn Materialguide, veileder i miljøriktig materialvalg versjon 3.1*. Tilgjengelig fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Gronn-Materialguide-v3\\_1-002.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Gronn-Materialguide-v3_1-002.pdf) (Lest 16.02.22)
- Halvorsen Thorén K.H, Nordbø E.C.A., Nordh, H., Ottesen I.Ø. (2019). *Uteområder i barnehager og skoler*. Tilgjengelig fra: <https://www.godeidrettsanlegg.no/sites/default/files/bilder/nmbu-skolerogbarnehager-spreads-2019.pdf> (Lest: 27.12.21)
- Hansen O.B. (2019). *Dyprensing av plasstøpt fallunderlag av gummi*. Tilgjengelig fra: <https://parkoganlegg.no/nyheter/dyprensing-av-plasstopt-fallunderlag-av-gummi/> (Lest 17.04.22).
- Haug, M., (2021, November 18.). *Fallunderlag; miligheter og begrensninger, planleggerens dilemma*. Drammen, Grønn Galla.
- Hsieh, H., & Shannon, S. (2005). *Three Approaches to Qualitative Content Analysis*. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288.
- Jäniskangas, T., Pylkkänen, K.P.K. & Kolisoja, P. (2018). *Shock-absorbing aggregates beneath playground equipment: grain properties and moisture content*. *Inj Prev* 2018;24:224–231 (Lest 28.04.22).
- Jansson, M., (2015). *Children's perspectives on playground use as basis for children's participation in local play space management*. Tilgjengelig fra: [https://www.researchgate.net/publication/269272961\\_Children%27s\\_perspectives\\_on\\_playground\\_use\\_as\\_basis\\_for\\_children%27s\\_participation\\_in\\_local\\_play\\_space\\_management](https://www.researchgate.net/publication/269272961_Children%27s_perspectives_on_playground_use_as_basis_for_children%27s_participation_in_local_play_space_management) (Lest 04.03.22).
- Klatrebarna.no (2021). *Sand som fallunderlag*. Tilgjengelig fra: <https://klatrebarna.no/blogg/post/sand-som-fallunderlag> (Lest 04.03.22)
- Klatrebarna.no (2021). *Bark som fallunderlag*. Tilgjengelig fra: <https://klatrebarna.no/blogg/post/bark-som-fallunderlag> (Lest 04.03.22)
- Lekeplasskontrollen.no (2020). *Soner og fallunderlag*. Tilgjengelig fra: <https://denizhuseby-yabar-alc8.squarespace.com/soner-og-fallunderlag> (Lest 14.03.22).
- Leknes, S., (2020). *Voksende byer og aldrende bygder*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/voksende-byer-og-aldrende-bygder> (lest 27.12.21).
- Lekogpark.no, (u.å). *Fallunderlag*. Tilgjengelig fra: <https://lekogpark.no/produktkategori/fallunderlag/> (Lest 27.02.22).
- Lewis, L. M., Naunheim, R., Standeven, J., & Naunheim, K. S. (1993). Quantitation of impact attenuation of different playground surfaces under various environmental conditions using a tri-

- axial accelerometer. *The Journal of trauma*, 35(6), 932–935. <https://doi.org/10.1097/00005373-199312000-00020>. (Lest 27.02.22).
- Lov om grunnskolen og den videregående opplæringa (opplæringslova). (1998). *Elevane sitt skolemiljø*. Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1998-07-17-61/KAPITTEL\\_11](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1998-07-17-61/KAPITTEL_11) (Lest 27.12.21).
- Mack, G.M., Sacks, J.J. & Thompson, D., (2000). *Testing the impact attenuation of loose-fill playground surfaces*. 2000;6:141-144. (Lest 27.12.21).
- Ngu.no (2015). *Sand, grus og pukk som byggeråstoff*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/sand-grus-og-pukk-som-byggerastoff> (Lest 11.03.22).
- Ngu.no, (2020). *Produksjon av grus og pukk*. Tilgjengelig fra: [https://www.ngu.no/emne/produksjon\\_av\\_grus\\_og\\_pukk](https://www.ngu.no/emne/produksjon_av_grus_og_pukk) (Lest 11.03.22)
- Nilsen, A.B., Vestre, Ø., & Askim, T.J. (1996). *Barns uterom. Lek og samvær*. Oslo: Universitetsforlaget (Lest 14.04.22).
- Olsen, K.M.K., (2019). *Prosjekt skolegårder-statusrapport for skolegårdene ved offentlige grunnskoler i Stavanger 2019*. Tilgjengelig fra: <https://www.stavanger.kommune.no/siteassets/barnehage-og-skole/skole/reglement-planer-dokumenter/prosjekt-skolegaarder.pdf> (Lest 26.04.22).
- Ormestad H. (2019). *Støt (fysikk)*. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/støt\\_-\\_fysikk](https://snl.no/støt_-_fysikk) (Lest 19.04.22).
- Pedersen B. (2020). *Absorpsjon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/absorpsjon> (Lest 19.04.22).
- Rampline.com (u.å.). *Underlagsguiden*. Tilgjengelig fra: <https://rampline.com/no/fallunderlag-lekeplasser/> (Lest 21.03.22).
- Reinertsen, C.O., (2022). Samtale med ansatt i CH-prosjekt AS. Asker (27.04.22).
- Richardson, G.R., (2006). *Creating a Space to Grow: the process of developing your outdoor learning environment*. David Fulton Publishers (Lest 28.04.22).
- Standard Norge. (2019). NS-EN 1177:2018+AC:2019 *Støtdempende lekeplassunderlag – Prøvmingsmetoder for bestemmelse av støtdemping*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS1177> (Lest: 27.12.21).
- Standard Norge. (2017). NS-EN 1176-1:2017 *Lekeplassutstyr og underlag – Del 1: Generelle sikkerhetskrav og prøvmingsmetoder*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS-EN+1176-1%3a2017> (Lest: 27.12.21).
- Sønsteby, S., (2011). *Gummiunderlag på lekeplasser*. Tilgjengelig fra: <https://fagus.no/wp-content/uploads/2017/09/2011-6-FAGUS-Fakta-Gummiunderlag-lekeplass.pdf> (Lest 24.01.22).
- Tress.com (u.å.). *Fallunderlag av kork*. Tilgjengelig fra: <https://www.tress.com/nb-no/las-mere-om/fallunderlag-av-kork/> (Lest 21.03.22).
- Unisport.com, (u.å.). *Fallunderlag av kunstgress*. Tilgjengelig fra: <https://www.unisport.com/nb/fallunderlag-av-kunstgress> (Lest 30.03.33)
- Universell utforming AS (2017). *Inkluderende uterom som stimulerer til aktivitet*. Tilgjengelig fra: [https://www.universell.no/fileshare/fileupload/1398/Idehefte\\_Inkluderende-uterom-som-stimulerer-til-aktivitet.pdf](https://www.universell.no/fileshare/fileupload/1398/Idehefte_Inkluderende-uterom-som-stimulerer-til-aktivitet.pdf) (Lest 11.03.22).
- Walsh, P., 2016. *Early childhood playgrounds: Planning an outside learning environment*. Routledge (Lest 03.05.22).

## 7 Vedlegg 1

### Oversikt over litteratursøk

Database	Søkeord	Antall referanser
Oria	[Alle felt Inneholder] ("fall surface" ELLER "fall surfacing") OG [Alle felt Inneholder] playground	10
Web of Science	("fall surface" or "fall surfacing") AND playground [All fields]	2
Scopus	("fall surface" or "fall surfacing") AND playground [All fields]	4
PubMed	("fall surface" or "fall surfacing") AND playground [All fields]	39
	Totalt	55
	Dubletter fjernet	6
	Identifiserte studier	49
	Ekskluderte studier på bakgrunn av tittel og sammendrag	37
	Ekskluderte studier etter gjennomlesning	9
	Sum: Inkluderte studier fra litteratursøket	3
	Inkluderte referanser fra identifiserte studier og anbefalinger	4
	Inkluderte referanser på bakgrunn av søk etter spesifikk informasjon	36
	Tidligere forelesninger benyttet i oppgaven	3
	Totale referanser	46

Tittel og sammendrag (abstract) ble lest for de 49 identifiserte referansene. Av de 49, så ble 46 ekskludert fordi de viste at innholdet i referansen ikke var relevant for å besvare problemstillingen.

De resterende 3 ble analysert og deler av innholdet ble brukt til å besvare problemstillingen.

1 av studiene er hentet fra referanser i de inkluderte studiene og 3 er anbefalinger fra fagpersoner og veileder. Jeg har også benyttet informasjon fra tidligere forelesninger.

De inkluderte studiene og referansene fra spesifikke søk brukt i denne oppgaven (36) er vist i litteraturlisten.

#### De inkluderte studiene fra litteratursøket er:

Jäniskangas, T., Pylkkänen, K.P.K. & Kolisoja, P. (2018). *Shock-absorbing aggregates beneath playground equipment: grain properties and moisture content*. Inj Prev 2018;24:224–231 (Lest 28.04.22).

Mack, G.M., Sacks, J.J. & Thompson, D., (2000). *Testing the impact attenuation of loose-fill playground surfaces*. 2000;6:141-144. (Lest 27.12.21).

Branson L.J., Latter, J., Currie, G.R., Nettel-Aguirre A., Embree T. & Hagel B.E. (2012). *The effect of surface and season on playground injury rates*. Paediatr Child Health 2012;17(9):485-489.

#### De inkluderte referansene fra identifiserte studier og anbefalinger er:

Grønn byggallianse & Context AS (2021). *Grønn Materialguide, veileder i miljøriktig materialvalg versjon 3.1*. Tilgjengelig fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Gronn-Materialguide-v3\\_1-002.pdf](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/09/Gronn-Materialguide-v3_1-002.pdf) (Lest 16.02.22)

Lewis, L. M., Naunheim, R., Standeven, J., & Naunheim, K. S. (1993). Quantitation of impact attenuation of different playground surfaces under various environmental conditions using a tri-axial accelerometer. The Journal of trauma, 35(6), 932–935. <https://doi.org/10.1097/00005373-199312000-00020> (Lest 27.02.22).

Nilsen, A.B., Vestre, Ø., & Askim, T.J. (1996). *Barns uterom. Lek og samvær*. Oslo: Universitetsforlaget (Lest 14.04.22).

Olsen, K.M.K., (2019). *Prosjekt skolegårder-statusrapport for skolegårdene ved offentlige grunnskoler i Stavanger 2019*. Tilgjengelig fra: <https://www.stavanger.kommune.no/siteassets/barnehage-og-skole/skole/reglement-planer-dokumenter/prosjekt-skolegaarder.pdf> (Lest 26.04.22).

De inkluderte forelesningene er:

Bjugstad, N., (2021). *Jordpakking. Kjøreskader. Markgrep*. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, digital forelesning.

Fuglseth, M., (2022, februar 15). *Klima og LCA*. Ås, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Haug, M., (2021, November 18.). *Fallunderlag; miligheter og begrensninger, planleggerens dilemma*. Drammen, Grønn Galla.

### **Til appendix: Liste over alle identifiserte referanser fra litteratursøket**

(Sherker and Ozanne-Smith, 2004, Thompson et al., 2013, Heather et al., 2004, Forero Rueda and Gilchrist, 2009, Gunatilaka et al., 2004, Chalmers et al., 2001, Fahlstedt et al., 2019, Sherker et al., 2003, Cory and Jones, 2006, Branson et al., 2012, Morrongiello and Kane, 2015, Chalmers et al., 1996, Leeper et al., 2017, Susan et al., 2004, Hudson et al., 2004, Bertocci et al., 2004, Briss et al., 1995, 2008, Hudson et al., 2008, Choi et al., 2014, Semotok, 2019, Sherker et al., 2005, Smith et al., 2021, Adelson et al., 2018, Zalaznick, 2013, Mikkelsen et al., 1991, Ono et al., 2019, Allen et al., 2013, 1999, Powell et al., 2005, Shields and Smith, 2009, Davidson et al., 2006, Nixon et al., 2004, Hudson et al., 1999, Mack and Henderson, 2000, Khambalia et al., 2006, Olsen et al., 2015, Olsen and Kennedy, 2020, Mott et al., 1997, Howard et al., 2009, Fiissel et al., 2005, Jäniskangas et al., 2018, Davidson et al., 2004, Kamel and Khodeir, 2013, Robinovitch and Chiu, 1998, Sosin et al., 1993, Richmond et al., 2018, Loder and Abrams, 2011, Bertocci et al., 2003)

1999. Playground safety--United States, 1998-1999. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 48, 329-32.

2008. An investigation of school playground safety practices as reported by school nurses. *The Journal of school nursing*, 24, 138-144.

ADELSON, S. L., CHOUNTHIRATH, T., HODGES, N. L., COLLINS, C. L. & SMITH, G. A. 2018. Pediatric Playground-Related Injuries Treated in Hospital Emergency Departments in the United States. *Clin Pediatr (Phila)*, 57, 584-592.

ALLEN, E. M., HILL, A. L., TRANTER, E. & SHEEHAN, K. M. 2013. Playground safety and quality in Chicago. *Pediatrics*, 131, 233-41.

BERTOCCI, G. E., PIERCE, M. C., DEEMER, E., AGUEL, F., JANOSKY, J. E. & VOGLEY, E. 2003. Using test dummy experiments to investigate pediatric injury risk in simulated short-distance falls. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 157, 480-6.

BERTOCCI, G. E., PIERCE, M. C., DEEMER, E., AGUEL, F., JANOSKY, J. E. & VOGLEY, E. 2004. Influence of fall height and impact surface on biomechanics of feet-first free falls in children. *Injury*, 35, 417-24.

BRANSON, L. J., LATTER, J., CURRIE, G. R., NETTEL-AGUIRRE, A., EMBREE, T. & HAGEL, B. E. 2012. The effect of surface and season on playground injury rates. *Paediatr Child Health*, 17, 485-9.

BRISS, P. A., SACKS, J. J., ADDISS, D. G., KRESNOW, M. J. & O'NEIL, J. 1995. Injuries from falls on playgrounds. Effects of day care center regulation and enforcement. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 149, 906-11.

CHALMERS, D. J., MARSHALL, S. W., LANGLEY, J. D., EVANS, M. J., BRUNTON, C. R., KELLY, A. M. & PICKERING, A. F. 1996. Height and surfacing as risk factors for injury in falls from playground equipment: a case-control study. *Inj Prev*, 2, 98-104.

CHALMERS, D. J., PARRY, M. L., CRAWFORD, A. I. & WRIGHT, C. S. 2001. Compliance of Dunedin school playground equipment with the New Zealand playground standard. *Aust N Z J Public Health*, 25, 253-5.

CHOI, W. J., KAUR, H. & ROBINOVITCH, S. N. 2014. Measurement of the effect of playground surface materials on hand impact forces during upper limb fall arrests. *J Appl Biomech*, 30, 276-81.

CORY, C. Z. & JONES, M. D. 2006. Development of a simulation system for performing in situ surface tests to assess the potential severity of head impacts from alleged childhood short falls. *Forensic Sci Int*, 163, 102-14.

DAVIDSON, P. L., CHALMERS, D. J. & STEPHENSON, S. C. 2006. Prediction of distal radius fracture in children, using a biomechanical impact model and case-control data on playground free falls. *J Biomech*, 39, 503-9.

DAVIDSON, P. L., CHALMERS, D. J. & WILSON, B. D. 2004. Stochastic-rheological simulation of free-fall arm impact in children: application to playground injuries. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 7, 63-71.

FAHLSTEDT, M., KLEIVEN, S. & LI, X. 2019. Current playground surface test standards underestimate brain injury risk for children. *J Biomech*, 89, 1-10.

FIISSEL, D., PATTISON, G. & HOWARD, A. 2005. Severity of playground fractures: play equipment versus standing height falls. *Inj Prev*, 11, 337-9.

FORERO RUEDA, M. A. & GILCHRIST, M. D. 2009. Comparative multibody dynamics analysis of falls from playground climbing frames. *Forensic Sci Int*, 191, 52-7.



- GUNATILAKA, A. H., SHERKER, S. & OZANNE-SMITH, J. 2004. Comparative performance of playground surfacing materials including conditions of extreme non-compliance. *Inj Prev*, 10, 174-9.
- HEATHER, M. O., SUSAN, D. H. & DONNA, T. 2004. BUILDING A SAFE OUTDOOR ENVIRONMENT. *School planning & management*, 43, 67.
- HOWARD, A. W., MACARTHUR, C., ROTHMAN, L., WILLAN, A. & MACPHERSON, A. K. 2009. School playground surfacing and arm fractures in children: a cluster randomized trial comparing sand to wood chip surfaces. *PLoS Med*, 6, e1000195.
- HUDSON, S., THOMPSON, D. & MACK, M. G. 1999. The prevention of playground injuries. *J Sch Nurs*, 15, 30-3.
- HUDSON, S. D., OLSEN, H. M. & THOMPSON, D. 2008. An Investigation of School Playground Safety Practices as Reported by School Nurses. *J Sch Nurs*, 24, 138-144.
- HUDSON, S. D., THOMPSON, D. & OLSEN, H. 2004. How safe are our playgrounds? New report card shows significant improvement, but still room for more change. *Parks & Recreation*, 39, 52.
- JÄNISKANGAS, T., PYLKKÄNEN, K. P. K. & KOLISOJA, P. 2018. Shock-absorbing aggregates beneath playground equipment: grain properties and moisture content. *Inj Prev*, 24, 224-231.
- KAMEL, D. K. E. D. & KHODEIR, L. M. 2013. A strategy for selecting safe and low maintenance floorings in early childhood centers outdoors (Cairo, Egypt). *Ain Shams Engineering Journal*, 4, 939-950.
- KHAMBALIA, A., JOSHI, P., BRUSSIONI, M., RAINA, P., MORRONGIELLO, B. & MACARTHUR, C. 2006. Risk factors for unintentional injuries due to falls in children aged 0-6 years: a systematic review. *Inj Prev*, 12, 378-81.
- LEEPER, C. M., MCKENNA, C. & GAINES, B. A. 2017. Homemade zipline and playground track ride injuries in children. *J Pediatr Surg*, 52, 1511-1515.
- LODER, R. T. & ABRAMS, S. 2011. Temporal variation in childhood injury from common recreational activities. *Injury*, 42, 945-57.
- MACK, M. G. & HENDERSON, W. 2000. Risk Factor Three: Fall Surfacing on Safe Playgrounds. *Journal of physical education, recreation & dance*, 71, 17-19.
- MIKKELSEN, S. S., LINDBLAD, B. E., NAFEI, A., TEICHERT, G. & KRØNER, K. 1991. [Playground accidents among children in greater Aarhus]. *Ugeskr Laeger*, 153, 3239-42.
- MORRONGIELLO, B. A. & KANE, A. 2015. An evaluation of the Cool 2 Be Safe program: an evidence-based community-disseminated program to positively impact children's beliefs about injury risk on playgrounds. *Prev Sci*, 16, 61-9.
- MOTT, A., ROLFE, K., JAMES, R., EVANS, R., KEMP, A., DUNSTAN, F., KEMP, K. & SIBERT, J. 1997. Safety of surfaces and equipment for children in playgrounds. *Lancet*, 349, 1874-6.
- NIXON, J. W., ACTON, C. H., WALLIS, B. A., BATTISTUTTA, D., PERRY, C. & EAGER, D. B. 2004. Preventing injuries on horizontal ladders and track rides. *Inj Control Saf Promot*, 11, 219-24.
- OLSEN, H. & KENNEDY, E. 2020. Safety of School Playgrounds: Field Analysis From a Randomized Sample. *J Sch Nurs*, 36, 369-375.
- OLSEN, H. M., HUDSON, S. D. & THOMPSON, D. 2015. *SAFE and Fun Playgrounds: A Handbook*, St Paul, MN, St Paul, MN: Redleaf Press.
- ONO, H., SASE, T., TAKASUNA, H. & TANAKA, Y. 2019. Playground equipment-related head injuries requiring hospitalization in children. *Pediatr Int*, 61, 293-297.
- POWELL, E. C., AMBARDEKAR, E. J. & SHEEHAN, K. M. 2005. Poor neighborhoods: safe playgrounds. *J Urban Health*, 82, 403-10.
- RICHMOND, S. A., CLEMENS, T., PIKE, I. & MACPHERSON, A. 2018. A systematic review of the risk factors and interventions for the prevention of playground injuries. *Can J Public Health*, 109, 134-149.
- ROBINOVITCH, S. N. & CHIU, J. 1998. Surface stiffness affects impact force during a fall on the outstretched hand. *J Orthop Res*, 16, 309-13.
- SEMOTOK, D. 2019. *The National Program for Playground Safety*. Cham: Cham: Springer International Publishing.
- SHERKER, S. & OZANNE-SMITH, J. 2004. Are current playground safety standards adequate for preventing arm fractures? *Med J Aust*, 180, 562-5.
- SHERKER, S., OZANNE-SMITH, J., RECHNITZER, G. & GRZEBIETA, R. 2003. Development of a multidisciplinary method to determine risk factors for arm fracture in falls from playground equipment. *Inj Prev*, 9, 279-83.
- SHERKER, S., OZANNE-SMITH, J., RECHNITZER, G. & GRZEBIETA, R. 2005. Out on a limb: risk factors for arm fracture in playground equipment falls. *Inj Prev*, 11, 120-4.
- SHIELDS, B. J. & SMITH, G. A. 2009. The potential for brain injury on selected surfaces used by cheerleaders. *J Athl Train*, 44, 595-602.
- SMITH, J., CHHINA, H., SIDHU, P., BRUSSIONI, M., PIKE, I. & COOPER, A. 2021. Paediatric elbow fractures and public play spaces: adherence to standards for children's playground equipment and surfacing. *BMJ Paediatr Open*, 5, e001125.
- SOSIN, D. M., KELLER, P., SACKS, J. J., KRESNOW, M. & VAN DYCK, P. C. 1993. Surface-specific fall injury rates on Utah school playgrounds. *Am J Public Health*, 83, 733-5.
- SUSAN, D. H., DONNA, T. & HEATHER, O. 2004. How Safe Are Our Playgrounds? *Parks & recreation (Arlington, Va.)*, 39, 52.
- THOMPSON, A., BERTOCCI, G. & PIERCE, M. C. 2013. Assessment of injury potential in pediatric bed fall experiments using an anthropomorphic test device. *Accid Anal Prev*, 50, 16-24.
- ZALAZNICK, M. 2013. Perceived risk leaps onto playgrounds: some say students learn better after challenging play. *District Administration*, 49, 52.



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway