



Institutt for bygg- og miljøteknikk

**Orientering om
Fordypningsprosjekt og Fordypningsemner
innen veg, transport og jernbane**



Høsten 2021

Faggruppe for veg, transport og (geomatikk)

*Arvid Aakre, Eirin Ryeng, Elias Kassa, Helge Mork,
Inge Hoff, James Odeck, Kelly Pitera, Thomas Jonsson, Torbjørn Haugen,
Tore Øivin Sager, Bjørn Ove Lerfald, Serji Amirkhanian, Trude Tørset,
Elena Scibilia, Albert Lau*

(Studieretning geomatikk er ikke omtalt i dette notatet.)

Forord

Dette notatet gir en oversikt over studiestrukturen for det siste studieåret ved det 5-årige og 2-årige masterstudiet innen studieretningene veg, transport og jernbane i bygg- og miljøteknikk. Her inngår en oversikt over sammenhengen mellom prosjekt- og masteroppgaven og en oversikt over de ulike hovedprofilene som kan velges og tilhørende fordypningsemne og fordypningsprosjekt.

Notatet gir en kort beskrivelse av veileders rolle og hvilke faglærere som kan være veiledere, samt deres kontaktinfo. Deretter følger en rekke oppgaveforslag til prosjekt- og masteroppgaver fordelt på teamene:

- Trafikkteknikk
- Transportplanlegging
- Trafikksikkerhet
- Vegplanlegging
- Vegteknologi
- Drift og vedlikehold av veg
- Jernbaneteknologi
- Drift og vedlikehold av jernbane

Vedlagt er også en oversikt over hvor man kan finne gjennomførte masteroppgaver fra tidligere år. Det betyr imidlertid sjelden at et tema er «oppbrukt». Det kan være aktuelt å bygge videre på en tidligere oppgave.

Det tas forbehold om feil i dette heftet. Jevnfør alltid med informasjonen som finnes på denne [siden](#) og denne [siden](#). På disse sidene finnes en oversikt over frister og andre formaliteter mht. prosjekt- og masteroppgaver.

Innholdsfortegnelse

Forord	2
1.0 Studiestruktur (siste studieår)	4
1.1 En oversikt	4
1.2 Komplementæremne	5
1.3 Valgbare emner og fordypningsemne	5
1.4 Fordypningsprosjekt	5
1.5 Masteroppgave	5
1.6 Sammenhengen mellom prosjekt- og masteroppgave	6
1.7 Oversikt over viktige frister	6
2.0 Hovedprofil	7
2.1 Generelt	7
2.2 Hovedprofil: Veg	7
2.3 Hovedprofil: Transport	10
2.4 Hovedprofil: Jernbane	12
2.5 Fordypningsprosjekt, høsten 2020	14
3.0 Veileder	17
3.1 Valg av veileder	17
3.2 Ansvars og rollefordeling.....	17
3.3 Faglæreres kontaktinformasjon.....	18
4.0 Tema for fordypningsprosjekt og masteroppgave (oppgaveforslag).....	21
4.1 Generelt.....	21
4.2 Trafikkteknikk.....	21
4.3 Transportplanlegging.....	31
4.4 Trafikksikkerhet.....	48
4.5 Vegplanlegging.....	50
4.6 Vegteknologi	51
4.7 Drift og vedlikehold av veger	65
4.8 Jernbaneteknologi	69
4.9 Drift og vedlikehold av jernbane	81
5.0 Vedlegg: Oversikt over tidligere oppgaver.....	89

1.0 Studiestruktur (siste studieår)

1.1 En oversikt

1.1.1 5-årig master

I 9. semester for det 5-årige masterstudiet i Bygg- og miljøteknikk studieretning Veg, transport og geomatikk skal det gjøres følgende emnevalg (hvert emne tilsvarer 7,5 studiepoeng):

- Et valgbart emne
- Et komplementært emne
- Et fordypningsemne
- Et fordypningsprosjekt

Semester	5-årig master			
10	TBA49XX Masteroppgave			
9	TBA45XX Fordypningsprosjekt	TBA4XXX Fordypningsemne	Komplementært emne	Valgbart emne

1.1.2 2-årig master

I det 9. semesteret for det 2-årige masterstudiet kan fordypningsprosjektet utgå, slik at man i stedet velger to valgbare emner. Etter spesiell avtale med faglærer kan det også velges emner blant de valgbare emnene fra 1. semester på studieretningen. Studieprogresjonen vil dermed se slik ut (hvert emne tilsvarer 7,5 studiepoeng):

- To valgbare emner (hvis man ikke ønsker å skrive fordypningsprosjekt)
- Et komplementært emne
- Et fordypningsemne

Semester	2-årig master			
10	TBA49XX Masteroppgave			
9	Valgbart emne	TBA4XXX Fordypningsemne	Komplementært emne	Valgbart emne

1.2 Komplementæremne

Det skal velges ett komplementæremne. Hvert av dem er på 7,5 studiepoeng. Det tas ikke hensyn til disse emnene ved time- og eksamensplanleggingen. Enkelte emner kan være adgangsbegrenset (se emneopptak).

En oversikt over valgbare komplementæremner finnes ved å følge denne [lenken](#), men dere må passe på at timeplaner og eksamensdatoer ikke kolliderer med de obligatoriske- og valgbare emnene.

1.3 Valgbare emner og fordypningsemne

De valgbare emne som kan velges, avhenger til dels av hovedprofilen. En oversikt over disse samt fordypningsemnet, er derfor skissert under hver enkelt hovedprofil i kapittel 2 Hovedprofil.

1.4 Fordypningsprosjekt

Fordypningsprosjektet er et selvstendig arbeid som utføres i samråd med en faglig veileder, vanligvis som en forstudie til masteroppgaven. Fordypningsprosjektet og dens tilknytning til masteroppgaven er nærmere skissert under kapittel 2.5 Fordypningsprosjekt, høsten .

1.5 Masteroppgave

Masteroppgaven er på 30 studiepoeng, og skrives i 10. semester. Læringsmål og nødvendig forkunnskaper er nærmere beskrevet på emnenes fagsider. Alle emner må være bestått og praksisattester levert før masteroppgaven kan tas ut. Dette er nærmere beskrevet her:

<https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Forutsetning+for+masteroppgave+-+sivilingeni%C3%B8r>

Fordypning	Masteroppgave	Fagside
Veg	TBA4940 Veg, masteroppgave	https://www.ntnu.no/studier/emner/TBA4940/
Jernbane	TBA4955 Jernbane, masteroppgave	https://www.ntnu.no/studier/emner/TBA4955/
Transport	TBA4945 Transport, masteroppgave	https://www.ntnu.no/studier/emner/TBA4945/

Det formelle uttaket av masteroppgaven er i midten av januar (endelig dato vil kunngjøres av fakultetet). Innleveringsdato er normalt 20 uker fra oppstartdato altså omtrent i midten av juni (endelig dato vil kunngjøres av fakultetet). Se: <https://www.ntnu.no/wiki/display/ibm/IBM+-+Prosjekt-+og+masteroppgave%2C+hovedprofilvalg>

1.6 Sammenhengen mellom prosjekt- og masteroppgave

Historisk sett har fordypningsprosjektet og masteroppgaven ført til to selvstendige rapporter, selv om masteroppgaven ofte ble en videreføring av det som var utført i fordypningsprosjektet. Siden høsten 2015 har fordypningsprosjektet¹ for veg, transport og jernbane fungert som et forberedende arbeid for masteroppgaven. Samtidig ble det innført en serie obligatoriske seminarer som har til hensikt å gi større kunnskap om vitenskapelige arbeidsmetoder. Selve masteroppgaven kan skrives som enten en tradisjonell masteroppgave eller en vitenskapelig artikkel². Mer informasjon vil bli gitt til de som velger å skrive en vitenskapelig artikkel.

1.7 Oversikt over viktige frister

En oversikt over viktige frister finnes her: <https://www.ntnu.no/wiki/display/ibm/IBM+-+Prosjekt-+og+masteroppgave%2C+hovedprofilvalg>.

¹ Prosjektoppgaven skal resultere i en rapport med en problemstilling/forskningsspørsmål, et litteraturstudium, et vitenskapelig abstrakt og en plan for gjennomføringen av masteren.

² Masteroppgaven består av en vitenskapelig artikkel (på maksimalt 25 sider/10 000 ord) som kan leveres til et fagblad eller publiseres i en journal. Arbeidet kan også lede til en presentasjon på en konferanse.

2.0 Hovedprofil

2.1 Generelt

Hvilket fordypningsemne og fordypningsprosjekt man skal ha, avhenger av hvilken hovedprofil man har valgt. Ved institutt for bygg- og miljøteknikk innen faggruppe Veg, transport og geomatikk tilbys følgende tre hovedprofiler:

- Veg
- Jernbane
- Transport

For hvert av disse områdene tilbyr faggruppene et fordypningsemne. Disse er:

- TBA4340 Rehabilitering og drift av veger (for veg)
- TBA4345 Bærekraftsutfordringer i transport (for transport)
- TBA4222 Avansert jernbaneteknikk (for jernbane)

Prosjektoppgaven skrives som et forprosjekt til masteroppgaven (7,5 studiepoeng). Frist for å levere skjemaet der blant annet tema og veileder for projektoppgaven oppgis og frist for å velge studieprofil finnes [her](#). Det betyr at de ulike fordypningene har følgende korresponderende fordypningsprosjekt og fordypningsemne:

Fordypning	Fordypningsemne	Fordypningsprosjekt (FDP) ³
Veg	TBA4340 Rehabilitering og drift av veger	TBA4541 Veg, FDP
Jernbane	TBA4222 Avansert jernbaneteknikk	TBA4590 Jernbane, FDP
Transport	TBA4345 Bærekraftsutfordringer i transport	TBA4542 Transport, FDP

2.2 Hovedprofil: Veg

Det siste studieåret for studenter som har valgt hovedprofilen veg, ser slik ut:

Semester	Hovedprofil: Veg			
10	TBA4940 Veg, masteroppgave			
9	TBA4541 Veg, fordypningsprosjekt ⁴	TBA4340 Rehabilitering og drift av veger	Komplementært emne	Valgbart emne

³ Fordypningsprosjektet er obligatorisk for studenter i 5-årig løp, mens studenter i 2-årig løp kan velge fordypningsprosjekt dersom de ønsker det. Om de velger det bort, må emnet erstattes av et valgbart emne.

⁴ For studenter i 2-årig løp kan dette emnet erstattes av et valgbart emne.

2.2.1 Valgbare emner

Studenter i 5-årig løp skal velge ett valgbart emne, mens studenter i 2-årig løp skal velge to valgbare emner. Studenter i 5-årig løp kan etter spesiell avtale med faglærer velge et emne blant valgbare emner fra 7. semester, mens studenter i 2-årig løp etter spesiell avtale med faglærer kan velge emner blant de valgbare emnene fra 1. semester på studieretningen. En oversikt over valgbare emner finnes [her](#).

2.2.2 Fordypningsemne: TBA4340 Rehabilitering og drift av veger

Faglig innhold

Ved rehabilitering og drift av veger er det nødvendig med helhetlig tenkning for å sikre best mulig resultat for tilgjengelig midler. Sentrale tema innen emnet vil være: Vinterdrift (friksjon, salting, strøing, vegmeteorologi), undersøkelsesmetoder for eksisterende veger, analyse av eksisterende veger og dimensjonering av rehabilitering. Optimalisering av dekkevedlikehold (PMS), vinterdrift og drift av tekniske installasjoner (tunneler, bruer osv.).

Ansvarlig faglærer: Alex Klein-Paste

Læringsmål

Kunnskaper:

- Metoder for tilstandskartlegging av eksisterende veger
- Avansert materialprøving og modellering av tilstandsutvikling
- Optimalisering av dekkevedlikehold
- Strategisk planlegging av vintervedlikehold.

- Frost og teleproblemer

Ferdigheter:

- Kunne gjennomføre analyser av eksisterende veger
- Dimensjonere rehabiliteringstiltak.

Generell kompetanse:

- Gjennomføre matematisk modellering av et faglig problem
- Optimalisere vedlikehold av et teknisk objekt
- Forstå konsekvenser av valg i byggefasen for driftsfasen
- Utvikle et helhetssyn på rehabiliteringsprosjekter.

Anbefalte forkunnskaper

TBA4204 BM3 Transportinfrastruktur, TBA4203 Vegplanlegging og TBA4218
Vegteknologi.

2.3 Hovedprofil: Transport

Det siste studieåret for studenter som har valgt hovedprofilen transport, ser slik ut:

Semester	Hovedprofil: Transport			
10	TBA4945 Transport, masteroppgave			
9	TBA4542 Transport, fordypningsprosjekt ⁵	TBA4345 Bærekraftsutfordringer i transport	Komplementært emne	Valgbart emne

2.3.1 Valgbare emner

Studenter i 5-årig løp skal velge ett valgbart emne, mens studenter i 2-årig løp skal velge to valgbare emner. Studenter i 5-årig løp kan etter spesiell avtale med faglærer velge et emne blant valgbare emner fra 7. semester, mens studenter i 2-årig løp etter spesiell avtale med faglærer kan velge emner blant de valgbare emnene fra 1. semester på studieretningen. En oversikt over valgbare emner finnes [her](#).

2.3.2 Fordypningsemne: TBA4345 Bærekraftsutfordringer i transport

Faglig innhold

Strategier for å oppnå bærekraftig transport: Bedre kollektivt transporttilbud, restriksjoner på biltrafikk, teknologi som gir mindre utslipp, godstransport som tar mer hensyn til naturmiljøet. Vurdering av hvordan transportsystemet kan bringes til å betjene utsatte grupper på en bedre måte. Ingeniørmessige tiltak for å forbedre flyten i kollektivtrafikken; ITS og miljøkonsekvenser av transport; andre tiltak i transportsektoren for å beskytte miljøet, redusere

⁵ For studenter i 2-årig løp kan dette emnet erstattes av et valgbart emne.

energiforbruket og bekjempe klimaendring. I tillegg behandles bærekraft-tema som er aktuelle i offentlig og faglig debatt om samferdselsspørsmål.

Ansvarlig faglærer: Eirin Ryeng

Læringsmål

Kunnskaper

Kandidaten skal ha kunnskap om:

- Bærekraftsproblemene i person- og godstransport
- Kollektiv transport og andre strategier for å gjøre transportsektoren mer bærekraftig
- Trafikktekniske tiltak mot miljøforringelser.

Ferdigheter

Kandidaten kan:

- Gjennomføre analyser av miljøvirkninger av ulike kjøremønstre ved hjelp av moderne programpakker
- Rapportere om miljøkonsekvensene av terminaler for godstransport
- Drøfte fordeler og ulemper ved ingeniørmessige tiltak som kan forbedre kollektiv transport i byer.

Generell kompetanse

Kandidaten kan:

- Tilegne seg og presentere engelskspråklige forskningsresultater om bærekraftig transport
- Gjøre rede for bærekraftmålets ulike konsekvenser for transport
- Orienterer seg i internasjonal faglitteratur innen feltet og identifisere relevant litteratur for egne studier
- Samarbeide med andre fagfolk og politikere om transportrelaterte miljøtiltak.

Anbefalte forkunnskaper

Bygger delvis på emnene TBA4291 Transportanalyse, TBA4286 Trafikkavvikling og ITS, TBA4315 Kostnader og nytte ved samferdselsanlegg og TBA4320 Trafikksikkerhet og risiko.

2.4 Hovedprofil: Jernbane

Det siste studieåret for studenter som har valgt hovedprofilen jernbane, ser slik ut:

Semester	Hovedprofil: Jernbane			
10	TBA4955 Jernbane, masteroppgave			
9	TBA4590 Jernbane, fordypningsprosjekt ⁶	TBA4222 Avansert jernbaneteknikk	Komplementært emne	Valgbart emne

2.4.1 Valgbare emner

Studenter i 5-årig løp skal velge ett valgbart emne, mens studenter i 2-årig løp skal velge to valgbare emner. Studenter i 5-årig løp kan etter spesiell avtale med faglærer velge et emne blant valgbare emner fra 7. semester, mens studenter i 2-årig løp etter spesiell avtale med faglærer kan velge emner blant de valgbare emnene fra 1. semester på studieretningen. En oversikt over valgbare emner finnes [her](#).

2.4.2 Fordypningsemne: TBA4222 Avansert jernbaneteknikk

Faglig innhold

Geometrisk design, hastighetsoptimalisering, spordynamikk, kjørekomfort, uregelmessigheter i spor og skademekanismer, sikkerhet ved avsporing, design av bærelag, samvirke mellom kjøretøy og spor, risiko og usikkerhet.

Ansvarlig faglærer: Elias Kassa

⁶ For studenter i 2-årig løp kan dette emnet erstattes av et valgbart emne.

Læringsmål

Kunnskaper

- Trafikklastestimering og design av kjørebane for sporoverbygning.
- Samvirke mellom kjøretøy og spor.
- Ny utvikling av bane for høyhastighetstog.
- Dynamiske egenskaper for sporkomponenter.

Ferdigheter

Kandidaten kan:

- Kunne gjennomføre geometrisk design av spor ved hjelp av dataverktøy, f.eks. Novapoint.
- utføre hastighetsberegninger på grunnlag av sporgeometri og togets egenskaper.
- Dimensjonere sporoverbygning og velge rette sporkomponenter.
- Velge riktige ballastmaterialer og gradering.

Generell kompetanse

Kandidaten kan:

- de generelle prinsipper for geometri og design av jernbanespor
- forstå jernbanesystemer på ulike nivå og forstå ulike kompetansenivåer som trengs innenfor jernbane
- planlegge spor ved hjelp av dataverktøy.

Anbefalte forkunnskaper

Kunnskaper tilsvarende emne TBA4225 Jernbaneteknikk.

2.5 Fordypningsprosjekt, høsten 2020

2.5.1 Generelt

Fordypningsprosjektet er et selvstendig arbeid som utføres i samråd med en faglig veileder, vanligvis som en forstudie til masteroppgaven.

Masteroppgaven kan utføres:

1. Individuelt.
2. I gruppe med individuell bedømmelse.
3. I gruppe med felles bedømmelse.

Alle studenter har krav på å få utføre masteroppgaven individuelt. Alternativ 2 og 3 kan velges hvis veileder godtar det og studentene selv setter sammen gruppen. Ved alternativ 2 skal den enkelte students bidrag kunne skilles ut. Ved utførelse i gruppe skal studentene på forhånd inngå skriftlig avtale om forholdet. Avtalepartene er studentene i gruppen og veileder.

Fordypningsprosjektene er alle på 7,5 studiepoeng hver, og har alle de samme læringsmålene. Disse er skissert under. I tillegg er anbefalte forkunnskaper for alle fordypningsprosjektene «bestått eksamen i nødvendige grunnlagsemner for prosjektarbeid».

2.5.2 Læringsmål

Kunnskaper

Studentene skal ha kunnskap om: Hvordan fordype seg i et spesifikt tema innen valgt fagområde gjennom vitenskapelige arbeidsmetoder.

Ferdigheter

Studenten skal kunne: Innhente kompletterende kunnskap gjennom registreringer, litteraturstudier og annet kildesøk og kombinere dette med teoretisk kunnskap.

Generell kompetanse

Studenten kan: Gjennomføre et større selvstendig prosjektarbeid, inklusive å utarbeide en prosjektplan med milepæler, rapportere delresultater og skrive en projektrapport i henhold til vedtatte standarder.

2.5.3 Læringsformer og aktiviteter

Selvstendig prosjektarbeid med veiledning.

2.5.4 TBA4541 Veg, fordypningsprosjekt

Faglig innhold

Tema for prosjektarbeidet kan være av utrednings- eller forskningskarakter, eller i tilknytning til samferdselsanlegg under planlegging, bygging eller drift. Aktuelle oppgaver for prosjektarbeidet kan være innenfor planlegging, bygging, drift eller vedlikehold av veg- og jernbane infrastruktur. Arbeidet skal munne ut i en prosjektrapport. Prosjektarbeidet kan eventuelt utformes som et forprosjekt til masteroppgaven.

Faglærere

Ansvarlig faglærer:	<i>Førsteamanuensis Helge Mork</i>
Øvrige faglærere:	Professor Inge Hoff, Professor Alex Klein-Paste, Førsteamanuensis Helge Mork, Førsteamanuensis Kelly Pitera, Professor II Bjørn Ove Lurfald, Professor II Serji Amirkhanian.

2.5.5 TBA4542 Transport fordypningsprosjekt

Faglig innhold

Tema for prosjektarbeidet kan være av utrednings- eller forskningskarakter, eller i tilknytning til samferdselsanlegg under planlegging, bygging eller drift. Aktuelle oppgaver for prosjektarbeidet kan være innenfor trafikk- eller transportrelaterte emner som for eksempel trafikkteknikk, intelligente transportsystemer (ITS), trafiksikkerhet, kollektivtransport, miljø, transportanalyse og trafikkplanlegging. Arbeidet skal munne ut i en prosjektrapport. Prosjektarbeidet kan eventuelt utformes som et forprosjekt til masteroppgaven.

Faglærere

Ansvarlig faglærer:	<i>Førsteamanuensis Eirin Olaussen Ryeng.</i>
Øvrige faglærere:	Amanuensis Arvid Aakre, Professor Thomas Jonsson, Professor II James Odeck, Førsteamanuensis Eirin Olaussen Ryeng, Professor Trude Tørset.

2.5.6 TBA4590 Jernbane fordypningsprosjekt

Faglig innhold

Tema for prosjektarbeidet kan være av utrednings- eller forskningskarakter, eller i tilknytning til samferdselsanlegg under planlegging, bygging eller drift. Aktuelle oppgaver for prosjektarbeidet kan være innenfor planlegging, bygging, drift eller vedlikehold av jernbaneinfrastruktur. Arbeidet skal munne ut i en prosjektrapport. Prosjektarbeidet kan eventuelt utformes som et forprosjekt til masteroppgaven.

Faglærere

<i>Ansvarlig faglærer:</i>	<i>Professor Elias Kassa</i>
<i>Øvrige faglærere:</i>	Førsteamanuensis Albert Lau, Professor Inge Hoff, Professor Thomas Jonsson, Professor Alex Klein-Paste, Førsteamanuensis Helge Mork, Professor II James Odeck, Førsteamanuensis Kelly Pitera

3.0 Veileder

3.1 Valg av veileder

Når du vet hvilket tema en ønsker å skrive innenfor, må du kontakte en av universitetets aktuelle faglærere for å høre om de vil være veileder. «*Faglærer skal være NTNU-ansatt i stilling som professor, professor II, førsteamanuensis eller universitetslektor/amanuensis. Dette gjelder også om oppgaven utføres utenfor NTNU*». Mulige veileder for hver av oppgaveforslagene, er skissert under hver enkelt oppgave, mens kontaktinformasjonen til de ulike faglærerne innen veg, transport og jernbane er gitt i kapittel 3.3 Faglæreres kontaktinformasjon.

3.2 Ansvars og rollefordeling

Faglærers primære rolle er å gi studenten faglig veiledning, noe som for eksempel kan innebære å gi råd om formulering og avgrensning av tema og problemstilling, gi hjelp til orientering i faglitteraturen eller lese gjennom oppgaven og komme med tilbakemeldinger.

Det er studentens ansvar å:

- Avtale første veiledningstidspunkt
- Evt. foreta risikovurdering av prosjektarbeidet i samråd med veileder i tråd med NTNUs og fakultetsspesifikke retningslinjer for dette
- Avklare med veileder hvor ofte og hvordan veiledning skal finne sted, samt hvor tilgjengelig veileder skal være for studenten
- Utarbeide en fremdriftsplan for arbeidet i samråd med veileder
- Sammen med veileder holde oversikt over antall brukte veiledningstimer
- Gi veileder nødvendig skriftlig materiale i rimelig tid for veiledning skal finne sted
- Holde veileder/instituttet orientert om fremdriften i arbeidet med masteroppgaven
- Søke om endringer i avtalen på eget skjema iht. NTNUs studieforskrift, utfyllende bestemmelser og evt. fakultetsspesifikke regler
- Skriftlig melde fra til veileder og institutt dersom han/ hun avbryter studiet
- Si ifra til Trude om ting ikke fungerer!

3.3 Faglæreres kontaktinformasjon

Alex Klein-Paste

Professor

E-post: alex.klein-paste@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-042

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/alex.klein-paste>

Arvid Aakre

Førsteamanuensis / Leder for Trafikkteknisk senter

E-post: arvid.aakre@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-055

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/arvid.aakre>

Eirin Ryeng

Førsteamanuensis

E-post: eirin.ryeng@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-037

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/eirin.ryeng>

Elias Kassa

Professor

E-post: elias.kassa@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-042

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/elias.kassa>

Helge Mork

Førsteamanuensis

E-post: helge.mork@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-052

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/helge.mork>

Inge Hoff

Professor

E-post: inge.hoff@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-051

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/inge.hoff>

James Odeck

Professor

E-post: james.odeck@ntnu.no

Kontorlass: Vegdirektoratet (Oslo) / Av og til i Trondheim

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/james.odeck>

Kelly Pitera

Førsteamanuensis

E-post: kelly.pitera@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-045

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/kelly.pitera>

Thomas Jonsson

Professor

E-post: thomas.jonsson@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-046

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/thomas.jonsson>

Torbjørn Haugen

Førstelektor

E-post: torbjorn.haugen@ntnu.no

Kontorlass: Statens Vegvesen (Trondheim)

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/torbjorn.haugen>

Tore Øivin Sager

Professor emeritus

E-post: tore.sager@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-039

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/tore.sager>

Bjørn Ove Lerfald

Professor II

E-post: bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

Kontorlass: Veidekke kompetansesenter Trondheim

Mer info: <https://www.ntnu.no/ansatte/bjorn.ove.lerfald>

Serji Amirkhanian

Professor II

E-post: serji.amirkhanian@gmail.com

Kontorlass: Clemson, South Carolina, USA

Mer info: <http://eng.ua.edu/people/samirkhanian/>

Trude Tørset

Professor

E-post: trude.torset@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-047

Mer info: <http://www.ntnu.no/ansatte/trude.torset>

Ed McCormack

Professor II

E-post: edm@uw.edu

Kontorlass: University of Washington. USA

Mer info:

<https://www.ce.washington.edu/people/faculty/mccormacke>

Elena Scibilia

Forsker

E-post: elena.scibilia@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget, rom 2-046

Mer info: <https://www.ntnu.no/ansatte/elena.scibilia>

Albert Lau

Førsteamanuensis

E-post: albert.lau@ntnu.no

Kontorlass: Lerkendalsbygget

Mer info: <https://www.ntnu.no/ansatte/albert.lau>

4.0 Tema for fordypningsprosjekt og masteroppgave (oppgaveforslag)

4.1 Generelt

Oppgaveforslagene som blir presentert her er aktuelle både med tanke på prosjekt- og masteroppgaver. Alle forslagene må sees på som et utgangspunkt, og endelig problemstilling vil bli avklart i samarbeid mellom student og veileder. Flere av oppgavene vil også ha naturlige samarbeidspartnere i for eksempel Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Nye veier, Jernbanedirektoratet eller Bane NOR.

4.2 Trafikkteknikk

4.2.1 Reisetid

Det er mange forskningsoppgaver innen dette temaet som egner seg som prosjekt- og masteroppgaver. Eksempler på problemstillinger er:

1. Reisetider i by med blandet trafikk (bil, buss, syklist, fotgjengere).
 - Kan vi registrere reisetid for ulike grupper?
 - Hvordan fungerer dagens algoritmer?
 - Hvordan beregnes reisetid i ulike systemer?
2. Prediksjon av reisetid
 - Hvordan blir reisetiden om 5, 10, 15 ...60 minutter?
 - Hvilken reisetid kan vi forvente i morgen, neste uke, neste måned?
3. Ulike anvendelser av teknologien
 - Hvordan bruke reisetider for bil og sykkel til trafikkinformasjon og i modeller
 - Bruk av reisetidsteknologi for å vurdere og forbedre trafikkavviklingen og til trafikkstyring
4. Vurdering av nye muligheter med blåtannteknologien
 - Er det mulig å registrere punktdata med blåtann?
 - Hvilken kvalitet kan vi i tilfelle få?

Vi har ulike teknologier for innsamling og bearbeiding av data for å estimere reisetid på en vegstrekning. En oppgave på dette feltet kan derfor gjerne knyttes til innsamling og analyse av data. Vi har også mobile enheter som kan flyttes rundt. Blåtann gir nye utfordringer i metoder og algoritmene enn bruk av brikker, men blåtann er en langt billigere teknologi som vi ønsker mer kunnskap om.

4.2.2 Trafikkregistreringsutstyr

Statens Vegvesen har et omfattende system for registrering av trafikkdata langs vegnettet. I Trondheim har Statens vegvesen etablert et større testområde for trafikkregistreringsutstyr. Her finnes en rekke sensorer for registrering av parametere knyttet til vegtrafikk (kjøretøy, fotgjengere og syklistere). Trafikkteknisk senter ved NTNU deltar aktivt i bruk av testområdet for uttesting ulike typer utstyr under ulike trafikk, vær og føreforhold. Det er ønskelig at studentene skal bidra med oppgaver som en del av forskningen innen dette området. Typisk vil en oppgave være å teste og vurdere en eller flere utstyrsenheter for å få en oversikt over styrker og svakheter ved de ulike teknologier og registreringsenheter. Oppgavene vil naturlig inneholde praktisk feltforsøk.

4.2.3 Testing av sensorer for sykkelteilinger under vinterforhold

Vegdirektoratet ønsker uttesting av sensorer for teiling av sykler vinterstid. Hvor mye snø, is osv. tåles før en sykkel ikke registreres? Testing i NTNU's vinterlab kan være aktuelt.

4.2.4 Elektronisk datainnsamling og personvern

Vi samler ofte inn trafikkdata i punkt langs vegen selv om vi ofte er interessert i streknings- og områdedata. Dette forutsetter ofte at vi kan identifisere og kjenne igjen kjøretøy. Det kan skape konflikt med personvern, men vi ønsker å arbeide videre med anonyme metoder for slike registreringer. Vi ønsker et system der bilene kan kommunisere med hverandre og utstyr langs vegen for å gjøre datainnsamlingen mer effektiv både med hensyn til kvalitet og kostnader.

4.2.5 Kontinuerlige reisetidsregistreringer med GPS

De fleste biler er i dag utstyrt med en GPS som kontinuerlig registrerer kjøretøyets plassering, hastighet etc. To av de største leverandørene av slike system (TomTom og Garmin) har utviklet løsninger der slike data fra enkeltkjøretøy blir sendt til en sentral

database. Her har vi data for bevegelsene til svært mange kjøretøy, og det gir en unik mulighet til å analysere blant annet reisemønster, rutevalg, hastighet og reisetid.

Hensikten med en oppgave innen dette temaet kan være å få bedre kjennskap til kvaliteten på slike data og hvordan vi kan bruke dette sammen med andre trafikkdata. Samarbeid med leverandører og Statens vegvesen.

Kontaktpersoner v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Torbjørn Haugen og Arvid Aakre

4.2.6 Weigh In Motion

Statens vegvesen har de siste årene etablert en del WIM-punkt (Weigh In Motion). Vektdata er etterspurt i forbindelse med effektive kontroll av tunge kjøretøy, nedbrytning/slitasje på vegnettet, aksellastrestriksjoner på bruer og trafikkstatistikk generelt. Utfordringen med WIM data er å få et system som sikrer kvalitet på data over tid. I dag vet vi at data er bra i perioden etter kalibrering av punktet, men vi ser samtidig at kvaliteten reduseres over tid. En utfordring er å finne hvilke faktorer som påvirker dette, og hvordan man skal legge opp et system for oppfølging og kalibrering skal WIM-punktene.

Trafikkteknisk senter ved NTNU deltar aktivt uttesting av WIM-punktene. Vi ønsker studenter som kan bidra med oppgaver som en del av forskningen. En typisk vil en oppgave være å følge opp et eller flere punkt over tid for å studere hvordan kvaliteten på data varierer over tid, forsøke å forklare hvilke faktorer som påvirker datakvaliteten og skissere et system for oppfølging av punktene. Oppgaven vil naturlig inneholde praktisk feltforsøk.

Vi har også et større prosjekt der vi ser på bruk av vektdata fra ATK-punkter (automatisk trafikk-kontroll). Her er det flere deloppgaver og problemstillinger som egner seg godt som prosjekt-/masteroppgaver.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Torbjørn Haugen og Arvid Aakre

4.2.7 AIMSUN

AIMSUN er den mest brukte simuleringsmodellen for trafikk i Norge. Modellen benyttes både til modellering både på mikro- og meso-nivå. På samme måte som med SIDRA er det en rekke utfordringer med hensyn bruk av modellen for norske forhold. Det er behov for uttesting av delmodeller i modellen (for eksempel vikeplikt, prioritering, car-following, feltutnyttelse, feltskifte, fartsvalg etc.). I tillegg ønsker vi å benytte modellen på praktiske

case og sammenligne med observert trafikkavvikling. Vi har god kontakt med utviklermiljøet i Spania og kan formidle denne kontakten ved behov.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.8 SIDRA

I SIDRA er det mulig å modellere nettverk i tillegg til enkeltstående kryss. Trafikkteknisk senter ved NTNU er norsk kontakt for modellen SIDRA, og vi ønsker å teste ut de nye mulighetene i modellen. Vi har god kontakt med utviklermiljøet i Australia.

En aktuell oppgave inn mot dette forskningstemaet vil kunne være teoretisk eller praktisk vinklet. For eksempel kan det være aktuelt å gjøre modellberegninger med ulike modeller og sammenligne disse. En annen vinkling kan være å modellere et område i SIDRA, og sammenligne modellberegninger mot virkelige observasjoner. Videre er det aktuelt å gjøre modellen enda mer tilpasset norske forhold med hensyn til standardverdier, kryssutforming osv. Det er også aktuelt å jobbe med tilfartskontroll i rundkjøringer, prioritering av ulike kjøretøygrupper osv. Her er det mange og spennende muligheter og utfordringer.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.9 Andre modeller

Modellene vi bruker mest for å vurdere trafikkavvikling er SIDRA og AIMSUN. Men Trafikkteknisk senter har også anskaffet en del andre modeller for trafikkavvikling som vi ønsker å teste ut. Dette gjelder for eksempel:

- VISSIM og PARAMICS for mikrosimulering
- TRANSYT for samkjøring av signalanlegg
- ARCADY/PICADY/OSCADY samt DANCAP og CAPCAL for enkeltkryss

Alle disse modellene er gode alternativer til SIDRA og AIMSUN. Vi ønsker å test ut disse modellene for å få bedre oversikt over virkemåte, bruksområde og praktisk bruk. Vi har kontakt med utviklermiljøene og kan skaffe nødvendig hjelp og dokumentasjon.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.10 Veileder for mikrosimulering

Flere land har utviklet gode veiledere for hvordan en skal utføre prosjekter innen mikrosimulering. Våren 2019 har Asplan Viak i samarbeid med Cowi og NTNU utarbeidet

en første utgave av en norsk veileder på oppdrag fra Statens vegvesen. Veilederen er ikke fullstendig, og dette arbeidet må videreføres. En aktuell oppgave vil være å se på aktuelle veiledere fra andre land og teste ut en del problemstillinger som kan være grunnlag for en mer fullstendig norsk veileder.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.11 Kapasitet og avviklingskvalitet

Statens vegvesen sine tidligere håndbøker for Kapasitet og avvikling i kryss (HB127) og på strekning (HB 159) baserer seg i stor grad på utenlandske metoder (HCM, engelske og tyske metoder) som er tilpasset norske forhold. Trafikkteknisk senter ved NTNU arbeider med utvikling av metodene og vurderinger av hvordan nye metoder kan tilpasses norske forhold. Vi ønsker derfor oppgaver inn mot dette forskningstemaet.

En typisk oppgave kan være å vurdere eksisterende og nye metoder opp mot praktiske case for å se hvor gode metodene er for ulike forhold. En oppgave kan også være å vurdere utvalgte parametere i datagrunnlaget i noen av de nye metodene for å se hvordan dette ev. må tilpasses norske forhold. Aktuelle metoder i andre nordiske land samt HCM kan være et fornuftig utgangspunkt for oppgaven. Oppgaven kan også kobles inn mot mikrosimulering og AIMSUN. I AIMSUN er det en delmodell for avvikling på 2- og 3-felts veger som er lite uttestet.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.12 Nye kryssløsninger

Problemer med avvikling og sikkerhet i ulike krysstyper er ofte knyttet til venstresving. Når du skal svinge til venstre i et kryss har du liten prioritet og mange andre å ta hensyn til. Dette vil ofte føre til problemer både for avvikling og sikkerhet. Hensikten med denne oppgaven er å foreslå og modellere nye kryssløsninger. Det finnes mange muligheter som i liten grad er vurdert for norske forhold. Oppgaven kan gjerne inkludere både vegutforming, trafikkavvikling, trafiksikkerhet og trafikantatferd.

Målsettingen er å finne fram til nye løsninger som kan bli et viktig bidrag til norske vegnormaler.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.13 Prioritering av kollektivtrafikk i ulike kryssløsninger

Det er stadig mer aktuelt å prioritere kollektivtrafikk i byer og tettsteder. Vi har lang erfaring

med dette i signalregulerte kryss, men foreløpig er det gjort langt mindre i rundkjøringer og forkjørsregulerte kryss. Men det er et stort potensiale for å prioritere kollektivtrafikk også i disse krysstypene. Oppgaven kan gå ut på å vurdere ulike måter dette kan gjøres på, foreslå løsninger og modellere dette. Det kan også være aktuelt å gjøre praktiske forsøk. Oppgaven kan gjerne knyttes opp mot innføring og prioritering av Metrobuss.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.14 Elektronisk Kollektivfelt

I samarbeid med Viken fylkeskommune jobber vi med en ny løsning for prioritering av kollektivtrafikk. Vi har foreløpig kalt dette elektronisk kollektivfelt som et alternativ til fysisk kollektivfelt. Tanken er at vi stopper annen trafikk slik at bussen kan kjøre forbi et antall biler via motgående felt. Dette kan være en god og effektiv løsning der det er skjev retningsfordeling og en nedstrøms flaskehals. Her vil vi gjerne ha med studenter både på videreutvikling, modellering og evaluering.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.15 Modellering av tunge kjøretøy i stigninger

Vi har utarbeidet en modell for tunge kjøretøy i stigninger og hvordan de påvirker avviklingskvalitet. Vi ønsker å videreutvikle disse modellene samt gjøre observasjoner av praktisk trafikkavvikling. Dette har stor betydning både for vegutforming og avviklingskvalitet. Innsamling av data direkte fra kjøretøy kan være en god datakilde.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.16 Modellering av forbikjøringer

På moderne to- og tre-felts veger med midtdeler har vi en del relativt korte strekninger med forbikjøringsmulighet. Det har vært en del diskusjon om hvordan disse fungerer med hensyn til avvikling og sikkerhet. Det vil være meget nyttig å få større forståelse for hvordan disse forbikjøringsstrekningene fungerer. Det er naturlig å ta utgangspunkt i et litteraturstudium, og utføre praktiske observasjoner av trafikantatferd samt modellering og analyser. Vi har utarbeidet en regnearkmodell for forbikjøringer på tofeltsveger, og denne modellen kan være et utgangspunkt for oppgaven. Dette kan også gjerne kobles inn mot mikrosimulering og AIMSUN.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.17 Flaskehalsen i trafikken

I trafikken finnes det av ulike årsaker en rekke flaskehalsen der det blir avviklingsproblemer. Noen av disse flaskehalsene er enkle å identifisere mens andre er lang mer kompliserte. Med utgangspunkt i eksempler fra Trondheim (for eksempel Omkjøringsvegen i Sluppenområdet) ønsker vi å modellere en del av disse flaskehalsene for å få bedre forståelse av hva som skjer og hvordan en kan påvirke dette. Oppgaven vil inneholde både litteraturstudier, modellering, trafikkteori samt praktiske observasjoner.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.18 Trafikantatferd og trafikkavvikling

Vi har gjort flere forsøk som viser at påvirkning av trafikantatferd kan gi store gevinster for bedre trafikkavvikling. Hovedprinsippet er at trafikantene skal fokusere på samarbeid og effektivitet for alle i stedet for egoisme og kortsiktig gevinst for den enkelte. Dette kommer blant annet til syne gjennom fletting, konfliktløsning i kryss osv. Det er også aktuelt å blande inn ulike teknologiske løsninger for å gjøre det enklere å samarbeide. Viktige stikkord her er ITS-løsninger og kooperative systemer. Forsøkene som ble utført på Lånke våren 2016 kan være et av flere utgangspunkt for oppgaven.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.19 Signalregulering

Vi har mange problemstillinger innen signalregulering med både praktiske og teoretiske tilnærminger. Vi har flere modeller du kan benytte og mange aktuelle case. Hvis du er interessert i signalregulering, så ta kontakt og vi skal finne fram til en god og interessant oppgave.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Torbjørn haugen og Arvid Aakre

4.2.20 Miljø og avviklingskvalitet

Det er stadig større fokus på miljø og utslipp fra transport. Vi har tilgang til flere modeller for å beregne miljøparametere og se på sammenhengen mellom miljø og avviklingskvalitet. Vi føler at det per i dag kanskje er litt for mye synsing og for lite fakta når det gjelder vurdering av miljøforhold. Derfor ønsker vi å se å gjøre mer objektive beregninger av miljøforhold og se på sammenhengen mellom miljø og avviklingskvalitet. Programsystemet SIDRA TRIP kan være et godt utgangspunkt, men vi har også mange andre relevante kilder.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.21 Vegarbeid og effekt på trafikkavvikling

Vegarbeid er ofte en planlagt aktivitet som vi vet at kan ha en stor effekt på trafikkavviklingen (se også oppgaven om flaskehalsen over). I Norge har vi kanskje ikke tilstrekkelig gode metoder og rutiner for å vurdere effekten på trafikkavvikling før vegarbeid igangsettes. Det er gjort en del på dette internasjonalt, og det finnes også en del metoder som kan benyttes. Oppgaven går ut på å lage/tilpasse metoder for norske forhold slik at vi kan få et operativt verktøy for de som skal godkjenne eller utføre slikt arbeid. Det bør gjøres en del registreringer for å se på trafikantatferd slik at en kan få en realistisk modell.

Kontaktperson v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.22 Intelligente transportsystemer og tjenester (ITS)

Det finnes mange oppgaver innenfor paraplyen ITS (Intelligente transportsystemer og tjenester). Blant annet fikk dere en oversikt over ulike problemstillinger på ITS-seminaret med Statens vegvesen, NTNU og SINTEF i vår. Hvis du ønsker å jobbe innenfor ITS, så ta kontakt og vi skal finne en spennende oppgave i samarbeid med Statens vegvesen og andre.

Kontaktpersoner v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre og Torbjørn Haugen

4.2.23 Automatisering av kjøretøy

Både nasjonalt og internasjonalt er det et stort fokus på dette med ulik grad av automatisering fra helt manuelle biler til helautomatiske selvkjørende biler uten fører. SAE har definert ulike nivå for automatisering, og det er viktig å avklare hvordan de ulike nivåene kan fungere sammen. Her er det aktuelt å gjøre praktiske forsøk både på bane og i virkelig trafikk i tillegg til at vi kan simulere dette i ulike modeller. Videre har vi spesielle utfordringer for norske forhold. Her finnes det mange aktuelle problemstillinger som det er stor interesse for.

Kontaktpersoner v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre og Torbjørn Haugen

4.2.24 Bruk av ITS i nye kryssløsninger

Kryss kan reguleres på en helt annen måte i en framtidig situasjon der kjøretøyene snakker sammen og legger til rette for en effektiv og sikker trafikkavvikling. Stikkord er co-operative systemer og ulik grad av automatisering og digitalisering. I prinsipp kan vi tenke oss kryssløsninger uten bruk av trafikkregler, skilt, oppmerking eller signaler, der kjøretøyene selv snakker sammen og gjør avtaler om hvordan avviklingen skal foregå.

Kontaktpersoner v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.25 Tilpasning av modeller til dagens kjøretøypark

Det er stor utvikling på kjøretøyparken med hensyn til ulike miljøklasser, elektriske kjøretøy, hybrid kjøretøy osv. Alle kjøretøyklassene har sine egenskaper både med hensyn til miljø, utslipp, fysiske egenskaper, akselerasjon osv. Dette er egenskaper som benyttes i mange modeller, men kunnskapen er ikke oppdatert til dagens kjøretøypark. Her er det et stort behov for oppdatert kunnskap som inkluderer litteraturstudium, innsamling av data og modellering.

Kontaktpersoner v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.26 Ny teknologi på vegen og klimasårbarhet

Ny teknologi gir oss muligheter for bedre sikkerhet, og mer effektiv transportflyt. Den økte graden av teknologiske avhengighet i fremtidens transportsystemer kan imidlertid også bety at vi bygger og planlegger oss inn i en større sårbarhet. Dette gjelder både enkeltanlegg og hele systemer, der enkelt-anlegg/systemer er forbundet og avhengig av hverandre.

Målsetningen med oppgaven er å belyse problemstillinger knyttet til bruk av ny teknologi på veg og kjøretøy og sårbarhet som kommer av klimaendringer.

Kontaktpersoner v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.27 Trafikkregulering på parkeringsområder

På større parkeringsområder er det viktig med en effektiv trafikkregulering ved inn- og utkjøring, samt inne på inne på selve parkeringsplassen. Dette er ofte dårlig organisert slik at det oppstår mange konflikter, stor usikkerhet og unødvendig kjøring for å finne en ledig parkeringsplass. Hensikten med denne oppgaven er å vurdere ulike prinsipper mot hverandre og finne fram til generelle retningslinjer for sikker og effektiv regulering av parkeringsområder. Det kan være naturlig å ta utgangspunkt i noen konkrete parkeringsområder og modellere/simulere ulike løsninger.

Kontaktpersoner v/Trafikkteknisk senter på NTNU: Arvid Aakre

4.2.28 Trafikktekniske (og andre) vurderinger knyttet til Metrobuss

Høsten 2019 ble det gjennomført en større omlegging av kollektivtrafikken i Trondheim. Dette gir grunnlag for interessante og spennende tema for masteroppgaver innen både trafikkteknikk, trafikksikkerhet og transportplanlegging. Ta kontakt, og vi kan diskutere ulike problemstillinger.

Som eksempel kan vi nevne ulike prinsipper for prioritering av trafikantgrupper, og hvordan

vi kan regulere og utforme systemet både med hensyn til detaljer og mer overordnede systembetragtninger. Hvordan kan vi for eksempel regne på kapasitet, kø og forsinkelse for en holdeplass eller et knutepunkt? Hvordan kan vi utforme og regulere områder der trafikantene bytter fra en linje til en annen? Hvordan fungerer og oppleves disse knutepunktene i praksis for ulike brukere? Det er aktuelt å benytte simulering, modellering samt gjøre registreringer og observasjoner.

Kontaktpersoner: Arvid Aakre, Trude Tørset, Eirin Ryeng, Thomas Jonsson m.fl.

4.2.29 Fleksible bygater

Fleksible bygater er et konsept som er foreslått for å oppnå bedre utnyttelse av kapasiteten i et gitt gatetverrsnitt ved å fordele gatearealet ulikt over døgnet, uka eller året mellom trafikantgruppene. Klassiske eksempler på dette kan være at en gate stenges for motorisert trafikk i sommermånedene eller en dag i uka for å skapes om til en gågate. Mulige eksempler på fleksibilitet over døgnet kan være å gjøre kollektivfelt om til arealer for varelevering i lavtrafikkperioder, å la syklistene få bredere sykkelfelt i rushtida, eller å gi fotgjengerne bredere areal når det er mange av dem. Fleksible bygater kan belyses fra mange synsvinkler. Er det egentlig en god idé å bringe inn fleksibilitet over døgnet eller uka? Under hvilke betingelser kan dette være en velegnet løsning? Hvem bør ha prioritet når? Hvilke prinsipper bør følges når prioritet skal tildeles? Hvordan kan fleksible bygater utformes rent teknisk? Hvordan kan de gjøres forståelige og brukbare for alle? Hva med trafikksikkerheten? Er det spesielle forhold i Norge som gjør at slike løsninger er spesielt velegnet eller spesielt uegnet? Kan fleksible bygater benyttes som et virkemiddel for å oppnå ønskede mål knyttet til f.eks. reduserte utslipp, reduserte forsinkelser, eller redusert trafikkvekst? Ulike tilnærminger kan benyttes, f.eks. trafikksimuleringer, intervjuundersøkelser, produktutvikling mm.

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3 Transportplanlegging

4.3.1 Usikkerhetsvurdering i samfunnsøkonomiske analyser i transportsektoren

Transportsektoren i Norge gjennomfører samfunnsøkonomiske analyser som tar utgangspunkt i og er avhengig av transportmodeller/transportanalyser. Til tross for at disse analysene fungerer som de skal og brukes til en viss grad i valg prosjekter, har de en del mangler som bør forbedres. En av disse manglene er håndtering og synliggjøring av usikkerheter som både samfunnsøkonomiske analyser og transportanalyser er beheftet med. Oppgaven går ut på å belyse og foreslå hvordan usikkerheter i samfunnsøkonomiske analyser og/eller transportmodeller/transportanalyser kan håndteres, slik at de kommer klart fram i dokumentasjon av analysene.

Kontaktperson: James Odeck

4.3.2 Fotgjengere

Det er flere aktuelle temaer som for eksempel:

Registrering av fotgjengere

For motorisert trafikk er det utviklet systemer for systematiske tellinger/registreringer, og det er etablert variasjonskurver over døgn, uke og år for ulike type veier. Slike systemer og kurver er ikke etablert for fotgjengertrafikk. Hvordan kan og bør slike systemer utvikles? Hvordan kan man effektivt utnytte ny teknologi (f.eks. blåttann- og WiFi-teknologi) til å kartlegge fotgjengerstrømmer? Hvordan kan man nytte slike registreringer til å modellere fotgjengertrafikk og til å designe gode fotgjengerløsninger?

Infrastruktur for gående

Har kvaliteten på fotgjengerinfrastrukturen betydning for andelen som velger å gå?

Fotgjenger året rundt

Hvilke utfordringer møter fotgjengere under vinterforhold? Hva oppleves som problempunkter? Hvordan kan man hente inn informasjon om og kartlegge problempunktene? Hvordan kan man utvikle systemer for tilbakemelding fra fotgjengere? Hvordan kan denne kunnskapen implementeres i vedlikeholdskontrakter?

Gange som aktiv transport

Da Statens vegvesen i 2015 oppsummerte kampanjer for aktiv transport, viste de aller fleste

seg å handle om sykling. Hva er kunnskapen om hvordan man motiverer folk til å gå og hvordan kan mobilitetspåvirkning gjennomføres?

Hva hemmer og hva fremmer gåvennlig utbygging/byutvikling?

Det finnes mye litteratur om fysiske og andre rammebetingelser som fremmer sosialt byliv, gåing for ulike grupper og situasjoner. Det er imidlertid et gap mellom funn i litteraturen og faktisk utbygging eller byutvikling. Hva er det som gjør at utbyggingsprosjekt presenteres med fotgjengere og grønne vekster, men framstår som steinørkener når de er ferdig bygd? En ny studie kan sette søkelys på kunnskapshull mht. barrierer for byutvikling og utforming at gater og utbyggingsprosjekt slik at fotgjengere prioriteres. Hva er de ulike (utbyggings-)aktørens perspektiver og motiver. Datainnhenting gjennom litteratur, intervju med sentrale aktører (kommunale aktører, eiendomsutviklere, arkitekter, utbyggingssselskap, andre), evt. fokusgruppeintervju, workshops, case-studier mv. Konsekvenser ved å prioritere eller nedprioritere gående kan belyses.

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.3 Sykkeltrafikk

Det er flere aktuelle oppgaver innen temaet «sykkeltrafikk» som for eksempel:

- Kartlegging av hastighetsprofiler langs utvalgte ruter
- Konkurranseflaten buss/sykkel, reisetidens betydning
- Betydningen av sykkeltraseenes kvalitet
- Kapasitet og avviklingskvalitet på traseer med stor sykkeltrafikk

Sykling i ruspåvirket tilstand

Folk ser ut til å ha helt forskjellig terskel for å sykle med alkohol (eller andre rusmidler) innabords sammenlignet med å sette seg inn i bil etter at de har drukket. Hva er begrunnelsen for dette og hva er konsekvensene? Politiet slår heller sjelden ned på fyllasyklingen. Hva er begrunnelsen for denne praksisen og holder argumentene?

Effekter av sykkelsatsing

Gjennom Miljøpakken i Trondheim satses det stort på sykkel. Hva er effektene av en slik satsing? Innen dette tema finnes det mange ulike problemstillinger, alt fra å studere effektene av enkelte detaljerte løsninger, til å se på det store overordnede bildet.

Sykkelekspressveger

Det planlegges og bygges nå sykkelekspressveger både i Trondheim og i andre norske byer. Bidrar sykkelekspressvegene til økte sykkelandeler? Hvem benytter sykkelekspressvegene? Har sykkelekspressvegene hastighetsprofiler som skiller seg fra andre sykkeltraseer?

Interaksjon mellom busser og syklist

Busser og syklist deler ofte samme kjørebane, noe som syklistene kan oppleve som ubehagelig og kanskje utrygt. Dette er et tema for en pågående PhD-forskning for å få en bedre forståelse av interaksjonene mellom disse to trafikantgruppene. Oppgaven vil inkludere et studie av dagens situasjon (enkel ulykkesanalyse, observasjonsstudier, og infrastruktur analyse), utvikle ideer til løsning basert på et litteraturstudium, og foreslå en detaljert løsning for et gitt case ut fra målsettingen om å øke syklist sikkerhet og komfort.

El-sykkel

El-sykling har tatt helt av, og kan muligens være et alternativ til både sykkel og bil. Vi vet imidlertid foreløpig lite om profilen til dem som velger el-sykkel, om hvordan el-sykkelen benyttes og om hvordan el-syklistene benytter sykkelinfrastrukturen. Oppgaver om el-sykling kan ta mange forskjellige retninger; reisevaneundersøkelse, registreringer, eksperimenter, og viktige spørsmål kan være: Hva vet vi om el-sykler som transportmiddel? Hvem bruker el-sykler? Hvilke formål benyttes den til? Hvordan skiller fartsprofilene for el-sykler seg fra profilene for vanlige sykler? Opplevs konflikter mellom el-syklist og fotgjengere, og mellom el-syklist og vanlige syklist? Hva vet vi om ulykkesituasjonen for el-sykler?

Feriesykling

Sykkel er også blitt mer og mer populært som aktivitet blant annet i ferier. Hvem har ikke hørt om, eller misunt, noen som har syklet i Frankrike mellom vinslott? Dette er pr i dag ikke noe godt utbygd tilbud i Norge, men det kunne jo blitt det. Oppgaven kunne sett på hvor populært et slikt tilbud kunne vært og hvilke investeringskostnader og nyttekomponenter det kunne ført til.

Kontaktpersoner: Eirin Ryeng, Kelly Pitera, Trude Tørset og Thomas Jonsson

4.3.4 Universell utforming

Det er flere aktuelle vinklinger på dette tema, og noen forslag er skissert under:

Universell utforming i Shared space-områder

Flere gater og kryss har blitt utformet etter Shared space-prinsippene, der redusert hastighet på biltrafikken har gitt økt trafiksikkerhet og et triveligere bymiljø. Trafikantene skal «lese» trafikantbildet og ta hensyn til hverandre, fremfor å lese skilt og stoppe på rødt lys, noe som har gitt fotgjengere friere bevegelsesmønstre og mulighet for opphold. Men hvordan fungerer og oppleves slike areal for de ulike brukergruppene som for eksempel syns- og bevegelseshemmede? Hvilke fysiske løsninger fungerer, og er det noen løsninger som ikke fungerer? Det er behov for å kartlegge utfordringene og foreslå fysiske løsninger som kan brukes av alle brukergrupper.

Sanntidsinformasjon om ledig plass

Det er behov for informasjon i sanntid om det er ledig rullestolplass på neste avgang med buss/trikk/tog og hvor det er ledige parkeringsplasser reservert for forflytningshemmede. Det siste viser seg spesielt viktig for de som har mange møter i forbindelse med jobb. Hva er tekniske muligheter for å identifisere ledig/ikke ledig og hvordan kan dette enkelt presenteres for brukerne? Hva er de organisatoriske og tekniske mulighetene for å kunne reservere plass?

Universell utforming i reisekjeder: Hvordan kartlegge fergesamband og hva er godt nok?

Statens vegvesen har krav til universell utforming for fergene som skal trafikkereriksvegsamband, men fergeleiene er «eksisterende anlegg» utformet etter den tids utformingskrav. Hva bør inngå i en kartlegging av fergeleier og ferger, hvilke publikumsfasiliteter og omgivelser inngår? Hvordan beskrive grad av universell utforming? Hva er godt nok for eksisterende anlegg? Evt. kan man gå videre og beskrive tiltaksplan for riksvegfergeanlegg/fergesamband i et geografisk område, med tilhørende kostnadsoverslag.

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.5 FoU-programmet BEVEGELSE

Statens vegvesens FoU-program BEVEGELSE har som målsetting å skaffe bedre kunnskap om sammenhengen mellom drift og vedlikehold og valg av gange og sykkel som transportmiddel. Programmet varer fra 2017-2021. To doktorgradsstipendiater er tilknyttet programmet. Mulige tema for prosjekt/masteroppgave:

Trygghet som syklist

Vi har i dag lite dokumentasjon på objektiv trafiksikre løsninger og opplevd trygghet for syklister. Hva påvirker syklistens opplevelse av trygghet, og hvordan er dette forskjellig for ulike (grupper av) syklister? Hvor viktig er erfaring og vane for opplevd trygghet? Dette kan eksempelvis belyses gjennom å undersøke opplevd trygghet i forskjellige typer sykkelanlegg, evt. for både brukere og de som unngår anleggene:

- sykkelfelt
- sykkelveg med fortau
- gang- og sykkelveg
- fortau
- blandet trafikk, dvs. sammen med biltrafikken

Datainnsamling kan inkludere litteraturstudier, case-studier, intervju, kartlegging mv.

Helårssykling

Vintersykling er nødvendig dersom nullvekstmålet fra NTP skal kunne bli en realitet. Været er sannsynligvis en viktig faktor for om folk velger å sykle eller ikke, men infrastrukturen for syklister, brøyting og generell tilrettelegging er nok også viktig. Hva er det som slår ut og hva skal til for at folk skal sette seg på sykkelen vinterstid? Hvem er helårssyklister og hvem setter bort sykkelen om vinteren? Hva er det som avgjør når de avslutter sommersesongen og tar fram sykkelen igjen om våren – temperatur, vær, føre, kosting av sykkelinfrastruktur eller noe helt annet? Hvor stort er potensialet for helårssyklister og hva skal til for at de skal bli det?

Vintersykling og trafiksikkerhet

Byr vintersykling på spesielle trafiksikkerhetsutfordringer? Hvilke trafiksikkerhetseffekter kan man forvente ved økt omfang av vintersykling? Er dagens driftsnivå tilstrekkelig for å ivareta vintersyklisters trygghet og sikkerhet?

Testing av sensorer for sykkelteilinger under vinterforhold

Vegdirektoratet ønsker uttesting av sensorer for teiling av sykler vintertid. Hvor mye snø, is osv tåles før en sykkel ikke registreres? Testing i NTNUs vinterlab kan være aktuelt.

(Kontaktpersoner VD: Kristin Gryteselv, Bård Nonstad).

Erfaringer med rød løper for syklist

Rød asfalt for å markere syklistenes plass i vegbanen brukes mange steder. Ett tema som ofte kommer opp er hvilken løsning man skal velge, f.eks. spesialasfalt med rød pigment, maling av asfalt, brun asfalt som ser ut som grusvei osv. Eksempelvis har Oslo, Stavanger og Trondheim prøvd seg fram med ulike løsninger. Rød asfalt er dyrere enn vanlig asfalt, spesielt hvis man bare trenger mindre mengder og det er særlig dyrt å reparere små mengder rød asfalt. Ulike løsninger for å få tilstrekkelig friksjon blir nevnt og utfordringer med steder spesielt utsatt for slitasje av maling osv. Vi ønsker en kunnskapsoppsummering om:

Hvor benyttes rød asfalt for syklist i dag (hvilke typer sykkelanlegg – sykkelfelt, gjennom kryss, osv. og hvor mye). Er det nye løsninger der man ønsker å prøve det ut?

Hvilke løsninger for «rød løper» som er prøvd ut, positive og negative erfaringer med det som er prøvd, og kostnader med ulike løsninger. Egner de ulike løsningene seg for ulike forhold?

Hvilke andre spørsmål har kommuner, fylkeskommuner og Statens vegvesen om rød løper?

Sammenheng og enhetlige sykkelruter

Hvor viktig er sammenhengende rutetraseer og –nett for syklistene? Hvor viktig er det at utformingen er enhetlig? For hvilke syklist er det viktig/uviktig? Hvilke eksempler finnes det i Norge på sammenhengende traseer? Datainnsamling kan bestå av litteraturstudier, kartlegging, case-studier, intervju mv.

System for universell utforming inspeksjon av veianlegg og avdekking av enkelt avhjulpne hindre

Statens vegvesens håndbøker beskriver sykkelveiinspeksjoner og trafiksikkerhetsinspeksjoner. Håndboka om universell utforming har også sjekklister som kan benyttes for inspeksjon om temaet. Hvordan kan et opplegg for inspeksjon av universell utforming legges opp, hvordan bør instruksjon og veiledning utformes og hva lærer man av å gjennomføre inspeksjon?

Hvordan kan brukeropplevelser brukes for å evaluere driftstilstand?

Kan publikums opplevelser og reaksjoner benyttes mer effektivt enn i dag? Kan man utvikle apper der syklist og gående gir (regelmessige) systematiske tilbakemeldinger på

driftsstatus. Noen er ivrige nok til å velge å bruke fritid på dette. Alternativt nettsider der man legger inn sine kommentarer (fix gata mi, trafikkagentene el.l.) Eller lage et opplegg for å evaluere tilstanden som befarings/inspeksjon (dette gir en engangstilbakemelding a la trygghetsvandring <https://risikorydding.no/vandringer>). «Mystery travellers» kan inngå som metode for å vurdere kvaliteten på strekninger eller hele reisekjeder. Hvordan bør det legges opp (veiledning og instruks) og gjennomføres, og hva kan man lære? Hvordan kan man innhente erfaringer fra ulike grupper reisende, inkludert personer med funksjonsnedsettelse, og bruke dette i systematisk forbedring av tilbudet.

Data om syklende og gående

Hvordan kan vi bruke data fra tellepunkter til å belyse bruken av gang- og sykkelveinettet og evt. variasjon i trafikkgrunnlag pga. forskjellige føreforhold, driftstiltak mv.? Hvordan kan data fra tellepunkt inngå i før- og etter-analyser av tiltak og hva er begrensingene i datagrunnlaget?

4.3.6 Ferie- og fritidsreiser

Mye av fokus knyttet til bærekraftig mobilitet retter seg mot våre daglige reiser. Men lengre ferie- og fritidsreiser utgjør også en bærekraftsutfordring. I dette prosjektet studeres reisevaner og holdninger knyttet til denne type reiser, samt virkemidler for økt bærekraft.

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.7 Delingsmobilitet

Delingsmobilitet trekkes frem som en av flere viktige teknologitrender for fremtidig mobilitet i verden og Norge. Delingsmobilitet omfatter mange ulike ordninger, så som bildelingsordninger, samkjøringsordninger, mikromobilitetsordninger, etterspørselsbaserte kollektivordninger osv. Det vil være interessant å enten se på flere ordninger samlet eller kun fokusere på en type ordning. Hvordan er utviklingen i Norge og verden? Hvem benytter slike ordninger? I hvor stor grad og hvordan påvirkes reisevanene? Hvilken betydning har ordningene for bærekraftig mobilitet? Byr ordningene på utfordringer knyttet til utforming av infrastrukturen? Andre utfordringer knyttet til systemutforming, organisering, implementering etc.?

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.8 Park-and-ride systemer

Hva kjennetegner vellykkede park-and-ride systemer? Hvilke erfaringer har vi fra Norge med slike systemer? Hvilken betydning har park-and-ride systemer for bærekraftig mobilitet? Hvordan bør slike systemer utformes i fremtida?

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.9 Selvkjørende biler kommer

- Gjør de det? Ønsker vi å slippe taket i rattet?
- Hvordan vil vår daglige ferdsel påvirkes? Vil selvkjørende biler gi mer bærekraftig mobilitet?
- Hvordan påvirkes transportinfrastrukturen i byer? Vil det frigjøres areal til andre transportgrupper, eller vil det kreve mer areal? Hvordan bør vi planlegge for fremtiden?

Kontaktperson: Eirin Ryeng og Kelly Pitera

4.3.10 Fleksible mobilitetstjenester

AtB har startet en pilot hvor de eldre (65+) kan bestille transport innen Trondheim øst. Et tilsvarende tilbud eksisterer i Oslo (de rosa bussene). I denne oppgaven kan det være aktuelt å gjøre en før-og etter-undersøkelse avhengig av hvor langt i prosessen piloten har kommet. Hvilket reisebehov har de eldre i ulike aldergrupper i dag og hvordan løser de disse? Hvilket potensial har det nye tilbudet? Kan dette være et tilbud til andre grupper av befolkningen eller for andre geografiske områder? Hvordan opplever brukerne det nye tilbudet?

Kontaktperson: Trude Tørset og Ellen Heffer Flaata

4.3.11 Unges reisevaner

Det at flere unge velger å ikke skaffe seg førerkort er en relativt ny trend og en mulig masteroppgave kan gå på kartlegging av årsaker til dette.

Kontaktperson: Trude Tørset

4.3.12 «Flaut de gangene jeg kjører til jobb»

Sitatet over er en fersk overskrift fra Adressa. Hva er det som skjer? Har eie og bruk av bil gått fra å være et statussymbol til å bli noe man skammer seg over? Hvem er det i så fall som skammer seg over å velge bil, alle eller enkelte grupper? Og gjelder det for alle typer reisehensikter, eller kun enkelte? Hvordan kan en slik utvikling forklares, og kan transportplanleggere nyttiggjøre kunnskap om eventuelle forklaringsmekanismer i sitt arbeid med å legge til rette for et mer bærekraftig transportsystem?

Her kan også nevnes ordet «flyskam» som ble kåret til årets nyord i 2018 i Sverige. Man ser der tendenser til stagnasjon og reduksjon i antall flyreiser. Står vi overfor et trendskifte der vi faktisk foretar færre lange reiser, eller vil vi få en vridning av lange reiser fra fly til tog eller bil? Hvordan bør man som transportplanlegger ta høyde for slike endringer? Har det betydning for norsk transportpolitikk og for prioritering av investeringer i samferdselssektoren?

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.13 Turproduksjonstall

For mange typer virksomheter foreligger det ikke gode norske turproduksjonstall. Slike grunnlagsdata er svært etterspurte i forbindelse med trafikkberegninger. Oppgaven vil gå ut på å samle inn og systematisere turproduksjonsdata knyttet til en gitt virksomhet som f.eks. skole, sykehus, legesenter, etc.

Kontaktpersoner: Trude Tørset og Eirin Ryeng

4.3.14 Åpne data om transportmønster

Det finnes en rekke data som kan gi informasjon om reismønsteret til befolkningen. I 2018 skreiv en student om bruk av data fra bysykkelordningen i Oslo. Oppgaven kan gå på å utforske åpne datakilder og potensialet i disse. Dette kan være besøkstall, kundedatabaser etc.

Kontaktpersoner: Kelly Pitera og Trude Tørset

4.3.15a Turproduksjon av vogntog fra anleggsområder

Anleggsområder generere trafikk i form av vogntog i løpet av byggeperioden som påvirker tilstøtende veger og trafikanter i nærheten. Ofte er ikke vegnettet rundt slike områder utformet for å ta slike midlertidige vogntog-volumer, noe som forårsaker sikkerhet- og fremkommelighetsproblemer. En bedre forståelse av vogntog-volumer og mønstrene som genereres fra anleggsområdet, vil gi et bedre grunnlag for å bedre de midlertidige tiltakene rundt slike områder. Dette prosjektet kan se på hvordan transportmodellen kan forbedres med tanke på slike kjøretøy og/eller vurderer virkningen og potensial av tiltak for å redusere virkningen av økt vogntogvolumer nær anleggsområder.

Kontaktpersoner: Kelly Pitera og Trude Tørset

4.3.15b Produksjon av varetransport i Elgeseter-distriktet (NTNU / St. Olavs)

Det er interesse i å forbedre mobiliteten på tvers av Elgeseter i forbindelse med campusens prosjekt. Godstransport blir ofte oversett i urbane mobilitetsprosjekter. Dette prosjektet kan samle data og analysere varetransporten som beveger seg i, gjennom og innenfor Elgeseter-området for å gi kunnskap til forståelse av bærekraftig mobilitet.

Kontaktpersoner: Kelly Pitera og Trude Tørset

4.3.16 Omfang og turmønster gjennomført av lett næringstransport

Det finnes ulike datakilder for kartlegging av næringstransport utført med lett og tunge biler. Elektronisk kjøredagbok, varetransportundersøkelser, tellinger etc.

I reisevaneundersøkelser og i transportmodellene inngår tjenestereiser som en egen reisehensikt og godsturer inngår som en fast matrise. Tidligere undersøkelser tyder på at næringslivets transporter er underrepresentert i dagens transportmodeller og vi mistenker også at turmønsteret er skjevt representert.

En masteroppgave kan ha som oppgave å analysere omfang og turmønster for disse turene basert på tilgjengelige data, evt. samle egne data og tallfeste hva som mangler i transportmodellene. Denne oppgaven ble studert i 20-21, men kan videreutvikles ved hjelp av datasettene som er samlet inn i forrige oppgave og / eller vurderer flere datasett for eksempel kommunale lastebiler.

Kontaktperson: Trude Tørset og Kelly Pitera

4.3.17 Scenarier for bruk av automatiserte/autonome kjøretøy de neste 10 år

Overgang mot automatiserte eller autonome kjøretøy kan oppfattes som en varslet revolusjon, men hvordan håndtere overgangen og hva blir bruken av disse kjøretøyene? Hvordan kan myndighetene styre utviklingen i ønsket retning og hva er den?

Oppgaven kan skissere ulike scenarier og kartlegge barrierer og muligheter for ulike scenarier og teste realismen i disse gjennom for eksempel Delphi-undersøkelser.

Kontaktperson: Trude Tørset, og Arvid Aakre, Markus Log og Maren Rø Eitrheim

4.3.18 Opplevelsen av kollektivsystemet: «Mystery travellers» som metode for evaluering

Hvordan kan «mystery travellers» inngå som metode for å vurdere kvaliteten på hele reisekjeder og evaluere kollektivtilbudet i et område? Hvordan bør det legges opp (veiledning og instruks) og gjennomføres, og hva kan man lære? Hvordan kan man innhente erfaringer fra ulike grupper reisende, inkludert personer med funksjonsnedsettelse, og bruke dette i systematisk forbedring av tilbudet?

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.19 Environmental Impacts of a MaaS system

Mobility as a Service (MaaS), meaning a shift from personal, private, transport to consuming mobility options as a service to meet individual needs, is presented as a new way to address mobility in the future. MaaS systems could result in a reduction of private car trips. Yet, within the definition or descriptions of MaaS systems, environmental sustainability is not a guarantee. Relevant research questions within this theme include: how can the environmental impact of MaaS systems be modelled? And which operational components of a MaaS system encourage environmentally sustainable usage? It is also possible to look at other aspects of MaaS systems as well.

Kontaktperson: Kelly Pitera og Eirin Ryeng

4.3.20 Klimaeffekter av høyhastighetsbaner

Lyntogforum Vestlandsbanen og Lyntogforum Møre og Romsdal har tatt kontakt med NTNU fordi de ønsker at noen på nytt ser på klimavirkninger av høyhastighetsbaner. To tidligere utredninger (fra Deutsche Bahn og Jernbaneverket) konkluderte ulikt. I Jernbaneverkets utredning som viste liten klimavirkning, var ikke godstrafikk inkludert, og det var beregnet lav overføring fra fly og bil. Lyntogforum mener det er på tide å se på dette på nytt.

Kontaktperson: Eirin Ryeng (i første omgang)

4.3.21 Modellering av virkningen av netthandel og hjemlevering av reisemønstre og innvirkning i boligområder

Etter hvert som online shopping og forbedrede leveringsalternativer utvikler seg, endres den siste milen i forsyningskjeden. Dette prosjektet vil fokusere på effekten av nye tjenester (både shopping- og leveringstjenester), forbrukernes leveringspreferanser (kostnad, tid, bekvemmelighet, miljøpåvirkning) og forbrukernes mobilitetstrender (mindre bileierskap,

økt reise med ikke-motoriserte reisemidler, jobbe hjemmefra, turkjeder), og hvordan dette endrer reisemønster, spesielt i boligområder.

Kontaktperson: Kelly Pitera

4.3.22 Tiltak for å oppnå utslippsreduksjon for vare- og nyttetransport

I EU er det målsetting om CO2 fri bylogistikk innen 2030. Målsettingen er fulgt opp i NTP med at varedistribusjonen i Norge i de største bysentrene skal være tilnærmet utslippsfrie innen 2030. Flere tiltak er skissert både organisatorisk, teknologisk og av økonomisk karakter. Oppgaven kan omhandle ulike tiltak som kan testes og eventuelt implementeres for å oppnå målsettingen om utslippsreduksjon. I tillegg kan problemstillingen evt. knyttes opp mot privat – offentlig samarbeid.

Vedlagt ligger en presentasjon Toril Presstun hadde på Teknologidagene i 2018.

https://www.vegvesen.no/_attachment/2504079/binary/1299225?fast_title=Klarer+vi+m%C3%A5let+om+0-utslipp+i+bydistribusjon+innen+2030.pdf

Kontaktperson: Astrid Bjørgen (astrid.bjorgen@sintef.no), Kelly Pitera, Eirin Ryeng

4.3.23 Mikrohub casestudie

Mikrohub, bylogistikkdepot og samlastterminaler er begrep som brukes om det samme konseptet der hovedsakelig varer omlastes fra større kjøretøy til mindre, elektriske kjøretøy og eller sykler. Med økende netthandel skjer det en endring fra butikkdistribusjon til nye logistikk-løsninger med levering direkte til kunde. I tillegg bidrar byvekst og fortetting til økt press på areal og økt behov for varer og tjenester til stadig flere husholdninger og boenheter i bysentrum. "Elskede by" er et mikrohub konsept som ble etablert i Trondheim januar 2020. Etablering av en bynær mikrohub (terminal/konsolideringssenter), med flere parter involvert, gir mulighet for utprøving av et avgrenset antall «konsepter»; både samarbeidsmodeller, ideer rundt lokalisering og (f.eks.) tilrettelegging for tilpasset og sammensatt kjøretøyflåte – som kombinasjoner av mindre kjøretøy, el-drift, cargobike mv., og kombinasjoner av ulike typer logistikk-løsninger (distribusjon så vel som «pick-up»). I dette caset sees det nærmere på planlegging-, etablering-, lokalisering-, logistikk- og distribusjonsløsninger av et bylogistikkonsept. Hvilke aktører er involvert og på hvilken måte. Datafangst og datadeling-, samarbeidsevaluering og videreutvikling av konseptet er fokusområder for caset.

Kontaktperson: Kelly Pitera

4.3.24 Kunnskapspakke – Godstransport

Det er forventet at vi skal starte et stort flerårig prosjekt knyttet til godstransport. Dette gir muligheter til mange spennende temaer å skrive om i en masteroppgave. Spesifikke temaer er bylogistikk, transportmodeller for gods, og infrastruktur og vedlikehold.

Kontaktpersoner: Kelly Pitera, Trude Tørset og Inge Hoff

4.3.25 Koronakrisens betydning for et bærekraftig transportsystem

Transport er et tveegget sverd i bærekraftssammenheng. Transportsektoren er blant annet en vesentlig bidragsyter til utslipp av klimagasser, men et velfungerende transportsystem er samtidig en forutsetning for å oppnå en bærekraftig fremtid for verdens befolkning. Koronapandemien har i stor grad påvirket menneskenes hverdag og reisehverdag i 2020 og 2021. Det hevdes at pandemien kan være verdenssamfunnets gyldne sjanse til å gripe fatt i årsakene til klimaendringene, til å gjøre varige endringer, og til å legge til rette for en mer bærekraftig fremtid. Situasjonen åpner opp for mange interessante forskningsspørsmål. Hvordan vil vår transporthverdag påvirkes når pandemien er over? Vil vi jobbe mer hjemmefra enn tidligere? Vil vi handle dagligvarer sjeldnere, men mer om gangen, - og vil trenden med netthandel få en ytterligere boost? Vil vi velge bilen oftere og vende ryggen til kollektive reisemidler fordi vi er redd for smitte? Hvordan vil fritidsreisene påvirkes? Vil vi etterspørre sykkelferie i Norge, eller vil lange reiser med fly til utlandet eksplodere når det åpnes opp fordi vi har et undertrykt behov for å reise ut i verden? Hva skjer med matproduksjon og internasjonal varehandel? Hvordan vil godsstrømmene inn og ut av Norge og internt i Norge påvirkes? Hva vil skje i oljeindustrien og hvordan vil det påvirke de ulike reisemidlene og reisemiddelfordelingen, både for person- og godstransport? Vil det skje en endring i hvordan folk flest, men også politikere, tenker omkring transportrelaterte valg og bærekraftig utvikling?

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.26 Turisttrafikk

Det er en rekke turister på norske veger (norske og utenlandske), og de velger nok reisemiddel og ruter etter andre kriterier enn den øvrige trafikken. Hva er omfang og reisemønster for turistene? Har turistene en annen opplevelse av transporttilbudet enn de andre trafikantene, for eksempel knyttet til trafikantbetaling og reisetid?

Kontaktperson: Trude Tørset og Ellen Heffer Flaata

4.3.27 Fritidssykling

Sykling som treningsform er populært, spesielt i disse tider når treningsstudioene er stengt. For å få treningseffekt av sykling må man ofte legge ut på lengre turer; rundt Jonsvannet, rundt Byneset og rundt Trondheimsfjorden er fine, aktuelle turer. Disse er imidlertid langt fra trygge områder å sykle i, med smale veger og høye fartsgrenser.

Hvis man så for seg investering i anlegg som ga bedre tilrettelegging for sykling langs disse vegene, ville da folk i større grad benytte disse? Hva ville det bety for ulykkesrisikoen? Kan slike tiltak også føre til at folk sykler mer ellers?

Kontaktperson: Eirin Ryeng, Kelly Pitera, Trude Tørset, Thomas Jonsson og Ellen Heffer Flaata

4.3.28 Rutevalg i RTM

Vurdering av SmartRVUdata kan brukes til å analysere rutevalg og sammenligne med valgt rutevalg i transportmodellen. Dette gjelder alle transportformer, men en avgrensning av oppgaven kan gjøres ved å fokusere på et av reisemåtene. Vi har samlet inn data ved bruk av mobilapp gjennom SmartRVUprosjektet i Trondheim og på Innherred. Oppgaven kan evaluere om sporingsdataene kan brukes til å analysere rutevalg i transportmodellen, eksempelvis for biltrafikken valget mellom å kjøre rundt eller korteste veg, men da risikere kø. (se også <https://www.ntnu.no/smartrvu>).

Kontaktperson: Trude Tørset og Ellen Heffer Flaata

4.3.29 Automatiserte kjøretøy i trafikken

Aktuelle stikkord kan være:

- Mikrosimulering av automatiserte kjøretøy i ulike typer vegkryss med relevans for Norge
- I hvilken grad tilfredsstillers dagens veginfrastruktur i Norge bruk av delvis automatiserte kjøretøy? Hvilke utfordringer/tiltak bør prioriteres i de kommende årene, basert på hvilke kriterier? Analysere data fra NordicTour. Evt. utvide NordicWay data til å omfatte andre geografiske områder/strekninger, f.eks. langs kysten.

- Undersøke veggeometri, lesbarhet av oppmerking og skilt. Se over, teste skilt i snølab?
- Vegoppmerking i tunneller (alternativt veggoppmerking ved ulike lysforhold).
- Lasting av automatiserte kjøretøy om bord på ferjer
- Q-free og testing av "Priority services" på lánkebanen
- Selvkjørende buss som skal testes ut i Trondheim
- Brønnøy kalk, autonome lastebiler i lukket område
- Utforming av forbikjøringsfelt/(døgn)hvileplasser for å bedre fremkommeligheten for personbiler på fjelloverganger (strekninger med mye vertikal stigning) med stort volum av tunge kjøretøy, modulvogntog og fremtidig platooning

Kontaktpersoner: Trude Tørset og Arvid Aakre, Markus Log, Maren Rø Eitrheim og Kelly Pitera

4.3.30 Modellering av mikromobilitet

Vi jobber for tiden med et prosjekt der vi vurderer hvordan en kan modellere mikromobilitet og nye transportløsninger. Stort sett er dagens transportmodeller knyttet opp mot tradisjonelle løsninger, men vi ser at vi har fått en del nye transportformer som ikke uten videre lar seg modellere med dagens modeller. Men disse transportformene får en stadig større plass, og det er et stort behov for bedre modellering.

Kontaktpersoner: Trude Tørset og Arvid Aakre

4.3.31 Nye mobilitetsløsninger i distriktene

Hvordan kan nye mobilitetsløsninger, som f.eks løsninger for delingsmobilitet og/eller bruk av automatiserte kjøretøy, tilpasses utfordringene og behovene i distrikts-Norge? Oppgaven gjennomføres i samarbeid med SINTEF.

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.3.32 Use of digital twins in transport analysis

A digital twin is a virtual representation of a physical entity including a collection of dynamic digital data that can be used for monitoring, forecasting, and optimizing of processing and systems, allowing for improved decision making. Digital twins are believed to improve on current modelling tools by allowing for greater interactions between different data sources and models, a

better connection to virtual representations of the physical infrastructure and the surrounding environment, and the potential for enhanced understanding of analysis results by the end-users. In the urban development space, the concept of digital twins is “sexy,” and decision-makers want to use the technology, but the user’s needs and expectations are unclear. Additionally, there are the questions of how digital twins improve decision-making processes in guiding cities and regions towards sustainability goals.

Kontaktperson: Kelly Pitera

4.3.33 El-sparkesykler

Bruk av el-sparkesykler, hvem, hvor, hvilke reisehensikter, variasjon (dag, uke og sesong)

Ulykker – konsekvenser – kostnader

Hvor skjer ulykkene? Finnes det noe mønster knyttet til detaljer i veg/gate-utformingen som ser ut til å ha betydning for hvor ulykkene skjer?

Hva slags tilrettelegging burde vi gjøre for bruk av el-sparkesykler?

(infrastruktur/regulering/lovverket)

Utvikling av nye mikromobilitetsløsninger og potensiell bruk av dem.

[No legal limit for electric kick scooters - Norway Today - Drunk driving](https://www.tu.no/artikler/slik-pavirkes-vi-av-el-sparkesykler-flere-ulykker-og-mindre-fysisk-aktivitet/509877?utm_source=newsletter-tudaily&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-2021-05-06)

https://www.tu.no/artikler/slik-pavirkes-vi-av-el-sparkesykler-flere-ulykker-og-mindre-fysisk-aktivitet/509877?utm_source=newsletter-tudaily&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-2021-05-06

Kontaktperson: Trude Tørset, Eirin Ryeng og Thomas Jonsson

4.3.34 Arealbruk

Når folk flytter til bysentrum, hvordan endres reisemønsteret seg? Beholder de bilen, samme type, samme antall, eller tilpasser de seg med færre biler og bruker bil mindre? Hvordan påvirker tilgang til parkeringsplasser nært boligen slike valg? Tilpasser folk seg forskjellig avhengig av alder, økonomi og yrkesstatus? Dette er veldig aktuelt ettersom en tett boligutbygging i sentrumsnære områder og/eller rundt kollektivknutepunkt gir store utslag i byvekstberegningene. Dette er en etterprøving av forutsetninger i RTM og bør undersøkes ved bruk av intervju/spørreundersøkelser.

Kontaktperson: Trude Tørset

4.3.35 Reisevaner

Den nasjonale reisevaneundersøkelsen er en utvalgsundersøkelse som kartlegger reisemuligheter og reisemønster for privatpersoners reiser. Det finnes også reisevaneundersøkelser lokalt i enkelte byområder. Studier av reisemønster for spesifikke grupper, endringer over tid, trendsifter er aktuelt. SmartRVU er et prosjekt som tester ut nye metoder for å kartlegge reisevaner. Dette er foreløpig under utprøving og det er flere tema som kan være aktuelle. Vi har en del datasett som kan være aktuelle å analysere, for eksempel hvordan vi kan bruke dem til å validere RTM eller evt. for å utvikle RTM videre.

Kontaktperson: Trude Tørset

4.3.36 Regional Transportmodell (RTM)

Nordlandsbanen er lansert igjen som et mulig infrastrukturprosjekt. Ferjefri E39 er et annet. I transportmodellverktøyene er etterspørselsmodellene delt etter avstandsbånd. En interessant oppgave er å se på etterspørselsvirkninger i avstandsgrensene, hvordan modellene håndterer dette. Soneinndeling og representasjon av korte turer, spesielt gangturer og sykkelture. Gangturene er for en stor del soneinterne og da vil de ikke uten videre bli påvirket av forbedringer i infrastrukturen. Det er stadig mer interesse og behov for analyser av tiltak for denne gruppen i byområder, samtidig som transportmodellen ikke representerer denne gruppen eller tiltak for dem godt nok. En oppgave innen dette temaet kunne være analyser av data, datainnhenting (gjennom tellinger, sporing, intervju eller andre). En annen kunne være strategier for å endre transportmodellen slik at den ivaretar denne gruppen bedre.

Sammenligning av RTM med andre utenlandske transportmodeller, for eksempel SAMPERS fra Sverige eller Landstrafikmodellen fra Danmark. Dette kan for eksempel gjøres ved å bruke modelldesign fra RTM og tilrettelegge data fra Danmark i den, eller motsatt.

Kontaktperson: Trude Tørset

4.4 Trafikksikkerhet

4.4.1 Sammenheng mellom ulykker og spor i asfalt

Undersøke sammenhengen mellom ulykker og spor i asfalt. Analyse av ulykkesregister og sporstatistikk. Oppgaven vil utføres i samarbeid med Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.4.2 Har estetikk betydning?

Har estetiske kvaliteter ved veger og deres omgivelser betydning for trafikantatferd og trafikksikkerhet?

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.4.3 Fotgjengere med lyd på øret

Mange fotgjengere går rundt med ørepropper eller hodetelefoner og hører på musikk, lydbøker, radio eller lignende. Påvirkes atferden som fotgjengere i trafikken av dette, og har dette betydning for trafikksikkerheten?

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.4.4 Konflikter mellom gående og syklist

Det blir stadig flere som sykler, og ny infrastruktur for syklist etableres. En av utfordringene i by er å tilrettelegge for ulike trafikantgrupper på begrenset areal. Til tross for at nye anlegg separerer syklist fra fotgjengere vil det fremdeles være punkter hvor det kan oppstå konflikter mellom fotgjengere og syklist, som f.eks. der fotgjengere må krysse sykkelveger. Oppgaven kan belyse typiske konfliktpunkt (steder, utforming), typiske konflikter, konsekvenser, og hvordan utforming kan bidra til å redusere konflikter. Analyse av inntrufne ulykker mellom gående og syklist kan inngå.

Kontaktpersoner: Eirin Ryeng og Thomas Jonsson

4.4.5 Trafikksikkerhet og drift/vedlikehold for fotgjengere og syklist

Den vanligste årsaken til alvorlig skade på fotgjengere og syklist i trafikkulykker, er ulykker, og mangel på drift/vedlikehold er en vanlig bidragsyter. Denne oppgaven har som mål å se på hvordan ulike driftsstrategier i kombinasjon med hvordan fotgjengere/syklist beveger seg i vinterforhold (fortau, gang- /sykkelsti, på vei) påvirker sikkerheten.

Kontaktperson: Thomas Jonsson

4.4.6 Trafikksikkerhet og vær

Antall ulykker, og type ulykker, varierer med været. Mest uttalt er vinterforhold, men også andre typer vær forandrer ulykkesbildet. Denne oppgaven tar sikte på å studere hvordan ulykkesbildet forandres, både gjennom litteraturstudier og empiriske studier. Oppgaven kan også inkluderes analyser av hvordan dette kan påvirke behovet for ulike driftstiltak og trafikkstyring.

Kontaktperson: Thomas Jonsson

4.4.7 Eneulykker for syklister og/eller fotgjenger

Den vanligste årsaken til alvorlig skade på fotgjenger og syklister i trafikk er eneulykker. Dette er ett nytt felt tema der det finnes lite kunnskap og tiltak siden tidligere. Oppgaven kan fokuseres på problemanalyse, tiltak eller (mest sannsynlig) en kombinasjon av disse.

Kontaktperson: Thomas Jonsson

4.4.8 Ulykker og veggeometri

Veg- og gategeometri har sterk kobling til ulykkesfrekvens og skadekostnad. Innenfor dette tema må det avgrenses til enten spesifikke typer av løsninger, variabler og/eller ulykkestyper.

Kontaktperson: Thomas Jonsson

4.5 Vegplanlegging

4.5.1 Medvirkning i planlegging

Plan og bygningsloven stiller krav til informasjon og medvirkning i planprosesser. Planleggeren står imidlertid fritt til å velge blant en rekke ulike medvirkningsmetoder. Hva vet vi om omfanget av bruken av ulike metoder? Hvilke praktiske erfaringer har veg- og transportplanleggere med de ulike metodene? Hva fører medvirkningen til? Hvordan påvirkes prosjektene? Har valg av medvirkningsmetode betydning for den reelle påvirkningen? Har planleggere og lokalbefolkning/andre berørte parter ulike syn på dette? Dette prosjektet kan også være en oppfølging av en annen masteroppgave fra 19-20 som så på rollen av digitalisering i medvirkning.

Kontaktpersoner: Eirin Ryeng og Kelly Pitera

4.5.2 Effekt av skulderbredde

Det har vært mye diskusjon i seinere tid knyttet til «smale firefeltsveger». Dagens firefelts motorveg har i N100 en total bredde på 23 meter; 4 x 3.5 meter kjørefelt. 3.5 meter innerskulder/midtrabatt og 2x 2.75 meter ytre skulder. Det er særlig den ytre skulderbredden som har blitt diskutert slik at en kan redusere den totale bredden fra 23 meter til ca 20 meter. Det vil ha stor betydning for kostnader, men det vil også ha betydning for trafikkikkerhet og avvikling. Oppgaven går på å vurdere nytte og effekt av skulderbredde på slike veger.

Kontaktperson: Arvid Aakre

4.5.3 Planlegging av ladeinfrastruktur for el-biler

Med stadig økende andel elbiler i Norge er det behov for å skaffe kunnskap om hvordan ladeinfrastrukturen best bør dimensjoneres, plasseres og utformes. Mange mulige problemstillinger: Hvilke ladebehov har ulike kjøretøytyper for ulike reisemål? Hvor bør ladestasjoner lokaliseres, og hva er optimal avstand mellom dem? Hvordan bør oppstillingsplasser og ladestolper (med lehus) utformes slik at de kan brukes av alle (universell utforming)? Tekniske, organisatoriske, og juridiske problemstillinger kan også være aktuelt.

Kontaktperson: Eirin Ryeng

4.6 Vegteknologi

Oppgaver knyttet til asfalt

4.6.1 Densitet av asfalt

Det finnes mange ulike metoder for å beregne og måle densitet av asfalt. Problemet er i første rekke knyttet opp til bestemmelse av volumet, og felles for de fleste metodene er måling i luft og vann, men spesielt for åpne masser kan dette gi feilaktige resultater. I denne oppgaven skal en se på ulike definisjoner av densitet, utføre sensitivitetsanalyser for noen viktige parametere, vurdere usikkerheter og metodikker for densitet (kan 3D-scan være aktuelt?), og ulike metoder for tillaging av asfaltprøver og hvilken forskjell dette utgjør for densiteten.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.2 Wheel-track –testing av asfalt

I Håndbok N200 er et funksjonskrav til asfalt knyttet til sporutvikling basert på testing på borprøver fra veg mellom 8 og 30 dager etter utlegging. I denne oppgaven skal en undersøke dette kravet opp mot tilsvarende målinger på laboratorietillagede prøver, og se på ulike parametere sin innvirkning på det en måler i laboratoriet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.3 Proporsjonering av Drensasfalt

Drensasfalt er en dekketype med stort hulrom, gjerne 20 % og mer, der hovedhensikten er å drenere vann gjennom dekket og ned i et åpent pukkbærelag. Den eneste metoden en bruker for å proporsjonere slike dekker er basert på Cantabro, der en tromler dekkeprøver i en Los Angeles-maskin og måler massetap. I denne oppgaven skal en vurdere andre metoder for proporsjonering av drensasfalt, og eventuelt sammenligne resultatene med Cantabro-testen..

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.4 Permeabilitet for Drensasfalt

Drensasfalt er utviklet i første rekke for å drenere vann gjennom dekket. I noen tilfeller er en også (eller heller) interessert i å drenere vannet horisontalt i dekket. I denne oppgaven skal en se på muligheten for, evt. måle, slik drenering, og vurdere horisontal permeabilitet mot vertikal permeabilitet. Det er også et spørsmål om slike målinger kan inngå i proporsjoneringen av slike dekker, jfr. oppgaven over.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.5 Farga asfalt

I sykkelfelta i Trondheim er det lagt raudbrun asfalt for å skile dei tydelegare frå den delen av køyrebana som er sett av til biltrafikk. Dett er oppnått ved bruk av raudleg steinmateriale og farga bindemiddel, der fargen i første rekke kjem frå jernoksid. Det har imidlertid vist seg vanskeleg å oppretthalde raudfargen over tid. Er dette berre eit reinhalds/vedlikehalds - problem, eller må det til spesiell proporsjonering av asfalten? Ein kan tenke seg å gjennomføre analyser av eksisterande dekke for å studere problematikken og/eller å gjennomføre proporsjonering og måling av motstand mot utvalde nedbrytande effektar for å få eit dekke som kan oppretthalde fargen over fleire sesongar samtidig som dei asfalttekniske forholda vert ivaretatt.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.6 Asfaltmørtelens egenskaper for ulike blandinger av filler og bituminøst bindemiddel

Filler-materialer kan ha forskjellig kornform, kornfordeling, mineralsammensetning, overflateladning og løst pakket romdensitet. Kjemien og sammensetningen av bituminøse bindemidler varierer, og påvirker egenskaper som viskositet, kohesjon og densitet. I tillegg er det slik at bindemidlers egenskaper avhenger av temperaturen. Mørtelfasen, som er blandingen av filler og bindemiddel, har betydning for flere viktige egenskaper i asfaltmassen, som reologiske egenskaper (ref. kompaktering, deformasjon og strekkstyrke), vannfølsomhet, frostbestandighet og aldring. Det er interessant å se på hvordan sammensetningen av ulike typer filler og ulike bindemidler påvirker mørtelfasens egenskaper. Oppgaven kan starte med en litteraturstudie, for å kartlegge hva som er gjort tidligere. Videre velges testmetoder og forsøksoppsett. Filler-materialer og bindemiddeltypen må innhentes. Omfanget av arbeidet kan justeres etter tidsperspektivet for oppgaven. Oppgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen og Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.7 Tekstur på asfaltdekker

- ViaPPS - jevnhetsmåling: Videreutvikling av måleutstyr og målemetoder.
- ViaPPS - teksturmåling: utnytting av disse data (dekke kvalitet, støy, friksjon)

Oppgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.8 Reclaimed asphalt pavements (RAP)

Existing asphalt pavement materials are commonly removed during resurfacing, rehabilitation, or reconstruction operations. Once removed and processed, the pavement material becomes RAP, which contains valuable asphalt binder and aggregate. Although the use of RAP is widespread in most of Europe and US, the Norwegian Public Roads Administration limits its use to a small percentage. The purpose of this project is to evaluate if high contents of RAP are applicable to the Norwegian climatic conditions through laboratory testing of the reclaimed binder and/or the full asphalt mixture. The project could include a summer job at an asphalt plant in Vestland. The work could be divided in one or two topics:

- Reclaimed asphalt pavements (RAP): Evaluation of the long-term quality of reclaimed bitumen.
- Reclaimed asphalt pavements (RAP): Evaluation of the asphalt concrete performance containing different amounts of RAP vs the current guidelines.

Kontaktperson: Inge Hoff

4.6.9 Durability of asphalt mixtures

The Norwegian Road Administration is concerned about the durability of asphalt mixtures in low traffic roads. Constant presence of moisture, lower standard and maintenance severely affected the pavement conditions. This project aims to evaluate the causes of scarce performance (moisture, lower standards, bad construction) through a field investigation, and to study the effect of antistripping agents on the water sensitivity of the asphalt mixtures. The work could be divided in one or two parts:

- Durability of low traffic roads: field investigation
- Durability of low traffic roads: water sensitivity and anti-stripping agents

Kontaktperson: Inge Hoff

4.6.10 Studie av ulike program for CO2-regnskap innen asfaltbransjen.

Det er utført et arbeide i flere land for beregning av CO2 belastning ved produksjon av asfalt, hvor flere systemer er utviklet. I oppgaven vil en utprøving av ulike programmer/system for norske forhold være aktuelt. Det vil også være aktuelt å gjennomføre en innledende litteraturstudie om hva som finnes på dette rundt i verden. Kontaktperson for denne oppgaven vil være:

Kontaktpersoner: Lillian Uthus Mathisen, lillian.uthus.mathisen@veidekke.no, Inge Hoff

4.6.11 Bruk av Polymermodifisert bindemiddel (PmB) i asfaltdekker for lavtrafikkvegnettet.

For å øke kvaliteten og levetiden på vegnettet med liten trafikk vil det være aktuelt å utrede bruk av PmB i asfaltdekkene på disse vegene. Når vi snakker om lavtrafikkerte veger så omfatter dette ca 90 % av vegnettet i Norge. En forlengelse av levetiden på disse vegene vil dermed kunne bidra til store samfunnsøkonomiske kostnader. I oppgaven vil det være aktuelt å gjennomføre undersøkelser av både bindemidler og asfaltmasser i laboratoriet. Det er også nødvendig å vurdere hvilke egenskaper som er viktige for disse dekkene og hvordan disse egenskapene skal karakteriseres.

Kontaktperson: Bjørn Ove Lurfald, bjorn.ove.lurfald@veidekke.no

4.6.12 Smart komprimering” av asfaltdekker.

Asfaltdekker proporsjoneres og settes sammen av tilslag, bindemiddel og eventuelle tilsetningsstoff for å sikre funksjonsegenskaper og lang levetid. Imidlertid er kvaliteten helt avhengig av at utførelsen blir gjort riktig. Feil hulrom (for høyt eller for lavt) gir dekker med kortere levetid. Produsenter av valseutstyr for granulære lag har ulike former for komprimeringskontroll og noen har også slikt utstyr for asfaltdekker. Oppgaven består av å:

- Bruk av ulike responsmålere i valser til asfaltdekker
- Bruk av gummihjulsvals vs ståltrommel
- Bruk av desitetsmålere for bestemmelse av hulrom på utlagt dekke
- Sammenligne resultater fra ulike responsmålere i valser med hulromsmålinger fra Seaman og Troxler og kjerneprøver fra felt

Kontaktpersoner: Geir Lange, geir.lange@veidekke.no, Inge Hoff

4.6.13 Bruk av gjenbruksasfalt i høykvalitets dekker

Gjenbruk av asfalt fra både fresing og nedknusing av asfaltflak er miljøvennlig. I Norge har disse massene tradisjonelt blitt brukt til bærelag og dekker på lavtrafikkerte veger. I denne oppgaven ønsker man å vurdere bruk av høyere andel gjenbruks masser i høyverdige dekker. Aktuelle problemstillinger i oppgaven vil være:

- Hvordan er kvaliteten og variasjoner i tilgjengelige masser i dagens marked.
- Vurdere effekten av ulike tilsetningsstoffer ved bruk av gjenbruksasfalt.

- Vurdere effekten av ulike mengder gjenbruksasfalt i nye dekker ved undersøkelse av mekaniske undersøkelser i lab.
- Gjennomføre oppfølgende målinger på utlagte prøvestrekninger i felt.

Kontaktperson: Bjørn Ove Lerfald, bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

4.6.14 Utvikling av varige asfaltdekker

I denne oppgaven er det en målsetting at man skal utvikle asfaltdekker som over lang tid kan beholde sine fleksible og elastiske egenskaper, samtidig som at dekkene skal motstå belastningene fra trafikkpåkjenningene slik at sporutvikling og slitasje er så lave som mulig.

Store deler av denne oppgaven vil være utviklingsarbeider i laboratoriet med proporsjonering av ulike asfaltmasser og bruk av ulike modifiseringsmidler. Oppfølging av utlagte dekker i felt vil også være aktuelt.

Kontaktperson: Bjørn Ove Lerfald, bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

4.6.15 Egenskaper for Ak

Det er svært viktig å utnytte ressursene som ligger i oppfrest og knust «gammel» asfalt. Knust asfalt (Ak) er et anvendelig materiale til bærelag og (mest aktuelt) til forkiling. Men det har vist seg å være utfordringer med kravene i N200, bl.a. knyttet til komprimering. Norsk Asfaltforening og KFA (Kontroll-ordningen for asfaltgjenvinning) vil gjerne sette i gang et feltprosjekt for å undersøke dette nærmere. Men noen parametere som man ønsker å se på (gradering m.m.) vil være mest effektivt å nedskalere og kjøre i lab-skala, eksempelvis ved bruk av gyrator e.a.

Kontaktperson: Helge Mork i samarbeid med Statens Vegvesen

Oppgaver knyttet til tilslag og mekanisk stabiliserte materialer

4.6.16 Finstoffinnhold i mekanisk stabiliserte materiale

Statens vegvesen har i Hb018/N200 stadig endra kravet til finstoffinnhold i mekanisk stabilisert materiale for bruk i forsterkingslag og berelag. Grensa for å unngå vassfølsame materiale har blitt endra frå 9 % < 75 µm (av materiale < 19 mm) i 1992- og 1999- utgåvene via 8 % < 63 µm (av materiale < 20 mm i 2005-utgåva og av materiale < 22,4 mm i 2011-utgåva) til noverande verdi på 7 % < 63 µm (av materiale < 22,4 mm i 2014 og 2018-utgåva). Avhengig

av kornkurve kan dette vere både innskjerping og lemping av kravet, men i alle fall er det ei innskjerping mellom dei to siste utgåvene. Samtidig har bruken av uknuste materiale blitt innskjerpa, og slike materiale er omtrent ikkje lenger tillat brukt i berelag. Knusing av stein og fjell vil uvilkårleg medføre produksjon av finstoff, og for å unngå at dette blir del av det ferdige produktet må det knuste steinmaterialet vaskast, noko som vil gjere materialproduksjonen dyrare. Samtidig er %-delen materiale < 22,4 mm ein liten del av totalen, slik at %-delen < 63 µm rekna av totalen vert svært liten dersom krava til vassfølsamheit skal overhaldast. Det vert difor stadig vanskelegare å halde seg innanfor krava, med større grad av konflikhtar mellom entreprenør og byggherre som følgje. Det kan difor vere grunn til å gå desse krava nøyare etter i saumane. Er det verkeleg nødvendig å ha så rigide krav til finstoffinnhald når materiala elles er opne og drenerande? I denne oppgåva legg ein opp til å m.a. undersøke permeabiliteten til ulike materiale og med ulike finstoffinnhald for å sjekke om det kan vere grunn for å justere dei rigide krava til finstoffinnhald som no ligg inne i Vegbyggings-normalen.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.17 Blandingsprodukt i vegbygging for utnyttelse av ressurser fullt ut

Det stilles krav til godkjent Los Angeles- og micro-Deval-verdi for anvendelse av materialer som forsterknings- og bærelag. Det stilles ikkje krav til at det er en ren bergart, bare det er en deklarerert vare. Dersom man har tilgang på bergarter med to ulike materialkvaliteter, vil det være mulig å kombinere de for å optimalisere bruken av ressursene hvis den ene innehar akseptable Los Angeles-verdier og den andre tilsvarende for micro-Deval? Ved å kombinere to ulike materialtyper med ulike blandingsforhold ønskes å oppnå optimalt produkt for maksimal utnyttelse av begge ressursene framfor at all masse kun kan anvendes som fyllmasse.

Det skal utføres Los Angeles og micro-Deval for eksempelvis 5 ulike blandingsforhold.

Opgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen og Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.18 Billedanalyse for hurtig bestemmelse av korngradering for grovkornige materialer

Det jobbes med utarbeidelse av norsk standard for materialer med øvre kornstørrelse større enn 90 mm. Standarden vil supplere de europeiske standardene, som omfatter materiale med kornstørrelser mindre enn 90 mm. Forsterkningslagsmasser vil i mange prosjekter gå utover 90 mm, og materialet må dokumenteres på ulike egenskaper før anvendelse, deriblant kornstørrelsesfordeling. Det er lite hensiktsmessig å ta med store prøvemengder inn i

laboratoriet, og utstyret er heller ikke tilpasset de største kornstørrelsene. I Sverige benyttes det billedanalyse for rask kornstørrelses-bestemmelse i produksjonskontroll. For å innlemme billedanalyse i den nye norske standarden, behøves erfaringsdata.

Oppgaven vil gå ut på å ta bilder av ulike produksjonshauger og ferdig komprimerte masser på veg, som igjen tas med inn i laboratoriet for analyse og sammenligning med billedanalysen. På grunnlag av resultatene vil man kunne bestemme om metoden er «god nok» for dokumentasjon av grovkornige masser. Oppgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen og Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.19 Sammenheng mellom mekanisk styrke og abrasiv slitasje for Los Angeles- metoden og micro-Deval -metoden for ulike testfraksjoner

Per i dag stilles det krav til Los Angeles og micro-Deval på referansefraksjonen 10/14 mm for vegbygging. Jernbaneverket stiller krav til fraksjonen 31.5/50 mm for anvendelse som jernbanepukk. I en vegkonstruksjon brukes overveiende grovkornige materialer i forsterkningslaget. Medfører det riktighet å stille krav til en kornstørrelse som ikke er representert i produktet, og gir belastningen materialet utsettes for under testen riktig bilde av det som skjer i vegen under trafikkbelastning? Det vil også være interessant å teste på alternative fraksjoner, slik standardene gir åpning for, eksempelvis 4/8 mm og 8/11.2 mm. Dette for å få erfaring med metodene og kornstørrelser som inngår i bærelag, asfalttilslag og betongtilslag. På sikt vil man kanskje ende opp med kravverdier, både for grove og fine materialer (avhengig av anvendelsesområde) i tillegg til referansefraksjonen 10/14 mm. Oppgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen og Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.20 Kompakteringens betydning for finstoffandelen for et vegbyggingsmateriale

Statens vegvesen stiller krav til overbygningsmasser ferdig utlagt på veg. Ved kompaktering i anleggsfasen vil finstoffandelen til materialet normalt øke på grunn av belastningen det utsettes for. Det er ønskelig å se på sammenhengen mellom ulike materialer før og etter kompaktering for å kartlegge økningen av partikler som er mindre enn 0.063 mm. Resultatene vil kunne danne grunnlag for vurdering av om kravene som er innført i N200 er «riktig» satt, eller om de burde justeres.

Oppgaven vil være av praktisk art ved et laboratorium, og det forutsettes innsamling av prøvemateriale fra flere eksisterende veganlegg under bygging. Flere ulike fraksjoner ønskes undersøkt, både bærelagsfraksjonene 0/22 og 0/32, men også forsterkningslag og frostsikringslag med andre fraksjoner. Oppgaven krever kanskje innsamling av materiale på forhånd (eksempelvis som sommerjobb), avhengig av når på året oppgaven utføres. Oppgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen og Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.21 Vaskings betydning for finstoffandelen for et vegbyggingsmateriale

Norge har forpliktet seg til å følge EU-direktivet, og derav forholde seg til europeiske standarder (NS-EN-standarder). I den sammenheng skal et materiale som anvendes til vegbygging oppfylle en del krav i Statens vegvesens N200, deriblant skal mengden partikler som er mindre enn 0.063 mm tilfredsstillende ulike prosentverdier avhengig av tilslagsfraksjon. Tidligere ble materialet kun siktet i tørr tilstand, slik det ligger i vegbanen. Ved å innføre vasking (for å være i tråd med standard utførelse av sikteanalyse) oppnår man normalt mer finstoff for en prøve. Det vil være av interesse å få erfaringsdata og eventuelt tallfeste hvor mye vaskeprosessen innvirker på sikteresultatet. Det vil kunne danne grunnlag for vurdering av om kravene som er innført er riktig satt, eller om de må justeres. Oppgaven vil være av praktisk art ved et laboratorium, og det forutsettes innsamling av prøvemateriale fra flere materialtak, både grusforekomster og knust fjell. Det kan også være aktuelt å samle inn materialer fra veganlegg. Flere ulike fraksjoner vil måtte inngå. Oppgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen og Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.22 Use of fraction 0-4 mm of crushed rock material in road construction

Today's requirements for road construction materials lead to a huge surplus of the finest grades. In particular, grade below 4 mm (2 mm) is problematic. Since this fraction can not be easily sold by aggregate producers, it must be deposited. This is an environmental challenge and a bad economy for the joinery. The main goal of the project is to look at the mechanical properties of the fraction 0-4 mm (stiffness and strength), their frost susceptibility, analyze the mineralogy and amount of fines below 0.063mm to understand if it is possible to use this material in the frost protection layer of the roads.

Kontaktpersoner: Elena Scibilia and Inge Hoff

4.6.23 Bruk av lokale steinmaterialer til vegformål, «Kortreist stein»

I mange tilfeller vil man i forbindelse med vegbygging stå ovenfor dilemma der man har steinmaterialer lokalt, enten i linja eller i nærheten, som i utgangspunktet er av en noe dårligere kvalitet enn det som er beskrevet i vegnormalene. Kravene som stilles er i dag knyttet til selve steinmaterialet og ikke til funksjonsegenskapene til steinmaterialet i vegkonstruksjonen. Alternativet er i mange tilfeller lang transport og dyre steinmaterialer.

Målsettingen med denne oppgaven er å se på alternative måter å teste de funksjonelle egenskapene til materialet i det laget som er aktuelt, for å se om materialet kan fungere i asfalt/ubundet lag til tross for dårligere mekanisk styrke. Oppgaven kan derfor både rettes inn mot bruk av steinmaterialer til asfalt eller bruken av stein til ubundne lag.

Det vil også være aktuelt å gjennomføre en innledende litteraturstudie om hva som er vanlig praksis i andre land.

Opgaven(e) kan knyttes opp mot:

Bransjeprojektet «Kortreist stein», som er finansiert gjennom Forskningsrådet, og med Veidekke som prosjekteier.

Kontaktpersoner: Lillian Uthus Mathisen lillian.uthus.mathisen@veidekke.no, Inge Hoff

Opgaver knyttet til tilstandsmåling

4.6.24 Georadar for kvalitetskontroll

Kvalitetskontroll av vegbygging har blitt mer krevende på grunn av flere entreprenører som har ansvar for deler av et prosjekt. Resultatet har blitt et økende konfliktnivå og flere krevende rettsaker. Ved bruk av georadar er det mulig med en systematisk kontroll av flere forhold som lagtykkelse og hulrom i asfalt. NTNU og SVV har to forskjellige typer georadar som kan brukes i en oppgave.

Kontaktperson: Inge Hoff

4.6.25a Bæreevne ved TSD-målinger

Som et av få land i verden opererer Norge med et tallfestet begrep for bæreevnen for eksisterende veg. Denne verdien er tradisjonelt basert på analyser av punktvis

nedbøyningsmålinger med Dynaflect, Benkelmansbjelke eller fallodd. Disse utstyrene har begrenset kapasitet og/eller har blitt tatt ut av aktiv tjeneste, og egner seg uansett i første rekke best ved vurdering av forsterkningsbehov på prosjektnivå. Det finnes imidlertid høykapasitets utstyr for kontinuerlig måling av nedbøyninger, og høsten 2015 ble de første målingene med TSD (Traffic Speed Deflectometer) gjennomført i Norge. I forbindelse med disse målingene ble det i en masteroppgave 2016 utviklet metoder for å beregne bæreevnen basert på målinger med slikt utstyr. Selv om beregningene viser godt samsvar med verdier basert på

falloddsmålinger, er disse metodene imidlertid ikke offisielt godkjente. Det er derfor ønskelig å få gjennomført mer grundige analyser av de utførte målingene sammen med analyser av spor- og jevnhetsdata for å kalibrere metodene mot observert tilstandsutvikling. Sommeren 2017 ble det utført nye TSD-målinger på flere 1000 km i Østlandsområdet, og disse kan også inngå i analysegrunnlaget. Etersom TSD-målingene midles over en viss målestrekning før analyse, normalt 10 m, vil det også være mulig å se på effekten av å variere denne analyselengden. Dette kan også danne grunnlag for en automatisk beregning av strekningsbæreevne og evt. forsterkningsbehov basert på målinger med slikt utstyr.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.25b Etterekning av TSD-målinger

Det vil i regi av Statens vegvesen bli utført ei stor mengde TSD-målinger i åra framover. Det eksisterer ein metodikk for utrekning av «bæreevne» i tonn basert på slike målinger, men denne er ikkje offisiell frå SVV si side. Men metoden er like erfaringsbasert og har dei same avgrensingane som den offisielle metodikken som er brukt for andre nedbøyingstutstyr. Det er difor interessant å få vurdert om det er mulig å utnytte slike målinger til å etterrekne stivheitsparametrar for undergrunnen og dei ulike laga i overbygninga, på lik linje med det ein kan gjere for eksempelvis fallodd. Ein vil difor prøve ut om etterrekningsprogramvare som i utgangspunktet er utvikla for falloddsmålinger kan brukast til dette formålet også for laserbaserte nedbøyingstverdiar frå utstyr av typen TSD. Herunder vil det inngå ei vurdering av kva justeringar som bør gjerast for å ta omsyn til dei ulike frekvens- og lastpåføringsmetodikkane som eksisterer mellom fallodd og TSD. Oppgåva vil kunne utførast i samarbeid med SVV, Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.26 LWD ved kompakteringskontroll

I Hb N200 er Platebelastningsforsøk dominerende metodikk for vurdering av kompakteringseffekt. For veganlegg med omfang over 5000 m², der det er obligatorisk å utarbeide valseprogram, er platebelastningsforsøk en av metodene som kan brukes for å fastlegge antall valseoverfarer som kreves. Metoden er også enerådende som sluttdokumentasjon av oppnådd kompaktering på øverste mekanisk stabiliserte lag i en vegkonstruksjon. Metoden er imidlertid både tidkrevende og smått komplisert å gjennomføre. Et alternativ kan være å bruke LWD (lightweight deflectometer) til slik kontroll. NTNU har gått til innkjøp av et slikt utstyr, og en ønsker å få utført samtidige målinger med disse to utstyrsvariantene på et eller flere veganlegg for å vurdere om LWD-målinger kan være et brukbart alternativ til Platebelastningsforsøk ved kompakteringskontroll.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.27 Bæreevne ved falloddsmålinger

Spor- og jevnhetsdata har i mange år vært styrende for dekkevedlikeholdet på norske veger, men den siste tiden har det blitt fornyet interesse for den strukturelle tilstanden til vegkonstruksjoner. Som resultat er det både utført TSD-målinger, og det er innkjøpt fallodd ved flere regionale vegadministrasjoner. Det er imidlertid observert avvik mellom beregnet bæreevne ved falloddsmålinger og tilstandsutviklingen på vegen, noe som er ulogisk, i alle fall for veger der piggdekkslitasje ikke er en dominerende skadefaktor. Det er derfor behov for å se på bæreevneformelen basert på falloddsmålinger for å justere denne slik at den i større grad tar opp i seg den reelle tilstanden enn det dagens formel gir grunnlag for, og i større grad avspeiler variasjoner i grunnforhold og kanskje blir mer følsom for trafikkmengde. I første omgang ser en for seg et samarbeid med SVV, som i stor grad har utført falloddsmålinger ved forsterkningsprosjekter.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.28 Analyse av samtidige funksjonelle og strukturelle TSD-data

Norske spor- og jevnhetsmålinger har siden 2008 blitt utført med ViaPPS laserbasert måleutstyr fra ViaTech, og før det med ULY/JULY eller Alfred målebil. De siste modellene av TSD måleutstyr er også utstyrt med sensorer for funksjonelle overflateparametre som spor og jevnhet, eksempelvis den som ble levert til BAST i Tyskland i 2018. Dersom det er mulig å få denne utstyrsenheten til Norge vil det for det første være mulig å sammenligne tilstandsdata fra

TSD- og ViaPPS-målinger, og for det andre å direkte sammenholde funksjonelle og strukturelle data fra TSD-målinger som grunnlag for bæreevne- og forsterkningsanalyser. Dette vil gi et unikt analysegrunnlag for å vurdere eksisterende veg.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.29 Bruk av droner til tilstandsmåling

Dekketilstandsparametrar som tekstur, spor, ujamnheit og sprekker vert i dag enten ikkje målt eller målt med spesialkøyrety som trafikkerer vegnettet. Statens vegvesen har dei seinare åra årleg målt spor og jamnheit med ViaPPS laserbasert måleutstyr både på riks- og fylkesvegar, ein situasjon som delvis kan endre seg med regionreforma, der fylka evt. må leige inn utstyret eller kjøpe eige utstyr, noko som uansett vil vere relativt kostbart. Med utviklinga i kamera- og droneteknologi dei siste åra kan eit alternativ vere å bruke dronar til dette føremålet. Ein vil i denne oppgåva i første rekke vurdere dei tekniske aspekta knytta til dette; er dette i det heile mulig med dagens teknologi? Posisjonsfastsetting kan også vere eit vesentleg aspekt i denne samanhengen, så dette vil kunne vere ei typisk multidisiplinær oppgåve, litt avhengig av interesse og vinkling.

Kontaktpersoner: Helge Mork (det vegtekniske), Arvid Aakre (drone)

Oppgaver knyttet til dimensjonering

4.6.30 «VegDim»

I FoU-prosjektet VegDim vil Statens Vegvesen i samarbeid med det svenske Trafikverket utvikle VTI-programmet ERAPave (Elastic Response Analysis of Pavements) til et norsk programsystem for estimering av tilstandsutvikling av vegkonstruksjonar. I samband med det er det behov for ein stor innsats for å framskaffe data på ma. følgjande område:

- aktuelle materialparametrar for norske vegbyggings- og undergrunnsmateriale
- masterkurver for norske asfaltmateriale
- norske klimadata og korleis desse påverkar materialparametrane
- samansettinga av tungtrafikken på norske vegar og måling av aksellast ved ATK
- kalibrering av tilstandsutviklingsmodellar for norske forhold
- modellering av permanente deformasjonar og utmattingssprekker
- modellering av frostnedtrenging og telehiv (forsøksfelt E6 Klett)
- testing av E-modul for berelag
- falloddsmåling og etterrekning av E-modul for forsterkingslag
- testing av undergrunn i felt (DCP) og lab. (treaks)
- sensitivitetsanalyser for ERAPave

I tilknytning til dette prosjektet er det altså mulig med oppgåver innan fleire område, både i lab og felt, innan modellering og programmering, instrumentering og måling, for å nemne noko.

Kontaktpersonar: Inge Hoff, Helge Mork, og i samarbeid med Statens vegvesen

4.6.31 Vurdering av ulike dimensjoneringsystemer for vegkonstruksjoner

Belastningen fra trafikken på vegkonstruksjonen har endret seg betraktelig siden det norske systemet for dimensjonering av veger ble utviklet. Det er belastningen fra tungtrafikken som er avgjørende for vegens levetid og belastningen har endret, både ved at det kjøres med tyngre totale laster og at kjøretøyene benytter «supersingeldekk», som gir en større belastning på konstruksjonen ved at lasten blir mer konsentrert.

Det norske systemet for dimensjonering av vegkonstruksjoner ble utviklet for en annen type belastningen enn det vi har i dag. Det er ønskelig at det gjennomføres en innledende undersøkelse av hva som finnes av aktuelle dimensjoneringsystemer og at det gjennomføres beregninger med disse for noen utvalgte trafikbelastninger.

Kontaktpersoner: Eivind Olav Andersen, eivind.andersen@veidekke.no, Bjørn Ove Lurfald, bjorn.ove.lurfald@veidekke.no

4.6.32 Prøveordning for tømmervogntog med totalvekt opptil 74 tonn

Statens vegvesen (SVV) har ansvar for et pilotprosjekt hvor konsekvenser av kjøring med 74 tonns tømmervogntog skal utredes. Prøveordningen, som omfatter 11 kommuner i Innlandet, starter 1. juli 2021 og varer i 3-5 år, og skal gi kunnskap som grunnlag for en anbefaling om hele eller deler av det offentlige og private vegnettet bør åpnes for 74 tonns tømmervogntog på sikt. Oppdraget er et tverrfaglig forsknings- og utviklingsprosjekt hvor SVV samarbeider med blant annet Innlandet fylkeskommune og Norges skogeierforbund (NSF), som har ansvaret for det private vegnettet, herunder skogsbilvegnettet. SVV ønsker en student som skriver både prosjekt- og masteroppgave i forbindelse med dette pilotprosjektet. Hovedfeltet vil være innen vegslitasje og bæreevne.

Kontaktpersoner: Helge Mork og Inge Hoff i samarbeid med Statens Vegvesen

Oppgaver knyttet til klima

4.6.33 Klimaendringenes påvirkning av behovet for dreneringssystem på vegnettet

Se på dagens dreneringssystemer inklusiv vedlikeholdstilstand i forhold til dimensjoneringskrav og eventuell forverring av klimaet.

- Hvilke konsekvenser kan endret klima få for dimensjoneringskriterier og vedlikeholdsbehov?
- Hvilke konsekvenser vil dette få for trasevalg og veglinjens plassering i terrenget, med tanke på økt vannføring/flom?

Oppgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Kontaktperson: Helge Mork

4.6.34 Frost protection of roads and railways

One of the main challenges we are facing now is climate change, which leads to increasing winter temperatures and precipitation. And as a result, the areas, which before were enjoying stable winter conditions, now are facing frequent freeze-thaw cycles during winter months, which lead to severe frost heave problems. Frost action mainly develops in the frost-susceptible subgrade soils, leading to ice lens formation, surface heave, and to pavement deterioration. Frost action in the subbase granular layers, especially in the frost protection layer, is often ignored, because these materials are usually not considered to be frost susceptible. This may not necessarily be the case because the presence of fines can modify their frost susceptibility and cause severe degradations.

This topic includes laboratory experiments (freezing cell and convection test) and field investigations (from the sites in Røros and new E6) plus numerical modelling (COMSOL).

Oppgaven vil utføres i samarbeid med Statens vegvesen Vegdirektoratet, NOR Bane, LECA, GLASOPOR.

Kontaktpersoner: Elena Scibilia and Inge Hoff

4.6.35 Asfaltdekker og klima-/miljøregnskap

Det foreligger ulike verktøy internasjonalt for vurdering av vegdekkers karbonfotavtrykk og klimaregnskap (basert bl.a. på hvordan asfalten produseres, innslag av gjenbruksasfalt, transport m.m.). I Norge blir nå miljødeklarasjoner (EPD) etter hvert krevd for å dokumentere dette. Her er det et aktuelt og spennende område for flere oppgaver: Evaluering/erfaringer fra utførte prosjekter, se på hvordan ulike parametre innvirker i modellene, vurdere hvordan asfaltdekkenes levetid slår ut, vurdere ulike utforminger av kontrakter/tildelings-kriterier for å dra best nytte osv.

Kontaktperson: Helge Mork i samarbeid med Statens Vegvesen

4.7 Drift og vedlikehold av vegger

4.7.1 Svevestøv

Svevestøv er et problem som oppstår om vinteren. Det skyldes til dels oppvirvling av støv fra piggdekkslitasje og nedknust strøsand. Svevestøv fører til dårlig luftkvalitet og er helsefarlig. Flere kommuner, blant annet Trondheim, utfører regelmessige støvdempingstiltak for å holde luftkvaliteten på et akseptabelt nivå. Slike tiltak omfatter både feing, spyling, og utlegging av kjemikalier for å holde vegbanen fuktig (støvbinding). For å kunne sikre god luftkvalitet på en effektiv måte gjennom vinteren ønsker Statens vegvesen mer kunnskap om virkemåten og effekten av tiltakene de utfører. Elgeseter gate er instrumentert med sensorer og driftsdata på utførte tiltak fra Trondheim Kommune er tilgjengelig. Det som mangler er gode feltmålinger som dokumenterer vann-, kjemikalie- og støvmengdeutvikling over tid. Målet med denne masteroppgaven er å lage en helhetlig feltstudie om støvdemping for å kartlegge effekten og varigheten av de utførte tiltakene.

Kontaktperson: Alex Klein-Paste

4.7.2 Mobile sensing of water and anti-icing chemicals on runways

Anti-icing chemicals are used at airports to prevent that the runways get slippery due to snow or ice. These chemicals are expensive and have negative environmental impacts. This is the reason why airport operators like Avinor wish to optimize their usage. Recent developments in sensor technologies have given products and prototypes that aim at measuring the water and/or chemical amount that is present on runway surfaces. One start-up company that develops such a sensor is TracSense. They have developed a prototype that is now under testing. The goal of this thesis is to develop a laboratory set up that allows evaluation of this sensor and explore the potential and limitations of their latest prototype.

Contact person: Alex Klein-Paste

4.7.3 Comparative study of deicing chemicals

During the winter season, ice on roads poses a potential risk for traffic safety, thus ice removal is an important part of winter maintenance operations. This is usually done by salting, to weaken the ice layer and remove ice-pavement bonds, and mechanical removal, either by traffic or with snowplows. There are different types of salts available and commonly used: sodium chloride, magnesium chloride and calcium chloride are just a few examples. The performance of deicers is quantified by how fast, how much and how deep they can melt the ice. A method based on image

analysis can be used to quantify melting rate and penetration depth of different deicing agents. The goal of this project is to perform a comparative study of different salts that are commonly used as deicing agents, with focus on the correlation between melting speed and melting depth of those chemicals.

Contact person: Alex Klein-Paste

4.7.4 Health condition of highway drainage systems

The Norwegian Public Roads Administration (NPRA) has currently a strong R&D focus on asset management of highways. The desire is to have better systems that can 1) identify the current condition of the main objects that comprise the highway, 2) follow the development of the condition, 3) estimate and justify maintenance budget needs and 4) prioritize maintenance actions. An important sub-system of the whole highway is the drainage system. It comprises of various ditches, culverts, manholes and road shoulders. The National Road Data Bank (NVDB) contains data of both the objects and their condition. However, the data is suspected to be of varying quality (objects can be missing, essential data is missing or outdated). But it is currently unknown how much data is lacking/outdated. The main objective of this project is to assess the applicability of health condition index for drainage systems on Norwegian Highways.

Contact person: Alex Klein-Paste

4.7.5 Snow hauling

Many cities in cold climates have too limited space for snow storage and need to transport snow out of town. This operation is called “snow hauling” and is very costly and energy consuming. NTNU has initiated research activities in green snow storage facilities. The concept is to have snow depots close to town that melt the snow and use the energy to cool buildings or other facilities. Trondheim Municipality is considering such concept and wishes to estimate the CO₂ reduction that can be achieved by the reduced transport of snow. The goal of the project is to estimate the CO₂ emissions / savings from the current situation where all the snow is driven to Tiller, with two facilities, one at St Olav hospital and one at NTNU.

Contact person: Alex Klein-Paste

4.7.6a Planlegging av prosesser innen drift og vedlikehold av veger

Effektiv gjennomføring av tiltak på vegnettet er av stor betydning, både for byggherre, entreprenør og trafikanter. I denne oppgaven kan man ta for seg utvalgte prosesser og se på hvordan planleggingen og gjennomføringen av dette kan utføres på beste måte. Viktige

problemstillinger som er aktuelle å vurdere er:

- Er grunnlaget for å planlegge/gjennomføre arbeidet godt nok?
- Er sjekklister/prosedyrer gode nok? Kan de eventuelt forbedres?

Kontaktperson: Bjørn Ove Lerfald, bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

4.7.6b Miljøberegningsverktøy (CO₂ mm) for drift og vedlikehold

CO₂- og miljøberegninger gjør seg i stadig økende grad gjeldene også innenfor drift og vedlikehold av vei. I denne oppgaven vil det være aktuelt å fremskaffe en oversikt over hvilke verktøyer som evt. finnes, alternativt utvikle et enkelt program/verktøy for beregning og tallfesting av miljøbelastning generelt og CO₂-belastning spesielt.

Kontaktpersoner: Inge Bolme, inge.bolme@veidekke.no, Bjørn Ove Lerfald, bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

4.7.6c Alternativ vegetasjonsbekjempelse

Kantslått og vegetasjonsbekjempelse er en av største prosessene innen sommerdrift av vei. Prosessen medfører betydelig ressursforbruk (helse-, miljø-, sikkerhets- og kostnadmessig). I denne oppgaven vil det være mulig å anta ulike retninger. Det være seg arbeid med nye og innovative metoder, beregninger knyttet til miljøbelastning eller vegetasjonsbekjempelse i ett litt større perspektiv (tilrettelegging for enkel bekjempelse, utnyttelse av hogstavfall, alternativ til slått/hogst etc). Testing i felt vil kunne være aktuelt her.

Kontaktpersoner: Inge Bolme, inge.bolme@veidekke.no, Bjørn Ove Lerfald, bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

4.7.6d Varmsand til friksjonsforbedring på gang- og sykkelvei

Det er stort fokus på gående og syklende for tiden, og det jobbes med forskning og utvikling knyttet til metoder for blant annet bedre friksjonsforhold vinterstid. Varmsand er en metode som ble forsøkt for noen år tilbake. Den gang ble den skrinlagt, mens nyere arbeid viser at metoden kan ha stort potensiale knyttet til gående, gitt at det praktiske knyttet til oppvarming av strømaterialer og utførelsen løses annerledes enn i forbindelse med tidligere forsøk.

Denne oppgaven vil kunne bestå av både teoretiske beregninger, lab- og feltarbeid.

Kontaktpersoner: Inge Bolme, inge.bolme@veidekke.no, Bjørn Ove Lerfald, bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

4.7.6e Snøsmelting

Snø som må kjøres bort i byer og tettbebygde strøk må leveres på godkjent deponi eller «bearbeides/prosesserer» i et snøsmeltingsanlegg for å ha kontroll på forurensing. I denne oppgaven vil det være aktuelt å jobbe med ulike løsninger knyttet til enkle, mobile (flyttbare) anlegg og løsninger med tanke på smelting av snø.

Eventuell nødvendig tilførsel av varme bør her være fornybar og løsningen kan/bør utvikles med tanke på å fylle ulike funksjoner. For eksempel kan en se for seg at ferdig rensset smeltevann benyttes til andre bruksformål.

Kontaktpersoner: Inge Bolme, inge.bolme@veidekke.no, Bjørn Ove Lerfald, bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

4.7.6f Testmetode for vurdering av sandkvaliteters egnethet mtp fastsand

Fastsand er en sandingsmetode hvor oppvarmet vann tilsettes strøsand. Gitt riktig utførelse (type sand, mengde vann og spredning som er i orden) oppnår en typisk 2-3 ganger i effekt og 10-30 ganger bedre varighet. Strømaterialets egnethet har stor betydning. En sikteanalyse vil si noe om egnetheten, men det kan tenkes at det vil være mulig å fastslå egnethet/egenskaper på andre og, for mange i det praktiske, enklere måter.

Denne oppgaven vil innebære å forsøke å utvikle en enklere testmetode basert på tilgjengelige referansematerialer med kjente egenskaper (velegnet, brukbar, uegnet etc.). Oppgaven vil primært innebære arbeid i lab med påfølgende beskrivelse av testmetode.

Kontaktpersoner: Inge Bolme, inge.bolme@veidekke.no, Bjørn Ove Lerfald, bjorn.ove.lerfald@veidekke.no

4.8 Jernbaneteknologi

4.8.1 Train-track interaction modelling and simulation in turnouts

Wheel-rail contact model is one of the important part in the study of the dynamics of train running through switches and crossings (turnouts). The wheel-rail contact modelling is quite complex in turnouts due to several reasons. Multiple contact point, loss of contact, contact point jump are some of the issues that needs to be considered. The main cause for such a varying and non-standard contact is the variation in rail profile though the switch, double rail arrangement as well as large deformation and wear of rail head at the switch and crossing panels.

The accuracy of the dynamic simulation results of train-turnout interaction may depend on the accuracy of track and train related data available as well as the detail of the modelling of the different components. This project aims specifically on studying the influence of data related to rail geometrical parameters where all other data are fixed. Through simulations, the project aims to determine the right (reasonable) number of rail profile data required through a switch and crossing to obtain a good accuracy of the simulation results.

Software to use: Commercial MBS software GENSYS to model a train and a turnout with specific geometry.

Method: A train running through a switch and crossing will be simulated using the GENSYS software. Several simulations will be run to find the optimum number of rail profiles at the switch panel and crossing panel needed to reach a reasonable accuracy of simulation models. Rail profiles will be measured in field using mini-prof equipment on three turnouts with the same turnout geometry. The rail profile will be collected from three turnouts: one with a relatively newly installed, one with moderate wear and a third with highly worn/deformed profiles. The rail profile will be sampled at 60-70 locations in one turnout.

Wheel-rail contact forces along the switch and wheelset movement will be the simulation outputs used for the evaluation. The simulation will be run for the three turnouts with different degree of rail deformation (wear). The convergence of the output data with increasing number of rail profile data will be used as a guideline to recommend a minimum number of rail profile data required for an acceptable simulation result. The simulation will be run for a train movement in both the facing and trailing moves.

Contact person: Elias Kassa

4.8.2 Switches and Crossings Design for Higher Axle Load

Currently, there is a trend towards increasing axle load for surviving the competition with the road transport modes. It is an economic necessity to meet the growing demand of heavier axle loads and higher tonnages. For example, the transportation of ore in Malmbanan and the railway line Ofotbanen demands bigger and heavier trains, which lead to a higher axle load. As like the train speed restriction, the same characteristic is evident with higher axle load at switches and crossings. Turnouts are weakest point in the railway network experiencing large contact forces and hence rapid deterioration rate.

The objective of this part of the project is to investigate the capability of the current switch design (structural and geometry) for higher axle load. Several track switch designs will be investigated in order to investigate whether the current design is reliable for heavier axle load. The project will use the commercially available Multibody system (MBS) software GENSYs for the modelling and simulation. The project will be conducted in collaboration with Turnout Manufacturer and Chalmers University in Gothenburg. This project suits for candidates from civil, mechanical or structural engineering.

Contact person: Elias Kassa

4.8.3 Kurveveksler

Hvordan utvikler rykket seg over tidsintervallet som vognen har over en kurveveksel? I en kurveveksel oppstår det ett rykk i tog som kjører i den delen av vekselen som ikke faller sammen med kurven vekselen er lagt inn i. Det være seg en krappere kurve eller en slakere kurve enn den kurven vekselen er lagt inn i. Sentrale spørsmål som ønskes besvart er:

- Hvordan utvikler rykket seg over tidsintervallet som vognen har over kurvevekselen?
- Utvikler rykket seg (matematisk) mot uendelig?
- Er det mulig, gjennom akselerometermåling, å finne et matematisk uttrykk som beskriver uendeligheten og som kan fungere som en grenseverdi for komfort og avsporing? (Det er mulig vi her må inn med en beskrivelse av den stiveste aksling/boggi, vi må i alle fall etterprøve teorien praktisk i en påfølgende oppgave.)

Arbeidet vil bli gjennomført i samarbeid med Bane Nor.

Kontaktperson: Elias Kassa

4.8.4 Parameter studies of Switches and Crossings geometrical and structural design parameters

The department of Civil and Environmental Engineering at NTNU would like to have two master students to work on our railway research projects.

There is a very large competition among all the transportation modes to deliver a high-level service and at the same time to reduce the carbon footprint per paying passenger. A general understanding is that train transportation is greener than that of airline transportation. This has led to a resurgence of railways across the world as a principal means of mass transport. In order for railways to be viable, in terms of journey times and economies, the need for increased train speed and axle load has become of paramount importance. However, all the train speed is highly restrained when approaching and passing switches and crossings (S&Cs). It is therefore evident that in order to increase line speeds in the railway network it is necessary to not only be able to design plain line track, but also to model and design S&Cs capable for high speed trains and high axle weight trains. This research work will look several aspects of the switch design: the S&C geometry, the track support structure, the components of the S&C and advanced switching mechanism. Many high-speed turnouts uses longer switch rail operated by several switching machines, larger curve radius and swing nose crossing.

The first project focuses on evaluation of current design guidelines and design requirements for switch geometry parameters. The second project focuses on evaluation of current design guidelines and design requirements for the track structure through the switches and crossings

Both projects will use the commercial Multibody system (MBS) software GENSYs for the parameter studies. The project will be conducted in collaboration with Turnout Manufacturer and Chalmers University in Gothenburg. This project suits for candidates from civil, mechanical or structural engineering.

Contact person: Elias Kassa

4.8.5 Evaluation of track design changes

Track component design change or modification to the existing design, as a rule, must pass long and detailed acceptance procedures by the railway infrastructure administrations. The acceptance process sometimes requires field-testing to validate a new product before introducing into the network even though the change is not considerable. The design changes should also be compliant with the current standards of the administration. The tolerances for each design change will be examined taking the largest margins to the standards (control measures) of the corresponding standard agency. In the design of railway track, the choice of what parameters to modify and the range of fluctuation (change) allowed, can be supported by the Design of Experimental methodology.

The work will focus on an experimental planning using factorial design approach with equal number of levels (with more than two-levels of variation) or combined levels of variation. The evaluation of track related parameters includes rail-pad stiffness, under-sleeper pads and sleeper spacing. The experiment will use simulation of a train model in Multi-body system dynamics (MBS) software SIMPACK/GENSYs/Vampire. The outputs from the simulation can be studied using Response Surface Design to assess and certify if the changes or modification within a certain range will bring any major change compared to the existing certified model to certify the changed design. The certification is evaluated for a multiple outputs based on derailment risk, ride comfort, vibration level and wheel-rail contact forces.

Example of typical parameters and their effects that will be studied:

- Railpad stiffness: hard (thin pads), medium (10mm grooved pads), very soft
- Fastening system

- Sleeper types
- Superstructure type: sleepers (discrete support), ladder sleepers and other reinforced concrete floating and non-floating slabs (consistent support), innovative reinforced concrete slabs (continuous support).
- Support properties: ballast type and stiffness (newly compacted, used or fouled), under-sleeper pads, uneven support, etc.
- Axle load, train speed, vehicle type, etc.

This project suits for one or two master students.

Contact person: Elias Kassa

4.8.6 Railway vehicle stability analysis in tangent tracks

Recently, there has been vehicle instability problems with the introduction of high-speed train in Norway. Vehicle hunting (wheelset hunting or bogie hunting) are phenomenon with increased speed. Several wheel and rail vehicle parameters determines the critical speed of a rail vehicle in tangent track. Lowering the train speed is one way to alleviate hunting problems; however, such a solution may lead to line capacity reduction as well as increased travel time.

The project is aiming to increasing the understanding of hunting phenomenon for higher speed trains. It also aims to identify factors that affects the instability of rail vehicles using numerical studies.

- A multi-body system (MBS) model to simulate the dynamic vehicle-track interaction (available from railway group).
- Wheel-rail interface modelling including combinations of several wheel-rail profiles

Candidate with a background in civil, structural or mechanical engineering are highly encouraged but not limited.

Contact person: Elias Kassa

4.8.7 Numerical investigation of the effect of railway vehicle on rail roughness development

Rail roughness growth has long been a concern in the railway industry and the understanding of its cause is still not adequate to allow effective control measures to be developed.

Consequently, the use of expensive rail grinding is frequent in order to treat problems such as rail corrugation. The identified common causes of rail corrugation are the second torsional resonance of powered wheelsets. Resonance of the unsprung mass of the vehicle on the track stiffness is also a common cause of corrugation in a wide variety of circumstances. Its effects can be particularly pronounced if there is a coincidence of the P2 resonance and the first torsional resonance of the wheelsets. However, the effect of other design parameters/components of the vehicle has not been studied and the role of a vehicle design on the rail roughness development is not well understood.

The aim of this project is to study the effect of railway vehicle parameters on the rail roughness development through numerical analyses, with the final goal to reduce the life cycle cost (LCC) due to rail roughness by improving the vehicle design.

The numerical approach should combine the advantages of different numerical tools while being reliable in representing the physical problem.

- A multi-body system (MBS) model GENSYS to simulate the vehicle-track dynamic interaction (available from railway group), wherein the general design parameters of the vehicle are defined.
- A detailed FEM model of a wheelset to analyse the dynamic responses at the wheel-rail interface, applying the time-variant responses of the secondary suspension system from MBS simulations as input. The important modes of the wheelset and the frequency of interest should be captured in the FEM model.
- A damage accumulation model to predict the growth of rail roughness (available from railway group)

The flexible wheelset should be modelled using ABAQUS. The final FEM model should be obtained purely using scripts. Hence, some knowledge of ABAQUS program is required.

The project can be tailored to suit one or two master students.

Contact person: Elias Kassa

4.8.8 Effect of track type on rail roughness development

With the demand of increasing train speed, application of modern railway tracks are more and more popular all around the world. A study shows that corrugation on a high-speed line reoccurred less than three months after the grinding maintenance. The available prediction models are mostly for conventional track designs. A limited number of publications on rail roughness at modern railway tracks can be accessed. The rail roughness development on modern railway tracks still remains a gap of knowledge. It is therefore necessary to extend the study of the mechanisms of the formation and development of rail corrugation to the modern railway tracks.

The aim of this project is to study the rail roughness growth on modern railway tracks. Tracks with different superstructure types, such as ladder sleepers, reinforced concrete floating and non-floating slabs (consistent support), and innovative reinforced concrete slabs (continuous support), are to be studied.

- A multi-body system (MBS) model to simulate the dynamic vehicle-track interaction (available from railway group).
- FEM models of the modern railway track with different structure types
- A damage accumulation model to predict the growth of rail roughness (available from railway group)

Candidate with a background in structural or mechanical engineering are highly encouraged but not limited.

Contact person: Elias Kassa

4.8.9 Interaction effects of track components on rail roughness development

Track design has significant influence on the rail roughness development, but the interaction effect of different track components (rail pad, sleeper, ballast bed, fastening system, etc) is not well understood yet, neither does the effect of rail roughness on the life cycle of track components. More studies are needed to fill the knowledge gap. The aim of this project is to study the interaction effect of different track components on the rail roughness development, through which the sensitive components could be identified, with suggestions for improved track design. The numerical approach should combine the advantages of different numerical tools while be reliable in representing the physical problem.

- A multi-body system (MBS) model to simulate the dynamic vehicle-track interaction (available from railway group)
- A detailed FEM model of the track, which allows detail analysis of the dynamic response on different track components
- A damage accumulation model to predict the growth of rail roughness (available from railway group)
- Design of experiments (DoE) method to analyse the interaction effect of different track components

The candidate should have a background of civil, structural or mechanical engineering. The railway track should be modelled using ABAQUS. The final FEM model should be obtained purely using scripts. Hence, some knowledge of ABAQUS program is required.

Contact person: Elias Kassa

4.8.10 Elastisitet til jernbanepukk

De fysiske kravene som i dag stilles til jernbanepukk (den massen som svillene ligger i) er i første rekke i forhold til nedknusning (Los Angeles, LA) og til abrasjon (Micro Deval, MD).

Vil det være fornuftig også å stille krav til elastisiteten til pukkmaterialet? Er det noen korrelasjon mellom dagens krav (LA og MD) og elastisiteten til pukkmaterialet? Er det en enkel relasjon mellom bergartselastisitet og elastisiteten til pukkmaterialet? Kort fortalt vil et stivt pukklag vil gi økt påkjenning til svillene, mens et mykt pukklag vil gi større påkjenning til skinnene. Man kan derfor tenke seg at mekanisk spormodellering vil kunne inngå i en slik oppgave.

Contact person: Elias Kassa

4.8.11 Modelling of railway train-track-substructure for transition zones

Transition zones in railway track may exist where there is a vertical stiffness changes of the track support in a short length. Such transition zones can be found near bridges, culverts, tunnels or when the track form changes. The sharp stiffness variation at such location may lead to uneven settlement and high impact forces during train passage. This is quite a common problem but with the development of new track forms such as slab track in tunnels and ballasted track outside, it is crucial to understand the dynamics at such transition zones.

A numerical model is needed for the analysis of the dynamic responses in transition zones, from ballasted to slab track or vice versa. This study will focus on developing numerical models to represent the vehicle-track-substructure dynamic system by coupling FE model with MBS software Gensys. An interface script will be developed to import the contact force and contact point location from MBS code to FEM tool. The track and substructure systems will be modelled by FEM tool. The model should represent the track superstructure as rail beam discretely supported by a continuous support model. Focus will be given for the interaction modelling of the rail and the sleeper as well as the interface between sleeper and ballast. In terms of the ballasted track, the track-substructure FE model will include rail, fastening, sleeper, ballast and subgrade part. For the slab track structure, traditional sleepers and ballasted bed will be replaced by integral concrete slab.

Kontaktperson: Elias Kassa

4.8.12 Benford's Law for railway application

Benford's law is an observation about the frequency distribution of leading digits in many real-life sets of numerical data. The law states that in many naturally occurring collections of numbers, the leading digit is likely to be small. The law is generic and has been used for many applications, for instance, testing data quality and innovative application in the fields of nature, social science, etc.

Digitalization has been a major focus in railway sector. This means that a lot of digital data have been collected over time and with time. It is a wish to use this project to discover potential use of Benford's law in railway application. Ideally, learning from historical data, mapping out potential use and apply the law in data collecting system to detect anomalies.

The project requires student with high interest in mathematics and good railway engineering knowledge.

Contact person: Albert Lau

4.8.13 Functional scaled railway track development

Getting access to railway track has long been a challenge due to safety issue for public to be on the track. This is not ideal for research and development of railway because research often has to be setback and only very limited and deemed highly important research can be conducted on track. They are always expensive and not to mention time consuming. Innovation happens often when trial and error can be applied, easily.

This project is about building a functional 1 to 5 scaled ballasted track. The aim is to be able to fit the track into the existing snow lab at the department of civil and environmental engineering for cold climate research and investigations. The track has to be built from scratch, after that fine tuning the track so that the scaled track can manifest same functions as a real track but on a scaled level.

Contact person: Albert Lau

4.8.14 Calibration of position precision of measurement train Roger 1000

Roger 1000 is a measurement train that is used to measure and monitor Norwegian track today. There are several geometric parameters the train measures during its passage on a given track. For instance, cant level, track gauge, horizontal geometry, vertical geometry, etc. These parameters do not usually require high precision of their corresponding positions because they can be rather easily identified. The position precision today is at the range of 10 to 50 meters depending on location.

However, as the technology advances, engineers in Bane NOR want more information to be processed by the train. An example to that is imagine. Imagines can be a useful information because technologies and advanced machine learning algorithms today can easily be applied to identify problematic areas on the track. But this task becomes challenging as position precision has to be a lot higher, up to 0.5m, is required.

The aim of this project is to use different parameters e.g., train speed, reference positions, regularities of the track to refine the position precision of the data recorded on train. This will be a cross-disciplinary project with geomatic.

Contact persons: Albert Lau and Hongchao Fang

4.8.15 Railway track condition monitoring and event identification with the use of Roger 1000 (track measuring train) data

Roger 1000 is a movable railway track condition monitoring train. The train uses different technologies such as accelerometers, laser scanner, ultrasound, imagine sensors, etc. to describe railway track condition when the train driving through it.

Although many data are measured by the train, to be able to tell the status of the track often still requires manual effort. For instant, it takes one or few employees to analyze the data, compared it to the standard, draw a conclusion of the status of the track, and eventually notify railway track

owner (Bane NOR) if attention needs to be paid. One downside of such manual work/task is that, sometime important events might be missed due to human factor.

Over the years, Bane NOR has collected good amount of data and it seems like it might be enough to use supervised machine learning to perform the abovementioned task.

Some expectations of this task:

- train/develop ML to be able to identify most (if not all) anomalies (event log) in the historical data.
- Develop ML algorithm that can automatically identify anomalies in the data with high certainties.
- Use of ML learning to automatically notify any unwanted event via the data and if possible, integrate the algorithm into existing data management system on the train.

Contact persons: Albert Lau and Adil Rasheed

4.8.16 Precision study for Miniprof switch and crossing and 3D geometry scanner.

Rail has a complex geometric profile to provide the best train driving experience when the wheels are interacting with it. The complexity is even higher in switches and crossing. Development of rail profile over time is an important subject because of the high wearing condition.

To measure rail profiles, a specialized tool called Miniprof is often used. Miniprof is able to measure with high precision, up to 0.01mm, but the tradeoff is the measurement campaign is time consuming. Time expected to use for switch and crossing profile measurement is probably several time more than measurement for nominal rail profiles.

Over the years, 3D geometry scanner technology has become more available and cheaper. One of the greatest advantages of 3D geometry scanner is that measurement can be taken from distance and do not require touching of the object. This is a great advantage because measuring from distance means one does not have to possess the track which is expensive and dangerous.

This project is about exploring the precision of 3D geometry scanner compared to Miniprof. The aim is to give an insight how accurate we may expect from 3D scanner contra Miniprof and Miniprof switch and crossing, what we can do to improve the measurements, and what we may use the measurements for.

This project requires the candidate to go on-site to measure rail and switches and crossings profiles. Besides, the candidate has to learn how to use solid work or equivalent software to process data collected from sites.

Contact person: Albert Lau

4.8.17 Switch and crossing (S&C) optimization for 35t axel load

In 2021, Øystein Brittmark developed a 35t heavy axle train-turnout (R760 s&c type) numerical simulation model in multibody simulation model (MBS) software GENSYS. The model had been used to simulate and study difference scenarios e.g., dynamic effect of gauge variation and cant variation. Many scenarios can be simulated by the model, but it was not executed due to the time constraint.

This project is about continuation of the work done in 2021. Namely, use of advanced optimization algorithm to find the best parameters combination (suspension stiffness, rail geometric profile, cant design, gauge design, etc.) that provides the most optimal solution for heavy axle train traveling through the S&C. Depending on availability of switch and crossing profile information, more switches and crossings designs might be studied.

The project requires some programming knowledge such as Matlab or Python.

Contact person: Albert Lau

4.9 Drift og vedlikehold av jernbane

4.9.1 Slitasjeforløp i kurveveksler

Er det mulig matematisk å bevise at en sporsløyfe i kurve har mindre slitasje (som en funksjon av mindre belastning fra hjul og hjulflens) når sløyfen er utformet med en venstre/venstre-veksel i det ene sporet og en høyre/høyre-veksel i det andre sporet, enn om sporsløyfen er plassert på rett linje?

Dette fordrer at den ene sporvekselen (alt etter hvordan krumningen ligger) får hovedsporet i avvikende del av sporvekselen. En viktig forutsetning vil være her at hele sporsløyfen + litt til i begge spor, ligger på det samme planet og dermed har lik overhøyde. Dersom denne forutsetningen ikke er oppfylt, vil man antagelig IKKE få en redusert slitasje, ei heller en god geometri. Er det mulig å bevise denne hypotesen? Alle krefter som geometrien medfører, vil måtte gå via en boggi eller enkelt hjulaksler. Hvor mye spiller boggien inn på kreftene som oppstår? Er det boggi typer som ikke kan benyttes i sløyfen? Hva med toakslete godsvogner? Både person- og godstog skal ha samme hastighet i sporsløyfen. Hvilken trafikk vil slite mest på vekselkomponentene? Kan det være aktuelt å differensiere hastigheten på person- og godstog, fordi persontog vanligvis har bedre løpeegenskaper enn godstog?

Kontaktperson: Elias Kassa

4.9.2 Durability and long-term behaviour of ballast less (slab) track

Ballast less track is a composite structure composed of many kinds of materials. Under the combined action of environment and train load, different kinds of materials have different degradation curves, and the damage in one component will influence the durability of the whole structure.

A comprehensive study in the durability of the ballast less track system is lacking. Under long-term combined action of train load induced vibration and natural environment, the functionality of the components may degrade. The thesis project will be a basis to a comprehensive study and set evaluation methods for the durability and the long-term behavior of slab track system.

Contact person: Elias Kassa

4.9.3 Konsekvenser av godstog i høy fart

Vurder muligheten for økt hastighet, lengde og total tonnasje på godstog med tanke på under- og overbygningen. Det er et ønske om økt hastighet på godstog, gjerne opp til 130 km/t og da med tog inntil 750 m lengde og total tonnasje på mer enn hva dagens regelverk tilsier.

- Hvilken sammensetning må underbygningen ha og med hvilke kompakteringskrav må den bygges for å oppnå målet?
- Hvordan vil eksisterende overbygning håndtere hastigheter på 130km/t når godstogene er som beskrevet?
- Dersom forsterkning av overbygning må utføres, hvilke lagtykkelser må en da ha av dagens steinstørrelse i ballastprofilet?
- Vil en endret steinstørrelse eller en to-lags løsning av forskjellige steinstørrelser i ballastprofilet være mer resistent mot nedknusningskreftene som oppstår?

Kontaktperson: Elias Kassa

4.9.4 Analysis of most common damage types in railway fastening system

There has been master thesis projects at the department of Civil and Environmental Engineering at NTNU together with the University in Narvik to improve the understanding of the rail-fastener-sleeper loading path through modelling and/or lab testing. This project will be a continuation to the previous master project. The main objective of this project work is to categorize all the failure remarks in the fastening system reported in the Bane NOR failure database.

The failure data will be analysed statistically to find out the most common damage modes in railway fastening systems that are being used in the Norwegian railway network. The project will be done in close collaboration with the Bane NOR. Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) methodology will be applied to identify the most common damage types, to classify the modes of failure based on causes and rectifications. In this project, the FMEA methodology will be applied for the different failure modes, identifying the potential failures, causes and what the consequences will be on the operation of the track.

Contact person: Elias Kassa

4.9.5 Wheel Climbing Derailment Criterion at Switches and Crossings

Wheelset derailment due to flange climbing at the switch entry is one of the most dangerous occurrences affecting the safety of the railway at Switches and crossings (S&Cs). This needs to be prevented by appropriate inspection and maintenance criteria. To reduce the risk of derailment, switches, particularly in facing point, require a robust inspection procedure specifying the inspection regime, monitoring procedures and actions to be taken. Several factors aggravate the risk of derailment at the switch entry. Highly worn top edge of switch rail may lead a bottom of the wheel flange in the facing move to climb over the switch rail and lead to derailment. A switch rail with a broken top edge may also lead the wheel flange to ride over the broken switch rail and could lead to derailment. A side or head worn stock rail associated with new or worn switch rail may also be a risk for derailment. Therefore, safety against derailment must be ensured by setting appropriate maintenance standards for the rolling stock and for the railway line e.g. inspection of switch rail profile wear, stock rail profile wear, quality of track geometry at the entrance.

Several parameters will aggravate and influence the safety of a wheel in the flange climbing derailment processes. The longitudinal wheel-rail contact force is considerable on the flanging wheel of the switch rail contact when a wheelset negotiates in the diverging track of a switch. However, the effect of the longitudinal contact force has not been usually taken in defining the derailment criteria. In addition, other critical parameters have significant influence on risk of derailment. In this study, the longitudinal wheel force will be taken into account in the derailment criterion using the modified Nadal's formula. Using a simple wheel-rail interface model for a common type of wheel profile and a switch rail, the effect of the angle of attack will be analysed with a simple quasi-steady-state flanging condition. Based on that, a

derailment threshold for the analysed wheel-rail profile combination will be suggested. This is based on a deterministic analysis for one given rail profile and one wheel profile.

The objective of the project is to investigate the different derailment criteria for conventional wheel-rail contact situation such as Nadal's formula and criterion by Elkins & Wu, and analyse the applicability of these criteria at S&Cs. The motivation of this project is to understand the effect of the state of the switch rail (angle of attack and longitudinal wheel-rail forces) in initiating a risk for derailment for a given wheel profile. The current wheel climbing derailment criterion and inspection practice at different railway administrations will be investigated with respect to the current UIC standards.

Contact person: Elias Kassa

4.9.6 Evaluation of Vertical Track Geometric Quality Assessment

Track geometric quality measurement is an important part for track maintenance schedule and safety assessment of existing track network. The track geometry quality is now mainly controlled by running the measurement vehicle ROGER 1000, which is able to measure the track gauge, longitudinal level, alignment, cross-level, and twist deviations.

The track quality correlates with ride quality and track deterioration. This is expressed by the track geometrical irregularities, which are the major causes of vibration in vehicles and lateral instability of the vehicle ride. Therefore, it is important that the track quality should be kept in a good standard in order to provide a safe operation, good ride comfort, running stability, lower maintenance requirement and maintenance cost, and keeping the line speed as designed speed.

The track quality assessment currently being used considers the deviation from the mean or designed geometrical characteristics of specified parameters in the vertical and lateral planes which give rise to safety concerns. It only considers the amplitudes of isolated defects, mean values and standard deviations. However, studies by Trafikverket show that these are neither sufficient for vehicle dynamics nor efficient for track maintenance.

The current method at Bane NOR does not take into account defect wavelength and defect shape. For some isolated defects, the correlation between amplitudes of isolated defects and wheel-rail forces (track forces) will be low. Some defects with low amplitude may lead to high wheel-rail-contact-forces. Hence classifying the track quality by only the amplitude of the track irregularity may lead to wrong conclusion on the maintenance plan and schedule.

The current track-geometry-quality-assessment only using amplitudes, mean values and standard deviations of isolated defects is neither sufficient for vehicle dynamics nor efficient for track maintenance management system. This project aims to assess the first order and second-order derivatives of the track irregularity as track quality control method with case studies from measurements at Ofotbanen.

Contact person: Elias Kassa

4.9.7 Track maintenance planning assessment

Railway track maintenance makes a major contribution to the total train operating costs. Infrastructure managers and track owners are highly interested to reduce maintenance cost that they are allocating to keep their infrastructure in a good quality through improved planning. There are several models, using expert systems, for track maintenance planning. Some of the models takes into account the track condition and related maintenance work using track degradation models.

The work should investigate existing models and best experiences for track maintenance planning. A test track section can be used to assess the best models and to suggest improvements in the maintenance planning strategies.

Contact person: Elias Kassa

4.9.8 Further improvement in the analysis of switches and crossings in terms of failure modes and effects

There is a project thesis conducted at the department of Civil and Environmental Engineering at NTNU to identify and categorise failures modes and causes at railway turnouts. This project will be a continuation to previous project which have looked the Trønderbanen failure database. The project work has categorised all the failure remarks identified at the Trønderbanen. In this project an established methodologies for failure analysis will be refined and expanded to study broader sections of the Norwegian network. The failure data will be analysed statistically to find out the most common damage modes. Failure frequencies can be compared with other parts of the network, and maintenance strategies can be optimized. A Risk Based maintenance (RBM) strategy can be established for the Trønderbanen line by investigating

failure frequencies as a function of relevant parameters, such as maintenance priority levels and the age of each turnout. The work will contain

- Assess the available historical failure data and categorise them
- Assess the quality of the recorded data
- Identify common trend among failure data from other countries
- Use Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) methodology to identify the most common damage types, to classify the modes of failure based on causes and rectifications.
- Identifying potential failures, causes and the consequences on the operation of the track using Risk Analysis / and maintenance concept

Contact person: Elias Kassa

4.9.9 Vibration trend analysis for monitoring and maintenance decision of level crossings

Level crossing (LC) is an infrastructure that allows road vehicles and rail vehicles to cross each other at the same level. Accident statistics data in Europe shows that there is one person killed and close to one seriously injured every day on LCs.

This makes LCs the most accident-prone infrastructure in the railway network. Some of the serious accidents registered in the accident registry data are caused due to failure in the LC infrastructure, such as failure of the traffic signalling, faulty barrier gates or deteriorated LC road/rail structure.

There is an ongoing project with the aim to improve safety and minimize risks due to blockages of LCs and disruptions by developing tools for early detection of failures on the LCs, which is an input for predictive maintenance methods.

Two approaches are followed for the monitoring and early failure detection. The first approach is using photogrammetric method (complemented with infrared method) to measure displacements to monitor infrastructure surface conditions. The second approach uses vibration sensors to measure the accelerations to monitor the structural condition of the infrastructure and to set vibration alert thresholds. The sensors measure the vibration level at the track layer and/or road components to detect any deterioration of the structure. The photogrammetric device measures displacement and deterioration of the road surface.

Specific task:

Different configurations of LCs will be used to simulate a standard design, a bump and a hollow defect. Vibration signals will be sampled for different LC displacement levels for vehicles running over the LC. Six vibration signals are being sampled, one being reference in vertical direction. Variation in the type of vehicle, axle load and speed will be included in the measurement.

The level of degradation will be analysed with respect to the risk of trucks/cars being stacked at LC. The trend in the vibrations signals for each degradation level will be analysed to set maintenance alarm levels. This study will aim to identify typical trends from the measured signal data which can be used for real time monitoring and predictive maintenance.

Contact person: Elias Kassa

4.9.10 Godsterminaler - Terminaleffektivitet

Omlasting på terminaler kan innebære store komparative ulemper for godstransport med bane sammenlignet med vegtransport.

Det å gjøre terminaldriften mer effektiv kan derfor være en av mange løsninger på å bedre konkurranseforholdet mellom godstransport med bane og på veg.

Vi ønsker å belyse nærmere betydningen av automatiseringen av terminaldriften vs. bruk av arbeidsintensive løsninger for de samlede logistikk kostnadene knyttet til bane- og vegtransport.

Hvilken effekt på kostnadsfunksjonen, eller på lønnsomheten samlet sett, har f.eks. bruk av relativt dyrt, men mer effektivt lasteutstyr som kraner vs. bruk mer arbeidsintensive løsninger, men som har lavere investeringskostnader?

Contact person: Elias Kassa

4.9.11 Terminalkapasitet i det norske jernbanenettet

Det forventes vekst i etterspørsel for godstransport i årene fremover og det er et politisk mål om å overføre transport fra vei til sjø og jernbane der det er hensiktsmessig. Det Norske jernbanenettet har imidlertid en del begrensninger for å håndtere vekst i godstrafikken. Blant disse er streknings- og terminalkapasitet. For å håndtere fremtidig vekst har man ulike muligheter. Man kan f.eks. kjøre flere godstog eller lengre, begge alternativer vil kreve ulike tiltak for å kunne gjennomføres. Jernbanedirektoratet har behov for å utdype kunnskapen rundt terminalkapasitet i landet, gitt ulike scenarier for å håndtere vekst i godstrafikken. I oppgaven

skal tiltaksbehovet på de Norske kombiterminalene kartlegges for scenarier der det kjøres godstog med en lengde på 450 m, 600 m og 740 m. Det skal belyses i hvor vidt de ulike tog lengder utnytter dagens sporkapasitet i terminalene og hvilke tiltak som skal til for å utnytte terminalene optimal for tog lengdene.

Contact person: Elias Kassa

4.9.12 Godstrafikk – kombitransporter : *Alternative løsninger for kombitransporten – sammenlikning av ulike systemer under norske forhold*

Kombitransporter på jernbane krever håndtering på terminaler i begge ender. Dette er ofte en komparativ ulempe for jernbanetransporten siden omlastingskostnader oppstår. Transportkjeder som inkluderer kombitransport med jernbanen blir derfor ofte for dyrt for å konkurrere med direkte levering med lastebil. Et stort marked for intermodale løsninger er transport av semitrailere på jernbane. Det er imidlertid bare en liten andel av trailere i Norge og Europa som egner seg for jernbanetransport. Alternative løsninger for kombitransporten kan føre til lavere terminalkostnader pga. økt effektivitet i lasting/lossing og åpner jernbanen for en større andel av trailerne (de fleste nye løsninger er basert på horisontale løft og er åpen for alle typer trailere). Fra et strategisk perspektiv er det derfor interessant å bygge kunnskap rundt de ulike løsningene og i hvor vidt de egner seg for Norske forhold.

Parametere som skal sammenliknes er f.eks.:

- Transportkapasitet gitt dagens og fremtidig maks tog lengde og -vekt.
- Fleksibiliteten i forhold til ulike type lastebærere og terminalteknologi
- Terminalenes utforming og arealbehov
- Investerings- og driftskostnader
- Egnethet for Norske forhold

Contact person: Elias Kassa

4.9.13 Andre tips til oppgaver som kan utdypes i samarbeid med studenter.

1. Gods: Etableringer av europeiske /østlige godskorridorer skaper nye muligheter for handel og transport. Transport til/fra Kina hvor viktig er det? Godskorridor til Gøteborg, avgjørende for godstrafikken i Norge?
2. Kina og satsning på samferdsel: Kinas satsning på jernbane – i Europa/globalt. The artic silk road, The belt and road initiative. Hva ønsker de å oppnå, økonomisk og politisk?

3. Kinesiske entreprenører I Norge: erfaringer, innflytelse. Hvordan vurderer det norske markedet satsningen? Byggherrene, entreprenørene? Hva er de politiske implikasjonene når regjeringen oppfordrer til samarbeid og PST advarer norske akademiske miljøer mot samarbeid?

Contact person: *Elias Kassa*

5.0 Vedlegg: Oversikt over tidligere oppgaver

En oversikt over tidligere masteroppgaver kan finnes her:

Veg:

https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/227454/discover?rpp=10&etal=0&group_by=none&page=1&filtertype_0=subject&filter_relational_operator_0>equals&filter_0=Bygg-+og+milj%C3%B8teknikk%2C+Veg

Transport:

https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/227454/discover?field=subject&filtertype=subject&filter_relational_operator_0>equals&filter=Bygg-+og+milj%C3%B8teknikk%2C+Transport

Jernbane:

https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/227454/discover?field=subject&filtertype=subject&filter_relational_operator_0>equals&filter=Bygg-+og+milj%C3%B8teknikk%2C+Jernbane