



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Dekkslitasjepartikler fra motorsportbaner: En første kartlegging og mulige tiltak

Tire wear particles from racetracks: A first
assessment and possible measures

Helena Marie Amdal
Vann- og miljøteknikk

Forord

Fem år på Norges Miljø - og Biovitenskapelige Universitet nærmer seg slutten, og denne oppgaven representerer mitt avsluttende arbeid som student på vann - og miljøteknikk ved fakultet for realfag og teknologi. Oppgaven ble utarbeidet vårsemesteret 2021 som gikk fra januar til juni, og omfatter 30 studiepoeng.

Å arbeide med en slik oppgave over en lengre periode har vært morsomt, krevende og svært lærerikt. Nå er oppgaven ferdigstilt og jeg ønsker å takke mine veiledere Vegard Nilsen, Ulf Rydningen og Demmelash Mengistu for gode tilbakemeldinger og innspill underveis i skriveperioden. Jeg ønsker også å takke Knut Iver Skoien og Henrik Julius Frisak fra Telemark Rings prosjektgruppe for inspirasjon til problemstillingen og gode innspill underveis.

Jeg vil også takke Norges Motorsportforbund og Norsk vannforening for økonomisk støtte til analyse av sedimentprøver.

Avslutningsvis vil jeg takke venner, familie og mitt kjære kollektiv for all støtte og motiverende ord underveis i prosessen. Og ikke minst vil jeg takke mine medstudenter som har gjort disse fem årene på Ås uforglemmelige.

Ås, juni, 2021
Helena Marie Amdal

Sammendrag

Dekkslitasjepartikler (TWP) har i løpet av de siste årene fått mer oppmerksomhet, og regnes i dag som den største kilden til utslipp av mikroplast til miljøet. Til tross for dette så er det fortsatt stor mangel på standardiserte og realistiske studier, og det mangler helt dokumentasjon på utslipp av TWP fra norske motorsportbaner og øvingsbaner. Motorsportbaner genererer generelt overvann forurensset av miljøgifter, inkludert mikroplast fra dekkslitasje, som kan spres til nærliggende vassdrag.

I denne studien ble det tatt 45 sedimentprøver ved Rudskogen Motorsenter, for å undersøke mengden av TWP som finnes i grøftene langs kjørebanelen. Ved bruk av en nyere metode for å identifisere og kvantifisere TWP, som består av en kombinasjon av Simultan Termisk Analyse (STA), Fourier Transform Infrarød (FTIR) spektroskopi og Parallell Faktor Analyse (PARAFAC), ble konsentrasjonene av TWP fra prøvene estimert. Prøvene ble tatt fra fem forskjellige prøvepunkt langs banen, karakterisert ved forskjellige kjøremønstre og utforminger av banen, og ved tre forskjellige avstander fra banekanten. Konsentrasjonen av TWP varierte fra 16 til 547 milligram TWP per gram sediment, hvor de høyeste konsentrasjonene ble funnet ved inner-sving, start/mål og yttersving, hvor bremse- og akselerasjonsintensiteten og frekvensen er høy.

Spørreundersøkelsen som ble sendt ut til tolv motorsportbaner i Norge og Norden, ga inntrykket av at dekkslitasjepartikler ikke anses som et stort problem, men også at det mangler økonomiske insentiver og krav fra myndighetene, for at problemet skal bli håndtert. Basert på litteratur fra offentlig vei og kunstgressbaner, ble det foreslått kontrollert snødeponering, bruk av siler foran alle overvannsutløp, rens tiltak for overvann og feiing (koordinert med værvarselet) som tiltak for håndtering av allerede genererte dekkslitasjepartikler på motorsportbanen.

Summary

Tire wear particles (TWP) have received more attention in recent years, and are today considered the largest source of microplastic emissions to the environment. Despite of this, there is still a great shortage of standardized and realistic studies, and there is a complete lack of documentation on emissions of TWP from Norwegian racetracks and trainingtracks. Racetracks generally generate stormwater contaminated by persistent environmental pollutants, including microplastics from tire wear, which can spread to nearby waterbodies.

In this study, 45 sediment samples were taken at Rudskogen Motorsenter, to investigate the amount of TWP found in the ditches along the track. Using a novel method to identify and quantify TWP, which consists of a combination of Simultaneous Thermal Analysis (STA), Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy and Parallel Factor Analysis (PARAFAC), the concentrations of TWP in the samples were estimated. The samples were taken from five different locations along the track, characterized by different driving patterns and geometry of the track, and at three different distances from the track edge. The concentration of TWP ranged from 16 to 547 milligram TWP per gram sample, where the highest concentrations were found at inside- and outside turns and at the start/finishline, where the intensity and frequency of braking and acceleration are the highest.

The survey, which was sent out to twelve racetracks in Norway and the Nordic countries, gave the impression that tire wear particles are not considered a major problem, but also that there is a lack of financial incentives and demands from the government, for the problem to be managed. Based on literature from public roads and artificial turf pitches, controlled snow deposition, use of strainers in front of all stormwateroutlets, stormwater measures and sweeping (coordinated with the weather forecast) were proposed as measures for handling already generated tire wear particles at the racetrack.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iii
Summary	v
Innhold	vii
Figurer	ix
Tabeller	xi
Forkortelser	xiii
1 Introduksjon	1
1.1 Motivasjon og problemstilling	1
1.2 Metode	2
1.3 Avgrensinger	2
2 Bakgrunn	3
2.1 Grunnleggende om dekkslitasjepartikler	3
2.1.1 Dekkets sammensetning	3
2.1.2 Opphav og forekomst av dekkslitasjepartikler	4
2.1.3 Spredning av dekkslitasjepartikler i miljøet	6
2.1.4 Faktorer som påvirker dekkslitasje	8
2.2 Miljø- og helseeffekter	10
2.2.1 Miljøeffekter	10
2.2.2 Helseeffekter	13
2.3 Håndtering av vegvann	15
2.3.1 Hvem har ansvaret?	15
2.3.2 Når må vegvannet renses?	16
2.3.3 Hvordan renses vegvannet?	17
2.3.4 Hva gjøres for å redusere utslipp av dekkslitasjepartikler fra veger i dag?	18
2.4 Identifisering av dekkslitasjepartikler	20
2.4.1 Prøvetakingsmetoder	20
2.4.2 Identifisering	20

2.4.3	Kvantifisering	22
2.5	Kunnskapsstatus, motorsportbaner	23
3	Metode	25
3.1	Sedimentprøver	25
3.1.1	Prøvetakingsområdet	26
3.1.2	Prøvetaking	26
3.1.3	Analysering	29
3.2	Spørreundersøkelsen	31
3.2.1	Formål og innhold	32
3.2.2	Utvalg	32
3.2.3	Forskningsetiske vurderinger og hensyn	33
4	Resultat og diskusjon	35
4.1	TWP i sedimentprøver fra Rudskogen Motorsenter	35
4.1.1	Observasjoner gjort ved prøvetaking	35
4.1.2	Tilstedeværelse av TWP	36
4.1.3	Konsentrasjon av TWP i prøvepunktene	37
4.1.4	Forskjeller per prøvepunkt, avstand fra kjørebane og størrelsesklasse	40
4.1.5	Feilkilder	43
4.2	Resultat og diskusjon av spørreundersøkelsen	44
4.2.1	Begrensninger	47
4.3	Hvordan kan Telemark Ring og andre motorsportbaner hindre spredning av dekkslitasjepartikler?	48
5	Konklusjon	51
5.1	Videre forskning	52
	Referanser	53
	Vedlegg A Prøvetakingsplan	57
	Vedlegg B Spørreundersøkelse	59
	Vedlegg C Vurdering fra NSD	63

Figurer

2.1	Spredningsveier/prosesser for dekkslitasjepartikler	7
2.2	Faktorer som kan påvirke dekkslitasje	8
2.3	Slitasjemønster på dekk	9
2.4	Dekkslitasjepartikler i magetarmkanalen hos <i>Hyalomma azteca</i>	12
2.5	Lover og forskrifter for overvannshåndtering	16
2.6	Illustrasjon av FTIR-ATR metoden	21
3.1	Flytskjema for metode for sedimentprøver	26
3.2	Prøvetakingspunkt Rudskogen	27
3.3	Gressdekt grøft langs kjørebanen	28
3.4	Illustrasjon av prøvetakingen	29
3.5	Prøvetakingsredskap	30
4.1	Observasjoner fra Rudskogen motorsenter	35
4.2	Dekkslitasjepartikler i sedimentprøver	36
4.3	Komponentladninger fra PARAFAC-modellen	37
4.4	Konsentrasjon TWP i prøvepunkt per str.klasse og avstand	41
4.5	TWP-konsentrasjon per avstand fra kjørebanen	42
4.6	Gjennomsnittlig TWP-konsentrasjon per str.klasse og avstand	43
4.7	Kart over Vålerbanen og Glomma	45
A.1	Prøvetakingsplan	58
C.1	NSD sin vurdering av spørreskjema (1/2)	64
C.2	NSD sin vurdering av spørreskjema (2/2)	65

Tabeller

2.1	Hovedkomponenter i dekk	4
2.2	Utslippsfaktorer for dekkslitasje ved ulike veg typer	5
2.3	Utslippsfaktorer for dekkslitasje fra vei	5
2.4	Behov for rensing av overvann fra veg	17
2.5	Renseeffekter ved ulike rensetiltak	18
3.1	Utvalg spørreundersøkelse	33
4.1	Resultat fra PARAFAC-analyse for start/mål (prøvepunkt 1)	38
4.2	Resultat fra PARAFAC-analyse for langstrek (prøvepunkt 2).	38
4.3	Resultat fra PARAFAC-analyse for innersving 1 (prøvepunkt 3).	39
4.4	Resultat fra PARAFAC-analyse for yttersving (prøvepunkt 4).	39
4.5	Resultat fra PARAFAC-analyse for Innersving 2 (prøvepunkt 5).	40
4.6	Tiltak for å hindre spredning av dekkslitasjepartikler til miljøet	49

Forkortelser

ACR	Arctic Circle Raceway
FTIR	Fourier-transform infrarød spektroskopi
MP	Mikroplast
NIBIO	Norsk Institutt for Bioøkonomi
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PBL	Plan-og bygningsloven
PM10	Grov partikkelstørrelsesfraksjon
PM2.5	Fin partikkelstørrelsesfraksjon
TWP	Tire Wear Particles
WHO	World Health Organization
ÅDT	Årsdøgntrafikk

1. Introduksjon

1.1 Motivasjon og problemstilling

I følge Miljødirektoratet (2021), ble det i 2020 estimert at det slippes ut omkring 19 000 tonn mikroplast hvert år, fra forskjellige norske prosesser på land. Slitasje fra bildekk er antatt å være den største utslippskilden, med et utslipp på omtrent 8000 tonn mikroplast hvert år (Miljødirektoratet, 2021). Miljøproblematikken rundt plast og mikroplast har i de siste årene blitt mer og mer synlig, og man ser stadig vekk hvaler som skylles i strand med magesekken full av plastikk, store, flytende øyer av plastikk som har fått navnet ”The Great Pacific Garbage Patch”, og blåskjell langs norskekysten som inneholder mikroplastpartikler (Lusher mfl., 2017). Mikroplastforskningen går raskt fremover, og blir mer og mer avansert (Horton mfl., 2017), men fortsatt mangler det standardiserte og realistiske studier, spesielt når det gjelder mikroplast fra dekk - og vegslitasje (Jekel, 2019). Det finnes derimot lite eller ingen dokumentasjon på utslipp av dekkslitasjepartikler fra norske motorsportbaner og øvingsbaner, som det finnes mange av på landsbasis.

Motorsporten kom til Norge tidlig på 1900-tallet, og har siden den gang blitt en populær sport blant nordmenn. I følge Kulturdepartementet (2021) er det registrert over 400 motorsportanlegg (eksisterende og planlagte), og det finnes omkring 130 lokale klubber for motorsport i Norge (*Enorm interesse for Telemark Ring 2018*). Det finnes mange forskjellige grener innenfor motorsporten, og Norge er blant annet ledende på asfaltracing i Skandinavia (*Enorm interesse for Telemark Ring 2018*). Verden er stadig i utvikling, og vi ser et økende fokus på miljø og bærekraft, også i motorsporten. Det internasjonale bilsportforbundet (FIA) opprettet i 2017 en egen miljø - og bærekraftskommisjon, som skal gjøre bærekraft og miljøvennlig praksis en del av motorsportens kjernekultur (*Action for environment 2021*).

Telemark Ring er et prosjekt som ble opprettet i 2015, hvor det planlegges et større asfaltbaneanlegg til bruk for bil - og motorsykkelsport. I tillegg skal den også benyttes som testsenter for bærekraftig teknologiutvikling innen elektrifisering og autonomi (Frisak, 2020). I likhet med det internasjonale bilsportforbundet, har Telemark Ring et høyt

fokus på bærekraft og har i utviklingen av det nye motorsportanlegget, bærekraftsmålene i bakhodet. Motorsportbaner genererer generelt overvann forurenset av miljøgifter som for eksempel mikroplast fra dekkslitasje, og dette var et problem Telemark Ring ønsket å ta tak i. Problemstillingen i denne oppgaven ble dermed utviklet i samarbeid med Telemark Ring.

Motorsportens bidrag til det totale mikroplast-utslippet er kanskje lite, men det er en mulighet for at den tilfører høye konsentrasjoner av mikroplast i det lokale (vann)miljøet. Det overordnede målet med denne oppgaven er dermed å gjøre en første undersøkelse av dette temaet i Norge, avdekke hvor stort problemet er, og hva som eventuelt kan gjøres med det. For å nå det overordnede målet har jeg valgt å se på følgende tre problemstillinger:

1. Hvor mye dekkslitasjepartikler finnes i grøftene langs Rudskogen motorsenter?
2. Hvordan håndteres denne utfordringen ved eksisterende motorsportbaner i Norge og Norden i dag?
3. Hvordan kan Telemark Ring og andre motorsportbaner hindre spredning av dekkslitasjepartikler?

1.2 Metode

For å besvare den første problemstillingen i denne studien, er det planlagt å ta sedimentprøver fra grøftene ved Rudskogen motorsenter. Den andre problemstillingen skal besvares ved å sende ut en spørreundersøkelse til utvalgte motorsportbaner i Norge og Norden. For å besvare den siste problemstillingen, blir det hentet inspirasjon fra litteratur fra offentlig vei og kunstgressbaner.

1.3 Avgrensinger

Ettersom Telemark Ring planlegger en motorsportbane av asfalt er utvalget for sedimentprøvene og spørreundersøkelsen gjort på bakgrunn av dette.

Oppgaven er dermed avgrenset til:

- Motorsportbane av asfalt
- Motorsportbane i Norge (for dekkslitasjepartikler i banegrøft)

2. Bakgrunn

I dette kapittelet gjennomgås relevant litteratur om dekkslitasjepartikler som er nødvendig for å forstå valgene og analysene i resten av oppgaven. Kapittelet består av fire deler, hvor første del omhandler bakgrunnsinformasjon om dekkets sammensetning og hvordan dekkslitasjepartikler oppstår og spres i miljøet, samt faktorer som påvirker dekkslitasje. Del to handler om hvilke konsekvenser dekkslitasjepartikler har for miljøet og menneskers helse. Deretter en kort introduksjon til håndtering av overvann (og dekkslitasjepartikler) fra offentlige veier, før det avslutningsvis gis en gjennomgang av metodene for prøvetaking og analysering av dekkslitasjepartikler.

2.1 Grunnleggende om dekkslitasjepartikler

Dekkslitasjepartikler oppstår som følge av friksjon mellom dekk og vegbane, og står for omkring 40 prosent av det totale utslippet av mikroplast i Norge (Miljødirektoratet, 2021). I de neste avsnittene presenteres dekkslitasjepartiklenes opphav, forekomst, spredning og innvirkende faktorer.

2.1.1 Dekkets sammensetning

Dekk består av mange forskjellige komponenter, og produksjonen er en kompleks prosess som benytter mange ulike typer kjemikalier, fyllstoffer og polymerer (Jekel, 2019). Hovedkomponentene i dekkets slitebane er vist i Tabell 2.1. Et vanlig kommersielt personbildekk inneholder i gjennomsnitt 30 typer syntetisk gummi, 8 typer naturgummi og rundt 40 forskjellige kjemikalier, oljer, voks, pigmenter, leire og silika (Wagner mfl., 2018). Den kjemiske sammensetningen varierer mellom dekktyper. For eksempel inneholder et lastebildekk ca. 80% naturgummi, mens et passasjerbildekk inneholder bare 15% (Wagner mfl., 2018).

I tillegg til de allerede tilsatte kjemikaliene kan det hende at det dukker opp andre stoffer i gummidekket, og det kan være forurensninger og andre stoffer som dannes under produksjon eller nedbrytning av dekket. Konsentrasjonen av polysykliske aromatisk hydrokarboner (PAH) i ekstenderoljer har gått ned etter et EU-direktiv (EU direktive

Tabell 2.1: Generell sammensetning av dekk

Kategori	Innhold i wt%	Ingredienser
Gummi/elastomer	40 - 60	Poly-butadiene (BR), styrene-butadiene (SBR), neoprene isoprene (NR), polysulfid
Fyllstoffer	20 - 35	Karbon svart, silika, silanes
Prosess oljer	12 - 15	Mineral oljer
Vulkaniseringsmidler	1 - 2	ZnO, S, Se, Te, thiazoles, organiske peroksider, nitroforbindelser
Tilsetningsstoffer	5 - 10	Konserveringsmidler, antioksidanter, tørkemidler, prosesseringshjelpemidler
Forsterkninger i tekstil og metall	5 - 10	

Kilde: Wagner mfl. (2018)

2005/69/EU) ble vedtatt den 1. januar 2010 (Andersson-Sköld mfl., 2020). Et eksempel på ekstenderoljer er høyaromatiske oljer (HA-oljer), som er restprodukter fra oljeraffinerer, og brukes som myknere i gummiblandinger (Ottesen og Støver, 2010). Vedtaket sier som følger at ”Ekstenderoljer kan ikke brukes til produksjon av dekk, eller deler av dekk, dersom de inneholder mer enn 1 mg/kg BaP (benzopyrene) og 10 mg/kg av de åtte oppførte PAH” (Andersson-Sköld mfl., 2020). PAH omfatter hundrevis av forbindelser med ulike egenskaper og derav ulike helseeffekter, men den mest kritiske er kreftutvikling i lungene ved innånding (Folkehelseinstituttet, 2018).

Dekkets innhold av sink (Zn) og syntetisk gummi (SBR) er viktige komponenter for identifisering og kvantifisering av dekkslitasjepartikler i prøver fra vei eller vei-simulatorer (Jekel, 2019). Identifisering og kvantifisering er nærmere omtalt i Kapittel 2.4.

2.1.2 Opphav og forekomst av dekkslitasjepartikler

I de fleste rapporter og publikasjoner fra det siste tiåret blir dekkslitasjepartikler omtalt som mikroplast på grunn av sin størrelse, men alle er ikke enige i denne inkluderingen. Basert på størrelse er definisjonen av mikroplast som oftest partikler som har størrelser mellom 0,001 og 5 millimeter, men i Jekel (2019) sin rapport er det blitt foreslått følgende kriterier for å definere mikroplast:

- **Kjemisk sammensetning:** Bildekk inneholder omkring 40-60% syntetiske polymerer, og partikler som oppstår ved dekkslitasje inkluderes derfor i definisjonen av mikroplast.
- **Fast tilstand:** smelte - og glasstemperaturer er over 20°C.
- **Løselighet:** løseligheten i vann er mindre enn 1 mg/L ved 20°C.
- **Størrelse:** 1 - 1000 μm for mikroplast.
- **Form og struktur:** runde, uregelmessige partikler, fibre og filmer.
- **Farge:** alle farger.
- **Opphav:** primær eller sekundær mikroplast. Primær mikroplast er produsert for å benyttes i ulike produkter, mens sekundær mikroplast er partikler som brytes

eller slites av fra større plastprodukter.

I Norge slippes det ut omtrent 8000 tonn mikroplast per år, hvorav 5000 tonn av disse stammer fra biltrafikken, og er dermed den største kilden til mikroplastforurensning i landet (Andresen og Klingenberg, 2018; Miljødirektoratet, 2020a).

Mikroplast fra biltrafikken kommer hovedsakelig av dekkslitasje og vegoppmerkinger. Slitasjen skjer på grunn av friksjon mellom bildekket og veibanen som fører til at dekkets slitebane brytes ned, hvor dekkets slitebane er den delen av dekket som er i kontakt med veibanen og gir dragkraft og veigrep (Andersson-Sköld mfl., 2020).

Tabell 2.2: Utslippsfaktor for dekkslitasje ved ulike veg typer

Vei type	Utslipp [mg/km]
Urbane områder	60 - 850
Landlige områder	39 - 546
Motorveier	47 - 668

Kilde: Jekel (2019)

Noe utslipp kommer også fra polymermodifisert bitumen i asfalt og fra midt-og kantlinjemarkeringer som brytes ned av trafikken (Andersson-Sköld mfl., 2020). Størrelsen og mengden av partiklene som frigjøres avhenger av ulike faktorer som for eksempel hastighet - og kjørestil, dekkets sammensetning og struktur, temperatur og veiens overflate (Andersson-Sköld mfl., 2020). Tabell 2.2 viser hvordan utslipp av dekkslitasjepartikler varierer ved ulike veityper, og Tabell 2.3 viser utslippsverdier for ulike kjøretøy.

Tabell 2.3: Utslippsfaktor for dekkslitasje fra ulike kjøretøy

Kilde	Utslippsfaktor [mg/kjøretøy/km]
Passasjerbil	50 - 132
Lette nyttekjøretøy	102 - 320
Lastebiler, nyttekjøretøy	546 - 1500
Busser	267 - 700
Motorsykler	39 - 47
Dekkslitasje, gjennomsnitt	90 - 270

Kilde: Jekel (2019)

Når dekket kommer i kontakt med veioverflaten vil skjærkraften og varmen som genereres i dekket resultere i slitasje. Mens skjærkreftene genererer relativt store dekkpartikler, vil varme føre til utslipp av mindre partikler nede i mikrostørrelser. Varmen akkumuleres ved kjøring og danner "hot spots" på overflaten til dekket, som medfører at det flyktige innholdet i dekket evaporerer og deretter kondenserer og koagulerer (Kole mfl., 2017; Jekel, 2019). Et studium tilsier at størrelsen på disse dekkslitasjepartiklene kan variere mellom 100 nm og flere hundretalls μm , som gjør at de kan spres i miljøet på mange forskjellige måter og i ulike medier (Svensson og Andersson-sköld, 2020).

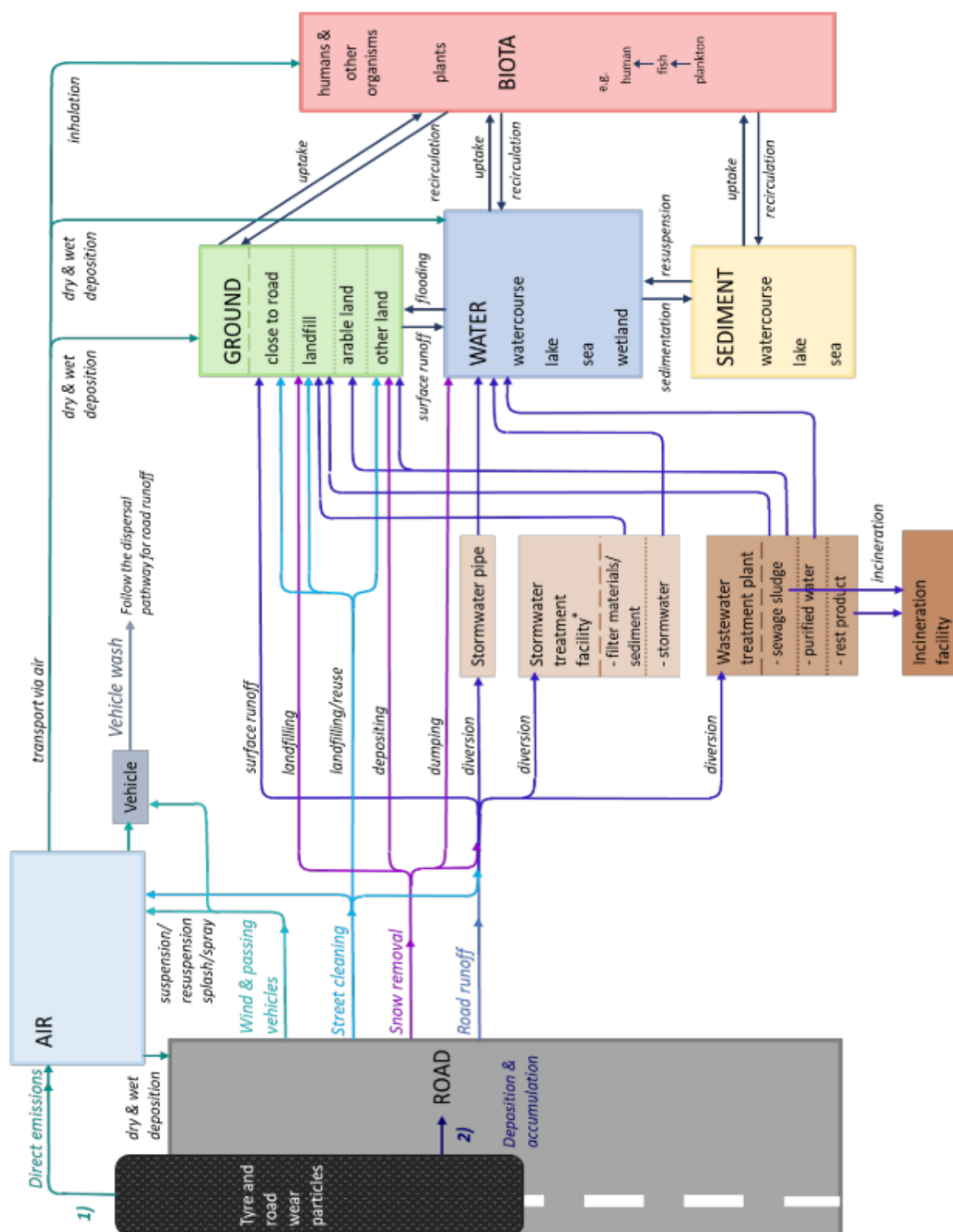
2.1.3 Spredning av dekkslitasjepartikler i miljøet

Dekkslitasjepartikler havner som regel enten direkte i lufta, på asfalten eller i veigrøften, og derfra kan de spres rundt i miljøet. Figur 2.1 viser mulige spredningsveier - og prosesser dekk - og veislitasjepartikler kan ta fra de oppstår på veien (Andersson-Sköld mfl., 2020). Omtrent 0,1 – 10% av partiklene er luftbårne og er i størrelsesorden < 10 mikrometer, men noen studier tilsier at denne verdien kan være opp til 30% (Svensson og Andersson-sköld, 2020). Nedbørmengde og intensitet er også en essensiell faktor for hvordan partiklene spres i miljøet. Dersom det regner mye og intensivt vil dekkslitasjepartikler fra veien kunne renne av og ned i grøfter eller ned i overvannssystemer. En andel av partiklene som havner i overvannssystemet kan bli ført videre til renseanlegget, hvis det er et fellessystem, som kan være tilfellet i urbane områder. Ved drenering langs større veier, er ikke dette en aktuell problemstilling. Noe av det kan feste seg til avløpsslammet, og hvis avløpsslammet blir brukt videre til gjødsel kan partiklene spres rundt på åkre. De partiklene som ikke fester seg til avløpsslammet eller renses bort, blir med det rensede avløpsvannet til resipienten (Andersson-Sköld mfl., 2020).

En andel av partiklene som havner på veien, blir sittende fast permanent i veidekkets makrotekstur og hulrom. Hvor mange partikler som blir sittende fast avhenger av dybden på makroteksturen samt andel hulrom i asfalten, meteorologiske forhold og trafikkegenskaper (Andersson-Sköld mfl., 2020). Standardasfalt har for eksempel en mindre andel hulrom enn porøs asfalt og dermed vil færre partikler feste seg til veien. Transport av dekkslitasjepartikler fra veien skjer henholdsvis ved vind og kjøretøyspassasje, avrenning ved nedbørshendelser, snømåking, renhold og vedlikehold av veien (Andersson-Sköld mfl., 2020).

Form og densitet er faktorer som også påvirker hvordan partiklene spres og transporteres i miljøet. Dekkslitasjepartikler (tire wear particles, TWP) kan være rene dekkslitasjepartikler eller en blanding av gummi-og asfaltpartikler fra veien, som vil ha betydning for hvor langt de transporteres i vann. Partiklene kan ha mange forskjellige former, alt fra avlange og pøselignende til runde fragmenter, som påvirker i stor grad hvordan de transporteres i ulike medier (Svensson og Andersson-sköld, 2020). Ved å relatere tettheten til dekkslitasjepartiklene med tettheten til fersk - og saltvann, kan man få en viss oppfatning om de vil flyte eller synke til bunns. Hvor raskt en partikkel sedimenterer i vann avhenger av partikkelstørrelse, tetthet, saltinnhold i vannet og temperatur. Større partikler vil ha en høyere sedimenteringshastighet, mens lettere partikler vil kunne transporteres over lengre avstander før de synker (Andersson-Sköld mfl., 2020).

Det er fortsatt store kunnskapshull om hvordan partiklenes tetthet forandres i miljøet, så for å få en bedre forståelse om hvordan dekkslitasjepartikler transporteres i miljøet, trengs det mer kunnskap om størrelse, tetthet og sedimentasjonsegenskaper (Andersson-

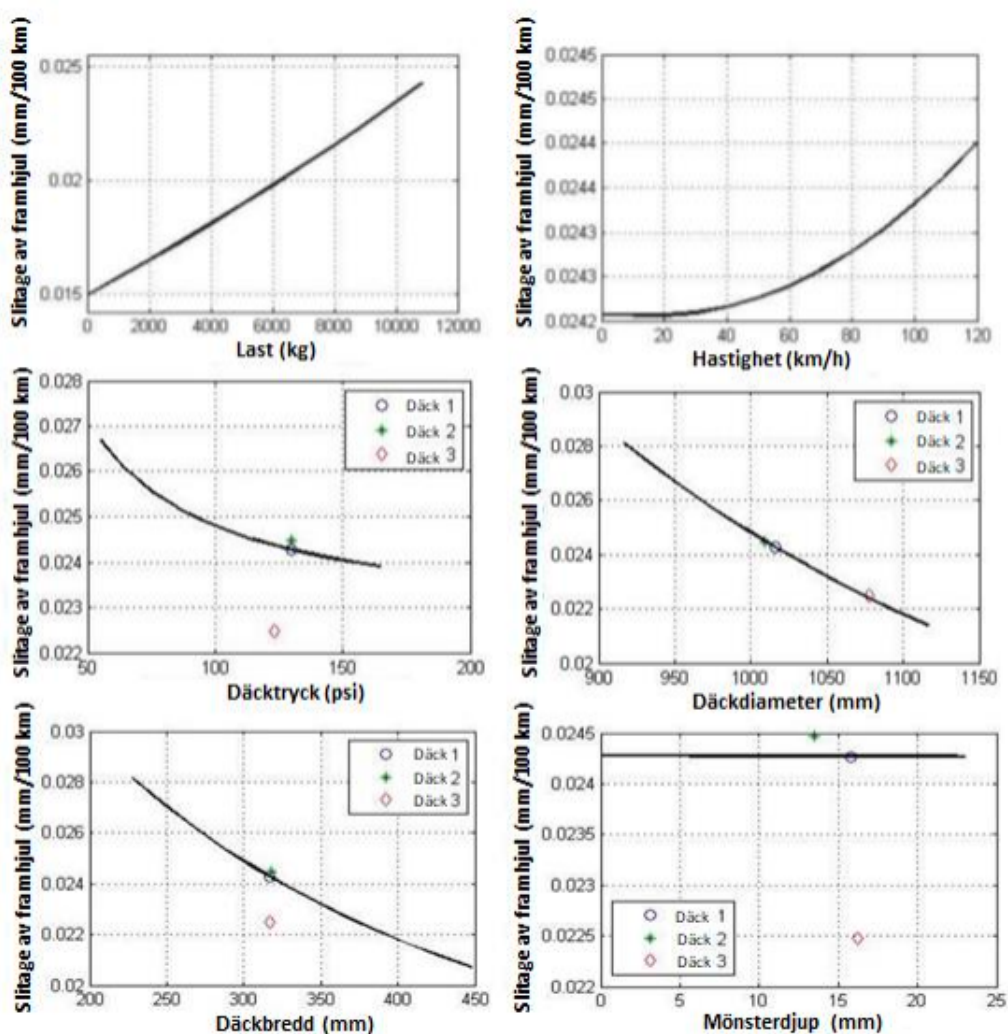


Figur 2.1: Spredningsveier - og prosesser for vei - og dekkslitasjepartikler. Kilde: Andersson-Sköld mfl. (2020).

Sköld mfl., 2020).

2.1.4 Faktorer som påvirker dekkslitasje

Hvordan dekket slites avhenger av ulike parametere, som for eksempel dekkets mønster og dets kjemiske sammensetning. Temperatur er også en parameter av betydning. For eksempel har vinterdekk en mykere gummiblanding enn sommerdekk, slik at dekkene er myke nok også ved lavere temperaturer. Sommerdekk har en hardere gummiblanding slik at de ikke blir for myke ved varmere temperaturer (Andersson-Sköld mfl., 2020). Ved en temperaturøkning fra 15 til 30 grader celsius, vil levetiden til dekket reduseres med 25 prosent (Dekkimportørene, udatert). Andre faktorer som påvirker dekkslitasje er kjørehastighet, last, dekktrykk, hjulinnstillinger og dekkdimensjoner samt vegbanens egenskaper.



Figur 2.2: Parametere som påvirker modellert dekkslitasje på lastebiler. Kilde: Andersson-Sköld mfl. (2020)

Et modelleringsstudium gjort av Chen og Prathaban (2013) (som sitert i Andersson-Sköld mfl. (2020)) viser hvordan dekkslitasje påvirkes av ulike faktorer (Figur 2.2). I studiet ble det modellert dekkslitasje på lastebiler. Som figuren viser, var dekkslitasjen upåvirket av mønsterdybde, men det økte blant annet ved økende hastighet og last. Figuren viser også at dekkslitasjen minket når dekktrykket, dekkdiameter og dekkbredde økte. Feil lufttrykk i dekket (Figur 2.3) kan forkorte levetiden til dekket betydelig, som følge av at slitebanen slites ujevnt (Andersson-Sköld mfl., 2020; Dekkimportørene, udatert).



Figur 2.3: Hvordan feil lufttrykk påvirker dekkslitasje. Kilde: Dekkimportørene (udatert)

En annen faktor som kan påvirke dekkslitasje er kjøreatferd, og dermed kan sjåføren være med å påvirke dekkslitasje (Andersson-Sköld mfl., 2020). Høyere hastigheter gir større rullemotstand og dermed mer slitasje. Det samme gjelder kraftig akselerasjon og bremsing. Dersom man øker hastigheten fra 50 til 80 kilometer per time i en kurve med radius lik 200 meter, vil dekkslitasjen seksdobles (Dekkimportørene, udatert). Vegutformingen er også en viktig faktor, ettersom mye svinger på veien vil kunne føre til mer slitasje på dekkene. I en trafikksituasjon med mange trafikklys og tett trafikk, vil det være mye akselerasjon og bremsing, som vil resultere i mer dekkslitasje (Andersson-Sköld mfl., 2020).

Det er få studier som tilsier at det er en direkte sammenheng mellom kjøretøyvekt og utslipp av partikulært materiale. Det finnes mange spekulasjoner og hypoteser om at vekten på kjøretøyet er av betydning når det kommer til partikulært utslipp, men det er få som har faktiske målinger på det (Timmers og Achten, 2016). I et studium gjort av Simons (2016, som sitert i Timmers og Achten (2016)), som var en av de første studiene som undersøkte ikke-eksos-relaterte utslipp som funksjon av kjøretøyvekt, antyder han at utslippet av PM10 (grov partikkelstørrelsesfraksjon) er proporsjonalt med vekten på

kjøretøyet og kan gi utslippsfaktorer for dekk, brems - og vegslitasje per kilo kjøretøyvekt. Det spekuleres derfor i om økningen i andel el-biler, som man ser på veiene i dag, vil bety en økning i dekkslitasje, da elbiler generelt er tyngre på grunn av tunge batterier (Andersson-Sköld mfl., 2020). Elbiler kan også føre til økt dekkslitasje ettersom de akselererer hurtigere enn tradisjonelle bensin-og dieslbiler (Andersson-Sköld mfl., 2020). Et studium utført av dekkprodusenten Goodyear har funnet at ved bruk av konvensjonelle bildekk på elbiler, slites dekkene inntil 30 prosent raskere grunnet nettopp tyngre batterier og kraftigere akselerasjon (*Goodyear Presents New Tire Technology Designed to Advance the Performance of Electric Vehicles 2018*).

2.2 Miljø- og helseeffekter

Det er et relativt stort kunnskapshull om hvordan miljø og helse påvirkes av dekkslitasjepartikler på grunn av få pålitelige studier (Andersson-Sköld mfl., 2020). Tema som allerede er blitt studert mangler bekreftende studier, mens noen tema mangler studier i det hele tatt. For å kunne gi et helhetlig bilde av miljø - og helseeffektene fra utslipp av dekkslitasjepartikler, trengs det mer kunnskap om blant annet hvordan partiklene transporteres i overvann, konsentrasjonen i overvann og sedimenter, nedbrytningsegenskaper og utskilling av giftstoffer fra dekkslitasjepartikler (Jekel, 2019). Miljøeffektene av mikroplastpartikler som stammer fra materialer som normalt blir betraktet som plast, er studert i noe større grad, men det er fortsatt store kunnskapshull og mangel på standardiserte og realistiske studier (Andersson-Sköld mfl., 2020). Ved mange av de utførte miljøeffekt-studiene ligger det mye usikkerhet, og i mange av studiene er det brukt konsentrasjoner som er høyere og mindre partikkelstørrelser enn det som er målt i naturen. I avsnittene under er miljø - og helseeffektene av dekkslitasjepartikler utdypet videre.

2.2.1 Miljøeffekter

Utslipp av mikroplast til vann - og terrestrisk miljø kan ha store konsekvenser, både for biota og menneskers helse. Det er oppdaget mikroplastpartikler i hav, elver, innsjøer, jord og i sedimenter, hvor en av de største kildene regnes å være dekkslitasjepartikler (TWP) (Ziajahromi mfl., 2020). Biota kan påvirkes av dekkslitasjepartikler ved fysisk kontakt mellom partikler og organismer (innånding eller inntak) og/eller ved utslipp av giftige forbindelser fra partiklene. Den vanligste interaksjonen mellom mikroplastpartikler og biota er ved at partiklene svelges (Andersson-Sköld mfl., 2020).

Forskningsbehovet for miljøeffekter av dekkslitasjepartikler er stort, og det trengs flere standardiserte effektstudier for å kunne med sikkerhet si noe om konsekvensene av miljøets eksponering for mikroplast (Andersson-Sköld mfl., 2020). De fleste studiene som er utført på dette temaet, fokuserer i størst grad på giftigheten fra sigevannet fra

dekkslitasjepartikler, altså fra de kjemikaliene som partiklene slipper ut i vannmiljøer. Mangel på gode og standardiserte analysemetoder for dekkslitasjepartikler i miljøet gjør det vanskelig å samle opp og kvantifisere dem for å få oversikt over omfanget. Tilstedeværelsen av carbon black (en type sot som bl.a. brukes som forsterkende materiale i plast (Ore og Helseth, 2020)) i dekk, og som ender opp i naturen, gjør analyseprosessen enda vanskeligere ettersom det absorberer nesten alt av lys og minsker refleksjonen og transmisjonen som blir brukt til å måle og bestemme polymertype (FTIR, mer om dette i kapittel 2.4) (Halle mfl., 2020). Dette har ført til at det sjeldent blir bekreftet tilstedeværelse av dekkslitasjepartikler i naturen, så det benyttes i stedet andre metoder for å estimere omfanget (Halle mfl., 2020).

Mange av de studiene som har blitt utført på miljøeffekter av dekkslitasjepartikler er gjort på luftbårne partikler, selv om estimater tilsier at kun omkring 0,1 - 10% av partiklene er luftbårne (Wagner mfl., 2018). Toksisiteten av TWP i vannmiljø blir studert både med og uten tilstedeværelse av TWP (Andersson-Sköld mfl., 2020). I noen tilfeller fjernes dekkslitasjepartiklene fra vannmiljøet og kun sigevannet blir benyttet til testing av giftighet (Wagner mfl., 2018). De stoffene som går igjen i sigevannet, og ansees å være giftige, er blant annet sink (Zn), bly (Pb) og kadmium (Cd) og organiske forbindelser slik som benzotiazolderivater, ftalater, fenolderivater, hydrokarboner, aromatiske aminer og harpikssyrer (Wagner mfl., 2018). Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) som blant annet benyttes til myknere i bildekk, forventes å ha lav biotilgjengelighet for organismer i miljøet ettersom det er vanskelig å ekstrahere, selv under tøffe ekstraksjonsforhold (Wagner mfl., 2018).

Konsentrasjoner av dekkslitasjepartikler i vannmiljø varierer i stor grad, og det skilles mellom akutt (f.eks. immobilitet og død) og kronisk toksisitet (f.eks. effekter på vekst, utvikling, reproduksjonsevne og overlevelse) på organismer som blir eksponert for dekkslitasjepartikler (Andersson-Sköld mfl., 2020). Wagner mfl. (2018) utførte utvaskestester uten tilstedeværelse av jord og sedimenter for å undersøke giftigheten TWP i vannmiljøer. Konsentrasjoner av TWP som har akutt effekt på organismer i vannmiljø varierer fra 25 - 100,000 mg TWP/L, mens konsentrasjoner av TWP med kronisk effekt varierer fra 10 - 3600 mg TWP/L. Bakgrunnen for høy variasjon i toksisitetsdata fra sigevannet til dekkslitasjepartikler kan komme av forskjell i dekkmateriale, variasjon i testdesign og følsomhet blant arter (Wagner mfl., 2018). Et studium utført av Wik og Dave (2009) viser at utlekkende stoffer fra dekkslitasjepartikler har en subletal (nesten dødelig) effekt, som vil si effekter som kan føre til DNA-forandringer (mutasjoner), fostermisdannelse og hormonelle forandringer på organismer. De konsentrasjonene av dekkslitasjepartikler som ga disse effektene på organismer varierte mellom 500 - 500,000 mg TWP/L (Wik og Dave, 2009). De fleste studier om TWPs miljøeffekter er basert på laboratorieproduserte dekkslitasjepartikler og veisimuleringer. Dette fører til store

usikkerhet i resultatene ettersom de ikke representerer realistiske miljøforhold. Ofte blir det brukt for høye konsentrasjoner og for små partikkelstørrelser enn det som faktisk er målt i naturen (Andersson-Sköld mfl., 2020).

To studier, av Khan mfl. (2019), har blitt utført på inntak av dekkslitasjepartikler i krepsarten *Hyalella azteca*. I det ene studiet spiste krepsen vilkårlige dekkslitasjepartikler ($<500 \mu\text{m}$) som ble tilsatt i ferskvann (Andersson-Sköld mfl., 2020). Etter kun én



Figur 2.4: Dekkslitasjepartikler oppdaget i magetarmkanalen hos krepsarten *Hyalella azteca*, med en oppholdstid mellom 24-48 timer. Måleskalen viser 1 mm (Khan mfl., 2019).

time med eksponering ble det oppdaget partikler i magetarmkanalen, og etter 24 timer var den helt fylt. Krepsen ble så flyttet over til rent vann, og partiklene ble utskilt etter 48 timer, dvs. en oppholdstid i tarmen på 24-48 timer (Figur 2.4). I det andre studiet ble det benyttet en annen krepsart, *Gammarus pulex*, som ble eksponert for 10% dekkslitasjepartikler i størrelsesorden $10\text{-}586 \mu\text{m}$ i sediment i 28 dager. Her ble det oppdaget en mindre andel partikler i kroppene til krepsene (gjennomsnittlig 2,5 partikler) og i avføringen fant de i gjennomsnitt 4 partikler (Andersson-Sköld mfl., 2020). I studiet til Khan mfl. (2019) er det sannsynligvis benyttet høyere konsentrasjoner enn det som er realistisk for vannmiljøet, men de har demonstrert hvordan dekkslitasjepartikler kan fremkalle kort- og langvarig toksisitet hos en sentral ferskvannsart (Khan mfl., 2019).

Som tidligere nevnt er det stor usikkerhet rundt miljøeffektene av dekkslitasjepartikler, og det er flere faktorer som kan være med på å påvirke utfallet. Eksempel på faktorer som kan påvirke forsøksresultatene er: vannets pH, temperatur og hardhet, eksponeringsforhold, partikkelstørrelse og form, testkonsentrasjoner osv. (Andersson-Sköld mfl., 2020). Listen under med resultater fra ulike toksisitetsstudier (med lab-genererte dekkslitasje-

partikler), illustrerer hvordan forsøksutformingen kan påvirke resultatene.

- Utslipp av sink fra dekkslitasjepartikler økte med høyere pH innenfor et pH-intervall mellom 7 til 3 (Andersson-Sköld mfl., 2020).
- Når eksponeringstiden økte fra 24 til 48 timer, økte også toksisiteten for alle typer dekk (Andersson-Sköld mfl., 2020).
- Aggregering av dekkslitasjepartikler under utvasking førte til en reduksjon i frigjøring av sink fra dekkslitasjepartiklene, og et mindre giftig sigevann, trolig på grunn av at overflaten som var tilgjengelig for utvasking også var redusert som følge av aggregeringen (Andersson-Sköld mfl., 2020).
- Ved sekvensiell utvasking avtok toksisiteten til dekkslitasjepartikler etterhvert. Utvaskingen ble testet for toksisitet, som viste at stoffene som forårsaket toksisiteten ble lett frigjort (Andersson-Sköld mfl., 2020).
- I noen prøver av suspendert sediment i rensedammer for veg, som ble lagret i 4 grader celsius over 6 dager, så forsvant toksisiteten (Andersson-Sköld mfl., 2020).

I studier utført av Marwood mfl. (2011) og Panko mfl. (2013), hvor fokuset har vært på toksisiteten i sedimenter som inneholder dekk- og veislitasjepartikler, ble det trukket relativt vidtgående konklusjoner om at dekkslitasjepartikler er av lav betydning når det gjelder akutt toksisitet for vannlevende organismer (Andersson-Sköld mfl., 2020). Begge disse studiene er finansiert av dekkindustrien (Andersson-Sköld mfl., 2020). Andersson-Sköld mfl. (2020) mener at disse studiene er for begrenset til å kunne trekke slike konklusjoner.

2.2.2 Helseeffekter

Den mest åpenbare eksponeringsveien for mennesker, for dekkslitasjepartikler, er ved innånding av luftbårne partikler. For marine - og vannlevende organismer kan de bli eksponert for partiklene gjennom gjeller eller ved foring for eksempel. De som kan forvente å ha det høyeste inntaket av TWP er filtermatere og sedimentlevende organismer som har direkte opptak av matpartikler fra vann og/eller sedimenter. Slike organismer kan være østers og blåskjell, som er viktige kommersielle sjømatarter, og dermed kan man stille spørsmålet om menneskers helse er i fare (Kole mfl., 2017).

Det finnes flere studier som har undersøkt mulige sammenhenger mellom luftbårne dekkslitasjepartikler og negative helsekonsekvenser (Grigoratos og Martini, 2015). Et studie av Gustafsson mfl. (2009), hvor slitasjepartikler ble generert fra veisimulering og testet på lungeceller, oppdaget at slitasjepartikler fra bildekk er omtrent like inflammatoriske som partikler fra urbane gater, og hvertfall like inflammatoriske som partikler

som slippes ut ved dieseleksos (Grigoratos og Martini, 2015). Hvilke typer steinmateriale som ble brukt i asfalten hadde betydning for om partiklene var i stand til å indusere luftveisbetennelse (Grigoratos og Martini, 2015).

Et annet studie av Kreider mfl. (2012), hvor rotter ble eksponert for dekk - og veislitasjepartikler produsert fra en veisimulator (i konsentrasjoner opp mot $100 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i 6 timer hver dag i 28 dager), ble det konkludert med at dekk - og veislitasjepartikler hadde ingen effekt på rottene av de effektene som ble studert (generell toksisitet, cytotoxiskitet, luftveisinfeksjoner samt kardiovaskulære effekter) (Andersson-Sköld mfl., 2020). Dette studiet ble også finansiert av dekkindustrien, og som andre studier finansiert av dekkindustrien trekkes det vidtgående konklusjoner basert på lite grunnlag (Andersson-Sköld mfl., 2020).

Fra et helseperspektiv er det største problemet partikler som har en diameter mindre enn $10 \mu\text{m}$ da de kan finne veien langt ned i luftveiene. Enda verre er de partiklene med diameter under $4 \mu\text{m}$ som trenger enda dypere ned i lungeblærene og deponeres der (Andersson-Sköld mfl., 2020). Større partikler med diameter større enn $10 \mu\text{m}$ vil ikke trenge like langt ned i lungene, og det er derfor mer sannsynlig at disse partiklene blir utsatt for slimhinneklarering (Kole mfl., 2017). Utvasking av giftige kjemikalier fra dekkslitasjepartikler kan også utløse negative helseeffekter, og det finnes flere studier som linker toksiske effekter til sigevannet fra dekkslitasjepartikler (Kole mfl., 2017). I et studie av Gottipolu mfl. (2008) ble det vist en sammenheng mellom vannløselig sink-og kobberfraksjoner fra dekkstøv og forhøyde verdier av oksidativt stress hos rotter som ble eksponert for høye dekkstøv-verdier, 5 milligram per kilo rotte (Kole mfl., 2017). Oksidativt stress kan medføre en opphopning av frie radikaler, som man forbinder med sykdomsbilder som kreft og diabetes for eksempel (Frivoll, 2019).

Dekkslitasjepartikler bidrar til omkring 3-7 % av PM_{2.5} (dvs. partikulært materiale i lufta med diameter <2.5 mikrometer), og selv om det finnes lite dokumentasjon på de toksiske effektene ved inhalasjon av dekkslitasjepartikler, er de toksiske effektene av PM_{2.5} veldokumentert. WHO estimerte i 2012, ved bruk av PM_{2.5} som eksponeringsmål, at omkring 3 millioner dødsfall i verden var forårsaket av utendørs luftforurensning (Kole mfl., 2017). I følge Kole mfl. (2017) kan det ikke trekkes entydige konklusjoner om hvorvidt dekkslitasje bidrar til den globale helsebyrden på grunn av luftforurensning, da det mangler kunnskap om blant annet hvilke komponenter i PM_{2.5} som bidrar mest til forurensningen. Dette understreker det faktum at det fortsatt er mange kunnskaps-hull igjen å tette når det gjelder dekkslitasjepartikler, og hvilke effekter de kan ha på mennesker og dyr.

Mennesker kan også eksponeres for dekkslitasjepartikler via inntak av mat. I hvilken grad denne eksponeringsveien utgjør noen helsemessige effekter er fortsatt usikkert (Kole

mfl., 2017). Det finnes ingen dokumentasjon på funn av dekk-og veislitasjepartikler i akvatisk mat enda, men ettersom det er oppdaget mikroplast i flere typer akvatisk mat på flere trofiske nivå, er det ikke usannsynlig at dekk-og veislitasje partikler også er tilstede. Inntaket av mikroplast, og muligens dekkslitasjepartikler, er mer sannsynlig ved inntak av akvatisk mat som spises hele, som for eksempel blåskjell og østers (Kole mfl., 2017). Mikroplast kan også finne veien til terrestriske systemer og jord ved hjelp av atmosfærisk avsetning. Per i dag, er det oppdaget mikroplast blant annet i drikkevann, bordsalt, honning og sukker, altså kan man anta at dekk-og veislitasjepartikler kan ende opp i landbasert mat (De-la-Torre, 2020). De-la-Torre (2020) skriver også at ”lave konsentrasjoner men kronisk eksponering og inntak av mikroplast av mennesker utgjør en potensiell trussel for menneskers helse”. Det samme gjelder for helseeffekter, slik som for miljøeffekter, at det er store kunnskapshull og mangel på standardiserte metoder for å dokumentere mikroplast i næringskjeden (De-la-Torre, 2020).

2.3 Håndtering av vegvann

En viktig transportvei for dekkslitasjepartikler fra veien og ut i miljøet er sammen med avrenningen, også kalt vegvannet. Derfor er håndteringen av vegvannet en viktig faktor i hvordan man kan redusere utslipp av dekkslitasjepartikler i miljøet. I dette delkapitlet gjennomgås det blant annet hvem som har ansvaret for overvannet, når vegvannet trenger å renses, hvordan det renses og tiltak for å redusere utslipp av dekkslitasjepartikler.

2.3.1 Hvem har ansvaret?

I utgangspunktet er det vegeier som er ansvarlig for å håndtere overvannet på en forsvarlig måte (Plan- og bygningsloven, 2008). Som eier av en motorsportbane, er man da ansvarlig for å håndtere overvannet som faller på banen. Når det kommer til håndtering av overvann finnes det ikke noe eget lovverk eller sektorlov, men er i stedet omtalt og regulert i flere lover og forskrifter (Sivertsen mfl., 2020). Dette gjør det vanskelig å få en god oversikt over hvilke lover en skal forholde seg til. Lover og forskrifter som handler om overvann er blant annet:

- Vass - og avløpsanleggslova
- Forurensningsloven
- Forurensningsforskriften
- Naturskadeloven
- Vannforskriften

- Veglova
- Statens vegvesens håndbøker (spesielt Håndbok N200)

Som nevnt over kan det være vanskelig å holde oversikt over hvilke lover og forskrifter som gjelder. Plan- og bygningsloven (PBL) bestemmer blant annet hvilket ansvar man har for overvann som treffer egen eiendom, men dersom det renner over nabogrensen og forårsaker skade der, kan grannelova kreve andre tiltak. Dersom vannet renner fra en privateid eiendom over på en offentlig vei slår vegloven inn, forurensningsloven slår inn dersom vannet blir forurenset av biltrafikken og dersom vannet til slutt ender opp i et vassdrag eller infiltreres i grunnen, slår vannressursloven inn (Sivertsen mfl., 2020). Figur 2.5 illustrer hvordan ulike lover spiller inn fra det punktet vannet treffer overflaten og transporteres til et vassdrag.



Figur 2.5: Illustrasjon av hvilke lover og forskrifter som gjelder under transport av overvann (Sivertsen mfl., 2020).

2.3.2 Når må vegvannet renses?

Avrenning fra veier, kan inneholde store mengder forurensninger som stammer fra biltrafikken. Det forurensete vegvannet kan igjen føre til at motakende resipienter forurennes. Når vegavrenningen fører til at resipientens sårbarhetsevne overskrides, må det etableres

rensetiltak for overvann. Vannforskriften og naturmangfoldloven er utgangspunktet for sårbarhetskriteriene til ulike vannforekomster, og metodikken som benyttes for å vurdere sårbarhetsevner er presentert i Statens vegvesens rapporter nr. 578 og 597 (Vegdirektoratet, 2018). Statens vegvesen kom i 2018 ut med en revidert utgave av håndbok N200 hvor nye krav og retningslinjer for rensing av vegvann ble innført (Vegdirektoratet, 2018). I de nye retningslinjene baseres rensingstiltakene på årlig gjennomsnittlig døgntrafikk (ÅDT) og resipientens sårbarhet med tanke på risiko for biologisk skade (Vegdirektoratet, 2018). Rensekriteriene fra håndbok N200 er fremstilt i Tabell 2.4. Det skilles mellom trinn 1 og trinn 2 for rensing av overvann. Trinn 1 rensing består av å fjerne partikulært bundne forurensninger, for eksempel ved sedimentasjon. Trinn 2 rensing består av rensing av oppløste forurensninger, og kan eksempelvis skje ved filtrering gjennom filtermasse.

Tabell 2.4: Rensebehov for vegvann basert på ÅDT og resipientens sårbarhet for biologisk skade

Trafikk [ÅDT]	Vannforekomstens sårbarhet	Rensetiltak
<3 000	Alle	Ingen
3 000 - 30 000	Lav	Ingen
3 000 - 15 000	Middels / Høy	Trinn 1 rensing
15 000 - 30 000	Høy	Trinn 1 + 2 rensing
>30 000	Alle	Trinn 1 + 2 rensing
Tunnel	Alle	Trinn 1 + 2 rensing

Kilde: Åstebøl og Dalen (2020)

2.3.3 Hvordan renses vegvannet?

Ved rensing av overvann er det hovedsaklig naturbaserte sedimentasjonsbasseng med permanent vannspeil, infiltrasjons- og filterløsninger og tekniske anlegg (lukkede, underjordiske anlegg for sedimentasjon/filtrering) som benyttes (Vegdirektoratet, 2018; Åstebøl og Dalen, 2020). I Norge er det mest vanlig å benytte sandfangkummer eller rensebasseng (Sivertsen mfl., 2020). Disse rensingstiltakene har god rensingseffekt samt lavt driftsbehov, selv om noen tekniske anlegg krever mer drift. Tabell 2.5 viser forventet rensingseffekt for de forskjellige rensingstiltakene. For de naturbaserte løsningene, som inneholder jord/substratmedium, er de viktigste rensingmekanismene siling og adsorpsjon, mens sedimentasjon, filtrering og nedbrytning er de viktigste for løsninger med permanent vannspeil (Sivertsen mfl., 2020). Ved å bytte ut noe av jordsmonnet med et naturlig materiale som har gode adsorberende egenskaper, det kan for eksempel være kull, olivin eller bark, kan man øke rensingseffekten for de løsningene som er basert på infiltrasjon (Sivertsen mfl., 2020). For at sandfangene skal kunne fungere optimalt krever det at de dimensjoneres riktig og tømmes regelmessig, helst en gang i året eller oftere, men erfaringer tilsier at dette ikke alltid skjer i praksis.

De siste årene har mikroplast (MP) fått et økende fokus. Som tidligere nevnt er slitasje av

Tabell 2.5: Renseevne for de ulike tiltakene

Renseløsning	Partikler [%]	Totalfosfor [%]	Tungmetaller [%]	Organiske forurensninger [%]
Sedimentasjonsbasseng	85	60	60-80	70-85
Infiltrasjons-/filterbasseng	80-95	50-70	60-95	70-95
Filtergrøft	80-95	50-70	60-95	70-95
Tekniske anlegg	85	50-70	50	70-80

Kilde: Åstebøl og Dalen (2020)

bildekk en av de største kildene til mikroplast utslipp i Norge, men hvor stor andel som havner i overvannet er fremdeles ukjent. Mangel på dokumentasjon gjør det vanskelig å vurdere konsentrasjonsnivåene av mikroplast i overvann, men man kan forvente at konsentrasjonene er høye (Åstebøl og Dalen, 2020). Mikroplast som stammer fra dekkslitasje har en egenvekt på 1,15 - 1,2 gram per kubikk centimeter, hvor mesteparten av massen forekommer i mikrometerstørrelse. Hvordan mikroplast renses fra overvannet avhenger i stor grad av partikkelstørrelse og tetthet (Åstebøl og Dalen, 2020). Fra Tabell 2.5, viser sedimentasjonsbasseng en forventet renseseffekt på 85-90 % for partikler, og studier tilser at sedimentasjonsbassenger fjerner mikroplast i like stor grad som suspendert stoff (Åstebøl og Dalen, 2020). Når det gjelder tilbakeholdelse av mikroplast i infiltrasjonsgrøfter eller ulike filteranlegg så mangler det bekreftende studier, men man kan anta at mikroplasten holdes tilbake på lik linje som andre partikler av samme størrelse (Åstebøl og Dalen, 2020; Darbo, 2019).

2.3.4 Hva gjøres for å redusere utslipp av dekkslitasjepartikler fra veier i dag?

I et studium av Furuseth og Rødland (2020) ble det sett på hvordan nordiske land ligger an i arbeidet mot utslipp av dekkslitasjepartikler til marine miljø, og i tillegg er det presentert ulike forslag til tiltak. Ingen av disse landene kunne rapportere at de hadde konkrete tiltak for å redusere mikroplast utslipp fra vei til marine miljø. I rapporten skriver Furuseth og Rødland (2020) at "alle landene har gjennomført utslippsstudier for å beregne det årlige utslippet av vegrelatert mikroplast, og flere har tatt med kunnskapsbaserte tiltak i sine rapporter". Det mangler dog vitenskapelig dokumentasjon på effektiviteten i å redusere utslipp av dekkslitasjepartikler i de foreslåtte tiltakene, men de er i stedet basert på effektiviteten av å redusere veiforurensning generelt. Videre i rapporten er de kommet med følgende forslag til tiltak for å redusere *direkte* utslipp av dekkslitasjepartikler:

- Øke dekkenes slitestyrke, ved å vedta en juridisk grenseverdi for dekkslitasje og/eller inkludere dekkmerking med slitasjeindikator.
- Optimalisere kjøretøybruk og-vedlikehold, ved for eksempel: optimalt dekktrykk

og hjulinnstilling, redusere bruken av piggdekk, miljøfartsgrenser, redusere trafikkvolumet, praktisere ”miljøkjøring” og reversere trenden med tyngre kjøretøy (f.eks. elbiler) og hurtig akselerasjon.

- Forbedre veioverflaten og vedlikehold av vegene.

Et nederlandsk studie av Verschoor og de Valk (2018) om potensielle tiltak for å redusere utslipp av mikroplast til vannmiljøer, estimerte at ved å vedta en juridisk grenseverdi for dekkslitasje kunne det redusere mikroplastutslippene med 200 tonn per år i Nederland. I samme studium ble det også estimert at ved å installere overvåkningssystemer for dekktrykk kunne mikroplastutslippene reduseres med 100 tonn per år (om det ble installert på alle biler, 70 tonn per år dersom det kun ble installert på eldre biler) (Verschoor og de Valk, 2018; Furusetth og Rødland, 2020). I EU er det pålagt med overvåkningssystemer for dekktrykk på alle nye passasjerbiler registrert fra november 2014 (Furusetth og Rødland, 2020).

Som nevnt i listen over, kan forbedring av vedlikehold av veger være med på å redusere utslipp av dekkslitasjepartikler (mikroplast) fra vegene. I en rapport for DG Environment of the European Commission (Hann mfl., 2018) ble potensialet til veifeiing estimert, med tanke på å samle opp dekkslitasjepartikler. Ettersom det mangler data for dette potensialet, ble det i stedet gjort et estimat. Tall og variabler ble estimert på bakgrunn av råd fra lokale eksperter, og faktorer ble overvurdert for å demonstrere et ”best case” scenario. For å ekskludere mengden av dekkslitasjepartikler som vaskes bort med vegvannet, ble det beregnet et gjennomsnittlig antall nedbørsdager per år for Europa. Videre ble det gjort et estimat av feiingen, hvor urbane veger ble antatt å bli feid seks av syv dager i uken, mens motorveier ble antatt å bli feid en gang per år. En faktor for effektiviteten til mekaniske gatemaskiner for feiing av vegstøv ble hentet fra litteraturen. Resultatene viste at for urbane veger kunne man forvente en fangst av TWP på 4,7%, mens for motorveier var den på 0,3%. I samme studie ble det også gjort et estimat med bruk av ekstremt høye verdier for nøkkelfaktorer, hvor det ble antatt av urbane veier ble feid hver dag hele året og motorveier ble feid en gang per måned og hvor femti prosent av TWP ble fjernet på nedbørsdager. Resultatene viste likevell at oppfangingsprosenten av TWP ikke oversteg 8 % for både urbane - og motorveger. Demonstrasjonen viser at feiing av vegen kun fjerner en liten prosentandel av det totale utslippet av mikroplast fra dekkslitasjepartikler fra Europeiske veger. Andre studier som har sett på effektiviteten til gatefeiing, og i hvilken grad det kan redusere mengden av mikroplast, har heller ingen klar konklusjon til tross for antall utførte studier (Andersson-Sköld mfl., 2020). Forskjell i studiemetoder og gatefeiing-metoder, kan forklare hvorfor resultatene fra effektiviteten til gatefeiing varierer fra studie til studie. Effektiviteten til gatefeiemaskiner avhenger av flere faktorer, som for eksempel hastighet, roterings-hastighet og vinkel på

kostebørstene, helling og design av maskinen. Andre faktorer som nedbør, vegens tekstur og fuktighet vil også påvirke effektiviteten av gatefeieningen (Andersson-Sköld mfl., 2020). Et studium av Henriksen og Haave (2021) som undersøkte gater og sandfang som spredningsveier for mikroplast, konkluderte også med at kosting og vasking av veien har potensialet til å begrense spredningen av mikroplast, men at i svært trafikkerte områder så trengs det en høy kostefrekvens eller andre tiltak for å begrense spredningen.

2.4 Identifisering av dekkslitasjepartikler

Mangelen på standardiserte og sensitive nok metoder for analyse av dekkslitasjepartikler gjør det vanskelig å få et overordnet blick over hvor mye dekkslitasjepartikler det faktisk er i naturen. De metodene som finnes er både kompliserte og tidkrevende, og konsentrasjonene blir ofte underestimert som følge av menneskelige feil i utførelsen (Darbo, 2019). I kapitlet under blir det beskrevet ulike metoder som benyttes for prøvetaking, identifisering og kvantifisering av dekkslitasjepartikler i miljøet.

2.4.1 Prøvetakingsmetoder

Det er hovedsakelig tre ulike metoder for å ta prøver av dekk - og veislitasjepartikler: selektiv-, bulk- og volum-reduert metode (Andersson-Sköld mfl., 2020). Den selektive prøvetakingsmetoden går ut på å ta prøver av materiale eller partikler som er synlig for øyet, og benyttes ofte ved sedimentstudier. Den selektive metoden forteller dog lite om det totale innholdet av mikroplast og om det er andre plasttyper innblandet med partiklene, og i tillegg kreves det at partiklene kan gjenkjennes lett. I situasjoner hvor partiklene ligger mer skjult bak andre partikler og ikke er like synlige for øyet eller når konsentrasjonen er lav, kan man benytte bulk-metoden ved samling av prøver. Da tas det ut et helt volum av prøvene og analyseres uten å redusere volumet under prøvetakingen. Den siste metoden, volum-reduert prøvetaking, innebærer at volumet reduseres under prøvetakingen, for eksempel ved å filtrere store vannvolumer gjennom et nett eller filter til den aktuelle partikkelfraksjonen ligger igjen. De to siste metodene krever videre analyser i laboratorium (Andersson-Sköld mfl., 2020; Darbo, 2019).

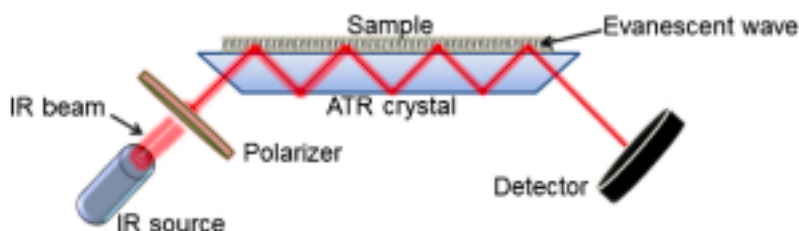
2.4.2 Identifisering

Den mest benyttede identifiseringsmetoden for mikroplast er ved infrarød spektroskopi. Det finnes forskjellige typer spektroskopi som kan benyttes, som for eksempel Fourier-transform infrarød spektroskopi (FTIR), nær infrarød spektroskopi og infrarød spektrofotometer (Darbo, 2019). En annen kjent metode er Raman spektroskopi, som benyttes for å analysere mikroplastpartikler mindre enn 20 mikrometer (Andersson-Sköld mfl.,

2020). Når det gjelder identifisering av dekkslitasjepartikler er det ikke alltid disse metodene som benyttes på mikroplast vil fungere (Jekel, 2019). Ved Raman spektroskopi for eksempel, vil svarte partikler (TWP) absorbere alt av lys de bestråles med, og vil dermed ikke spre eller avgi noe lys som kan detekteres (Andersson-Sköld mfl., 2020).

I likhet med Raman spektroskopi, er også FTIR funnet å være en uegnet metode for TWP analyser, og det er tre hovedårsaker til det (Mengistu mfl., 2021). Den første er at en omfattende prøveforberedelse er nødvendig. Den andre årsaken er at TWP inneholder fyllstoffkomponenter som kan medføre optiske utfordringer, som for eksempel karbon svart som absorberer nesten all infrarød stråling (Mengistu mfl., 2021). Den tredje årsaken er at FTIR fungerer best med rene stoffer, og tilstedeværelsen av flere forskjellige komponenter i prøvene gjør det vanskelig å oppdage dekkslitasjepartikler i sediment fra sandfang (Mengistu mfl., 2021).

For svarte partikler som absorberer nesten all infrarød stråling, slik som dekkslitasjepartikler, kan det benyttes Fourier-transform infrarød spektroskopi med svekket total refleksjon (FTIR-ATR) for identifisering (Andersson-Sköld mfl., 2020). Et FTIR-ATR instrument med en optisk tett krystall (germaniumkrystall eller diamant) med høy brytningsindeks, måler forandringene som skjer i en intern reflektert infrarød stråle når strålen kommer i kontakt med en prøve, hvor den infrarøde strålen er rettet mot den optiske tette krystallen i en viss vinkel (Andersson-Sköld mfl., 2020). En unnvikende bølge blir skapt av den indre refleksjonen og går utenfor overflaten av krystallen og inn i prøven som er i kontakt med krystallen. I de områdene av det infrarøde spekteret der prøven absorberer energi, vil bølgen returneres til den infrarøde strålen og vil sendes ut på motsatt side av krystallen og til detektoren i spektrometeret (illustrert i Figur 2.6) (Andersson-Sköld mfl., 2020). FTIR-ATR metoden har blant annet blitt brukt til å identifisere karbon svart i ulike faser i blandinger av gummi materiale samt bestemme sammensetningen i vulkanisert gummi med innhold av karbon svart (Andersson-Sköld mfl., 2020).



Figur 2.6: Illustrasjon av FTIR-ATR metoden for analysering av dekkslitasjepartikler (Ausili mfl., 2015)

Termoanalytiske gasskromatografiske (GC) metoder med massespektrometri (MS) som

benyttes ved analyse av mikroplast er pyrolyse (Pyr-GC/MS), eller termisk ekstraksjon og desorpsjon i to steg (Andersson-Sköld mfl., 2020). Pyr-GC/MS går ut på rask oppvarming til en temperatur slik at prøven brytes ned til individuelle molekyler som separeres og oppdages med bruk av gasskromatografi og massespektrometri (Andersson-Sköld mfl., 2020).

I følge Mengistu mfl. (2021) har en kombinasjon av FTIR og termiske analysemetoder ført til gode resultater for analyse av dekkslitasjepartikler i miljøprøver. Denne kombinasjonsmetoden går ut på å først benytte pyrolyse i en simultan termisk analyse (STA) etterfulgt av FTIR skanning av pyrolyseprodukter. Denne fremgangsmåten tilfører en temperatur dimensjon for å skape et flerveis datasett egnet til Parallell Faktor Analyse (PARAFAC) (Mengistu mfl., 2021).

I et studium utført av Klöckner mfl. (2019) benyttet de sink (Zn) som markør for dekkslitasjepartikler i sedimentprøver fra vei. Som vil si at dersom en partikkel avgir sink til massespektrometeret vil den bli identifisert som en dekkslitasjepartikkel (Jekel, 2019). Sink blir brukt som markør på grunn av høye konsentrasjoner av stoffet i dekkmønsteret og mulighet for å separere de fra andre sink-kilder (Jekel, 2019). Denne metoden har kun blitt benyttet på et lite antall prøver fra motorveiavrenning og konstruert våtmark, hvor høye konsentrasjoner av TWP var forventet (Jekel, 2019). I en masteroppgave av Bye og Johnsen (2019), ble benzotiazoler benyttet som markør for dekkslitasjepartikler i tunnelvaskevann, men viste seg å være uegnet for å bestemme tilstedeværelse av TWP i tunnelvaskevann. De konkluderte med at det basiske tunnelvannet, kombinert med såpe, var grunnen til den raske nedbrytningen av benzotiazolene (Bye og Johnsen, 2019).

2.4.3 Kvantifisering

Etter at dekkslitasjepartiklene er identifisert, er det neste steget i prosessen å kvantifisere partiklene. Generelt er det behov for et veldefinert målesystem ved kvantitative analyser av partikler, og i følge Jekel (2019) kan det være:

- massebestemmelse sammen med identifisering av materialet (dermed konsentrasjon eller innhold i miljøprøver)
- partikkelstørrelser og størrelsesfordeling, antall partikler sammen med identiteten til de forskjellige materialene i partiklene.

En kombinasjon av pyrolyse med gasskromatografi og massespektrometri (pyr-GC-MS) benyttes ved den spesifikke massebestemmelsen av dekkslitasjepartikler (Jekel, 2019). Denne metoden baseres på den pyrolytiske dannelsen av spesifikke og flyktige produkter som blir separert i gasskromatografi og oppdaget og kvantifisert i massespektrometeret (Jekel, 2019). En annen metode benyttet for å identifisere og kvantifisere mikroplast i

vannmiljø er ved bruk av fluoroforer for selvlysende farging (Darbo, 2019). Imidlertid fungerte denne metoden dårlig på svarte partikler (dekkslitasjepartikler) ettersom de fluorescerte dårlig, om i det hele tatt (Darbo, 2019).

2.5 Kunnskapsstatus, motorsportbaner

Motorsporten har hatt en stor utvikling i Norge (Frisak, 2020). All motorisert sportsvirksomhet faller under fellesbetegnelsen motorsport, dvs. motorsykkelsport, bilsport, motorbåtsport og motorflysport. Motorsporten i Norge styres av to forbund - Norges bilsport forbund (NBF) og Norges motorsportforbund (NMF), og organiseres av det internasjonale bilsportforbundet (*Motorsport i Norge 2015*). Det første billøpet i Norge ble arrangert allerede i 1912, og i 2019 var det 5500 aktive utøvere med helårslisens, og 13 000 utøvere med engangslisens. Hvert år arrangeres det 470 løp av 130 klubber rundt omkring i landet, og nasjonale arrangement har opptil 20 000 besøkende (Frisak, 2020).

Ifølge www.anleggsregisteret.no, er det registrert flere hundre anlegg for motorsport i Norge. Det finnes tre store, rene asfaltbaner, og det er Rudskogen Motorsenter, Vålerbanen og Arctic Circle Raceway (*Her kan du kjøre på bane 2020*). I tillegg til å drive med motorsport, blir noen baner brukt til testing og utvikling av intelligente transportsystemer, autonome og oppkoblede kjøretøy. De kan også bli brukt til trening og opplæring av yrkessjåfører, utrykningkjøretøy og ungdom (Frisak, 2020).

Klimaet endrer seg, og vi kan forvente hyppigere og mer intense nedbørshendelser i fremtiden (Miljødirektoratet, 2020b). Det vil medføre store og hurtige avrenninger, spesielt fra tette flater slik som asfalt, som har potensialet til å gjøre store ødeleggelser på infrastruktur, helse og miljø (Miljødirektoratet, 2020b). Overvann fra motorsportbaner kan inneholde metallstøv, kjemikalier, drivstoff, slukkevann som inneholder farlige miljøgifter og brannskum (kan medføre oksygensvinn i vannforekomster), og mikroplast fra dekkslitasje (Fylkesmannen i Vestfold og Telemark, 2020).

Miljø og bærekraftig utvikling har fått et større fokus i motorsporten i løpet av de siste årene. Det internasjonale bilsportforbundet sikter seg inn på å bli karbonnøytrale innen 2021 og håper på en tilstand av netto-nullutslipp innen 2030 (*Action for environment 2021*). Det verdenskjente Formel 1 løpet har også lansert sin egen bærekraftsstrategi, hvor målet er ”netto-null-karbonutslipp fra fabrikk til flagg” (*Countdown to zero 2020*). Det nevnes dog ingenting om mikroplast eller dekkslitasjepartikler i denne strategien. Generelt, når det gjelder utslipp av dekkslitasjepartikler fra motorsportbaner, ser det ut til å være mangel på kunnskap og informasjon. Det Arctic Circle Raceway nevner på sin nettside, er at gummipartikler fra dekk er et bekymringsproblem for dem, og skriver at de ønsker å ta sin del av ansvaret. De har blant annet lansert et forslag til

et FoU-prosjekt, som skal studere og utvikle teknikker for veg-og gaterengjøring (*Bærekraft 2021*). Et studium av Ilgasheva mfl. (2020) analyserte prøver av snø og is ved en is-motorsportbane på innsjøen Baltym i Russland, for blant annet dekkslitasjepartikler. Der fant de, ved å analysere de kjemiske sammensetningene i prøvene, dekkslitasjepartikler i området rundt yttersvingene ved banen (5 partikler per liter smeltevann). De konkluderte med at langsiktig bruk av denne is-motorsportbanen vil kunne føre til store mengder av slitasjefragmenter av bildeler (bl.a. bildekk) som inneholder tungmetaller, i bunnsedimentene av innsjøen, som kan medføre negative konsekvenser for vannmiljøet (Ilgasheva mfl., 2020).

3. Metode

I dette kapitlet er de benyttede metodene og utstyret for denne studien presentert. Kapitlet er todelt, hvor første del tar for seg sedimentprøvene tatt på Rudskogen motorsportsenter i tillegg til metoden benyttet for analyse av prøvene. Del to tar for seg utforming og gjennomføring av spørreundersøkelsen som ble sendt ut til motorsportbaner i Norden.

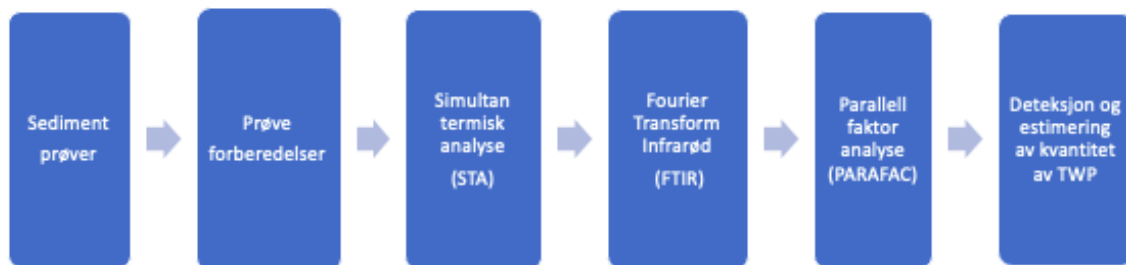
3.1 Sedimentprøver

Formålet med sedimentprøvene som ble tatt ved Rudskogen motorsenter, er å kvantifisere akkumuleringen av dekkslitasjepartikler langs motorsportbanen og studere om avstand fra kjørebane og hjulretningen påvirker konsentrasjonen og størrelsesfordelingen av TWP. Målet med sedimentprøvene var også videre uttesting av en ny analysemetode for identifisering og kvantifisering av dekkslitasjepartikler, som er en kombinasjonsmetode bestående av STA, FTIR og PARAFAC, utviklet av Mengistu mfl. (2019). For å overholde budsjettet ble det planlagt totalt 45 analyser. På grunn av et ødelagt STA-instrument hos NIBIO, ble det kun gjennomført 44 analyser. Dermed mangler det ett resultat fra start/mål (prøvepunkt 1, Fig 3.2) fra størrelsesklasse 25 μm .

I Norge finnes det tre rene asfaltbaner for motorsport: Rudskogen motorsenter, Vålerbanen og Arctic Circle Raceway (ACR). Den originale planen for sedimentprøvene var å fordele prøvene på disse tre banene (10 prøver per bane) og deretter sammenligne resultatene. For å ta prøvene på ACR skulle jeg sende prøvetakingsutstyr sammen med en prøvetakingsplan til en ansatt ved banen, slik at de kunne ta prøvene for meg og deretter returnere de for analyse. Prøvene ved Vålerbanen og Rudskogen skulle jeg ta selv. Men etter samtale med mine veiledere kom vi fram til at det ville være mer hensiktsmessig å utføre en grundig kartlegging av én bane i dette studiet. Tanken bak denne vurderingen var at variasjonen i mikroplastinnhold fra prøvepunkt til prøvepunkt, på én og samme bane, ville trolig vært stor siden vi skulle ta forholdsvis få prøver fra hver bane. Dermed ville det trolig blitt vanskelig å konkludere rundt forskjellen fra bane til bane ettersom variasjonen internt på hver bane kan være stor. I tillegg var det en mulighet

for at prøvene fra ACR ville blitt tatt på en annerledes måte enn de fra Vålerbanen og Rudskogen, da vi ikke fikk tatt disse selv, noe som ville ført til enda en usikkerhet ved sammenligningen av resultatene. Vi konkluderte dermed med at det beste var å ta alle prøvene fra én bane, og det ble Rudskogen motorsenter.

For at det skulle være mulig å få tatt prøvene, måtte jeg først vente til snøen hadde smeltet og til bakken hadde tint slik at det var mulig å grave i den. Det ble utarbeidet en prøvetakingsplan i forkant av prøvetakingen (vedlegg A), og prøvetakingen fant sted 15. april i år. Sedimentprøvene ble så forberedt for analyse (tørking og siling) før de ble sendt til Norges Institutt for Bioøkonomi (NIBIO) for STA-og FTIR-analyse. NIBIO sendte over data fra analysene (i Excel format) som ble bearbejdet slik at det ble tilpasset PARAFAC og analysen ble gjennomført av min veileder. Figur 3.1 viser en grafisk fremstilling av metoden for sedimentprøvene.



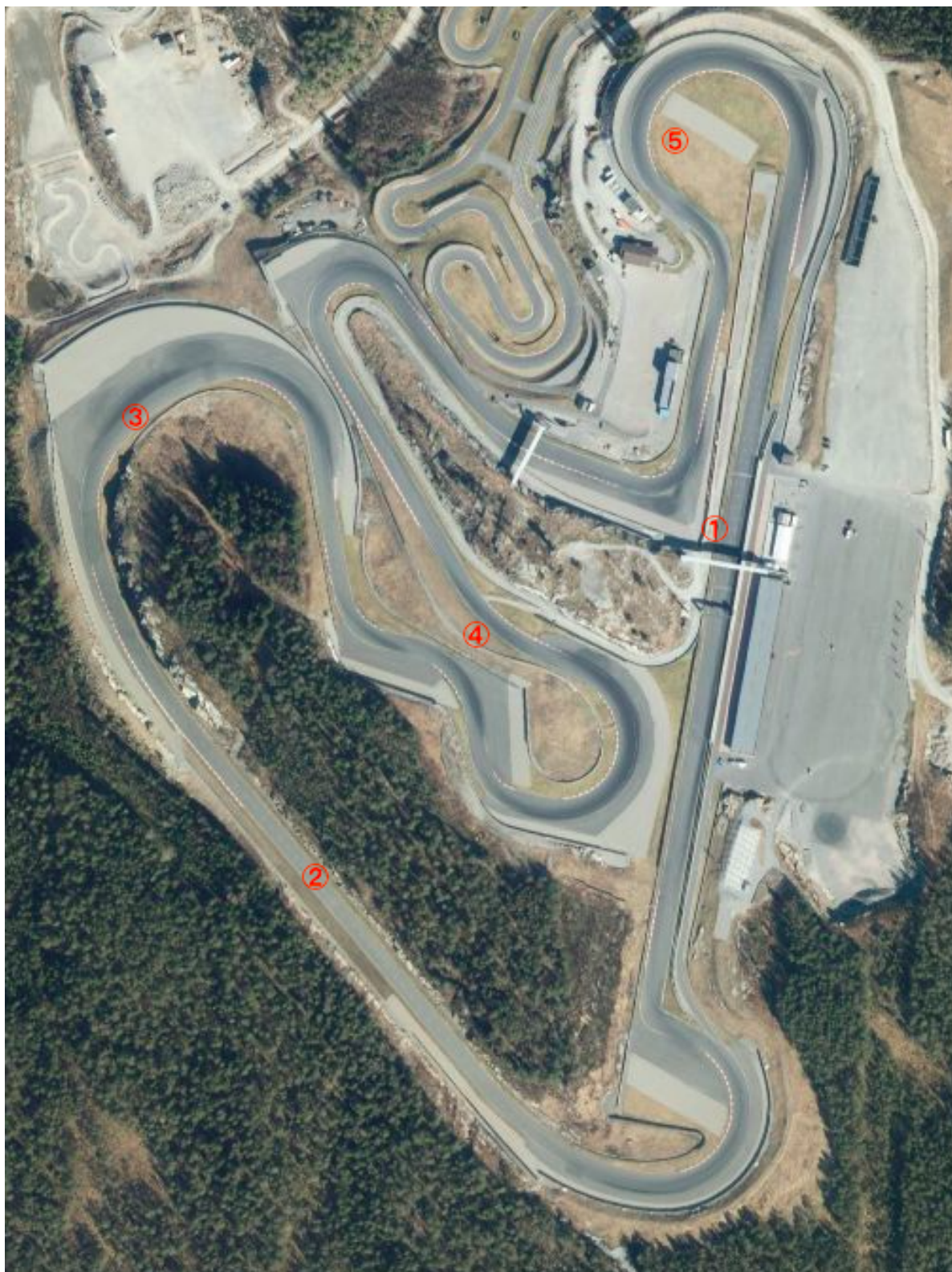
Figur 3.1: Flytskjema for metoden benyttet for eksperimentet (prøvetaking, prøveforberedelser, oppvarming av prøver, Fourier Transform Infrarød (FTIR) skanning, datadekompanering (PARAFAC) og deteksjon og estimering av mengde dekkslitasjepartikler (TWP).

3.1.1 Prøvetakingsområdet

Rudskogen motorsenter (Figur 3.2) er lokalisert i Rakkestad kommune, og ble valgt til Norges hovedanlegg for motorsport i 2006 av Kultur - og kirke departementet. Hovedbanen er en 3 km lang asfaltbane, og benyttes til både motorsport og trafikkopplæring. Motorsenteret åpnet for første gang i 1990, og hovedbanen ble bygd ut i 2011 til slik den ser ut i dag. Hermann Tilke, en tysk banearkitekt, er ansvarlig for designet av bane-traseen. Kjøreretning er med klokken, og banen har en høydeforskjell på 43 meter, 14 svinger og er 15 til 18 meter bred. Langs banen var det laget grøfter av gress, grus eller asfaltert helt inn til gjerdet (Figur 3.3). Bredden på grøftene varierte langs banen, og ved de utvalgte prøvepunktene varierte bredden fra 2.8 meter til 40 meter.

3.1.2 Prøvetaking

Til sammen ble det tatt femten sedimentprøver, fra fem forskjellige prøvetakingspunkt rundt på banen (Figur 3.2). Punktene ble lagt til steder hvor det antas at det oppstår



Figur 3.2: Rudskogen motorsportsenter, med oversikt over de fem prøvetakingspunktene: start/mål (1), midt på langstrek (2), innersving (3), yttersving (4), innersving (5). Bakgrunnskart hentet fra Kartverket (2021).

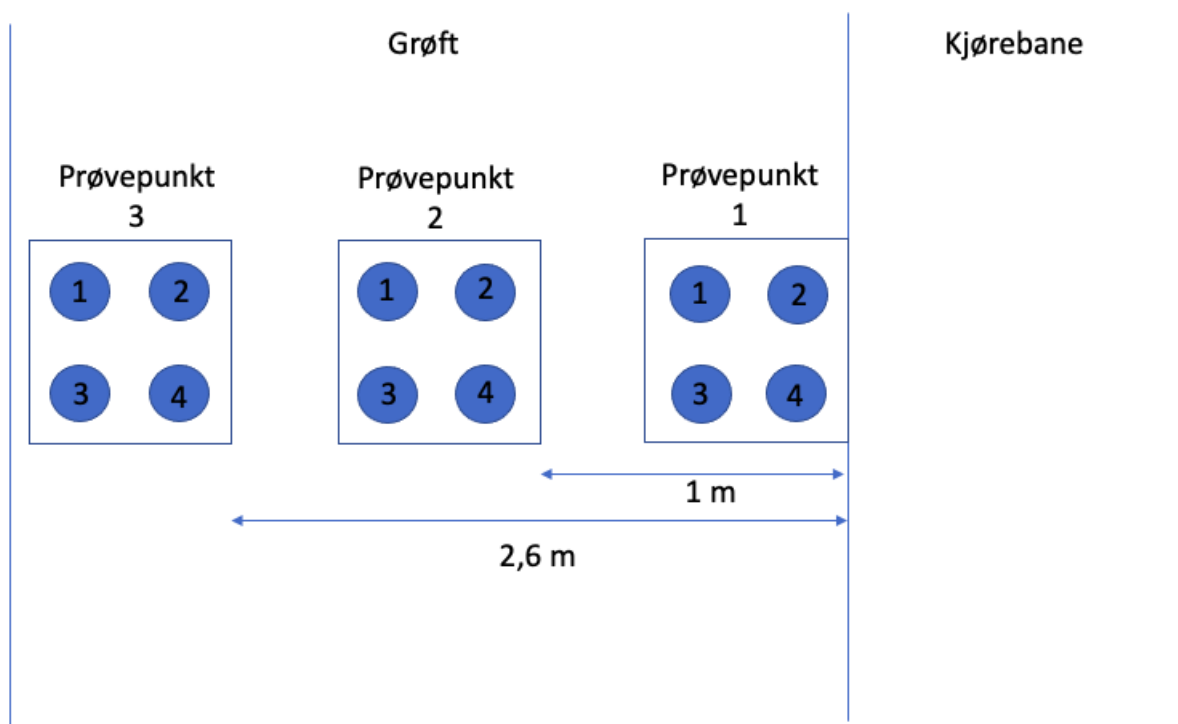
mye dekkslitasje og punkter hvor man kan forvente noe mindre konsentrasjoner. Som nevnt i Kapittel 2.1.4 øker dekkslitasjen blant annet der hvor veien svinger og steder



Figur 3.3: Grøftene langs banen var dekket av gress. Her ved start/mål (prøvepunkt 1). Foto: Helena Marie Amdal

hvor det skjer mye akselerasjon og bremsing. Vi måtte gjøre noen endringer i forhold til prøvetakingsplanen da vi ankom banen, ettersom det var grus eller asfalt ved noen av de planlagte punktene som gjorde det vanskelig å ta sedimentprøver. Originalt var det planlagt seks prøvepunkter, hvor den siste prøven skulle vært yttersvingen ved punkt 3, men ettersom den var asfaltert gikk vi bort fra dette punktet. Punkt 4 (Figur 3.2) skulle i henhold til prøvetakingsplanen egentlig vært en innersving, men siden yttersvingen ved punkt 3 gikk bort, valgte vi å ta yttersvingen ved dette punktet i stedet. Punkt 5 skulle også originalt vært en yttersving, men siden denne også var asfaltert ble det tatt prøver i innersvingen. For alle de fem punktene valgte vi å ta prøvene i lavpunkter, der hvor overvannet normalt vil renne og dra med seg dekkslitasjepartikler. Ved hvert av de fem prøvetakingspunktene ble det tatt tre prøver, ved tre forskjellige avstander fra kjørebanelen: 0 meter, 1 meter og 2.6 meter (Figur 3.4).

Det ble samlet omtrent 450 mL med våtsediment fra hvert prøvepunkt, hvor prøvepunktene ble avgrenset til et areal på $20 \times 20 \text{ cm}^2$ (figur 3.5a). Vi brukte stålsylindre (figur 3.5b) som vi banket ned i bakken, og brukte en spade til å grave opp prøven. Vi skar av overflødig jord (som oversteg sylinderkanten) med kniv, slik at vi fikk tilnærmet likt volum for alle prøvene. For hvert prøvepunkt ble det tatt fire slike prøver med stålsylindren som vi samlet sammen i ett glass. Prøvene ble konsekvent tatt fra det øverste



Figur 3.4: Illustrasjon av prøvetakingsutformingen ved hvert prøvetakingspunkt.

laget i grøften, ved ca. 4 cm dybde, for å fange opp de nyeste forurensningene.

Deretter ble prøvene forberedt til analyser. Det ble gjort forsøk på å våtsikte en av prøvene fra yttersvingen (prøvetakingspunkt 4, Figur 3.2), men dette viste seg å både være tidkrevende og det ble vanskelig å ekstrahere materialet fra siktene etterpå. Vi bestemte oss derfor for å tørke prøvene først. De ble tørket i ovn ved 105°C over natten, og deretter ble de fire underprøvene blandet sammen i en blender i cirka 15 sekunder for å gjøre prøven homogen. Av den homogeniserte prøven målte jeg opp 10 gram som så ble siktet i tre klasser (4000-1000 μ m, 1000-50 μ m og 50-25 μ m). Alt materialet over 4 mm ble ekskludert, og materialet innenfor de tre andre størrelsesintervallene ble sendt til analyse hos Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO).

3.1.3 Analysering

Metoden som ble benyttet i denne oppgaven for å analysere sedimentprøvene tatt ved Rudskogen motorsenter er en kombinasjon av simultan termisk analyse (STA), Fourier transform infrarød spektroskopi (FTIR) og parallel factor analysis (PARAFAC). De ferdigsiktede prøvene ble sendt til NIBIO for analyse mandag 3. mai, med instruksjoner fra Demmelash Mengistu. Denne metoden ble først introdusert av Mengistu mfl. (2019), og viste seg å være en solid metode for å identifisere og kvantifisere dekkslitasjepartikler fra sedimenter.



Figur 3.5: Fire prøver ble tatt innenfor et areal på 400 cm² (a) ved bruk av stålsylindre (b) som ble banket ned i bakken og tatt opp med en spade og puttet over i ett glass. Foto: Helena Marie Amdal

Simultan termisk analyse (STA)

Ved simultan termisk analyse ble prøvene varmet opp fra 40 til 800 grader celsius med en hastighet på 10 grader per minutt under en beskyttende nitrogen atmosfære (20 mL/min) i 70 minutter. Ved hjelp av nitrogen (50 mL/min) som bæregass, ble utviklede gasser overført til det påkoblede FTIR-instrumentet. Det ble registrert endringer i prøvemasse under oppvarmingsprosessen (massetap), hvor hver måling er knyttet til en temperatur.

Fourier transform infrarød spektroskopi (FTIR)

Fourier transform infrarød spektroskopi ble så benyttet for å skanne spektrene av de utviklede gassene. Gjennomsnittlig ble signalet av 8 skanninger av FTIR-spektrene i bølgetall-området 4000-600 cm⁻¹ samlet med en oppløsning på 1.9 cm⁻¹ under oppvarmingsprosessen.

Parallell faktor analyse (PARAFAC)

Temperatur ble tildelt hvert av spektrene ved å bruke tidsforholdet mellom gassfrigjøring og skanning, noe som ga FTIR-datasettet to akser med bølgetall-(cm⁻¹) på den ene, og temperatur(°C) på den andre. Dataene fra alle 44 prøvene ble deretter ordnet til et tredobbelt flerveis datasett, tilpasset for PARAFAC-modellering. Resultatet av PARAFAC ble deretter brukt til identifisering og kvantifisering av komponenter i prøvene, og mer spesifikt for å bestemme om gummimaterialer var tilstede i sedimentene, og i så fall i hvilken konsentrasjon.

Identifisering av TWP

For å avgjøre tilstedeværelse og for å estimere mengden av TWP i sedimenter, er gummimateriale (RM) gode markører for TWP, ettersom de er kjernekomponentene i dekk (Mengistu mfl., 2021). Ladningene som mottas fra PARAFAC-modellen inneholder informasjon om de kjemiske og fysiske egenskapene til de stoffene som testes. Identifiseringen av TWP skjer ved at bølgetall (cm^{-1}) og temperatur ($^{\circ}\text{C}$) ladninger fra komponentene vurderes mot etablerte spektre av gummikomponenter i dekk, som for eksempel styrenbutadiengummi (SBR), naturgummi (NR) og etylenpropylendienemonomergummi (EPDM) (Mengistu mfl., 2021).

Kvantifisering av TWP

Dersom en komponent ble identifisert som TWP, ble konsentrasjonen av gummimateriale (og deretter TWP) beregnet ved bruk av ligning 3.1 (Mengistu mfl., 2021).

$$C_{RM} = (ml * a_{if}) / (m * S_i) \quad (3.1)$$

hvor

C_{RM} = konsentrasjon av RM i en prøve (mg/g)

ml = massetap under pyrolyse i STA (mg)

m = opprinnelig prøve tørr masse (g)

a_{if} = score av komponenter identifisert som gummimateriale i prøve i

S_i = sum av score fra alle komponentene i prøve i

Gummimateriale (RM) er som nevnt kjernekomponenten i dekkslitasjepartikler, og fraksjonen varierer mellom 40-60 %. Resten består av fyllere, forsterkningsmateriale, myknere, vulkaniserings- og antialdrende kjemikalier (Mengistu mfl., 2021). I denne studien ble det benyttet en RM fraksjon på 60 %.

3.2 Spørreundersøkelsen

For å besvare det andre forskningsspørsmålet, som omhandler hvordan dekkslitasjepartikler håndteres ved eksisterende motorsportbaner i dag, ble det utarbeidet en spørreundersøkelse. Den ferdigstilte spørreundersøkelsen besto av 29 spørsmål, og ble konstruert i "Nettskjema", som er et nettbasert verktøy for spørreundersøkelser levert av Universitetet i Oslo (Universitetet i Oslo, 2010).

3.2.1 Formål og innhold

Spørreundersøkelsens formål var å undersøke hvordan dekkslitasjepartikler håndteres ved asfalterte motorsportbaner i dag, og finne ut om de har noen formeninger om dekkslitasjepartikler og hvilke konsekvenser det kan ha for bl.a. helse og miljø. Dette er et tema som har blitt lite utforsket, og ved å foreta denne spørreundersøkelsen kan det bidra til å danne et bilde av hvorvidt banene selv opplever problemer knyttet til dekkslitasjepartikler, om det er noe problem i det hele tatt og eventuelt hvordan det blir håndtert. Videre mål med spørreundersøkelsen var også å innhente inspirasjon til hvordan Telemark Rings planlagte motorsportbane kan håndtere dekkslitasjepartikler.

Den utsendte spørreundersøkelsen inneholdt først en kort introduksjon til masteroppgaven og formålet med undersøkelsen, og deretter en blanding av spørsmål med åpne svar (av kvalitativ karakter), ja/nei- og flervalgsspørsmål. Til de fleste ja/nei spørsmålene ble det stilt oppfølgingsspørsmål, for eksempel hvis vedkommende svarte ”ja” på et spørsmål ble det stilt et oppfølgingsspørsmål hvor de fikk mulighet til å utdype svaret. Dersom de svarte ”nei” var det ingen oppfølgingsspørsmål og de gikk rett til neste spørsmål. Hvis man ser bort i fra oppfølgingsspørsmålene, inneholdt spørreundersøkelsen 21 spørsmål. Totalt (med oppfølgingsspørsmål) var det 29 spørsmål i undersøkelsen. Spørsmålene ble utformet i henhold til problemstillingen.

Spørreundersøkelsen ble delt opp i tre kategorier:

1. Generelle spørsmål om motorsportbanen
2. Spørsmål om bruken av banen
3. Spørsmål om håndtering av overvann og dekkslitasjepartikler
4. Videre spørsmål

3.2.2 Utvalg

Spørreundersøkelsen ble sendt ut til totalt tolv forskjellige motorsportbaner i Norge, Sverige, Finland og Danmark (Tabell 3.1). Banene ble valgt på bakgrunn av at de, i likhet med Telemark Ring, er asfaltbaner. Nettsiden www.racingcircuits.info har en oversikt over verdens motorsportbaner kategorisert etter land, noe som gjorde det enkelt å finne aktuelle baner. Jeg fant kontaktinformasjonen til banene via deres offisielle nettside og undersøkelsen ble sendt ut på mail i midten av april med en svarfrist på to uker. Etter én uke var det kun én bane som hadde svart på undersøkelsen, og derfor ble det sendt ut en påminnelsemail til de som ikke hadde svart, én uke etter den ble sendt ut. En siste påminnelse ble sendt ut omtrent tre uker etter den ble sendt ut for første gang, i

håp om å samle inn flere svar. Det ble gjort et siste forsøk med å ringe til de banene som ikke hadde svart, men det var uten hell.

Ettersom flere av de som ble invitert til å delta i spørreundersøkelsen ikke har norsk som morsmål, ble selve spørreundersøkelsen sendt ut på engelsk og deltagerne fikk mulighet til å skrive sine svar på engelsk. Deltagerne ble også bedt om å ta utgangspunkt i et normalt år når de svarte på spørsmålene, da aktiviteten det siste året har vært redusert på grunn av koronapandemien.

Tabell 3.1: Oversikt over utvalget til spørreundersøkelsen og tilhørende land.

Bane	Sted
Arctic Circle Raceway	Norge
Rudskogen Motorsenter	Norge
Vålerbanen	Norge
Gelleråsen Arena	Sverige
Mantorp Park	Sverige
Scandinavian Raceway	Sverige
Tierp Arena	Sverige
Alastaro Circuit	Finland
Botniaring	Finland
Ahvenisto	Finland
Kemora	Finland
Jyllandsringen	Danmark

Kilde: *Find a Circuit* (2021)

3.2.3 Forskningsetiske vurderinger og hensyn

I forskningsprosjekter hvor man skal hente inn persondata må Norsk senter for Forskningsdata (NSD) varsles. Dette gjøres for å sikre at informasjonen om respondenten blir håndtert på en forsvarlig måte og i tråd med personvernloven. Etter dialog med veiledere og NSD ble det vurdert at det ikke var behov for å behandle personopplysninger om respondentene og dermed kunne spørreundersøkelsen gjennomføres anonymt (vedlegg B).

4. Resultat og diskusjon

I dette kapitlet presenteres resultater fra sedimentprøvene og spørreundersøkelsen som ble beskrevet i Kapittel 3, samt diskusjonen av resultatene. Til slutt er det et delkapittel som omhandler hvilke tiltak Telemark Ring og andre motorsportbaner kan innføre for å redusere utslipp av dekkslitasjepartikler.

4.1 TWP i sedimentprøver fra Rudskogen Motorsenter

4.1.1 Observasjoner gjort ved prøvetaking

Under prøvetakingen på Rudskogen Motorsenter ble det observert større dekkslitasjepartikler i grøftkanten langs kjørebanelen. Der kunne vi se partikler som var smeltet sammen til en større masse (Figur 4.1a), og en bit som så ut til å være revet rett av et dekk, hvor man fortsatt kunne se dekkmønsteret (Figur 4.1b). Ved siktingen av prøvene



Figur 4.1: Store dekkpartikler ble observert rundt i grøftene langs banen. Foto: Helena Marie Amdal

var det også tydelige spor av mindre dekkslitasjepartikler i størrelsesordenen 50-1000 μ m (Figur 4.2). Dekkslitasjepartiklene var spesielt synlig i denne prøven ettersom den hadde blitt våtsiktet og sanden var vasket bort. Etter at prøvene var tørket og blandet sammen var det vanskeligere å få øye på de svarte dekkpartiklene ettersom de var dekket av sand.

Ut i fra de observasjonene vi gjorde både på banen og i labben, kunne vi anta at prøvene som ble sendt til analyse ville inneholde store mengder av dekkslitasjepartikler.



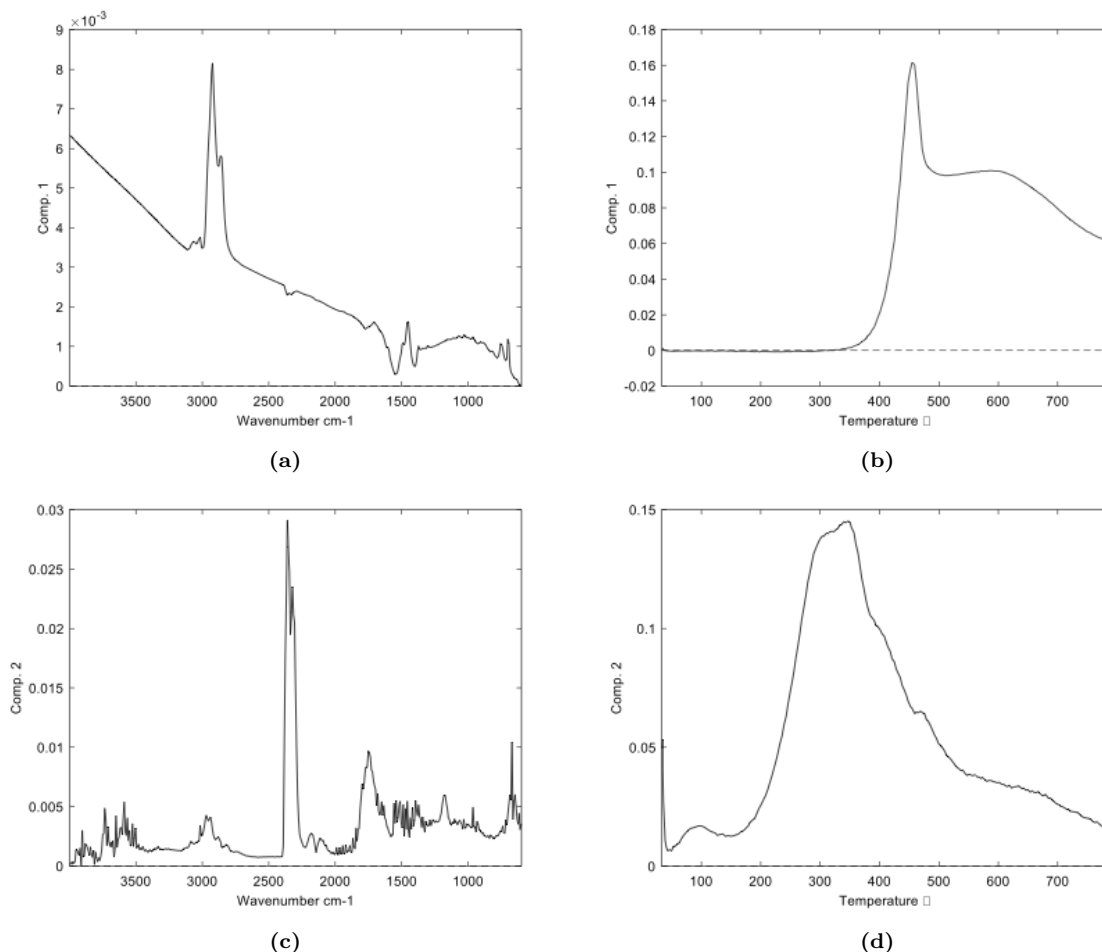
Figur 4.2: Dekkslitasjepartikler observert etter sikting, her vises materiale i størrelsesorden $50\text{-}1000\mu\text{m}$. Foto: Helena Marie Amdal

4.1.2 Tilstedeværelse av TWP

En PARAFAC-modell med to komponenter ble funnet å være den beste til å dekomponere FTIR-datasettet. Det ble avdekket tilstedeværelse av gummimateriale etter samtidig vurdering av de to komponentene fra PARAFAC-modellen. Komponentladningene fra PARAFAC-modellen er vist i Figur 4.3. Komponent 1 (Figur 4.3a) viste en sterk topp på rundt 2925 og 2860 cm^{-1} , og en svakere topp på 3015 cm^{-1} . Den viste også noen mindre tydeligere topper på 1450 og 1370 cm^{-1} . Disse bølgetallene samsvarer med tidligere studium av Mengistu mfl. (2019, 2021), hvor gummimaterialer ble identifisert ved bruk av PARAFAC-modeller. Nedbrytningstemperaturen til komponent 1 er vist i Figur 4.3b, og viste at nedbrytningen begynte rundt 330 °C og nådde en topp rundt 470 °C . Dette samsvarer med pyrolyse-temperaturer som er typisk for dekk, ifølge Mengistu mfl. (2019, 2021).

Komponent 2 (Figur 4.3c) skilte seg veldig fra komponent 1. Den viste sterke topper på 2360 og 670 cm^{-1} , mens mindre topper viste seg på $3700\text{-}3500$, $3000\text{-}2800$, 1750 og $1500\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$. Ifølge Mengistu mfl. (2021) kan de sterke toppene muligens tilsvare CO_2 , og de svakere toppene ved 3016 , 2950 og 2870 cm^{-1} , kan tilsvare en funksjonell gruppe av mettede- og umettede hydrokarboner. Nedbrytningstemperaturene til komponent 2 er vist i Figur 4.3d, og viste at nedbrytningen begynte ved omkring 200 °C og nådde

en topp rundt 345 °C. Disse pyrolyse-temperaturene kan tilsvare organisk materiale (Mengistu mfl., 2021). På bakgrunn av både bølgetall og temperatur-ladningene fra PARAFAC-modellen, er komponent 2 derfor ikke gummidmateriale.



Figur 4.3: Komponentladninger fra PARAFAC-modellen. (a) bølgetall-ladning for komponent 1, (b) pyrolyse temperatur (°C) ladning av komponent 1, (c) bølgetall-ladning for komponent 2, (d) pyrolyse temperatur (°C) ladning for komponent 2. Komponent 1 tilsvarer gummidmateriale fra dekk, mens komponent 2 korresponderer til andre stoffer.

4.1.3 Konsentrasjon av TWP i prøvepunktene

Massetap under pyrolyse, for hver av de individuelle prøvene, ble sammen med PARAFAC-scorene brukt til å beregne konsentrasjonen av gummidmateriale (Ligning 3.1), og derav TWP. Konsentrasjonene av TWP ved de forskjellige prøvetakingspunktene er presentert i avsnittene under, hvor konsentrasjonen er målt i milligram gummi per gram prøve. Polymerinnholdet i dekk varierer mellom 40-60 % (Kapittel 2.1.2), og hvilke dekk racingbilene bruker, varierer også med værforhold og type race blant annet. Ved beregningen av TWP konsentrasjonen i disse prøvene, ble det benyttet et polymer-innhold på 60 %.

Start/mål

Konsentrasjonen av TWP (mg/g) i sedimentene ved start/mål (prøvepunkt 1), er vist i Tabell 4.1, i kolonnen helt til høyre. TWP-konsentrasjonene i dette punktet varierte fra 2,9-272 mg/g, hvor den høyeste konsentrasjonen ble funnet rett ved kjørebanelen (0 m) i størrelsesklassen 1 mm. Den laveste konsentrasjonen ble funnet 2,6 m fra kjørebanelen, også i størrelsesklasse 1 mm. Konsentrasjonen fra 25 μm ved 2,6 m mangler på grunn av ødelagt STA-utstyr, men ut i fra gjennomsnittlige konsentrasjoner fra både avstand fra banen og størrelsesklasse, så kan man forvente at denne også er liten.

Tabell 4.1: Resultat fra PARAFAC-analyse for start/mål (prøvepunkt 1)

Avstand fra kjørebanelen	Størrelsesklasse	Vekt (mg)	Massetap (mg)	Polymer (mg/prøve)	Polymer (mg/g)	TWP (mg/g) (60% polymer)
0 m	4 mm-1 mm	79,52	13,85	12,95	162,87	271,46
	1 mm-50 μm	79,79	13,62	7,77	97,34	162,24
	50 μm -25 μm	79,61	5,83	2,81	35,30	58,84
1 m	4 mm-1 mm	80,7	6,94	3,23	40,04	66,73
	1mm-50 μm	80,69	6,93	2,33	28,82	48,04
	50 μm -25 μm	80,24	6,15	0,57	7,04	11,74
2,6 m	4 mm-1 mm	81,09	3,74	0,14	1,73	2,88
	1 mm-50 μm	80,73	5,96	0,65	8,08	13,47
	50 μm -25 μm	-	-	-	-	-

Langstrekk

Konsentrasjonen av TWP (mg/g) i sedimentene fra langstrekket (prøvepunkt 2), er vist i Tabell 4.2, i kolonnen helt til høyre. TWP-konsentrasjonene i dette punktet varierte fra 1,8-75 mg/g, og den høyeste konsentrasjonen ble funnet rett ved kjørebanelen, i størrelsesklassen 1 mm. Den laveste konsentrasjonen ble funnet ved samme punkt (0 m), men i størrelsesklassen 50 μm . Denne var også den laveste konsentrasjonen som ble funnet av alle 44 prøvene.

Tabell 4.2: Resultat fra PARAFAC-analyse for langstrekk (prøvepunkt 2).

Avstand fra kjørebanelen	Størrelsesklasse	Vekt (mg)	Massetap (mg)	Polymer (mg/prøve)	Polymer (mg/g)	TWP (mg/g) (60% polymer)
0 m	4 mm-1 mm	81,59	4,69	3,65	44,70	74,50
	1 mm-50 μm	80,12	7,50	0,09	1,10	1,83
	50 μm -25 μm	79,90	10,66	2,40	29,99	49,98
1 m	4 mm-1 mm	80,54	2,58	0,42	5,27	8,79
	1mm-50 μm	80,10	8,26	0,26	3,23	5,39
	50 μm -25 μm	64,60	5,20	0,30	4,59	7,65
2,6 m	4 mm-1 mm	80,48	2,73	1,13	14,05	23,41
	1 mm-50 μm	80,10	6,12	0,68	8,52	14,20
	50 μm -25 μm	80,41	8,32	1,71	21,28	35,47

Innersving 1

Konsentrasjon av TWP i sediment fra innersving 1 (prøvepunkt 3) er presentert i Tabell 4.3. Den høyeste konsentrasjonen målt ved dette prøvepunktet var ved 0 meters avstand fra kjørebanelen for partikler i størrelsesklasse 50 μm , og ble beregnet til 97 mg/g. Den laveste konsentrasjonen ble funnet ved 1 meter avstand fra kjørebanelen, for partikler i størrelsesklasse 25 μm , og var på 12 mg/g.

Tabell 4.3: Resultat fra PARAFAC-analyse for innersving 1 (prøvepunkt 3).

Avstand fra kjørebanelen	Størrelsesklasse	Vekt (mg)	Massetap (mg)	Polymer (mg/prøve)	Polymer (mg/g)	TWP (mg/g) (60% polymer)
0 m	4 mm-1 mm	80,75	6,59	4,00	49,55	82,59
	1 mm-50 μm	79,98	9,86	4,66	58,31	97,19
	50 μm -25 μm	80,75	8,74	0,81	10,02	16,69
1 m	4 mm-1 mm	80,70	5,78	1,30	16,07	26,79
	1mm-50 μm	79,89	9,07	0,80	10,01	16,68
	50 μm -25 μm	80,41	9,80	2,22	27,59	45,99
2,6 m	4 mm-1 mm	81,22	6,43	2,12	26,13	43,55
	1 mm-50 μm	80,1	7,60	2,76	34,46	57,43
	50 μm -25 μm	79,52	8,37	0,57	7,14	11,90

Yttersving

Konsentrasjon av TWP fra yttersvingen (prøvepunkt 4) presenteres i Tabell 4.4. Den høyeste konsentrasjonen for dette punktet, og nest høyest totalt, ble målt til 296 mg/g ved avstand 0 meter fra banen og det var partikler <1 mm. Den minste konsentrasjonen ble beregnet til 21 mg/g, ved 2,6 m fra kjørebanelen og i størrelsesklassen 25 μm .

Tabell 4.4: Resultat fra PARAFAC-analyse for yttersving (prøvepunkt 4).

	Størrelsesklasse	Vekt (mg)	Massetap (mg)	Polymer (mg/prøve)	Polymer (mg/g)	TWP (mg/g) (60% polymer)
0 m	4 mm-1 mm	80,18	14,30	14,26	177,80	296,33
	1 mm-50 μm	80,07	3,99	3,84	47,97	79,94
	50 μm -25 μm	80,02	6,48	2,38	29,76	49,61
1 m	4 mm-1 mm	79,55	9,00	8,87	111,51	185,85
	1mm-50 μm	80,04	5,22	3,18	39,79	66,31
	50 μm -25 μm	79,91	7,10	2,87	35,91	59,86
2,6 m	4 mm-1 mm	80,41	6,73	2,48	30,88	51,47
	1 mm-50 μm	80,13	8,36	3,31	41,25	68,75
	50 μm -25 μm	80,17	4,25	0,99	12,37	20,62

Innersving 2

Konsentrasjon av TWP for innersving 2 (prøvepunkt 5) er vist i Tabell 4.5. Ved dette prøvepunktet ble den høyeste av alle konsentrasjonene målt, og den var på 326 mg/g

ved avstand 0 m og størrelsesklasse 1 mm. Den minste konsentrasjonen ble målt til 3,7 mg/g, ved avstand 2,6 m og størrelsesklasse 50 μm .

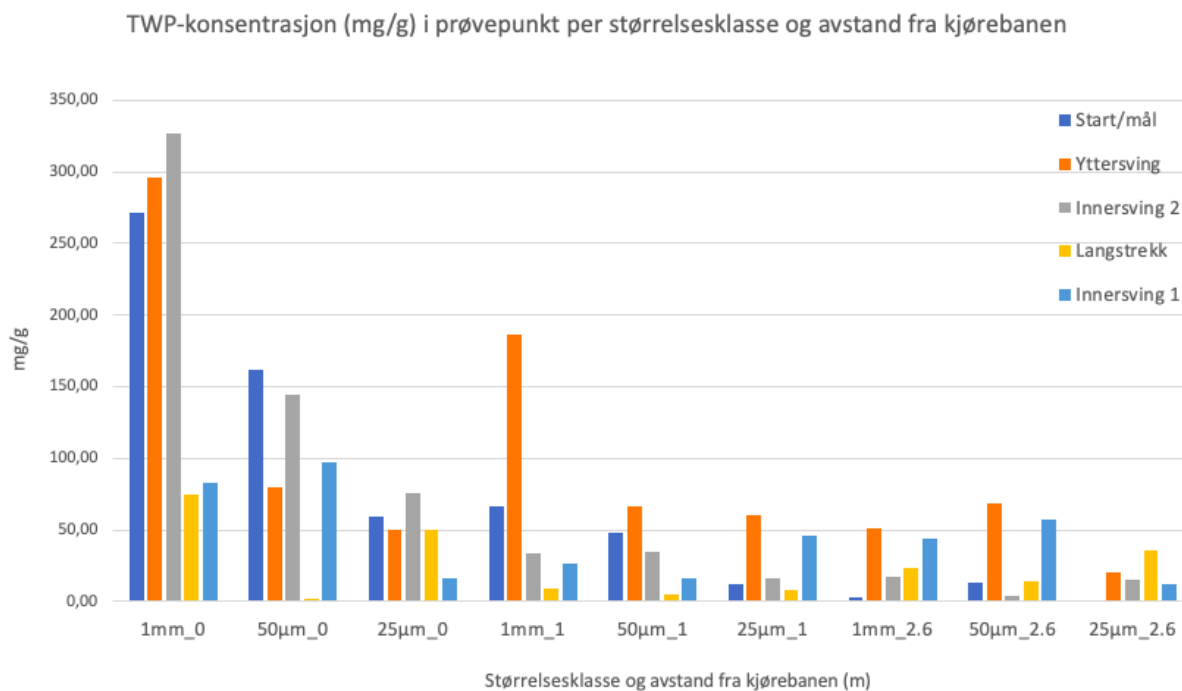
Tabell 4.5: Resultat fra PARAFAC-analyse for Innersving 2 (prøvepunkt 5).

Avstand fra kjørebane	Størrelsesklasse	Vekt (mg)	Massetap (mg)	Polymer (mg/prøve)	Polymer (mg/g)	TWP (mg/g) (60% polymer)
0 m	4 mm-1 mm	80,60	17,41	15,78	195,73	326,22
	1 mm-50 μm	80,37	8,54	6,97	86,75	144,59
	50 μm -25 μm	79,88	6,35	3,63	45,50	75,84
1 m	4 mm-1 mm	81,21	2,95	1,66	20,50	34,16
	1mm-50 μm	79,94	5,06	1,65	20,58	34,30
	50 μm -25 μm	80,50	6,28	0,80	9,94	16,57
2,6 m	4 mm-1 mm	80,60	4,03	0,83	10,31	17,18
	1 mm-50 μm	80,49	5,85	0,18	2,19	3,66
	50 μm -25 μm	80,08	7,85	0,76	9,47	15,79

4.1.4 Forskjeller per prøvepunkt, avstand fra kjørebane og størrelsesklasse

Konsentrasjonene av TWP som ble funnet i sedimentene langs Rudskogen Motorsenter varierte mellom 16 og 547 mg/g (størrelsesklassene summert). Til tross for mangel på studier relatert til konsentrasjoner av TWP ved motorsportbaner, så finnes det studier om TWP-konsentrasjoner i veigrøfter og sandfang. Ifølge et studium av Vogelsang mfl. (2019) varierer TWP-konsentrasjoner i veigrøfter mellom 0,3-117 mg/g. I et annet studium av Mengistu mfl. (2021), hvor TWP-konsentrasjonen i sandfang ble estimert, så varierte konsentrasjonen mellom 1 og 150 mg/g. Sammenlignet med disse studiene ser det ut til at konsentrasjonen av TWP fra motorsportbanen er en god del høyere enn hva den er ved offentlige veier. Forskjellene i TWP konsentrasjoner kan også komme av ulike utgangspunkt, som identifiserings- og kvantifiseringsmetode, størrelsesklasser og polymerinnhold, men i dette tilfellet er forskjellene såpass store at det kan tyde på at det genereres mer TWP på motorsportbaner enn på vanlige veier. Det er likevel viktig at det utvikles standardiserte metoder for identifisering og kvantifisering av dekkslitasjepartikler, slik at man får sammenlignbare resultater.

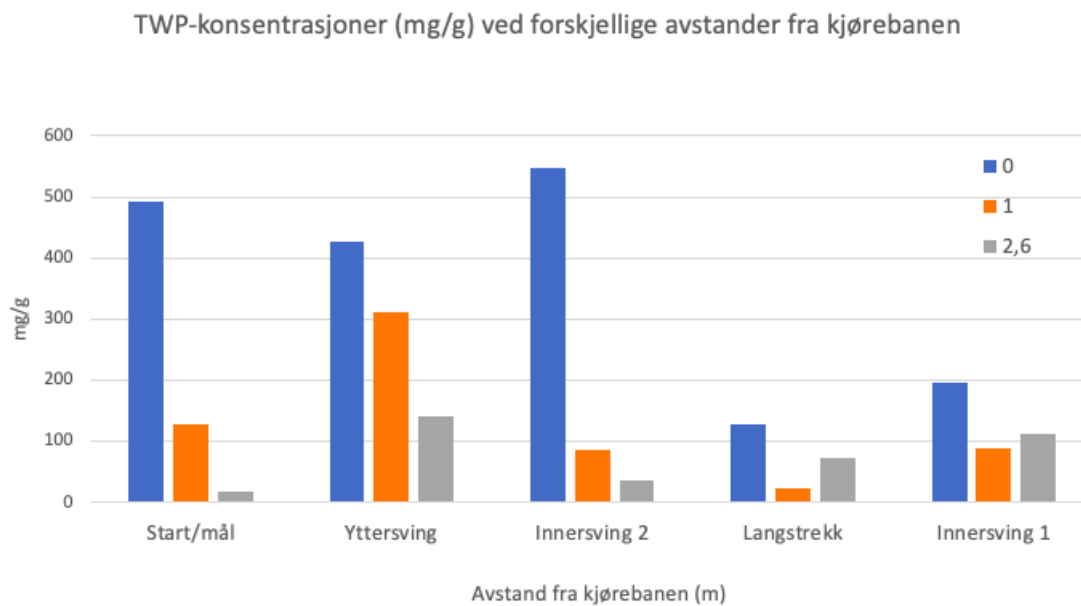
Figur 4.4 viser et søylediagram av konsentrasjonen (mg/g) i prøvepunktene per størrelsesklasse og avstand fra kjørebane. Den høyeste konsentrasjonen av TWP ble funnet i innersving nr. 2, 326 mg/g, etterfulgt av 296 mg/g i yttersvingen og 272 mg/g ved start/mål. Ved slike skarpe svinger, som ved inner- og yttersvingen, er det høy brems- og akselerasjonsintensitet og frekvens, og de høye konsentrasjonene av TWP i disse punktene støtter teorien om at disse faktorene fører til økt dekkslitasje (Kapittel 2.1.4). Funn fra Mengistu mfl. (2021), hvor høye konsentrasjoner av TWP ble funnet i sandfang ved områder hvor høy frekvens av bremsing og akselerasjon foregår, støtter også denne



Figur 4.4: Konsentrasjon (mg/g) i prøvepunkt per størrelsesklasse og avstand fra kjørebanelen.

teorien. Tverrfallet i svingene er også en mulig faktor som kan ha ført til at TWP akkumuleres i innersving/yttersving, ettersom vegen heller inn mot svingene vil overvannet også renne i samme retning og kunne dra med seg TWP fra kjørebanelen. Ved start/mål er det også en høy brems- og akselerasjonsintensitet. Elbiler blant annet, kan gå fra 0 til 100 km/t på noen få sekunder og dette sliter veldig på dekkene, og genererer dermed store mengder TWP (Kapittel 2.1.4). Ettersom konsentrasjonene er lavere ved start/mål enn hva de er ved svingene, kan dette tyde på at det genereres høyere konsentrasjoner av TWP i svinger, og spesielt i yttersvinger. Innersving nr. 2 hadde gjennomsnittlig høyest konsentrasjon av TWP, og det kan være fordi punktet var plassert i en "rundkjøring" (se Figur 3.2). De andre punktene hadde gjerder ved enden av grøfta. Dermed kan partikler som genereres på den andre siden av rundkjøringen, blitt transportert med vinden over til den andre siden hvor jeg tok prøvene. I følge Vogelsang mfl. (2019) har TWP større enn $30 \mu\text{m}$ vist seg å være luftbårne, men mest sannsynlig ikke i lang tid før de faller ned på bakken igjen. Den laveste konsentrasjonen av TWP ble funnet i sedimentene fra langstrekket. Dette var også forventet, ettersom det ikke foregår bremsing og akselerasjon i like stor grad som ved de andre prøvepunktene. Langstrekket lå også i en nedoverbakke, og dermed er det mulig at overvannet har fraktet mye av partiklene bort fra området. Det samme gjelder for prøvepunkt 3 (innersving 1) som var plassert like før bunnen av bakken var nådd. I følge Vogelsang mfl. (2019), når nedbørsintensiteten overskrider en viss terskel, fraktes partikler fra veien med vegvannet, og dermed kan det hende at partiklene farer forbi disse to punktene og deponeres i bunnen av bakken.

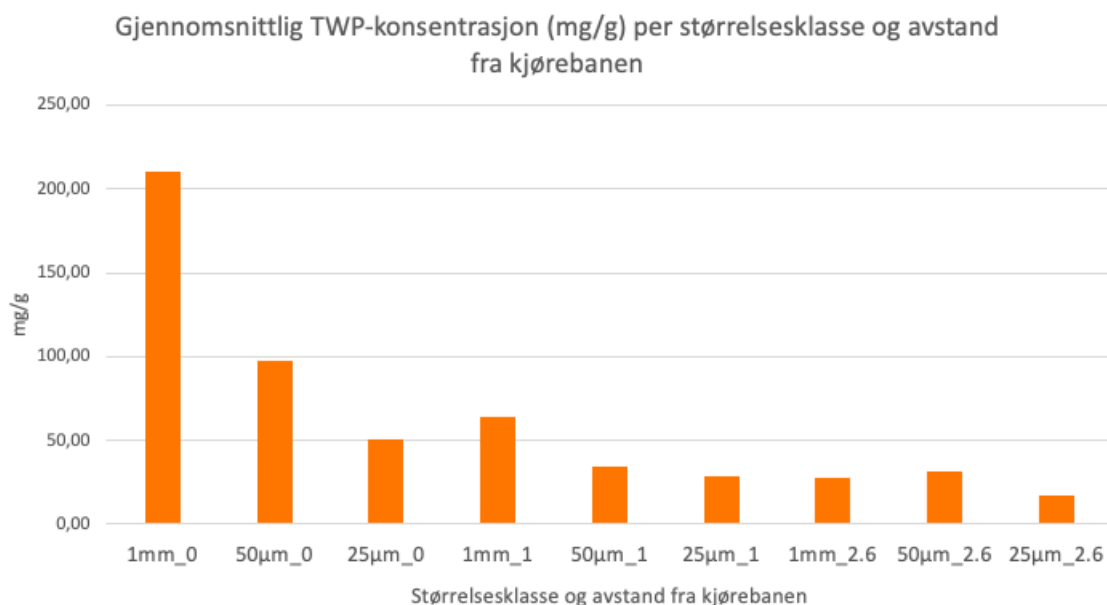
TWP-konsentrasjonene (mg/g), hvor størrelsesklassene er summert, ved forskjellige avstander fra kjørebane for hvert prøvepunkt er presentert i Figur 4.5. Figuren viser at den høyeste konsentrasjonen av TWP finnes nærmest kjørebane (0 m), og avtar med avstand fra banen. Dette funnet samsvarer med Cadle & Williams (1978, som sitert i Vogelsang mfl. (2019)), som skriver at man typisk finner størsteparten av dekkslitasjepartiklene innen 5 meter fra kjørebane, også avtar andelen (i vektprosent) eksponentielt med avstanden fra veien. Vogelsang mfl. (2019) nevner, som illustrert i Figur 2.1, at det er flere prosesser som bidrar til transport av dekkslitasjepartikler i nærheten av grøftekanten.



Figur 4.5: TWP-konsentrasjon (mg/g), størrelsesklassene summert, ved de ulike avstandene fra kjørebane.

I gjennomsnitt ble den høyeste konsentrasjonen av TWP funnet i 1 mm størrelsesklassen, deretter i 50 μm og til slutt 25 μm (Figur 4.6). Etersom konsentrasjonen fra 25 μm -klassen ved start/mål mangler, så kan det ha påvirket gjennomsnittet, men denne prøven ble tatt 2,6 meter fra banen, så sannsynligvis var den ikke veldig høy. Basert på et studium av Kreider et al. (2010, som sitert i Vogelsang mfl. (2019)) ble det gjort et estimat på størrelsesfordelingen av TWP for utvalgte størrelsesklasser. Der estimerte de at 8 % (i volumprosent) av TWP ligger i størrelsesklassen 30-50 μm . I samme studium estimerte de at de største TWP-mengdene (i volumprosent) fra veier, ligger i 50-350 μm -området, og kun 2 % i 10-30 μm området (Vogelsang mfl., 2019). Mesteparten av partiklene ved Rudskogen var som nevnt i 1 mm klassen, som er noe større enn hva som er forventet av TWP fra en vanlig vei, men igjen så er det andre kjøreforhold ved en motorsportbane. På motorsportbaner har kjøretøyene høyere hastighet og akselererer/bremses kraftigere enn hva som er normalt på en offentlig vei. Ifølge en rapport av Chang mfl.

(2020), hvor de undersøkte TWP-karakteristikk generert under forskjellige forhold, har temperatur en stor påvirkning på dekkpartikkelstørrelse og kan også endre slitasjeme-kanismen. Høyere temperaturer økte sannsynligheten for større partikler, og det viste seg at når dekkets temperatur økte raskt (som ved kraftig akselerasjon/bremsing), ble TWP lettere generert og førte til alvorlig slitasje på dekket (Chang mfl., 2020).



Figur 4.6: Gjennomsnittlig TWP-konsentrasjon (mg/g) per størrelsesklasse og avstand fra kjørebanelen.

4.1.5 Feilkilder

Mulige faktorer som kan ha påvirket resultatet fra sedimentprøvene fra Rudskogen Motorsenter kan være:

- **Sesong/årstid:** Vi tok prøvene ved sesongstart for banen, og dermed kan konsentrasjonen av TWP være noe mindre enn normalen, enn for eksempel om vi hadde tatt prøvene midt i høysesongen etter det har vært mye aktivitet på banen. Høysesongen for Rudskogen er om sommeren, men banen er også i bruk om vinteren. De fjerner dog ikke snøen fra banen under vintersesongen, og når nedbør faller som snø, faller de saktere og har større overflateareal enn regndråper og kan dermed samle opp mer forurensninger fra luften (Vogelsang mfl., 2019). Disse akkumulerte forurensningene frigjøres når snøen smelter, så selv om banen ikke blir like mye brukt om våren som den blir om sommeren, så kan denne frigjøringen med smeltevannet føre til høye konsentrasjoner av TWP likevel.
- **Prøvehomogenisering:** For å homogenisere prøvene under prøveforberedelsene ble prøven blandet sammen i en blender (i ca. 15 sekunder). Knivene på blenderen

kan ha kuttet opp noen av TWP partiklene, men det var ingen synlige oppkuttete partikler etter homogeniseringen. De største bitene var fortsatt hele, men det kan likevel være mulig at noen partikler ble kuttet opp. I så fall kan størrelsefordelingen ha blitt noe forstyrret.

- **Polymerinnhold:** I denne studien ble det benyttet et polymerinnhold på 60 %, men som det ble nevnt lengre opp, så varierer polymerinnholdet fra dekk til dekk, og hva som er standarden for racerbildekk er usikkert ettersom det finnes ulike dekk til ulike formål/race. Hvilket polymerinnhold man benytter kan dermed påvirke konsentrasjonen av TWP.

4.2 Resultat og diskusjon av spørreundersøkelsen

Av de tolv motorsportbanene som ble invitert til å delta i spørreundersøkelsen, var det tre som svarte og alle disse tre var norske motorsportbaner (Arctic Circle Raceway, Rudskogen Motorsenter og Vålerbanen). Det tilsvarer en svarprosent på 25, som er en noe lav prosent, men også forventet ved en slik datainnsamlingsmetode. I følge Jacobsen (2005) er forventet svarprosent for spørreskjema over internett/epost 10-20 %. Spørreskjema sendt ut med post har en større forventet svarprosent (ca. 50 %), men det hadde også tatt lengre tid å fått inn svar (Jacobsen, 2005). Deltakerne brukte i gjennomsnitt 34 minutter på å svare på spørreundersøkelsen. Som det blir nevnt i Kapittel 3, var formålet med spørreundersøkelsen å finne ut hvordan de forskjellige banene håndterer dekkslitasjepartikler og hvilke holdninger de har knyttet til det. De følgende underkapitlene presenterer dermed et utvalg av resultater fra spørreundersøkelsen som jeg mener er mest relevante for å besvare problemstillingene i denne studien.

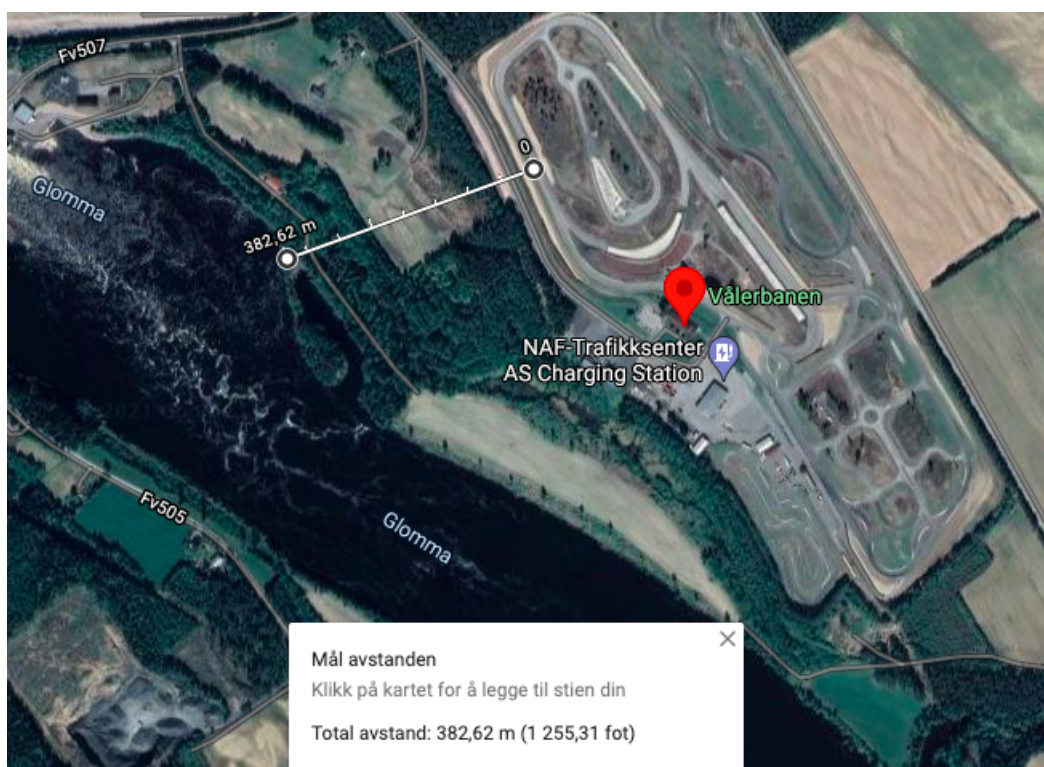
Anser dere dekkslitasjepartikler som et problem på deres bane?

Respondentene ble spurt om de anså dekkslitasjepartikler som et signifikant problem ved deres bane. Spørsmålet var et avkryssningsspørsmål, så dersom de svarte ”ja”, ble de bedt om å utdype videre i neste spørsmål, om hvilke problemer de opplevde. Svarte de ”nei” eller ”vet ikke”, ble de ikke bedt om å utdype og gikk videre til neste spørsmål. Av de tre banene, var det kun Arctic Circle Raceway (ACR) som svarte ja på dette spørsmålet. De svarte følgende på oppfølgingsspørsmålet:

Mikroplast er en stor utfordring uansett hvor et kjøretøy beveger seg, og det øker proporsjonalt med hastighet, spesielt i kurver. Utslipp av friksjons-gummi er også store på vanlige landeveier, men hos oss er det mulig å samle det sammen og levere det som spesialavfall. Vi mangler relevant utstyr for å utføre det. Vi er nær en liten elv som ender i et lakseførende vassdrag. Dette

bekymrer oss når vi mangler egnet utstyr for rengjøring, og slikt utstyr er ikke kvalifisert for offentlig støtte.

Elven som ACR nevner i kommentaren sin, er ifølge spørreundersøkelsen kun 35 meter fra banen. Dette kan forklare hvorfor de har gjort vurderinger av konsekvensene av utslipp av TWP til naturen, da det kan ha direkte konsekvenser for laksen blant annet. De to andre respondentene svarte at de ikke opplevde dekkslitasjepartikler som noe signifikant problem på deres bane, og ble dermed ikke bedt om å utdype videre. Vålerbanen svarer at nærmeste vassdrag er 2000 meter fra banen, men som Figur 4.7 viser, renner Glomma omtrent 400 meter fra banen. Antar derfor at det er skjedd en skrivefeil.



Figur 4.7: Kart over Vålerbanen Racing Circuits viser at Glomma ligger omkring 380 meter fra banen. Skjerm bilde tatt fra Google Maps.

Formålet med dette spørsmålet var å få frem om respondentene hadde vurdert miljø/helseproblematikken rundt dekkslitasjepartikler, slik som ACR svarer. Dette kunne jeg ha spesifisert nærmere i spørsmålet. Det hadde også vært interessant å høre hvorfor de to andre banene ikke anser det som noe problem. Ettersom det ikke kom tydelig fram hvilket svar jeg var ute etter, kan det hende at de andre banene ikke har opplevd noen tekniske/drifts problemer med TWP og svarte deretter. Et studie av Hann mfl. (2018), som undersøkte ulike alternativer for å redusere mikroplastutslipp fra veier til vannmiljøer, beskrev at mangel på bevissthet rundt dekkslitasje som en kilde til mikroplast, er en av hindringene for utviklingen av ulike metoder for å fange opp mikroplast. Dette kan være en mulig årsak til at Vålerbanen og Rudskogen ikke anser dekkslitasjepartikler

som et problem.

Hvordan håndterer dere dekkslitasjepartikler som oppstår på deres bane?

Alle respondentene svarte at de feier banene for dekkslitasjepartikler etter hvert race. Jeg spurte også hva som skjer med partiklene etter de samles opp under feiingen, og da svarte ACR at de oppbevares på et fast sted på banen, Vålerbanen skrev at de resirkuleres og Rudskogen skrev at de samles opp i en container som leveres til en godkjent leverandør. Det er vanskelig å si hvor effektivt veifeiing er med tanke på oppsamling av dekkslitasjepartikler, da det er mangel på tilgjengelige data. Som studiet av Hann mfl. (2018) viste, så var potensialet for å fange mikroplast maksimalt 8 % (fra urbane veier), da ved bruk av ekstreme verdier for nøkkelfaktorer (se Kapittel 2.3.4). Disse estimatene tok utgangspunkt i urbane og høytrafikkerte veier, så om dette kan relateres til motorsportbaner er usikkert. Det gir dog en pekepinn på at det er en stor mangel på kunnskap og forståelse av effektiviteten til ulike teknikker for å fange opp mikroplast, og hvordan dette kan gjøres på best mulig måte (Hann mfl., 2018). Det ble ikke målt noe effektivitet av feiing i denne studien.

Et spørsmål i undersøkelsen var om myndighetene stilte krav til håndtering av dekkslitasjepartikler eller overvann, og her var det ingen av respondentene som nevnte noen spesifikke tiltak, men Rudskogen svarte følgende:

De siste 3 årene har vi tatt vannprøver i bekken som renner på nedsiden av baneanlegget 3-4 ganger i året. Analysene så langt viser at det er meget lite forurensning fra baneanlegget sammenliknet med annen virksomhet. (f.eks riksveien som går forbi Rudskogen)

Vannprøvene i seg selv er ikke et direkte tiltak for å håndtere dekkslitasjepartikler/overvann. Indirekte kan vannprøver være et viktig planleggingsverktøy for overvannshåndtering, og håndtering av TWP, ettersom overvann er en essensiell transportvei for TWP (Kapittel 2.1.3). Man kan for eksempel finne ut hvor mye forurensning bekken tåler og sette grenseverdier for viktige forurensningsparametere deretter, som man kan bruke for å finne ut hvilke tiltak som er nødvendige. Rudskogen nevner at de tar 3-4 prøver i året, men nevner ikke når disse prøvene tas. For å redegjøre for de verste forurensningene, vil det vært betydningsfullt å ta prøver på dager hvor det er mye aktivitet på banen, som ved store regnværhendelser og etter rengjøring av banen for eksempel. I Tyskland blant annet, blir forventet årlig belastning av partikler (suspendert stoff, SS) fra veiene, som er mindre enn $63 \mu\text{m}$, brukt for å bestemme nødvendig behandling av vannet. Dersom konsentrasjonene overstiger 280 kg/ha per år, kreves det at det innføres tiltak (Furuseth og Rødland, 2020). Selv om det fortsatt mangler kunnskap om forholdet mellom SS og TWP, foreslår Furuseth og Rødland (2020) at denne tilnærmingen bør vurderes av

nordiske veimyndigheter.

En annen relevant kommentar, med tanke på myndighetskrav, kom fra Arctic Circle Raceway, som skrev følgende:

Vi har henvendt oss til relevante myndigheter for å finne en løsning sammen, men norske miljømyndigheter er ikke interessert i å samarbeide med eiere av motorarenaer. I Norge anses virksomheten som uønsket.

Dette blir også nevnt i studiet til Hann mfl. (2018), hvor de skriver at mangel på økonomiske insentiver og krav fra myndighetene til å fange opp dekkslitasjepartikler ved hjelp av overvannshåndtering og gatefeiling, er en av grunnene til at dette problemet ofte blir oversett. Dette er veldig synd, spesielt for baner slik som ACR, som ser negative følger av at partiklene havner i miljøet, og at de ønsker å gjøre noe med det, vet hva som skal til, men ender opp med å gjøre ingenting på grunn av mangel på finansiering. Skal det utvikles effektive og bærekraftige metoder for å hindre mikroplastutslipp til miljøet, må det først og fremst anerkjennes som et problem.

4.2.1 Begrensninger

Det hadde vært ønskelig med flere svar på spørreundersøkelsen. Flere respondenter ville gitt et større grunnlag til å si noe mer generelt om omfanget av problemet og praksisen rundt håndteringen av dekkslitasjepartikler ved motorsportbaner.

Ettersom spørreundersøkelsen ble gjennomført anonymt, vet jeg ikke hvem som har svart for de enkelte banene og hvilken kunnskap de sitter med. Det ble presisert i e-posten som ble sendt ut, at den som mottok undersøkelsen kunne videresende den til noen som kunne svare på spørsmålene. Det er derfor en mulighet for at respondenten ikke har den kunnskapen eller erfaringen som trengtes for å besvare enkelte spørsmål.

Noe som kunne ha styrket svarprosenten til spørreundersøkelsen, kunne for eksempel vært om jeg tidligere i forløpet hadde opprettet kontakt med de andre banene før spørreundersøkelsen ble sendt ut. De tre banene som svarte på spørreundersøkelsen var nettopp de tre banene jeg hadde hatt kontakt med på forhånd, på grunn av sedimentprøvene. Ettersom flere av banene jeg kontaktet bare hadde oppgitt generelle info-epostadresser på nettsiden, i stedet for kontaktinformasjonen til ansatte ved banen, er det en mulighet for at e-posten min med spørreundersøkelsen aldri nådde frem.

4.3 Hvordan kan Telemark Ring og andre motorsportbaner hindre spredning av dekkslitasjepartikler?

Så lenge motorsportbanene er i bruk, vil det produseres mikroplast som følge av dekkslitasje. Derfor er det viktig å se etter løsninger på problemet, slik at Telemark Ring (og andre motorsportbaner) kan redusere sitt utslipp av dekkslitasjepartikler til omkringliggende miljø. Det er to typer løsninger på dette problemet, og det er tiltak som reduserer forekomsten av dekkslitasjepartikler eller tiltak som reduserer spredning av allerede genererte partikler. Ettersom mye av motorsporten går ut på å kjøre/akselerere fort og kjøre i skarpe svinger, så vil tiltak for å *redusere* dekkslitasje gå i mot motorsportens hensikt (se Kapittel 2.1.4). Nå som motorsporten beveger seg i en grønnere retning, med stor satsing på elektriske biler, blir det ene miljøproblemet erstattet av et annet, som i dette tilfellet er økt utslipp av dekkslitasjepartikler. I avsnittene under presenteres derfor ulike forslag til tiltak for å *fange opp* dekkslitasjepartikler og hindre at de spres ut i miljøet.

Informasjon om hvilke tiltak som benyttes for å redusere utslipp av dekkslitasjepartikler fra motorsportbaner til miljøet, både i Norge og internasjonalt, er mangelfull. Derfor har jeg hentet inspirasjon fra litteratur fra offentlige veier og kunstgressbaner, for forslag til tiltak som potensielt kan overføres til motorsportbaner. Tiltakene er oppsummert i Tabell 4.6.

Omtrent 90 % av norske kunstgressbaner bruker gummigranulater laget av resirkulerte dekk til fyllmasse (Borgersen, C. Ø. & Åkesson, R. (2012), som sitert av Korbøl (2018)). Korbøl (2018) undersøkte utslipp av mikroplast fra kunstgressbaner, og fant ut at en stor andel av spredningen var på grunn av vinterdriften av banen. Bruken av snøfresere og annet utstyr førte til at snø som inneholdt TWP granulater, akkumulerte utenfor kunstgressbanen. I følge Korbøl (2018), var det beste tiltaket for å redusere spredning av dekkslitasjepartikler under vintersesongen, å deponere snøen på passende områder. Det foreslås å plassere snøen på flate områder, helst asfalterte områder eller på en fiberduk, som gjør det lettere å samle opp partiklene og hindre spredning. Det er viktig at snøen ikke plasseres i skråninger eller ved nærliggende vassdrag, slik at partiklene ikke spres dit ved snøsmelting. Dette er et tiltak som kan implementeres ved de motorsportbanene som benytter banen i vintersesongen. Et annet viktig tiltak, som ble foreslått i Korbøl (2018) sin rapport, var å ha en sil foran alle overvannsutløp, for å hindre utslipp til avløpssystemene. Ettersom overvannet er en viktig transportvei for mikroplast til nærliggende vassdrag (Kapittel 2.1.3).

Vålerbanen nevner i spørreundersøkelsen at overvannet fra banen sendes til et renseanlegg før det slippes ut (hvilken type renseanlegg de sender det til er ikke spesifisert). I følge Andersson-Sköld mfl. (2020) har avløpsrenseanlegg vist seg å være en effektiv metode for å separere mikroplast fra avløpsvannet, hvor 70-100 prosent av mikroplasten skilles ut. Et svensk studie fra avløpsrenseanlegg, viste at for partikler som ble samlet på 20 μm filtre var separasjonseffektiviteten 70-90 %, for partikler som ble igjen på 300 μm filtre var effektiviteten større enn 99 %, og ved et annet renseanlegg viste separasjonseffektiviteten seg for partikler i størrelsesordenen 10-500 μm , å være større enn 99 % (Andersson-Sköld mfl., 2020). Andre overvannstiltak kan for eksempel være infiltrasjonsbasseng, våte-og tørre dammer, konstruert våtmark og grøft. I Sverige håndteres omtrent 80 % av vegvannet (overvann fra veg) i overvannsdammer. Suspenderede partikler sedimenteres i overvannsdammer, og forurensninger som er bundet til partiklene vil da også sedimentere. Overvannsdammer som er dimensjonert for å ta imot vegvann, dimensjoneres for å sedimentere partikler i størrelsesorden mellom 10 μm og 5 mm. Overvannsdammer og våtmarker er effektive tiltak for å skille ut mikroplast, dammene har blant annet vist seg å ha en separasjonseffektivitet på 90-100 % for mikroplastpartikler større enn 20 μm (Andersson-Sköld mfl., 2020). Ulike overvannsløsninger kan dermed, indirekte, være gode tiltak for å hindre at dekkslitasjepartikler spres ut til nærliggende vassdrag. Hvor effektive tiltakene er for mikroplast fra dekkslitasjepartikler er fortsatt uvisst, og det er derfor behov for mer forskning.

Feiing av vegene har potensialet til å fange opp dekkslitasjepartikler (se Kapittel 2.3.4), men det er fortsatt varierende resultat fra ulike effektivitetsstudier. I følge Andersson-Sköld mfl. (2020) har nylig publiserte studier vist at noen gatefeiingsmaskiner klarer å fange opp både mikro-og nanopartikler. Mikroplast, gummi-og bitumen partikler (større eller lik 10 μm) har blitt fanget opp av gatefeiingsmaskiner. Et forslag til å øke effektiviteten av feiingen, som blir nevnt i rapporten av Andersson-Sköld mfl. (2020), er å koordinere feiingen med værvarslingen, for eksempel å feie banen før kraftige nedbørshendelser.

Tabell 4.6: Tiltak for å hindre spredning av dekkslitasjepartikler til miljøet

Snødeponering på passende områder på banen
Bruk av sil foran alle utløp
Rensetiltak for overvann (infiltrasjonsbasseng, våte-og tørre dammer, konstruert våtmark, grøft)
Gatefeiing (koordinert med værvarselet)

Som nevnt i forrige delkapittel, så er mangel på anerkjennelse fra myndigheter en av årsakene til at dekkslitasjepartikler som kilde til mikroplast blir oversett. Så et viktig steg for å kunne redusere utslipp av dekkslitasjepartikler til miljøet, er nemlig at myndighetene anerkjenner problemet, og begynner å stille krav til forurenserne. Så vidt jeg vet, er dette den første studien av mikroplastutslipp fra motorsportbaner i Norge, og skal man forstå hvilke tiltak som bør iverksettes, så må kunnskapshullene tettes og miljømyndig-

hetene må oppdatere sin kunnskap på denne saken. Som understreket av Andersson-Sköld mfl. (2020) så vil effekten av tiltakene avhenge av hvordan de implementeres. Effektiviteten på tiltakene kan styrkes dersom de kombineres med økonomisk støtte fra staten og gjennomføring av informasjonskampanjer (Andersson-Sköld mfl., 2020). Kostnadseffektivitetsvurderinger, nytte-analyser og fler-kriterievurderinger av de ulike tiltakene, burde gjennomføres for å vurdere potensielle fordeler. Igjen, for å gjennomføre en kostnadseffektivitetsvurdering kreves det informasjon om hvilken skade de nåværende utslippene påfører miljøet, og hvilke faktorer som påvirker skadene (Andersson-Sköld mfl., 2020). Som resultatene fra sedimentprøvene ved Rudskogen Motorsenter viser, så finnes det høye konsentrasjoner av TWP i grøftesedimentene langs kjørebanelen, og som potensielt kan spres ut i miljøet og nærliggende vassdrag dersom de ikke fanges opp og håndteres. Alt i alt, hvis man skal ta tak i dette problemet så er det nødvendig med flere utforskende studier.

5. Konklusjon

Ved bruk av en kombinasjonsmetode bestående av STA, FTIR og PARAFAC ble konsentrasjonen av dekkslitasjepartikler fra sedimenter langs grøftekanten på Rudskogen Motorsenter beregnet. Analysene som ble utført av NIBIO viste at TWP-konsentrasjonen varierte mellom 16 og 547 mg/g. De høyeste konsentrasjonene ble funnet i prøvene som ble tatt i inner-og yttersving og ved start/mål, altså steder som opplever en høy bremse- og akselerasjonsintensitet og frekvens.

En spørreundersøkelse ble sendt ut til tolv motorsportbaner i Norge og Norden for å undersøke hvordan/om de håndterer dekkslitasjepartikler som oppstår og spres fra deres bane. Basert på de tre svarene som ble mottatt, så ser det ut til at det ikke er noe spesielle tiltak som utføres for målrettet håndtering av dekkslitasjepartikler, men banene feies regelmessig etter løp. Bakgrunnen for mangelfulle tiltak kan være mangel på kunnskap og informasjon om hvilke helse- og miljøkonsekvenser dekkslitasjepartikler kan medføre og effektiviteten av TWP-tiltak som for eksempel gatefeieing, samt at banene mangler økonomiske insentiver og krav fra myndighetene til å innføre tiltakene. Det er fortsatt mye usikkerhet om mye av problematikken rundt dekkslitasjepartikler og en stor mangel på standardiserte og realistiske studier.

Det er viktig at potensialet og effektiviteten av de ulike tiltakene for å håndtere TWP forskes på og utvikles videre, for å sikre en trygg og bærekraftig håndtering av dekkslitasjepartikler i fremtiden. Basert på litteratur fra offentlig vei og kunstgressbaner ble følgende tiltak for å hindre spredning av allerede genererte TWP-partikler fra Telemark Ring-og andre motorsportbaner foreslått:

- snødeponering på passende områder på banen
- bruk av sil foran alle utløp
- rens tiltak for overvann (infiltrasjonsbasseng, våte-og tørre dammer, konstruert våtmark, grøft)
- gatefeieing (koordinert med værvarselet)

5.1 Videre forskning

Mikroplast fra dekkslitasjepartikler på motorsportbaner er, som nevnt i denne studien, et tema som er lite utforsket, og det finnes mange aspekter som er interessante å forske videre på. For eksempel:

- Hva er effektiviteten av feiing av motorsportbaner for å samle opp mikroplast fra dekkslitasjepartikler?
- Hvor mye mikroplast fra dekkslitasjepartikler spres til nærliggende vassdrag?

Referanser

- Action for environment* (2021). URL: <https://www.fia.com/action-environment>.
- Andersson-Sköld, Y., Johanesson, M., Gustafsson, M., Järleskog, I., Lithner, D., Polukarova, M. og Strömvall, A.-M. (2020). *Microplastics from tyre and road wear - A literature review*. Tekn. rapp. June: 131. DOI: [10.13140/RG.2.2.34478.54083](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34478.54083).
- Andresen, I. og Klingenberg, M. (2018). *Bildekk er den største kilden til mikroplast i Norge*. URL: <https://www.tu.no/artikler/bildekk-er-den-storste-kilden-til-mikroplast-i-norge-det-beste-tiltaket-er-a-ikke-kjore-bil/431427>.
- Ausili, A., Sánchez, M. og Gómez-Fernández, J. C. (2015). Attenuated total reflectance infrared spectroscopy: A powerful method for the simultaneous study of structure and spatial orientation of lipids and membrane proteins. *Biomedical Spectroscopy and Imaging* 4: 159–170. DOI: [10.3233/BSI-150104](https://doi.org/10.3233/BSI-150104).
- Bye, N. H. og Johnsen, J. P. (2019). *Assessment of tire wear emission in a road tunnel, using benzothiazoles as tracer in tunnel wash water*. Tekn. rapp. NMBU. URL: <http://hdl.handle.net/11250/2612289>.
- Bærekraft* (2021). URL: <https://www.acr.no/b%C3%A6rekraft>.
- Chang, X. d., Huang, H. b., Jiao, R. n. og Liu, J. p. (okt. 2020). Experimental investigation on the characteristics of tire wear particles under different non-vehicle operating parameters. *Tribology International* 150: 106354. DOI: [10.1016/j.triboint.2020.106354](https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106354).
- Chen, Z. og Prathaban, S. (2013). Modeling of Tyre Parameters' Influence on Transport Productivity for Heavy Trucks: 61. URL: <https://hdl.handle.net/20.500.12380/191805>.
- Countdown to zero* (2020). URL: https://corp.formula1.com/countdown-to-zero/#On_The_Track.
- Darbo, I. K. (2019). *Retention of Microplastic Particles in Road Side Ditches*. Tekn. rapp. NMBU. URL: <http://hdl.handle.net/11250/2628368>.
- Dekkimportørene (udatert). *Dekkslitasje*. URL: <https://dekkimportorene.no/gode-dekkraad/dekkslitasje/>.
- Enorm interesse for Telemark Ring* (2018). URL: <https://bilsport.no/enorm-interesse-for-telemark-ring/>.
- Find a Circuit* (2021). URL: <https://www.racingcircuits.info/find-a-circuit.html>.
- Folkehelseinstituttet (2018). *PAH*. URL: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/pah/>.
- Frisak, H. (2020). *Forretningsplan Telemark Ring*. Tekn. rapp.: 1–64.
- Frivoll, Å. (2019). *Oksidativt stress*. URL: https://sml.snl.no/oksidativt_stress.
- Furuset, I. S. og Rødland, E. S. (des. 2020). *Reducing the Release of Microplastic from Tire Wear: Nordic Efforts*. Tekn. rapp. NIVA: 42. DOI: [10.6027/NA2020-909](https://doi.org/10.6027/NA2020-909).

- Fylkesmannen i Vestfold og Telemark (2020). *Foreløpig uttalelse til reguleringsforslag - Notodden - Elgsjø - Telemark Ring - regionalt test- og motorsportanlegg.*
- Goodyear Presents New Tire Technology Designed to Advance the Performance of Electric Vehicles (2018). URL: <https://news.goodyear.eu/goodyear-presents-new-tire-technology-designed-to-advance-the-performance-of-electric-vehicles/>.
- Gottipolu, R. R., Landa, E. R., Schladweiler, M. C., McGee, J. K., Ledbetter, A. D., Richards, J. H., Wallenborn, G. J. og Kodavanti, U. P. (mar. 2008). Cardiopulmonary responses of intratracheally instilled tire particles and constituent metal components. *Inhalation Toxicology* 20 (5): 473–484. DOI: [10.1080/08958370701858427](https://doi.org/10.1080/08958370701858427).
- Grigoratos, T. og Martini, G. (feb. 2015). Non-exhaust traffic related emissions. Brake wear particle emissions: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 22 (4). DOI: [10.1007/s11356-014-3696-8](https://doi.org/10.1007/s11356-014-3696-8).
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Brorström-Lunden, E., Dahl, A., Gudmundsson, A., Hjort, M., Johansson, C., Jonsson, P. og Swietlicki, E. (2009). *NanoWear : nanopartiklar från slitage av däck och vägbana*. Tekn. rapp.: 75+4. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A675394&dswid=2749>.
- Halle, L. L., Palmqvist, A., Kampmann, K. og Khan, F. R. (mar. 2020). Ecotoxicology of micronized tire rubber: Past, present and future considerations. *Science of the Total Environment* 706. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.135694](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135694).
- Hann, S., Sherrington, C., Jamieson, O., Hickman, M., Kershaw, P., Bapasola, A. og Cole, G. (2018). *Investigation options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products*. Tekn. rapp.: 335.
- Henriksen, T. og Haave, M. (2021). *Mikroplast i gater og sandfang*. Tekn. rapp. Norce Miljø.
- Her kan du kjøre på bane* (2020). URL: <https://kna.no/bilsport/her-kan-du-kjore-pa-bane/>.
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E. og Svendsen, C. (mai 2017). *Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities*. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2017.01.190](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190).
- Ilgasheva, E. O., Yarmoshenko, I. V., Malinovskiy, G. P. og Seleznev, A. A. (2020). Anthropogenic Particles in the Snow Cover in the Area of the Ice Race Track. I: *Minerals: Structure, Properties, Methods of Investigation*. Springer, Cham: 79–88. DOI: [10.1007/978-3-030-49468-1_{11}](https://doi.org/10.1007/978-3-030-49468-1_{11}).
- Jacobsen, D. I. (2005). *Kvantitative metoder-datainnsamling*. Tekn. rapp.: 235–303.
- Jekel, M. (2019). *Scientific Report on Tyre and Road Wear Particles, TRWP, in the aquatic environment*. Tekn. rapp.: 1–35. URL: <https://www.tyreandroadwear.com/news/scientific-report-on-tyre-and-road-wear-particles-trwp-in-the-aquatic-environment/>.
- Kartverket (2021). *Norgeskart*. URL: <https://www.norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1003&zoom=13&lat=6586902.76&lon=287372.98&markerLat=6587193.616019698&markerLon=287477.35015511094&panel=searchOptionsPanel&sok=rudskogen>.
- Khan, F. R., Halle, L. L. og Palmqvist, A. (aug. 2019). Acute and long-term toxicity of micronized car tire wear particles to *Hyaella azteca*. *Aquatic Toxicology* 213. DOI: [10.1016/j.aquatox.2019.05.018](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.05.018).
- Klößner, P., Reemtsma, T., Eisentraut, P., Braun, U., Ruhl, A. S. og Wagner, S. (mai 2019). Tire and road wear particles in road environment – Quantification and assessment of particle

- dynamics by Zn determination after density separation. *Chemosphere* 222: 714–721. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2019.01.176](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.176).
- Kole, P. J., Löhr, A. J., Van Belleghem, F. G. og Ragas, A. M. (okt. 2017). Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(10). DOI: [10.3390/ijerph14101265](https://doi.org/10.3390/ijerph14101265).
- Korbøl, O. (2018). *Microplastics in freshwater sediments: An investigation of stream sediments downstream of artificial football turfs*. Tekn. rapp. Norwegian University of Life Sciences. URL: <http://hdl.handle.net/11250/2566868>.
- Kreider, M. L., Doyle-Eisele, M., Russell, R. G., McDonald, J. D. og Panko, J. M. (nov. 2012). Evaluation of potential for toxicity from subacute inhalation of tire and road wear particles in rats. *Inhalation Toxicology* 24(13): 907–917. DOI: [10.3109/08958378.2012.730071](https://doi.org/10.3109/08958378.2012.730071).
- Kulturdepartementet (2021). *Finn anlegg*. URL: <https://www.anleggsregisteret.no/finn-anlegg/>.
- De-la-Torre, G. E. (mai 2020). Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *Journal of Food Science and Technology* 57(5). DOI: [10.1007/s13197-019-04138-1](https://doi.org/10.1007/s13197-019-04138-1).
- Lusher, A., Bråte, I. L. N., Hurley, R., Iversen, K. og Olsen, M. (2017). *Testing of methodology for measuring microplastics in blue mussels (Mytilus spp) and sediments, and recommendations for future monitoring of microplastics (R & D-project)*. Tekn. rapp. 7209. URL: www.niva.no.
- Marwood, C., McAtee, B., Kreider, M., Ogle, R. S., Finley, B., Sweet, L. og Panko, J. (jul. 2011). Acute aquatic toxicity of tire and road wear particles to alga, daphnid, and fish. *Ecotoxicology* 20(8): 2079–2089. DOI: [10.1007/s10646-011-0750-x](https://doi.org/10.1007/s10646-011-0750-x).
- Mengistu, D., Nilsen, V., Heistad, A. og Kvaal, K. (sep. 2019). Detection and quantification of tire particles in sediments using a combination of simultaneous thermal analysis, fourier transform infra-red, and parallel factor analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(18). DOI: [10.3390/ijerph16183444](https://doi.org/10.3390/ijerph16183444).
- Mengistu, D., Heistad, A. og Coutris, C. (mai 2021). Tire wear particles concentrations in gully pot sediments. *Science of The Total Environment* 769: 144785. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.144785](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144785).
- Miljødirektoratet (2020a). *Mikroplast*. URL: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/mikroplast>.
- Miljødirektoratet (2020b). *Overvann*. URL: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/overvann/>.
- Miljødirektoratet (2021). *Mikroplast*. URL: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/mikroplast/>.
- Motorsport i Norge* (2015). URL: <http://kna-motorsport.no/>.
- Ore, S. og Helseth, L. E. (2020). *Carbon black*. URL: https://snl.no/carbon_black.
- Ottesen, R. T. og Støver, L. (2010). *Miljøgiftige gamle dekk*. URL: <https://www.tu.no/artikler/miljogiftige-gamle-dekk/254252>.
- Panko, J. M., Kreider, M. L., McAtee, B. L. og Marwood, C. (sep. 2013). Chronic toxicity of tire and road wear particles to water- and sediment-dwelling organisms. *Ecotoxicology* 22(1): 13–21. DOI: [10.1007/s10646-012-0998-9](https://doi.org/10.1007/s10646-012-0998-9).
- Plan- og bygningsloven (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. URL: <https://lovdata.no/lov/2008-06-27-71>.

- Sivertsen, E., Bruaset, S., Kvitsand, H. og Azrague, K. (2020). *Overvann fra veg - Praksis, status og problemstillinger for vegeier*. Tekn. rapp. SINTEF: 51.
- Svensson, N. og Andersson-sköld, Y. (2020). *Spridningsmodeller för mikroplast från däck- och vägslitage*. Tekn. rapp.: 39.
- Timmers, V. R. og Achten, P. A. (2016). *Non-exhaust PM emissions from electric vehicles*. DOI: [10.1016/j.atmosenv.2016.03.017](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.03.017).
- Universitetet i Oslo (2010). *Hva er Nettskjema*. URL: <https://www.uio.no/tjenester/it/adm-app/nettskjema/mer-om/>.
- Vegdirektoratet (2018). *Håndbok N200 Vegbygging*. Statens Vegvesen: 85–87. URL: www.vegvesen.no.
- Verschoor, A. og de Valk, E. (2018). *Potential measures against microplastic emissions to water*. Tekn. rapp.: 60. DOI: [10.21945/RIVM-2017-0193](https://doi.org/10.21945/RIVM-2017-0193).
- Vogelsang, C., Lusher, A., Dadkhah, M. E., Sundvor, I., Umar, M., Ranneklev, S. B., Eidsvoll, D. og Meland, S. (2019). *Microplastics in road dust – characteristics, pathways and measures*. Tekn. rapp.: 170. URL: <https://toi.brage.unit.no/toi-xmlui/handle/11250/2670146>.
- Wagner, S., Hüffer, T., Klöckner, P., Wehrhahn, M., Hofmann, T. og Reemtsma, T. (2018). *Tire wear particles in the aquatic environment - A review on generation, analysis, occurrence, fate and effects*. *Water Research* 139: 83–100. DOI: [10.1016/j.watres.2018.03.051](https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.051).
- Wik, A. og Dave, G. (jan. 2009). *Occurrence and effects of tire wear particles in the environment - A critical review and an initial risk assessment*. DOI: [10.1016/j.envpol.2008.09.028](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.09.028).
- Ziajahromi, S., Drapper, D., Hornbuckle, A., Rintoul, L. og Leusch, F. D. (apr. 2020). *Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland: Detection of tyre particles in sediment*. *Science of the Total Environment* 713. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.136356](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136356).
- Åstebøl, S.-O. og Dalen, H. (2020). *Naturbasert håndtering av forurenset overvann fra veg - Tiltakskatalog for transport og miljø*. URL: <https://www.tiltak.no/e-beskytte-eller-reparere-miljoeet/e2-luft-og-vannforurensning/e-2-5/>.

Vedlegg A. Prøvetakingsplan

Fremgangsmåte for sedimentprøver:

- 6 prøvepunkter langs banen (markert med røde flagg, figur [A.1](#)).
- Det blir tatt tre prøver fra hvert prøvetakingspunkt, ved tre forskjellige avstander fra vegen.
- Prøven tas innenfor et areal på 0.5x0.5 m, hvor man blander sammen tre prøver innenfor dette arealet, prøvene samles sammen i ett glass og blandes på labben.
- Prøvene tas i de øverste 5 cm av topplaget ved bruk av en sylinder med diameter lik 6 cm.



Figur A.1: Planlagte prøvetakingspunkter for sedimentprøver ved Rudskogen motorsenter. De planlagte punktene er (med klokken): ved start/mål, midt på langstrek/rettstrek, ytter - og innersving etter rettstrek, yttersving, yttersving før mål/start. Bakgrunnskart hentet fra Kartverket (2021).

Vedlegg B. Spørreundersøkelse

I spørreundersøkelsen fikk motorsportbanene følgende spørsmål:

General questions about the racetrack

1. What is the name of your racetrack?
2. How long has the track been in use (years)
3. How long is the track (in km)?
4. Which asphalt type is used on the track?
5. Does the asphalt contain any polymers?
 - Yes
 - No
 - Don't know
6. If yes, which polymers are present in the asphalt?
7. How far is it to the nearest lake or river/stream?

Questions about the usage of the racetrack

8. What type of vehicles use the racetrack?
 - race cars
 - trucks
 - buses
 - electrical race cars
 - autonome cars
 - passenger cars

- other
9. If other, what other vehicles?
 10. Is the track used for any other purposes than racing?
 11. Is the track in use during the winter season?
 - Yes
 - No
 - Don't know
 12. How many racing events take place on your track per year?
 13. What kind of racing events take place on the track? (List all of the different racing events)
 14. For each of the different racing events, how many vehicles participates in the race?
 15. For each of the different racing event, how many laps does one vehicle (in the race) drive?
 16. For each different racing events, what is the average speed during the race?

Questions about the management of tire wear particles and stormwater

17. Do you consider tyre wear particles as a problem of significance at the racetrack?
 - Yes
 - No
 - Don't know
18. If yes, what kind of problems are your experiencing with tire wear particles?
19. Are there any measures for managing tire wear particles?
20. If yes, what kind of measures?
21. Were there any demands or requirements from the government in terms of storm-water management?
 - Yes
 - No
 - Don't know

22. If yes, which?
23. Was stormwater management taken into account during the planning of the race-track?
- Yes
 - No
 - Don't know
24. If yes, what kind of measurements were implemented for stormwater handling?
25. How often is the racetrack swept for tire wear particles?
- annually
 - sesonally
 - monthly
 - weekly
 - after each race
 - during a race
 - never
 - other
26. What happens to the collected tire wear particles?
27. Do you remove snow from the track in the winter season?
- Yes
 - No
 - Don't know
28. If yes, where is the snow deposited after snow removal?

Further questions

29. Other comments or views you would like to add?

Vedlegg C. Vurdering fra NSD

26.4.2021

Meldeskjema for behandling av personopplysninger

NSD NORSK SENTER FOR FORSKNINGSDATA

NSD sin vurdering

Prosjekttittel

Masteroppgave dekkslitasjepartikler - spørreundersøkelse

Referansenummer

945562

Registrert

26.02.2021 av Helena Marie Amdal - helena.marie.amdal@nmbu.no

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet – NMBU / Fakultet for realfag og teknologi

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Vegard Nilsen, vegard.nilsen@nmbu.no, tlf: 4767231625

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Helena Marie Amdal, helenaamdal@gmail.com, tlf: 95008553

Prosjektperiode

25.02.2021 - 01.06.2021

Status

22.04.2021 - Vurdert anonym

Vurdering (1)

22.04.2021 - Vurdert anonym

Det er vår vurdering at det ikke skal behandles direkte eller indirekte opplysninger som kan identifisere enkeltpersoner i dette prosjektet, så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet den 22.04.2021 med vedlegg, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD.

Prosjektet trenger derfor ikke en vurdering fra NSD.

HVA MÅ DU GJØRE DERSOM DU LIKEVEL SKAL BEHANDLE PERSONOPPLYSNINGER?
Dersom prosjektopplegget endres og det likevel blir aktuelt å behandle personopplysninger må du melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Vent på svar før du setter i gang med behandlingen av personopplysninger.

<https://meldeskjema.nsd.no/vurdering/60256db3-62b5-4a27-b0d0-b7e859dd901d>

1/2

Figur C.1: NSD sin vurdering av spørreskjema (1/2)

26.4.2021

Meldeskjema for behandling av personopplysninger

VI AVSLUTTER OPPFØLGING AV PROSJEKTET

Siden prosjektet ikke behandler personopplysninger avslutter vi all videre oppfølging.

Kontaktperson hos NSD: Elizabeth Blomstervik

Lykke til med prosjektet!

Figur C.2: NSD sin vurdering av spørreskjema (2/2)



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway