

Tor Andreas Blom Solheim

Kartlegging av tømmervogntogs totalvekt gjennom bruk av ATK- punkter

Masteroppgave i bygg- og miljøteknikk

Veileder: Arvid Aakre

Medveileder: Torbjørn Haugen, Heine A. Arntzen Toftegaard

Juni 2021

Tor Andreas Blom Solheim

Kartlegging av tømmervogntogs totalvekt gjennom bruk av ATK- punkter

Masteroppgave i bygg- og miljøteknikk

Veileder: Arvid Aakre

Medveileder: Torbjørn Haugen, Heine A. Arntzen Toftegaard

Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Denne masteroppgaven har forsøkt å benytte punkter for automatisk trafikkontroll (ATK) til å hente ut vektdata fra tømmervogntog. Informasjon om vekter som kjøretøy opererer med har verdi ved planlegging av veger, samt innenfor drift og rehabilitering. Videre er det ønskelig å avdekke hvilke vekter tømmervogntog faktisk opererer med i dag da overlast er med på å bidra til økt vegslitasje og redusert trafikkikkerhet.

Fire ATK-punkter i nærheten av Elverum har blitt valgt ut som kilder til vektdata. Punktene registrerer alle kjøretøy som passerer, dermed er det utarbeidet metode basert på filter i Python som tar utgangspunkt i akselkonfigurasjonen til tømmervogntog med syv aksler. På denne måten kan slike kjøretøy isoleres fra den tilgjengelige dataen. Vektdata fra ATK har gjennom tidligere studier vist seg å være variert. Ved å benytte tidligere utviklet kalibreringsmetode som baserer seg på vekt av første aksel på semitrailer har vektdata blitt kalibrert. Feltforsøk har blitt utført der tømmervogntog med kjent vekt trafikkerer ATK-punktene. På denne måten har utarbeidet filter for å isolere tømmervogntog blitt testet, samtidig som kvalitet på vektdata avdekkes. Den kalibrerte vektdataen fra tømmervogntog identifisert gjennom filter i Python er presentert i histogrammer for å kartlegge hvilke vekter kjøretøyene har blitt registrert med.

Resultater viser at registrert akselavstand fra ATK er nøyaktig, dermed vil det utarbeidede filteret for å isolere tømmervogntog i datamaterialet kunne fange opp tømmervogntog. Samtidig er det knyttet usikkerhet til at filteret også kan fange opp kjøretøy med lignende akselkonfigurasjon for den til tømmervogntog med syv aksler. Vektdata fra ATK har i likhet med tidligere studier vist seg å underestimere den reelle vekten. Kalibrert vektdata forbedrer vektdata, men viser fortsatt en tilbøyelighet til underestimering, samt ulik forbedring ved forskjellige punkter. Histogrammer ut fra totalvekt til identifiserte tømmervogntog viser for et av punktene at 34,6 % av registrerte kjøretøy opererer med totalvekt over 60 tonn. Resterende analyserte punkter viser ikke kjøretøy over 60 tonn.

Resultatene av oppgaven er todelt i form av at enkelte punkter viser overlast samtidig som andre ikke viser dette. Implikasjoner av dette er at det *kan* foreligge et problem ved at tunge tømmervogntog bidrar i økende grad til vegslitasje og redusert trafikkikkerhet. Arbeidet med masteroppgaven har avdekket bruksområder for data fra ATK-punkter der en spesiell type kjøretøy kan identifiseres og analyseres. Ettersom det allerede eksisterer om lag 430 ATK-punkter i Norge bør punktene utnyttes ut over kun hastighetsdata, da de ansees som kilde til verdifull trafikkdata.

Abstract

This master thesis will utilize data extracted from traffic enforcement cameras (TECs) in order to determine spread of gross vehicle weight (GVW) from timber trucks in Norway. Vehicle weight data is beneficial in planning of new roads, but also for predicting future needs for rehabilitation and maintenance. Insight in GVWs of timber trucks is further of interest given the fact that overloaded heavy vehicles are a considerable contributor to increased deterioration of roads and reduced traffic safety.

Data from four TEC-units in proximity to the Norwegian town of Elverum have been picked as sources for weight data. All types of vehicles are registered at the TEC, thus a method to isolate timber trucks is needed. This thesis suggests a method of developing a filter in Python based on known axle configuration of a seven axle timber truck. Weight data from TECs have through prior studies been shown to be of deviating quality. Using a formerly developed calibration method based on the registered weight of the first axle of a six axle semi trailer at the TEC, the weight data is calibrated. Field tests using a seven axle timber truck to pass the TECs have been performed. The generated data was used to evaluate the effectiveness of the filter developed in Python, as well as the quality of the weight data. The spread of the calibrated GVW from timber trucks have been graphically displayed using histograms, thus aiding the task of determining the GVWs.

The results show that the registered axle spacings from TECs are within acceptable limits to be using the filter based on known axle configuration of a seven axle timber truck, thus making it possible to isolate such vehicles from the data material. Vehicles with similar axle configuration as that of a seven axle timber truck may be present at the TEC, causing a degree of uncertainty as to whereas the filter only isolates these vehicles. The weight data from TECs has in this thesis, as well as in earlier studies, shown to be underestimating the real weight in most cases. Applying the calibration method on the data improves the quality, but the calibration value tends to be too small in order to predict the real weight value. Results from one of the TEC-units in this study show that 34,6 % of the registered timber trucks operate above the legal GVW limit of 60 tons. The rest of the TECs show no vehicles above this limit.

The results related to GVW of timber trucks is ambiguous given different results from different TECs. Problems related to overloaded vehicles are indicated by some of the results, but not all. Results show that increased deterioration of roads and reduced traffic safety induced by overloaded timber trucks could be a problem, but the results are not definitive. The method of identifying a certain type of vehicle based on known axle configuration has given encouraging results for potential future research. Reflecting on the fact that there are approximately 430 TEC-units scattered across Norway, the potential for traffic data that TECs represent should be utilized also in the future.

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) våren 2021. Arbeidet utgjør de resterende 30 studiepoengene av sivilingeniørgraden innenfor bygg- og miljøteknikk med hovedprofil veg. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Statens Vegvesen (SVV).


Etter å ha deltatt på gjesteforelesning om temaet Weigh-in-Motion (WIM) fikk jeg interesse for temaet, og valgte derfor å skrive en masteroppgaven innen området. Jeg ble satt i kontakt med SVV, og fikk mulighet til å knytte temaet opp mot deres pågående prøveordning for tømmervogntog inntil 74 tonn. Her er det bl.a. ønskelig å avdekke hvilke vekter tømmervogntog opererer med i dag, noe som medførte at tematikken for denne oppgaven ble relevant.

Jeg ønsker å rette en stor takk til min hovedveileder ved NTNU, Arvid Aakre, for god veiledning og støtte underveis i masterperioden. Videre ønsker jeg å takke mine eksterne veiledere Torbjørn Haugen og Heine A. Toftegaard i SVV for deres kombinerte kunnskap inn mot områdene ATK og prosjektet 74 tonn tømmer. Dette har gitt oppgaven et stødig faglig grunnlag å bygge videre på.

Takk til Arne Island i SVV for kunnskap inn mot lovverk og kjøretøy i transportnæringen, samt mulighet for å være med på feltforsøk utført i tilknytning til denne oppgaven. Takk til Stian Østby fra Stian Østby Transport AS for å stille som sjåfør og utleier av tømmervogntog i forbindelse med nevnte feltforsøk.

Takk til Maximilian Böhm og Jorunn Levy for deling av deres erfaringer fra tidligere studier utført i tilknytning til bruk av vektdata fra ATK.

Til slutt ønsker jeg å takke familie og venner for all støtte og hjelp underveis i masterperioden.



Tor Andreas Blom Solheim
Trondheim, 11. juni 2021

Innhold

Sammendrag	i
Abstract	ii
Forord	iii
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Mål for masteroppgaven	2
1.3 Forsknings spørsmål	3
1.4 Oppgavens struktur	4
2 Teori	5
2.1 WIM	5
2.1.1 Standarder	7
2.1.2 Datakvalitet	8
2.2 ATK	9
2.2.1 Teknologi	9
2.2.2 Datakvalitet ATK	10
2.2.3 Kalibrering	12
2.2.4 ATK-beliggenhet	13
2.3 Transport i Norge	16
2.3.1 Kjøretøy	17
3 Metode	20
3.1 Innsamling av data	20
3.2 Behandling av data	21
3.2.1 Pandas	21
3.2.2 Vurdering av datakvalitet	22
3.3 Identifisering av kjøretøy i datamaterialet	23
3.3.1 Semitrailer med seks aksler	23
3.3.2 Tømmervogntog med syv aksler	26
3.3.3 Svakheter ved filtreringsmetodene	27
3.3.4 Styrker ved filtreringsmetodene	27
3.4 Kartlegge spredning i datasett	28

3.5	Vurdering av registrerte vektorer fra tømmervogntog	31
3.6	Feltforsøk	32
3.6.1	Feltforsøk dag 1	33
3.6.2	Feltforsøk dag 2	35
3.6.3	Feltforsøk dag 3	35
3.6.4	Feltforsøk dag 4	35
3.6.5	Vurdering av nøyaktighet for registrert akselavstand	36
4	Resultat	38
4.1	Datakvalitet	38
4.2	Feltforsøk	39
4.2.1	Identifisering av kjøretøy gjennom utarbeidet filter i Python	43
4.3	Vektspredning tømmervogntog	48
4.3.1	SATK	48
4.3.2	PATK	51
5	Diskusjon	57
5.1	Forslag til videre arbeid	60
6	Konklusjon	61
	Referanser	62
	Tillegg A Diagrammer	1
A.1	Spredning av Aksel 1 for lastet semitrailer for data fra 2021	1
A.2	Registrert data av testkjøretøy	4
A.2.1	Øksna S, 60 tonn	4
A.2.2	Øksna S, 40 tonn	5
A.2.3	Øksna N, 60 tonn	6
A.2.4	Øksna N, 40 tonn	7
A.2.5	Finstad Ø, 60 tonn	8
A.2.6	Finstad Ø, 40 tonn	9
A.2.7	Bergeberget Ø, 60 tonn	10
A.2.8	Bergeberget Ø, 40 tonn	11
A.2.9	Bergeberget V, 60 tonn	12

A.2.10	Bergeberget V, 40 tonn	13
Tillegg B	Beregninger	14
B.1	Beregning av kalibreringsfaktor basert på lastet semitrailer for data fra 2020 . . .	14
B.1.1	Øksna, sørgående	14
B.1.2	Øksna, nordgående	15
B.1.3	Motrøa, nordgående	16
B.1.4	Finstad, østgående	18
B.1.5	Finstad, vestgående	19
B.1.6	Bergeberget, østgående	20
B.1.7	Bergeberget, vestgående	21
B.2	Beregning av kalibreringsfaktor basert på lastet og ulastet semitrailer for data fra 2020	23
B.2.1	Øksna, sørgående	23
B.2.2	Øksna, nordgående	24
B.2.3	Motrøa, nordgående	25
B.2.4	Finstad, østgående	27
B.2.5	Finstad, vestgående	28
B.2.6	Bergeberget, østgående	29
B.2.7	Bergeberget, vestgående	30
B.3	Beregning av kalibreringsfaktor basert på lastet og ulastet semitrailer for data fra 2021	33
B.3.1	Øksna, sørgående	33
B.3.2	Øksna, nordgående	34
B.3.3	Finstad, østgående	35
B.3.4	Finstad, vestgående	36
B.3.5	Bergeberget, østgående	37
B.3.6	Bergeberget, vestgående	38
B.4	Beregning av kalibreringsfaktor basert på lastet semitrailer for data fra 2021 . . .	39
B.4.1	Øksna, sørgående	39
B.4.2	Øksna, nordgående	40
B.4.3	Finstad, østgående	41
B.4.4	Finstad, vestgående	42
B.4.5	Bergeberget, østgående	43

B.4.6	Bergeberget, vestgående	44
Tillegg C	Skripter	46
C.1	XML til CSV (PATK)	46
C.2	XML til CSV (SATK)	47
C.3	XML til CSV, Øksna S	48
C.4	Spredning av første aksel på semitrailer	49
C.5	Histogram og beregning av persentil	50
C.6	Boksdigrammer	51
C.7	Kernel Density Estimations (KDEs)	52

Figurer

2.1	Eksempel på oppsett av bending plate (L. Zhang et al., 2007)	6
2.2	Eksempel på oppsett av single load cell (L. Zhang et al., 2007)	6
2.3	Nedfelt piezoelektrisk kabel ved ATK-punktet Øksna S (<i>Foto: Tor Andreas B. Solheim</i>)	10
2.4	Korrelasjon mellom dynamisk og statisk vekt fra tidligere masteroppgave om vekt-kvalitet fra ATK-punkter (Pedersen, 2016)	11
2.5	Registrerte vekter fra ulike ATK-punkt før og etter anvendelse av kalibrerings-faktoren C_{ATK} (Böhm et al., 2019)	13
2.6	Beliggenhet av ATK-punkter ved Elverum som er benyttet som kilde til vektdata (Vegvesen, 2021)	14
2.8	ATK-punkter ved Øksna (Google, 2021)	14
2.7	Beliggenhet av ATK-punkt ved Motrøa som er benyttet som kilde til vektdata (Vegvesen, 2021)	15
2.9	ATK-punkter ved Finstad (Google, 2021)	15
2.11	ATK-punkt ved Motrøa (Google, 2021)	16
2.10	ATK-punkter ved Bergeberget (Google, 2021)	16
2.12	To mye brukte kjøretøy for tømmertransport (Gjerstadberget, 2013)	18
2.13	Modulvogntog type 1, 2 og 3 (Statens Vegvesen, udatert)	19
3.1	Semitrailer med seks aksler (Statens Vegvesen, udatert)	23
3.2	KDE plots av avstander mellom aksler på kjøretøy med seks aksler	26
3.3	Kjøretøy med akselkonfigurasjon lignende semitrailer med seks aksler (A. Island, personlig kommunikasjon, 25. februar 2021)	27
3.4	Spredning av første aksel på lastet semitrailer	29
3.5	Spredning av første aksel på semitrailer	30
3.6	Registrerte vekter av første aksel på semitrailer ved Øksna S i perioden januar - april 2021	32
3.7	Skisse av vogntog benyttet under feltarbeid (A. Island, personlig kommunikasjon, 26. april 2021)	33

3.9	Testrunde ved Øksna (Vegvesen, 2021)	34
3.8	Tømmervogntog som ble benyttet under feltforsøk (<i>Foto: Tor Andreas B. Solheim</i>)	34
3.10	Testrunde mellom Finstad og Bergeberget (Vegvesen, 2021)	35
3.11	Tømmervogntog etter å ha blitt lastet ned til 40 tonn (<i>Foto: Tor Andreas B. Solheim</i>)	36
3.12	Statistiske verdier i et boksdiagram (Galarnyk, 2018)	37
4.1	Registrerte vekter fra ATK ved Øksna S	41
4.2	Registrerte vekter fra ATK ved Øksna N	41
4.3	Registrerte vekter fra ATK ved Finstad Ø	42
4.4	Registrerte vekter fra ATK ved Bergeberget Ø	42
4.5	Registrerte vekter fra ATK ved Bergeberget V	43
4.6	Registrerte akselavstander mellom aksel 1 og 3 fra ATK-punkter presentert som boksplo t	45
4.7	Registrerte akselavstander mellom aksel 3 og 5 fra ATK-punkter presentert som boksplo t	46
4.8	Registrerte akselavstander mellom aksel 5 og 7 fra ATK-punkter presentert som boksplo t	47
4.9	Spredningsintervaller av de registrerte akselavstandene fra ATK-punktene	47
4.10	Vektspredning ved Bergeberget Ø i perioden januar - april 2021	49
4.11	Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Bergeberget V i peri oden jan.-apr. 2021	50
4.12	Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Bergeberget V i peri oden jan.-apr. 2020	50
4.13	Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Finstad V i perioden jan.-feb. 2021	51
4.14	Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Øksna S i perioden jan.-apr. 2021	52
4.15	Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Øksna S i perioden okt.-des. 2020	53

4.16	Vektspredning av tømmervogntog ved Finstad V og Bergeberget V	54
4.17	Vektspredning av tømmervogntog ved Øksna S	55
4.18	Vektspredning av tømmervogntog ved alle ATK-punkter	55

Tabeller

2.1	Foreslåtte nøyaktighetsklasser i Cost 323	7
2.2	Foreslåtte skaleringsfaktorer for asfaltdekkens elastisitetsmodul i Cost 323	8
3.1	Oversikt over kolonner i CSV-fil	22
3.2	Grovfilter for å identifisere semitrailer med seks aksler i datasettet	24
3.3	Akselintervall for å identifisere semitrailer med seks aksler i datasettet	25
3.4	Akselintervall for å identifisere tømmervogntog med syv aksler i datasettet	28
3.5	Inndeling av datasett i perioder	31
3.6	Vekt av tømmervogntog fra Ånestad kontrollstasjon første dag av feltforsøket	33
3.7	Vekt av tømmervogntog fra Ånestad kontrollstasjon tredje dag av feltforsøket	36
4.1	Oppsummering av C_{ATK} for ATK-punktene	38
4.2	Oppsummering av C_{ATK} for ATK-punktene for data fra 2021	39
4.3	Resultater av totalvekt fra feltforsøk	40
4.4	Prosentvis avvik og standardavvik av totalvekt fra ATK-punkter	40
4.5	Minste og største akselavstander målt mellom aksel 1 og 2 (1.2) og aksel 2 og 3 (2.3)	44
4.6	Minste og største akselavstander målt mellom aksel 3 og 4 (3.4) og aksel 4 og 5 (4.5)	45
4.7	Minste og største akselavstander målt mellom aksel 5 og 6 (5.6) og aksel 6 og 7 (6.7)	46
4.8	Antall kjøretøy som dukker opp gjennom anvendelse av filter	48
4.9	Antall kjøretøy som dukker opp gjennom anvendelse av filter ved SATK	48
4.10	Kalibreringsfaktor C_{ATK} basert på alle semitrailere benyttet på punkter som inngår i SATK	49
4.11	Kalibreringsfaktor C_{ATK} basert på lastede semitrailere benyttet på punkter som inngår i SATK	49
4.12	Kalibreringsfaktor C_{ATK} basert på alle semitrailere benyttet på PATK	51
4.13	Kalibreringsfaktor C_{ATK} basert på lastede semitrailere benyttet på PATK	52

4.14 Grenser ($60+2\sigma$) som sjekkes opp mot persentil 56

Kodeutsnitt

3.1	Data på XML-format tilgjengelig fra ATK	20
3.2	Eksempel på data i CSV-format	21
3.3	Grovfilter for å isolere ut semitrailer med seks aksler	24
C.1	Kode for å overføre data fra XML til CSV for PATK	46
C.2	Kode for å overføre data fra XML til CSV for SATK	47
C.3	Kode for å overføre XML-data til CSV ved ATK-punkt Øksna S	48
C.4	Kode som produserer plot av spredning av første aksel på semitrailer. Det er her tatt utgangspunkt i ATK-punktet Bergeberget V i perioden januar-mai 2021	49
C.5	Kode for å beregne persentil. Koden produserer også histogram for kalibrert totalvekt av kjøretøy. Det er her tatt utgangspunkt i ATK-punktet Øksna S i perioden januar-april 2021 i denne koden	50
C.6	Kode for å utarbeide boksdiagrammer fra registrerte akselavstander fra feltforsøk	51
C.7	Kode for å utarbeide KDEs for vektspredning for flere ATK-punkter	52

Forkortelser

Forkortelse	Forklaring
WIM	Weigh-in-Motion
BWIM	Bridge-WIM
LS-WIM	Low Speed WIM
HS-WIM	High Speed WIM
HCT	High Capacity Transport
ATK	Automatisk trafikkontroll
SVV	Statens Vegvesen
SATK	Streknings-ATK
PATK	Punkt-ATK
XML	Extensible Markup Language
CSV	Comma-separated values
KDE	Kernel Density Estimation

Symbolliste

Notasjon	Beskrivelse
μ	Snittverdi (forventet verdi)
σ	Standardavvik
c_v	Variasjonskoeffisient
W_s	Referanseverdi første aksel semitrailer
W_d	Snittverdi første aksel semitrailer
C_{ATK}	Kalibreringsfaktor for ATK

1 Introduksjon

Transport på veg er en av de viktigste formene for godstransport vi har i Norge i dag, og utgjør den dominerende formen for transport. Tall fra 2014 viser at det ble utført nesten 20 milliarder tonnkilometer godstransportarbeid på veg. Deretter kom sjøtransport med litt over 15 milliarder tonnkilometer godstransportarbeid, etterfulgt av banetransport med den betraktelig mindre andelen på rundt 2 milliarder tonnkilometer godstransportarbeid (Vegvesen, 2016a). Tall fra utviklingen innen vegtransport de siste årene viser at andelen gods på veg er økende (Vegvesen, 2016b). Det er lite som tilsier at denne trenden skal avta i nærmeste fremtid. Slik sett vil det være viktig å tilrettelegge for en effektiv vegtransport også i fremtiden til tross for en anslått økende mengde.

1.1 Bakgrunn

Fjerdepotensregelen er godt kjent innenfor vegteknologi (Uz et al., 2016). Ved anvendelse av denne ser en at en dobling av aksellast vil øke den nedbrytende effekten med en faktor på 16. Denne fremkommer fra uttrykk 1. I dette uttrykket står ESAL for ”Equivalent Single Axle Load”. Gjennom dette uttrykket ser en at det hovedsakelig er de tyngre kjøretøyene, med flere ganger høyere aksellast sammenlignet med personbiler, som bidrar til betydelig slitasje på vegnettet. Av den grunn er det av stor interesse å kjenne til hvilke vekter tyngre kjøretøy opererer med. Dette vil si noe om hvilken forventet nedbrytende effekt en vil få fra de tyngre kjøretøyene. Videre vil dette være god kunnskap ved planlegging og vurdering av vedlikehold av ulike vegstrekninger.

$$ESAL = \frac{\text{Actual Axle Load}^4}{\text{Standard Axle Load}} \quad (1)$$

For å begrense den nedbrytende effekten fra tyngre kjøretøy benyttes det bruksklasser for ulike veger. Disse setter rammer for maksimal aksellast og totalvekt for ulike typer kjøretøy. For å sikre at kjøretøy ikke overskrider disse satte grensene utføres det jevnlig vektkontroller. I dag foregår det meste av slike kontroller relatert til vekt av tyngre kjøretøy ved å stoppe hvert enkelt kjøretøy på en kontrollstasjon. Dette er en nokså tidkrevende prosess, og dirigering av kjøretøy kan ha en negativ innvirkning på trafikkflyten på vegen. Samtidig kan manuell vektkontroll utgjøre en risiko i forhold til trafiksikkerheten (W. Zhang et al., 2008). Samtidig er kontroll av kjøretøy viktig da overbelastede kjøretøy bidrar til økt slitasje på vegnettet, og derav økte kostnader relatert til drift og vedlikehold. Å gjennomføre vektkontroll av kjøretøy på en måte som ikke innebærer stopp eller dirigering av kjøretøy vil derfor være en god løsning for å opprettholde god trafikkflyt, trafiksikkerhet og samfunnsøkonomi. I tillegg vil en løsning der alle kjøretøy som trafikkerer veien kontrolleres være optimal. En slik løsning er WIM (Weigh-in-Motion). Dette er en teknologi som åpner mulighetene for å veie kjøretøy i fart. Denne teknologien vil bli nærmere omtalt i kapittel 2.1.

For å effektivisere vegtransporten er det vurdert å innføre såkalt ”High Capacity Transport” (HCT) (Forum, 2019). HCT går ut på å benytte kjøretøy som har høyere tillatt vekt og lengde enn det som er lovlig i dag. På denne måten oppnår man økt kapasitet og miljøeffekt ved at

hvert enkelt kjøretøy er i stand til å frakte mer gods. Studier har vist at de største fordelene med å ta i bruk HCT er reduserte utslipp, høyere produktivitet og mindre overbelastning av kapasitet på vegnettet (Forum, 2019). Disse studiene viser at CO₂-utslipp per vare transportert vil kunne reduseres med 15 - 40 %. Transporten blir mer produktiv gjennom at det trengs færre kjøretøy for å transportere en mengde vare enn tidligere. Her foreligger det estimater om at kjøretøy tilknyttet HCT vil kunne redusere antall kjøretøy relatert til transport med et sted mellom 1/3 til 2/5 dersom alle transportkjøretøy erstattes. Dersom slike kjøretøy fører til større last på hver aksel ser en fra uttrykk 1 at den nedbrytende effekten vil bli større. Siden slike kjøretøy da trolig allerede vil ha stor nedbrytende effekt på veg vil det være viktig med effektiv kontroll og kartlegging av vekt.

Statens Vegvesen gjennomfører et prosjekt som ønsker å avdekke virkninger ved å innføre totalvekt 74 tonn på tømmervogntog fra dagens 60 tonn (Vegvesen, 2020). Disse tømmervogntogene vil være utstyrt med ni akslinger. I dag benyttes stort sett syv akslinger på tømmervogntog. Målet med prøveordningen er å øke kunnskap inn mot vegslitasje, trafikkikkerhet, fremkommelighet, miljø- og klimagassutslipp og transportkostnader. Ved å overvåke testrekninger i Innlandet fylke, der tømmervogntog med ulik vekt kjøres, vil eventuelle skader kunne avdekkes. Prosjektet vil også forsøke å opprette punkter for å måle vekt av kjøretøy i fart. Dette fordi det er ønskelig å få tall på hvilke vekter det faktisk kjøres med i dag. Målet med prøveordningen er å skape mindre forskjell mellom Norge og nabolandene Sverige og Finland der tillatt totalvekt er hhv. 74 og 76 tonn (Vegvesen, 2019).

1.2 Mål for masteroppgaven

Høsten 2020 ble det utarbeidet en prosjektoppgave med tittel "Bruk av ATK-punkter for vurdering av overlaster for tømmertransport" av forfatter av denne masteroppgaven. Denne prosjektoppgaven hadde som hensikt å sette mål for masteroppgaven, samt introdusere relevant teori og metoder. De satte mål og forskningsspørsmål som presenteres videre i dette kapittelet er hentet fra denne prosjektoppgaven. Videre vil teori som fremkommer i kapittel 2.1 og 2.1.2 være hentet fra den samme prosjektoppgaven.

Gjennom masteroppgaven er det ønskelig å øke kunnskapsnivået om vektdata tilknyttet tømmertransport i Norge ved å innhente data fra punkter for automatisk trafikkontroll (ATK). Lite synes å ha blitt gjort inn mot dette feltet tidligere. Spesielt vil det være av interesse å få inn data om hvilke vekter tømmervogntogene faktisk kjører med i dag. Dette vil kunne bidra til statistikk som vil være nyttig for prosjektet beskrevet ovenfor. Slik statistikk vil også være med på å bidra til å øke kunnskapen om hvorvidt overbelastede tømmervogntog er et problem på norske veier i dag. Et annet ønsket mål med masteroppgaven er å få økt erfaring med bruk av ATK-punkter for å hente inn vektdata. ATK-punkter er primært benyttet for å hente inn informasjon om hastighet til kjøretøy. Tidligere studier har derimot vist at det er mulig å få ut vektdata om kjøretøy fra slike punkter. utfordringen er at datakvaliteten er varierende. Masteroppgaven vil anvende tidligere utarbeidede metoder innenfor området for å utnytte potensialet i data fra punktene, og i mindre grad forsøke å avdekke årsaker til at vektdata er varierende. Det foreligger over 400 ATK-punkter i Norge (Vegvesen, 2021). Ettersom de tekniske installa-

sjonene allerede eksisterer, vil det være hensiktsmessig å se nærmere på muligheter for å utnytte potensialet som ligger i punktene. Av den grunn er det ønskelig at bruk av vektdata fra ATK ikke ender med denne oppgaven, men at en effekt av arbeidet er at den synliggjør potensiale og bruksområder for fremtidige studier.

1.3 Forskningsspørsmål

For å oppnå målene som er satt for masteroppgaven er det utarbeidet forskningsspørsmål som skal gjøre arbeidet mer målrettet. Disse vil bidra til å gjøre oppgaven mer strukturert, og sette rammer for oppgaven.

1. I hvilken grad er ATK-punkter egnet for å hente ut vektdata tilknyttet tømmervogntog?

Dette vil være et sentralt spørsmål å undersøke. Per i dag ser det ikke ut til at det er foretatt målinger av vekt på tømmertransport gjennom bruk av ATK-punkter. Derimot er det foretatt målinger av tung transport tidligere. Uthenting av vektdata tilknyttet tømmertransport fra ATK-punkter er dermed mulig. En utfordring her vil være å identifisere tømmervogntogene i datasettet som blir tilgjengelig fra punktene. Metoder for å gjennomføre isolering av tømmertransport er å ta utgangspunkt i akselkonfigurasjonen til kjøretøyene. På denne måten vil denne typen kjøretøy kunne filtreres ut av datasettet. Erfaringene som gjøres underveis med uthenting av data vil danne grunnlag for å besvare dette forskningsspørsmålet. Spesielt vil feltforsøk som vil bli gjennomført i tilknytning til denne oppgaven være en god mulighet for å teste metode for å filtrere ut kjøretøy. Om ATK-punkter er godt egnet vil det være en stor fordel da systemene allerede eksisterer, og det vil dermed være en forholdsvis billig løsning for innhenting av trafikkdata. Dersom metoden med kjent akselkonfigurasjon viser seg å være en god metode for å filtrere ut tømmertransport i datasettet, vil metoden også kunne benyttes på andre typer kjøretøy i andre studier.

2. I hvilken grad kjører tømmervogntog over tillatt totalvekt på 60 tonn i dag?

Etter å ha hentet ut data fra ATK-punkter vil det bli brukt tid på å analysere og vurdere datasettet. Dette vil bidra til å danne seg et bilde av hvilke vekter det faktisk kjøres med i dag, og hvorvidt det foreligger et problem relatert til at vogntogene kjører med overvekt. Datamengden fra tømmertrafikk vil være noe begrenset grunnet tidsbegrensninger ved masteroppgaven, men målet er å skaffe nok data til å danne seg et bilde av de vekter som det kjøres med i dag. En usikkerhet knyttet til dette forskningsspørsmålet er at tidligere studier har vist at kvaliteten på vektdata er varierende.

1.4 Oppgavens struktur

Denne masteroppgaven vil struktureres etter den tradisjonelle formen med kapitlene:

1. Introduksjon
2. Teori
3. Metode
4. Resultat
5. Diskusjon
6. Konklusjon

I kapittel 2 fremkommer teori om WIM, ATK-punkter og tunge kjøretøy. Teori som presenteres innenfor disse områdene vil være sentral å forstå videre i oppgaven. I kapittel 3 beskrives metoder for dataauthenting- og behandling, samt styrker og svakheter med de valgte metodene. De presenterte metodene vil utgjøre selve hovedarbeidet i denne masteroppgaven. I kapittel 4 vil resultatene fra dataanalysen og de beskrevne metoder presenteres. Videre i kapittel 5 vil resultatene drøftes og knyttes opp mot forskningsspørsmålene. Oppgaven vil konkluderes i kapittel 6. Ved slutten av oppgaven vil det bli lagt ved ulike tillegg som er knyttet opp mot arbeid med de utførte metoder. Tilleggene deles inn i gruppene A, B og C. Tillegg A omhandler diverse diagrammer og resultater fra feltforsøk og annet arbeid med oppgaven. Tillegg B inneholder beregninger av kalibreringsfaktorer for de ulike ATK-punktene. Tillegg C inneholder skripter som er utarbeidet gjennom arbeidet med denne masteroppgaven. Alle tillegg er egenprodusert. Kombinert med tilleggene i denne oppgaven vil det legges ved elektroniske tillegg under innlevering. Dette dreier seg om et Excel-ark med data fra utført feltforsøk, samt csv-filene med data fra de ulike ATK-punktene som er analysert. Prosjektoppgaven omtalt i kapittel 1.2 vil også legges ved som elektronisk tillegg.

2 Teori

2.1 WIM

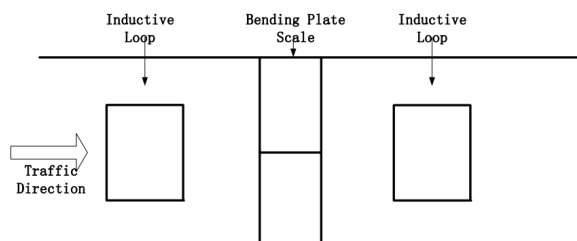
Et av de første dokumentene som omhandler WIM som er å finne er datert tilbake til 1952 (Normann & Hopkins, 1952). Dette arbeidet var motivert av å finne en ny måte å innhente informasjon om vekt fra kjøretøy uten å benytte tradisjonelle vektstasjoner. Noe av ulempen ved å benytte slike stasjoner er at en får data fra et begrenset utvalg av trafikken, og slike operasjoner er igjen med på å påvirke trafikflyten. Rapporten understreker viktigheten av å kjenne til akselvekter for å dimensjonere veier rett og for å handheve de lover som er satt for transportnæringen.

WIM, som rapporten fra 1952 legger et grunnlag for, er en type system som gjør det mulig å innhente data om aksellast og totalvekt til et kjøretøy i bevegelse (Interactive, udatert). Dette innebærer at trafikk ikke trenger å bli forstyrret når en foretar vektkontroll av kjøretøy (Haugen et al., 2016). På denne måten reduserer man trafikale problemer som kan oppstå ved å omdirigere kjøretøy til vektstasjon, og en unngår at godstransport blir forsinket som følge av slike kontroller. Videre utgjør også manuell vektkontroll en risiko i forhold til trafikksikkerhet (W. Zhang et al., 2008). Det skilles mellom to hovedgrupper av WIM. Dette er såkalt ”high speed WIM” (HS-WIM) og ”low speed WIM” (LS-WIM). LS-WIM veier kjøretøy ved relativt lave hastigheter. Typisk er hastighet i området 5-15 km/t (O’Brien & Jehaes, 2002). Fordelen med denne typen er at en begrenser de negative innvirkningene dynamiske effekter fra kjøretøyet har på datakvaliteten. Dynamiske effekter vil omtales nærmere i kapittel 2.1.2. For high speed WIM vil systemet være i stand til å veie kjøretøyet ved langt høyere hastigheter, og da som regel de hastigheter det er skiltet med på veien. Innenfor WIM finnes det igjen ulike typer av teknologi som gjør det mulig å innhente informasjon om vekt fra kjøretøy i bevegelse. Ulike typer teknologi har igjen ulik grad av nøyaktighet. De vanligste formene for WIM vil videre forklares i korte trekk i dette delkapittelet.

Piezoelektrisk sensor: Denne formen for WIM er basert på piezoelektrisitet. Piezoelektrisitet er et fenomen som gjør det mulig å omforme mekanisk energi til elektrisk energi (Xiong & Zhang, 2019). Denne formen for WIM benytter da en kabellignende sensor av piezoelektrisk materiale som legges vinkelrett på kjøreretningen i vegkroppen. På denne måten vil begge hjulene til kjøretøyet treffe sensoren samtidig. Denne sensoren kan være av to forskjellige typer. Disse er piezoceramic sensor og piezo-polymer sensor.

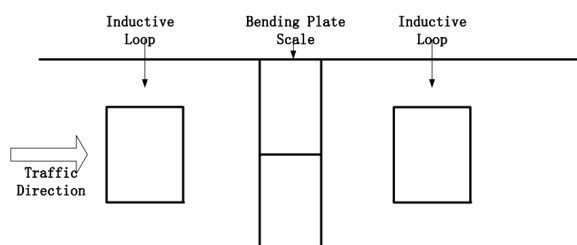
Piezoelektrisk quartz sensor: Dette er en type sensor som registrerer last fra trafikk. Ved påførsel av slik last produserer quartz-elementene en elektrisk ladning som er proporsjonal med den påførte lasten. Sensoren plasseres i likhet med overnevnte sensor i vegkroppen vinkelrett på kjøreretningen. Denne typen sensor gir gode resultater ved variable hastigheter. En fordel med denne typen sensor er at levetiden er god. Både vanlig piezoelektrisk og quartz-basert piezoelektrisk sensor installeres ofte med to induktive sløyfer, der den ene er plassert før sensor og den andre etter sensor. Den første sløyfen aktiverer WIM-systemet. Den andre sløyfen benyttes for å bestemme hastighet til kjøretøy og avstand mellom aksler (L. Zhang et al., 2007).

Bending plate: Slike sensorer består av stålplater som anlegges i vegbanen. Platene monteres med strekkklapper på undersiden slik at en registrerer strekk som påføres platene ved aksellast. Den målte verdien for strekk kan så benyttes for å beregne aksellasten som er påført platen (Interactive, udatert). Også ved denne typen WIM-system benyttes induktive sløyfer både før og etter vektsensorene. Funksjonen til disse sløyfene er de samme som for systemene basert på piezoelektrisk sensorer (L. Zhang et al., 2007).



Figur 2.1: Eksempel på oppsett av bending plate (L. Zhang et al., 2007)

Single load cell: Systemet har likheter med bending plate, men her benyttes i stedet stålplater tilkoblet lastceller. Vanligvis består oppsettet av en lastcelle, og derav to plater, for hver hjulbane. Disse lastcellene overfører så elektriske signaler som kan benyttes for å måle aksellasten til kjøretøy som belaster platene (Interactive, udatert). Vanligvis er slike systemer satt opp med en induksjonssløyfe før selve lastcellen. Dette for å registrere kjøretøy som er på vei mot lastcellen, og dermed varsle og aktivere systemet. Etterfulgt av lastcellen anlegges som regel en akselsensor for å måle avstand mellom aksler og hastighet (L. Zhang et al., 2007).



Figur 2.2: Eksempel på oppsett av single load cell (L. Zhang et al., 2007)

Bridge-WIM: Slike systemer baserer seg på deformasjoner av bru for å bestemme vekt til passerende kjøretøy. Systemet er bygd opp av to hovedelementer: et system som gjør det mulig å måle en varierende egenskap ved broen, som regel nedbøyning, og et system for å detektere aksler til kjøretøy. Systemet kan implementeres på en allerede eksisterende bru. Bruen påmonteres sensorer som gjør det mulig å registrere deformasjonene av bruene. Slike sensorer er vanligvis strekkklapper slik som blir benyttet i bending plate. Disse strekkklappene påmonteres undersiden av bruene. Den målte verdien av strekk vil da kunne benyttes til å estimere aksellast ved å benytte en algoritme. Det er vanlig å benytte en form av Moses algoritmen (Lydon et al., 2016).

2.1.1 Standarder

Det er foreløpig ikke utarbeidet noen offisiell standard for WIM-systemer i Europa. Imidlertid er det utarbeidet dokumenter som har til hensikt å fungere som referanse ved utarbeidelse av en ev. fremtidig standard for WIM. Et av disse er rapporten ”cost 323 - Weigh-in-Motion of Road Vehicles”.

Cost 323 - Weigh-in-Motion of Road Vehicles

Rapporten har som hensikt å fungere som en referanse som standardiseringskommiteer slik som CEN kan forholde seg til i utarbeidelse av en ev. fremtidig standard for WIM-systemer. Rapporten er hovedsakelig utarbeidet for HS-WIM-systemer. Gjennom rapporten fremmes både generelle og detaljerte anbefalinger til krav om installering, WIM-lokasjon, drift og kalibrering. Det fremkommer seks anbefalinger til klasser av nøyaktighet for WIM-systemer. Avhengig av hvilken klasse WIM-systemene havner i vil uthentet vektdata kunne benyttes til formål som statistikk, forhåndsutvelgelse av kjøretøy ved kontroll, eller håndheving av lov. Verdien som fremkommer i parentes i tabell 2.1 er konfidensintervallbredden (O’Brien & Jehaes, 2002). Standardavviket for et sett med data beskriver bredden på konfidensintervallet (Böhm et al., 2019). Ved videre analyse av data vil derfor standardavviket av en måling bli benyttet for å fastsette nøyaktighetsklasse.

Tabell 2.1: Foreslåtte nøyaktighetsklasser i Cost 323

Klasse A (5)	Dataen kan benyttes til håndheving av lov.
Klasse B+ (7)	Dataen kan i utvalgte tilfeller benyttes til håndheving av lov.
Klasse B (10)	Gir nøyaktig kunnskap om vekter for aksler og akselgrupper og totalvekt for: <ul style="list-style-type: none"> - infrastruktur - forhåndsutvelgelse av overlastede kjøretøy - identifisering av kjøretøy basert på last
Klasse C (15)	Dataen kan benyttes til detaljerte statistiske studier slik som utarbeidelse av histogrammer for last og nøyaktig klassifisering av kjøretøy basert på last.
Klasse D+ (20)	Dataen kan benyttes til detaljerte statistiske studier slik som utarbeidelse av histogrammer for last og nøyaktig klassifisering av kjøretøy basert på last.
Klasse D (25)	Dataen kan benyttes til mindre detaljerte statistiske studier og som grunnlag i tekniske og økonomiske studier.

Tidligere arbeider har vist at data fra ATK-punkter holder tilstrekkelig kvalitet til å havne innenfor klasse D+ (Pedersen, 2016). Samtidig vil det i denne masteroppgaven bli utført be-

regninger av standardavvik for å fastsette en nøyaktighetsklasse på dataen. For å besvare de satte forskningsspørsmålene i kapittel 1.3 vil det være behov for at dataen kan kategoriseres i gruppe C eller D+. En ser dermed at noe usikkerhet tilknyttet datakvaliteten er akseptert. I tillegg til klassene som fremkommer i tabell 2.1 fremmes klassene E(30) og E(35). Her begynner WIM-systemene å bli ganske unøyaktige, men data innenfor slike klasser kan benyttes for å forstå trafikkmengde og -frekvens ved et punkt.

Gjennom rapporten fremmes det også anbefalinger til geometriske krav for vegen der WIM-systemet installeres. For strekningen 50 meter før og 25 meter etter WIM-systemet anbefales det at hellingen er mindre enn 1 % for de mest nøyaktige systemene, og mindre enn 2 % for alle andre WIM-systemer. Tverrfallet er anbefalt til å være mindre enn 3 %. Videre fremmes anbefalinger om at WIM-systemet ikke legges i en kurve med radius mindre enn 1000 meter.

Relatert til klimatiske forhold fremmes anbefalinger til skaleringsfaktor for elastisitetsmodulen til asfaltdekket. Dette gjelder spesielt for sensorer som ligger i bituminøse asfaltdekker, slik som piezoelektriske kabler, ettersom asfaltdekket her er med på å påvirke kraftoverføringen til den piezoelektriske sensoren. Fra tabell 2.2 fremkommer disse anbefalingene. Disse faktorene vil ikke bli direkte benyttet i denne masteroppgaven, men de presenteres i denne delen av oppgaven for å påpeke at temperatur er en faktor som har innvirkning på nøyaktigheten for WIM-systemer som har sensorer liggende i vegkroppen.

Tabell 2.2: Foreslåtte skaleringsfaktorer for asfaltdekkets elastisitetsmodul i Cost 323

Temperatur	-15 °C	0 °C	15 °C	30 °C
Skaleringsfaktor for dekkets elastisitetsmodul	10	8	5	1

2.1.2 Datakvalitet

Fra kapittel 2.1 fremkommer de mest vanlige formene av WIM. De ulike typene er igjen basert på ulik teknologi. Slike systemer er imidlertid ikke feilfrie, og det er en rekke ulike faktorer som kan være med på å påvirke vektdatakvaliteten som fås fra systemene. For å sikre mest mulig riktig og kritisk bruk av vektdata fra WIM-systemer er det viktig å kjenne til faktorene som er med på å påvirke datakvaliteten. I litteraturen fremkommer i hovedsak tre hovedfaktorer som påvirker kvaliteten på data (Haider et al., 2020). Dette er forhold ved kjøretøy, område og sensor, der årsakene kan være en kombinasjon av de tre.

Relatert til kjøretøy er det flere faktorer som kan påvirke kvaliteten på vektdata fra WIM. Disse faktorene fremkommer i en artikkel av F. Scheuter (Scheuter, 1998). Et forhold er helling på kjøretøyet. Dette vil føre til at tyngdepunktet blir forskjøvet fra sin normaltilstand. Dette vil ikke ha påvirkning på estimert totalvekt av kjøretøyet så lenge hver aksellast blir registrert og summert, men verdien for hver aksellast vil være forskjellig fra om kjøretøyet ikke er utsatt for helling. Helling kan enten komme av vegens geometri, eller krefter som virker på kjøretøyet slik som vindkrefter. Et annet forhold ved kjøretøyet som kan påvirke datakvalitet er hjulopphenget. Aksellasten som registreres er direkte relatert til kompresjonen av hjulopphenget. Dersom kompresjonen fraviker fra normal tilstand vil dette føre til at aksellasten som registreres ikke

blir korrekt. Denne effekten er sannsynlig å oppstå dersom WIM-sensoren ikke ligger i nivå med resten av veibanen. Dette vil føre til at hjulopphenget enten presses sammen eller utvides, som så vil påvirke registrert aksellast. En av de største kildene til feil ved data fra WIM er oscillasjon eller svingning til kjøretøy. I all hovedsak oppstår det naturlig svingning i kjøretøykroppen og hjulopphenget til kjøretøyet under kjøring. Feilen oppstår ettersom det ikke finnes noen WIM-sensorer som er lange nok til å fange opp aksellasten i løpet av én bølgelengde for de laveste frekvensene av svingninger. Ved hastighet 100 km/t ville en slik sensor måtte være 30 meter lang for å registrere en hel bølgelengde. Dekkmønster kan ha en innvirkning på kvalitet fra strip-sensorer. Strip-sensorer er en betegnelse på sensorer som legges i vegbanen slik som piezoelektrisk sensor og piezoelektrisk quartz sensor. Spesielt gjelder dette for vinterdekk som har en annen type mønster enn sommerdekk. Avhengig av hvordan hjulet sin stilling er når den passerer over sensoren kan dette ha innvirkning på kvaliteten på data.

Relatert til området der WIM-systemet er installert er det flere forhold som kan påvirke kvaliteten på data. En god del forhold kan knyttes til de forhold som er beskrevet i ovenforliggende avsnitt. Ujevnheter i veien vil påvirke hjulopphenget til kjøretøyet og derav aksellasten som registreres. Stigning og helling på veien vil påvirke kjøretøyet sitt tyngdepunkt, og igjen registrert aksellast. Sporutvikling og oppsprekking i vegbanen er andre faktorer som vil kunne bidra til å redusere kvaliteten på data.

Relatert til sensoren som benyttes er det flere faktorer, såkalte iboende feil (intrinsic error), som kan påvirke kvaliteten på data. Faktorer relatert til sensor kan være temperatur, helling på sensor, bøyning, horisontale krefter og oppvarming (Scheuter, 1998).

2.2 ATK

I Norge, som i flere andre land, benyttes automatisk trafikkontroll (ATK). Dette er systemer som gjennom målinger av hastighet på kjøretøy automatisk er i stand til å ilegge sanksjoner mot bilister som bryter fartsgrensen. Det finnes to hovedtyper av ATK. Disse er streknings-ATK (SATK) og punkt-ATK (PATK). Forskjellen på disse systemene er at P-ATK kun registrerer hastigheten til kjøretøy på ett enkelt punkt, hvorimot S-ATK registrerer gjennomsnittshastigheten til kjøretøyet over en gitt distanse. ATK-systemer blir mye brukt i Norge da de har vist seg å ha god effekt på trafiksikkerhet (Høye, 2014). Per januar 2021 finnes det om lag 430 ATK-punkter i Norge (Vegvesen, 2021).

2.2.1 Teknologi

I Norge benytter ATK-systemer seg av piezoelektriske kabler for å beregne hastigheten til kjøretøy som passerer punktene. Dette er uvanlig sett fra et internasjonalt ståsted da det her er vanlig praksis å benytte radarteologi for å beregne hastigheten til kjøretøy (Pedersen, 2016). Hastigheten beregnes ved at en registrerer tiden det tar for en aksel å passere to piezoelektriske kabler i vegbanen. I Norge benyttes stort sett to hovedtyper av piezoelektriske kabler for ATK-punkter. Dette er Vibracoax VB30 (rund type) og Roadtrax BL (flat type) (Vegdirektoratet, 2012). Stort sett benyttes den flate typen i dag, men det er mulig å finne enkelte punkter med

runde kabler der disse enda ikke har blitt faset ut. I tillegg til de piezoelektriske kablene vil punktene kunne bestå av induktive sløyfer som legges i vegdekket. De induktive sløyfene vil kunne benyttes for å detektere kjøretøy. Signalene som mottas av sensorene i vegdekket sendes til en datalogger der dataen lagres. I hovedsak benyttes to forskjellige dataloggere ved ATK-punkter i Norge. Disse er Axspeed og Datarec410 (Vegdirektoratet, 2012). Axspeed er den nyeste utgaven og er i ferd med å fase ut Datarec410. Figur 2.3 viser nedfelt piezoelektrisk kabel ved ett av ATK-punktene som det hentes ut data fra i denne masteroppgaven. Til venstre på figuren ser en strømskap der datalogger befinner seg.

Fra kapittel 2.1 kommer det frem at piezoelektriske kabler er en type teknologi for å registrere vekt til kjøretøy i bevegelse. Etersom ATK-punkter i Norge benytter seg av piezoelektriske kabler vil det dermed være mulig å hente ut vektdata fra ATK-punkter. Punktene er derimot primært brukt for å hente ut hastigheter til passerende kjøretøy, og dermed blir vektdata et biprodukt fra disse punktene. Etersom punktene primært benyttes for å registrere hastighet er ikke punktene optimalisert for å hente ut vektdata.



Figur 2.3: Nedfelt piezoelektrisk kabel ved ATK-punktet Øksna S (Foto: Tor Andreas B. Solheim)

2.2.2 Datakvalitet ATK

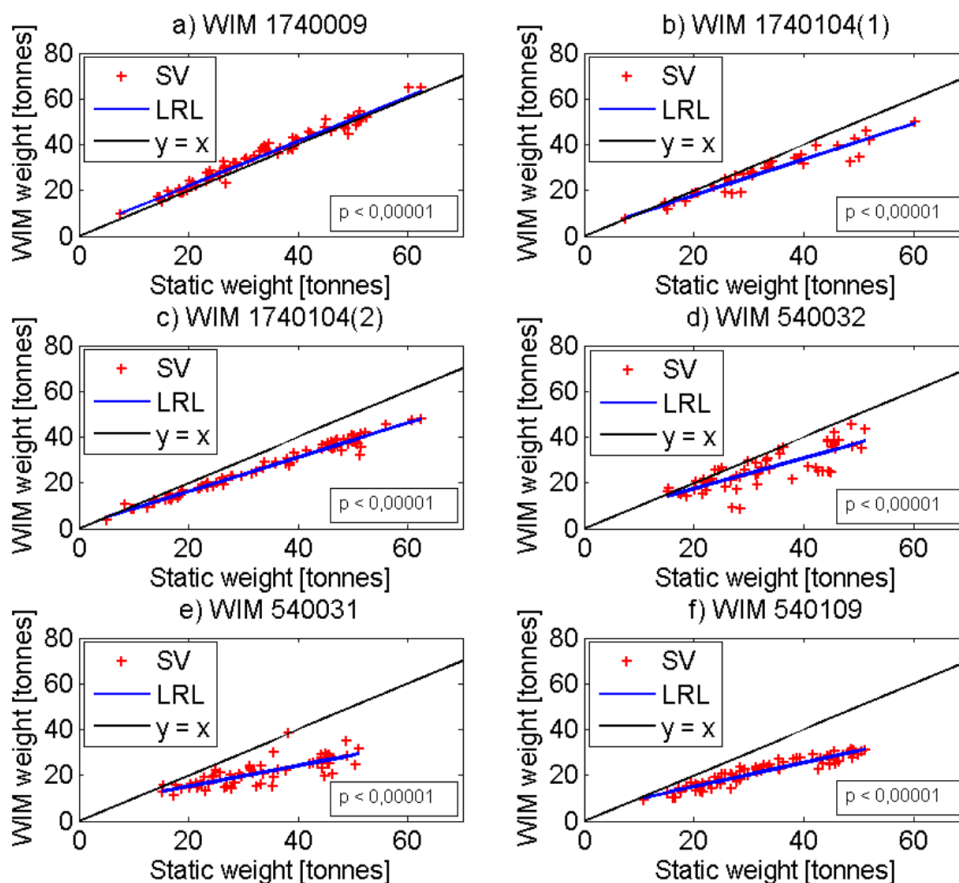
Det har tidligere blitt utført studier som ser på datakvaliteten fra ATK-punkter. En av disse studiene er en tidligere masteroppgave utarbeidet av Timothy Pedersen (Pedersen, 2016). Gjennom denne studien har datakvalitet fra forskjellige ATK-punkter blitt sammenlignet med korresponderende statiske vekter for å bestemme kvaliteten på vektdata fra de utvalgte ATK-punktene. Studien tok også for seg bestemmelse av om kvaliteten på vektdata endres over tid. Resultatene fra studien viser at vektdata fra ATK som regel underestimerer de statiske vektene. Studien avdekket større avvik helt opp mot - 40 % av den statiske vekten. Videre viste studien at tilnæringsfeilen så ut til å bli større med økende totalvekt av kjøretøy.

Metoden som ble benyttet i denne studien var å velge ATK-punkter i nærheten av kontrollstasjoner med vekt. Dette muliggjorde innhenting av den korresponderende statiske vekten til

vektene som ble registrert fra ATK-punktet. Det ble i alt hentet ut vektdata fra fem forskjellige ATK-punkt.

Gjennom denne studien ble det gjort erfaringer med at ATK kunne vise manglende registrering av kjøretøy eller at ATK-punktet registrerte uriktig antall aksler på kjøretøy enn det som faktisk var tilfelle. En mulig forklaring for at det registreres flere antall aksler enn kjøretøyets reelle mengde som presenteres i oppgaven er at kjøretøy med flere aksler og høy vekt kan skape ekstra vibrasjoner i vegkroppen som kan registreres som en ekstra aksel fra ATK-systemet.

Fra figur 2.4 ser en viktige funn fra studien. Røde punkter er plottet basert på registrert statisk og dynamisk vekt. Blå linje er en regresjonslinje basert på punktene som er plottet inn. Svart linje representerer der punktene hadde ligget dersom den dynamiske vekten var den samme som den statiske vekten. Her fremkommer hvordan vekt kvaliteten er varierende mellom ulike punkter, og at tilnæringsfeilen mellom den statiske og dynamiske vekten ser ut til å bli større med økende totalvekt. Dette understreker viktigheten av å gjøre vurderinger av datakvaliteten til de ATK-punktene en benytter før en bruker dataen i videre analyser.



Figur 2.4: Korrelasjon mellom dynamisk og statisk vekt fra tidligere masteroppgave om vekt kvalitet fra ATK-punkter (Pedersen, 2016)

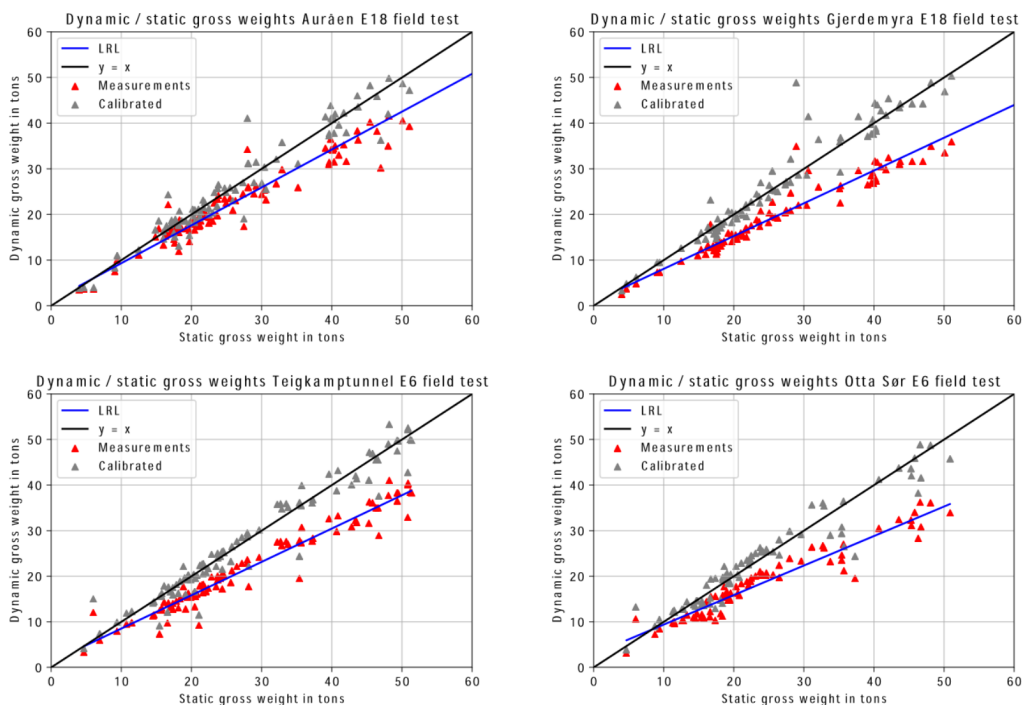
2.2.3 Kalibrering

I etterkant av masteroppgaven til Timothy Pedersen ble det gjennom samarbeid mellom Trafikkteknisk senter ved NTNU og Statens Vegvesen utført en studie som forsøker å utvikle en metode for å vurdere og kalibrere vektdata fra ATK basert på vekt av første aksel på semitrailer (Böhm et al., 2019). Studien tar utgangspunkt i andre studier som viser at vekt på første aksel på semitrailer holder seg nokså konstant i området 6,5-7 tonn (van Loo & Lees, 2015).

I studien ble det benyttet en WIM sensor basert på quartz-teknologi utviklet av Kistler. Denne var lokalisert ved E6 i Verdal. I løpet av en langtidsmåling ble det registrert 36 454 semitrailere. Snittvekten av første aksel på disse kjøretøyene ble målt til 6,945 tonn med et standardavvik på 0,867. Resultatet av denne målingen viste at også i Norge ser snittvekten av første aksel på semitrailer ut til å ligge innenfor intervallet presentert av van Loo og Lees, 2015. Snittvekten registrert ved E6 Verdal ligger i øvre sjikt av dette intervallet. Dette er i studien foreslått forklart med at denne typen kjøretøy i Norge har tillatelse til å operere med 50 tonn totalvekt, mens denne grensen i enkelte europeiske land ligger mellom 40-44 tonn.

Gjennom studien ble det utarbeidet en formel for å kalibrere vektdata fra ATK. Selve uttrykket som ble utarbeidet i studien vil bli nærmere omtalt i kapittel 3.2.2 da det inngår i de gjennomførte metodene i denne masteroppgaven. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} som studien presenterer kan anvendes på hele datasettet fra et ATK-punkt. Videre fremheves det i studien at vekt av første aksel på en seksakslet semitrailer kan benyttes som en kvalitetsindikator for vektdata fra et ATK-punkt. Eksempelvis vil et ATK-punkt som gir lav snittvekt på første aksel kombinert med et høyt standardavvik ha dårligere kvalitet enn et ATK-punkt med snittvekt på første aksel nærmere 7 tonn og et lavt standardavvik. Dette presenteres som en god og kostnadseffektiv metode for å danne seg et tidlig bilde av vektkvaliteten ved et ATK-punkt.

Anvendelse av den utarbeidede kalibreringsmetoden i studien viste at de forbedret vektkvaliteten fra samtlige ATK-punkter som metoden ble anvendt på. Fra figur 2.5 ser en registrert vekt fra ATK-punkt før (røde punkter) og etter (grå punkter) anvendelse av kalibreringsmetode. Sort linje angir hvor punktene skulle ligget dersom dynamiske vekter var lik de statiske vektene. Som en ser fra figuren forbedres kvaliteten på vektdataen etter at kalibreringsmetoden har blitt benyttet. Resultatene fra denne studien viser i likhet med resultatene fra Pedersen, 2016 at vektverdiene fra ATK-punkt ser ut til å være underestimert.

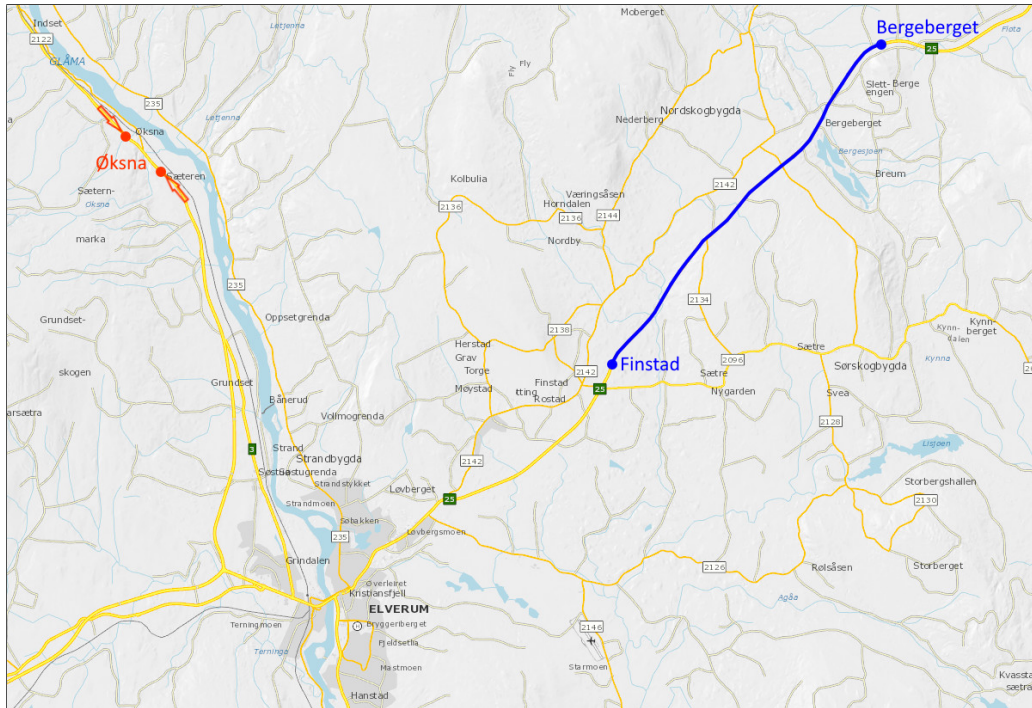


Figur 2.5: Registrerte vekter fra ulike ATK-punkt før og etter anvendelse av kalibreringsfaktoren C_{ATK} (Böhm et al., 2019)

Studien konkluderer med at anvendelse av kalibreringsmetode som baserer seg på vekt av første aksel på semitrailer med seks aksler ser ut til å forbedre vektdata fra ATK. Videre viser standardavvik fra målingene at de kan klassifiseres i klasse C og D ut fra forslagene til klassifisering i cost 323. Av den grunn understøtter studien at vektdata fra ATK vil kunne benyttes til statistiske formål.

2.2.4 ATK-beliggenhet

ATK-punktene som er benyttet som kilde til vektdata i denne oppgaven ligger i Innlandet fylke. Det er i tillegg hentet ut data fra et ATK-punkt vest for Tynset langs riksvei 3. Fra figur 2.6 og 2.11 kan en se beliggenhet av disse punktene. For området vist fra figur 2.6 ligger to av punktene langs riksvei 3 nord for Elverum. Disse er markert som røde punkter på figur 2.6. Disse punktene er utformet som PATK. De blå punktene viser punktene langs riksvei 25 øst for Elverum. Disse punktene er utformet som SATK, og det foreligger derfor registreringspunkt i hver retning der de blå punktene er plassert på figur 2.6. Disse punktene har blitt valgt fordi de ligger innenfor området som er vurdert for 74 tonn tømmertransport. I tillegg ligger de i et område der en kan forvente transport av tømmer. Spesielt riksveg 3 er en vegstrekning der det forekommer mye tungtransport. Her er ÅDT-T oppgitt til å være 21 % av ÅDT (Vegvesen, 2021). For riksveg 25 er ÅDT-T oppgitt til å være 14 % av ÅDT (Vegvesen, 2021). ÅDT for riksveg 3 og 25 er hhv. 4 700 og 3 600.



Figur 2.6: Beliggenhet av ATK-punkter ved Elverum som er benyttet som kilde til vektdata (Vegvesen, 2021)

Øksna



(a) Øksna, nordgående



(b) Øksna, sørgående

Figur 2.8: ATK-punkter ved Øksna (Google, 2021)

Her foreligger det ATK-punkter i både nord- og sørgående retning med ca. 1,2 km avstand mellom punktene. Punktene er utformet som PATK. Gjennom vegkart fremkommer det at ATK-punkt Øksna S ligger langs horisontalelement definert som rettlinje. ATK-punkt Øksna N ligger også langs horisontalelement definert som rettlinje. For Øksna S er stigningen med kjøreretningen oppgitt til 0,6 % (Vegvesen, 2021). For Øksna N er stigningen med kjøreretningen oppgitt til -1,7 %. En ser dermed her at forslag til geometriske krav i cost 323 er oppfylt for ATK-punktene ved Øksna. ATK-punktet Øksna S registrerer kjøretøy i både nord- og sørgående retning, men i denne oppgaven er kun sørgående trafikk ved dette punktet tatt med i videre analyser. Fra figur 2.3 ser en hvordan den piezoelektriske kabelen er nedfelt i begge kjørefelt ved dette punktet. ATK-punktet Øksna N tar for seg den nordgående trafikken.



Figur 2.7: Beliggenhet av ATK-punkt ved Motrøa som er benyttet som kilde til vektdata (Vegvesen, 2021)

Finstad



(a) Finstad, østgående



(b) Finstad, vestgående

Figur 2.9: ATK-punkter ved Finstad (Google, 2021)

Her foreligger det ATK-punkter i både nord- og sørgående retning der piezoelektriske kabler er nedfelt ved samme punkt. Punktene er utformet som SATK. Gjennom vegkart fremkommer det at ATK-punktene ligger langs horisontalelement med radius 2080 meter. I østgående retning er stigningen ved punktet oppgitt til å være ved overgangen mellom stigning $-0,9\%$ og $1,2\%$ (Vegvesen, 2021). En ser dermed her at forslag til geometriske krav i cost 323 er oppfylt for ATK-punktene ved Finstad.



Figur 2.11: ATK-punkt ved Motrøa (Google, 2021)

Bergeberget



(a) Bergeberget, østgående



(b) Bergeberget, vestgående

Figur 2.10: ATK-punkter ved Bergeberget (Google, 2021)

Her foreligger det ATK-punkter i både nord- og sørgående retning der piezoelektriske kabler er nedfelt ved samme punkt. Punktene er utformet som SATK. Gjennom vegkart fremkommer det at ATK-punktene ligger langs horisontalelement med radius 2640 meter. I østgående retning er stigningen ved punktet oppgitt til å være 3,8 % (Vegvesen, 2021). En ser dermed her at forslag til geometriske krav i cost 323 er oppfylt for horisontalkurvatur, men ikke for stigning.

Motrøa

Her foreligger det ATK-punkt kun i nordgående retning. Punktet er utformet som PATK. Gjennom vegkart fremkommer det at ATK-punktene ligger langs horisontalelement med radius 750 meter. I nordgående retning er stigningen ved punktet oppgitt til å være 0,1 % (Vegvesen, 2021). En ser dermed her at forslag til geometriske krav i cost 323 er oppfylt for stigning, men ikke for horisontalkurvatur.

2.3 Transport i Norge

I Norge blir hver vegstrekning tildelt en bruksklasse. Denne bruksklassen sier noe om hvilken maksimal totalvekt og aksellast kjøretøyene kan operere med. F.eks. vil bruksklassen Bk10/50 indikere at det på vegstrekningen er maksimalt tillatt med aksellast 10 tonn og totalvekt 50 tonn. For de fleste kjøretøy er den høyest mulige tillatte totalvekt 50 tonn dersom krav til antall aksler er oppfylt. For enkelte typer kjøretøy gis det derimot tillatelse til å operere med 60 tonn totalvekt

for enkelte vegstrekninger. Dette gjelder kjøretøy relatert til tømmertransport og modulvogntog (Samferdselsdepartementet, 1990). Ved spesialtransport kan det ved søknad gis tillatelse for 12 tonn aksellast og totalvekt opp til 100 tonn. Ved bruk av mobilkraner er øvre aksellast satt til 12 tonn og øvre totalvekt 65 tonn. Dette er derimot også noe det må gis dispensasjon for å benytte. Det foreligger mange regler tilknyttet tillatt aksellast og totalvekt for ulike grupper kjøretøy. For denne masteroppgaven vil derimot bruksklasser relatert til tømmertransport og modulvogntog være av hensikt å omtale.

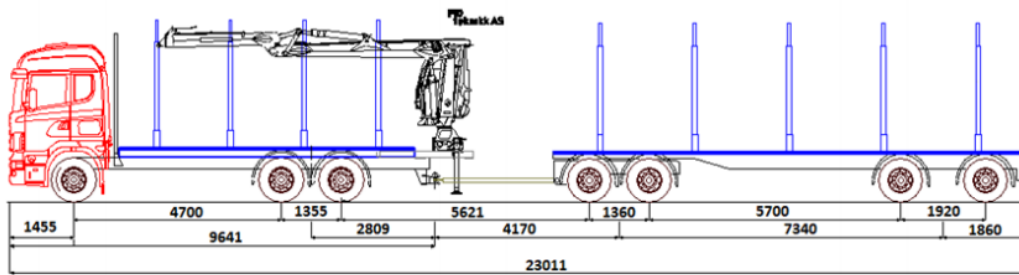
2.3.1 Kjøretøy

Ettersom kjøretøyene blir tyngre vil det være behov for en økende andel aksler. Dette fordi det er akseltrykket som er avgjørende for hvor stor nedbrytende effekt kjøretøyet har på vegen. Det er også kjent at pumpeeffekt virker inn på nedbrytning av veg som følge av flere aksler etter hverandre, men dette vil ikke omtales i denne oppgaven. For kjøretøy over 50 tonn er det krav om at kjøretøyet minst skal ha syv aksler (Samferdselsdepartementet, 1990). Dette medfører at kjøretøy har ulik akselkonfigurasjon ut fra hvilken totalvekt de kan operere med.

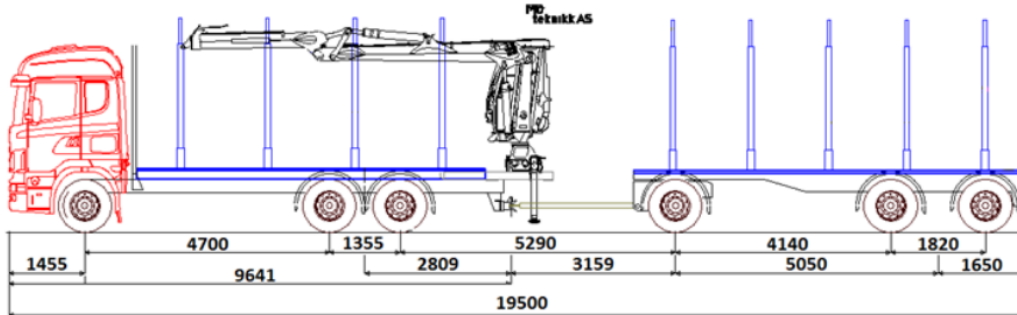
Kjøretøy som benyttes i forbindelse med transport av tømmer kan som kjent fra kapittel 2.3 operere med 60 tonn totalvekt. Dette medfører derimot at de minst må ha syv aksler. Fra figur 2.12a kan en se hvordan akselkonfigurasjonen for et typisk kjøretøy som benyttes for å transportere tømmer er. Som en ser består trekkvognen av tre aksler og slepevogn av fire aksler. Slike kjøretøy benyttes mye i Norge i dag for å transportere tømmer. Akselkonfigurasjonen til kjøretøy som benyttes i forbindelse med transport av tømmer vil være spesielt viktig å kjenne til da dette vil være grunnlag for å skille ut slike kjøretøy fra datamaterialet som blir tilgjengelig fra ATK-punktene. Fremgangsmåten for utskilling av kjøretøy relatert til tømmertransport vil bli nærmere beskrevet i kapittel 3.3.2. Figur 2.12b viser en annen akselkonfigurasjon. Her er vogntoget utstyrt med seks aksler, og dette kjøretøyet vil dermed ikke være i stand til å kunne operere med totalvekt over 50 tonn da det ikke er utstyrt med syv aksler. For at et tømmervogntog skal kunne operere med 60 tonn totalvekt foreligger det et krav om at det er minst 19 meter avstand mellom første og siste aksel til kjøretøyet, forutsatt at kjøretøyet har minimum syv aksler (Samferdselsdepartementet, 1990). Den maksimale tillatte lengden på tømmervogntog i Norge er 24 meter. Den maksimale tillatte lengden kan imidlertid være mindre for enkelte vegstrekninger. For slepevogn med fire eller flere aksler som inngår i tømmervogntog med tillatt totalvekt inntil 60 tonn er største tillatte totalvekt 36 tonn (Samferdselsdepartementet, 1990). For at denne vekten skal være tillatt må avstand fra første til siste aksel på slepevogn ikke være mindre enn 8,01 meter.

Fra figur 2.12a ser en at avstanden mellom 3. og 4. aksel på slepevogn er større enn avstanden mellom 1. og 2. aksel på slepevogn. Dette er en noe unik akselkonfigurasjon for tømmervogntog. Den siste boggien kalles ofte en "langboggie". Årsaken til at slepevognen er utstyrt med slik langboggie er fordi det reduserer avstanden mellom 2. og 3. aksel på slepevogn enn om 3. og 4. aksel hadde vært utformet som en vanlig boggie. Mindre avstand mellom 2. og 3. aksel på slepevogn gir bedre egenskaper relatert til fremkommelighet på skogsveier (A. Island, personlig kommunikasjon, 5. mai 2021). En ser dermed at denne typen konfigurasjon er noe spesiell for

kjøretøy som transporterer tømmer.



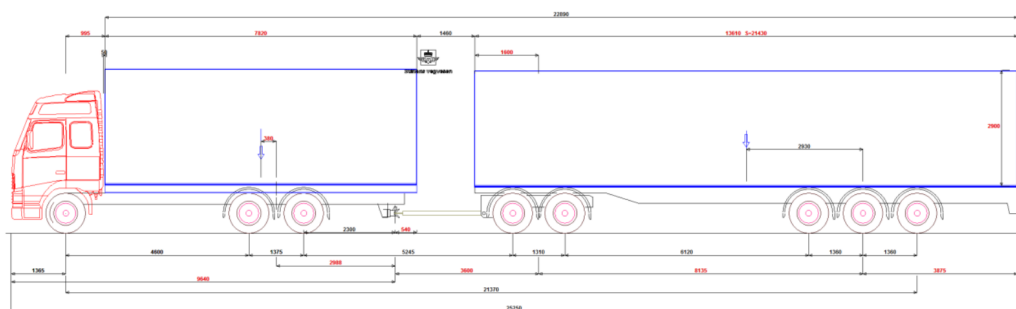
(a) Tømmervogntog med syv aksler



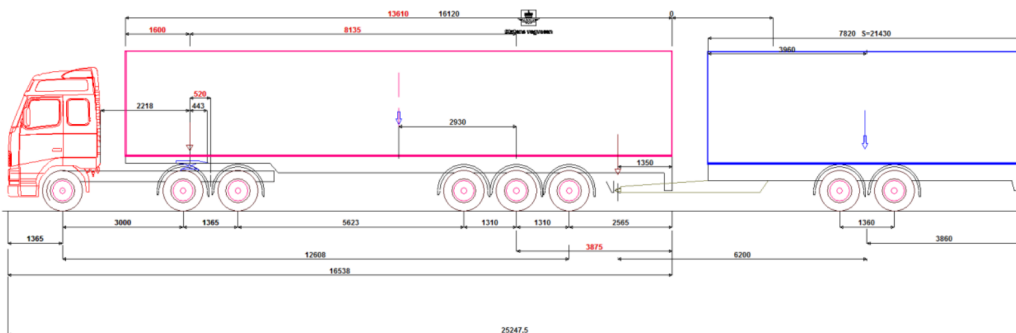
(b) Tømmervogntog med seks aksler

Figur 2.12: To mye brukte kjøretøy for tømmertransport (Gjerstadberget, 2013)

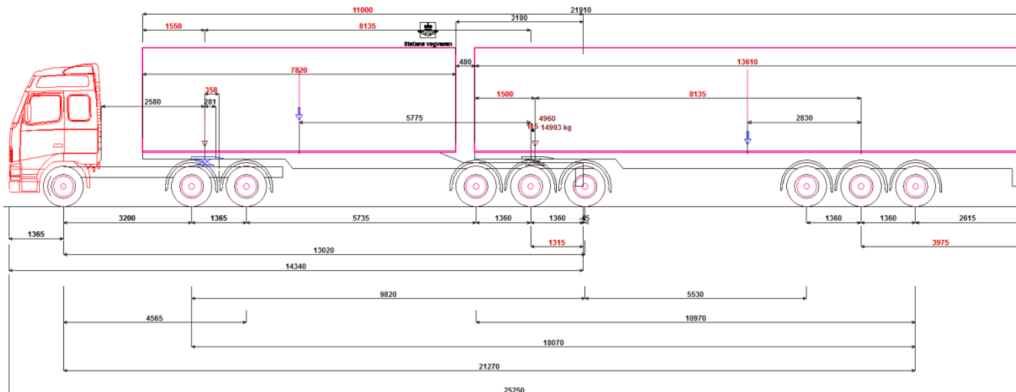
Som tidligere nevnt er modulvogntog tillatt på enkelte norske vegstrekninger. Fra 21. desember 2020 ble det tillatt å benytte modulvogntog av type 1 og 2 (Statens Vegvesen, 2020). For denne typen kjøretøy er øvre tillatte aksellast 10 tonn og totalvekt 60 tonn. Den maksimale tillatte lengden for slike kjøretøy er 25,25 meter, og en ser da at det overstiger den maksimale tillatte lengden for tømmervogntog. Fra figur 2.13 ser en illustrasjoner av modulvogntog type 1, 2 og 3. En ser her at type 1 og 2 er utstyrt med åtte aksler mens type 3 er utstyrt med ni aksler. Til tross for at disse kjøretøyene opererer med de samme restriksjonene for totalvekt som tømmertransport vil det fortsatt være mulig å skille de ut fra datasettet ettersom andelen aksler skiller seg fra det antallet brukt i transport av tømmer. En annen viktig forskjell mellom tømmertransport og transport av gods med modulvogntog er at tømmertransport som regel er opptatt av vekt, samtidig som det for frakt av gods med modulvogntog som regel er volumet som er av interesse (A. Island, personlig kommunikasjon, 5. mai 2021).



(a) Modulvogntog type 1



(b) Modulvogntog type 2



(c) Modulvogntog type 3

Figur 2.13: Modulvogntog type 1, 2 og 3 (Statens Vegvesen, udatert)

3 Metode

3.1 Innsamling av data

Innhenting av data har foregått gjennom forespørsel til produsenten av dataloggere som blir brukt i ATK-punktene. Axicon, som er produsent av dataloggeren Axspeed, oversendte etter forespørsel data fra hele 2020 for ATK-punktene som er beskrevet i kapittel 2.2.4. I etterkant av feltforsøket, som blir omtalt i kapittel 3.6, ble det også oversendt data fra perioden januar - mai 2021. Ettersom det er mulig å hente ut data fra historiske perioder er begrensningen relatert til hvor mye data det er tid til å behandle. En for stor datamengde vil kunne påvirke kvaliteten på de analyser som utføres. Selve dataen fremkommer i XML-format. Dette er et format som må behandles for at det skal være mulig å analysere dataen videre. Fra kodeutsnitt 3.1 vises et eksempel på hvordan dataen fremkommer i XML-format direkte fra Axicon. Dette utdraget er fra én måling av et kjøretøy med to aksler. Her er hastighet registrert til 66 km/t, og vekt for første og andre aksel er begge målt til 0,7 tonn. Avstanden mellom første og andre aksel er målt til 2,81 meter. Dette er en måling av en typisk personbil gitt antall aksler og akselavstanden. Gjennom dette utdraget fremkommer behovet for et skript som overfører XML-dataene til et mer lesevennlig format og som er kompatibelt med vanlige analyseprogrammer slik som Excel. For hvert kjøretøy som passerer ATK-punktene genereres det XML-data tilsvarende det som fremkommer i kodeutsnitt 3.1. Filene vil derfor kunne bli lange og store i størrelse.

Kodeutsnitt 3.1: Data på XML-format tilgjengelig fra ATK

```
<atk:måling>
  <atk:dato>2019-12-31T15:06:12.570+01:00</atk:dato>
  <atk:datatype>Axspeed-100</atk:datatype>
  <atk:hastighet>66</atk:hastighet>
  <atk:status>0</atk:status>
  <atk:feltnummer>1</atk:feltnummer>
  <atk:akseldata>
    <atk:kontrollsted>0440015</atk:kontrollsted>
    <atk:nummer>1</atk:nummer>
    <atk:hastighet>66.8</atk:hastighet>
    <atk:vekt>0.7</atk:vekt>
  </atk:akseldata>
  <atk:akseldata>
    <atk:kontrollsted>0440015</atk:kontrollsted>
    <atk:nummer>2</atk:nummer>
    <atk:hastighet>66.8</atk:hastighet>
    <atk:vekt>0.7</atk:vekt>
    <atk:avstand>2.81</atk:avstand>
  </atk:akseldata>
  <atk:aktiv>0</atk:aktiv>
</atk:måling>
```

3.2 Behandling av data

I Python har det blitt utarbeidet skripter som formaterer dataen fra filformatet XML til CSV. CSV-format er et mye brukt filformat som støttes i analyseprogrammer slik som Excel. Selve utarbeidelsen av skriptene har inngått i masteroppgaven, men de vil ikke i særlig stor grad bli omtalt da det kun har vært et verktøy for å gjøre dataen lesbar. Skriptene fremkommer i tillegg C. I denne oppgaven er tilleggsbibliotek til Python kalt "Pandas" blitt benyttet for å analysere datamaterialet. Begrunnelsen for at dette programmet benyttes til analyse er at det er godt egnet når datamengden blir stor. Eksempelvis har registreringer fra 2020 for ATK-punktet "Øksna sørgående" resultert i data fra over 1,2 millioner kjøretøy. Excel har til sammenligning en maksimal begrensning for antall rader i et regneark på 1 048 576 (Microsoft, 2021). Det blir dermed tydelig at Excel har sine begrensninger når datamengden blir stor. Kombinert med andre tilleggsbibliotek til Python slik som "Matplotlib" og "Seaborn" har det også vært mulig å presentere data gjennom plott.

3.2.1 Pandas

Dette programmet er benyttet som primærprogram for dataanalyse. Hovedårsaken er fordelene dette programmet har ved analyse av store datamengder. Programmet er i denne oppgaven brukt slik at det leser en CSV-fil. Dette er et filformat som består av linjer med tekst og tall. Fra kodeutsnitt 3.2 ser en et eksempel på hvordan en CSV-fil er bygd opp. Her angir første linje navnet på de ulike kolonnene. Hvert kolonnenavn er separert med kometegn. Deretter følger verdiene for hver kolonne på neste linje. Også her er verdiene separert med kometegn. Fordelen med CSV-formatet er at det støttes av flere programmer, og at det er en effektiv måte å lagre forholdsvis mye data på. På en enkel måte kan en si at CSV lagrer en tabell med verdier i tekstformat. En ser gjennom kodeutsnitt 3.1 og 3.2 forskjellen mellom filformatene XML og CSV, og at det derfor er behov for en metode for å overføre dataen til CSV. Tillegg C.1 og C.2 viser skriptene som er utarbeidet for å overføre XML til CSV. CSV-filene som blir opprettet gjennom disse skriptene har kolonner som vist i tabell 3.1. Skriptene er utformet slik at de itererer gjennom en mappe med filer. Disse filene har blitt oversendt fra Axicon. For hver dag ATK-punktene har vært operative er det generert én XML-fil med informasjon fra registreringene. I løpet av et helt år vil det dermed genereres forholdsvis mange filer for ett ATK-punkt. Fra kodeutsnitt 3.1 ser en registrerte verdier som det er interessant å analysere. Skriptene henter så ut verdier for tidspunkt, hastighet, akselvekt og avstander mellom aksler. Disse verdiene skrives så inn i en CSV-fil. Det er opprettet én CSV-fil for hvert ATK-punkt som er analysert med data fra hele 2020 og én fil for data fra perioden januar - mai 2021 for hvert ATK-punkt.

Kodeutsnitt 3.2: Eksempel på data i CSV-format

```
Tidspunkt , Aksel_1 , Aksel_2
2019-12-31T05:54:43.856+01:00 ,0.5 ,0.7
2019-12-31T06:23:35.616+01:00 ,0.7 ,0.7
```

Etter at disse CSV-filene har blitt opprettet med data fra XML-filene kan de leses i Pandas. Pandas oppretter så en "dataframe" med den dataen som er tilgjengelig fra CSV-filen den

leser. En dataframe kan sammenlignes med et regneark i Excel. Dataframen som blir opprettet består da av de kolonner og rader som er oppgitt i CSV-filen. Gjennom Pandas kan så en rekke kommandoer legges inn for å utføre analyser på dataframen. En styrke ved programmet er at det relativt enkelt er mulig å opprette nye dataframes basert på den opprinnelige dataframen. På denne måten kan en opprette dataframes, eller regneark, som kun tar for seg en type kjøretøy med en bestemt akselkonfigurasjon. I denne masteroppgaven vil denne funksjonen bli mye brukt for å opprette dataframes for kjøretøy basert på akselkonfigurasjon som er aktuelle for denne oppgaven. Dette vil bli omtalt i kapittel 3.3.

Tabell 3.1: Oversikt over kolonner i CSV-fil

Kolonnenavn	Forklaring
Tidspunkt	Tidspunkt for registrering av kjøretøy
Hastighet	Hastigheten som er registrert fra ATK-punktet
Aksel_x	Disse kolonnene oppgir akselvekten til kjøretøyet som er registrert ved ATK-punktet. Denne kolonnen går fra Aksel_1 (som oppgir vekt for første aksel) t.o.m. Aksel_10 (som oppgir vekt på den 10. akselen til det registrerte kjøretøyet)
x_(x+1)	Disse kolonnene oppgir avstanden mellom akslene til kjøretøyet som er registrert. Eksempelvis vil kolonne 1_2 oppgi avstanden mellom første og andre aksel til kjøretøyet. Siste kolonne i denne gruppen har navn 9_10.

3.2.2 Vurdering av datakvalitet

Det er kjent at vektdatakvaliteten fra ATK-punkter er variabel (Pedersen, 2016). Dette innebærer at det er viktig å vurdere kvaliteten på dataen som har blitt hentet inn. Det er tidligere utviklet metoder for å vurdere og kalibrere data fra ATK-punkter (Böhm et al., 2019). Denne studien er omtalt i kapittel 2.2.3. Denne metoden baserer seg på å filtrere ut semitrailere med seks aksler fra datasettet. Den omtalte studien viser til tidligere studier som viser at vekt av første aksel på denne typen kjøretøy holder seg nokså konstant i intervallet 6,5 - 7 tonn (van Loo & Lees, 2015). Dette vil så kunne benyttes som en kvalitetsindikator for datasettet. Studien utført av Böhm et al., 2019 presenterer en måte å beregne en kalibreringsfaktor som kan benyttes på hele datasettet. Kriteriene som stilles til datasettet for at kalibreringsfaktoren kan benyttes er at snittvekt fra første aksel på en semitrailer med seks aksler skal ligge i intervallet [5.0, 9.0] tonn og at standardavviket (σ) er mindre enn 25 %. Dersom disse kriteriene er oppfylt vil kalibreringsfaktoren C_{ATK} kunne beregnes på grunnlag av datamaterialet og benyttes på hele datasettet. I uttrykk 2 er W_s den ideelle vekten av første aksel på en semitrailer med seks aksler. Denne er satt til 7 tonn. W_d er snittvekten av første aksel som er beregnet fra datamaterialet.

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} \quad (2)$$

Som nevnt stilles det krav til standardavviket σ og W_d for at uttrykk 2 kan benyttes. Standardavviket er et mål på spredningen for et sett med data fra snittverdien eller den forventede verdien μ (Wikipedia, 2021). I denne oppgaven har standardavviket blitt beregnet gjennom ana-

lyseprogrammet Pandas. For å få et tidlig inntrykk av spredningen på datamaterialet er det laget diagrammer som i første omgang kun ser på spredningen av første aksel på semitrailer med seks aksler. Skript for å lage slik spredning fremkommer gjennom tillegg C.4. Grunnen til at dette blitt sett på som viktig er at det tidlig gir et bilde av spredningen på dataen, samtidig som en kan se uregelmessigheter i datamaterialet som vil være viktige å avdekke før videre dataanalyse. Kvaliteten på datamaterialet vil bli presentert i kapittel 4.1. I denne vurderingen vil uttrykk 3 være sentralt. Dette er den såkalte variasjonskoeffisienten (c_v) og er et spredningsmål på den relative variasjonen i et datasett (Wikipedia, 2017). c_v multiplisert med 100 gir standardavviket i prosent.

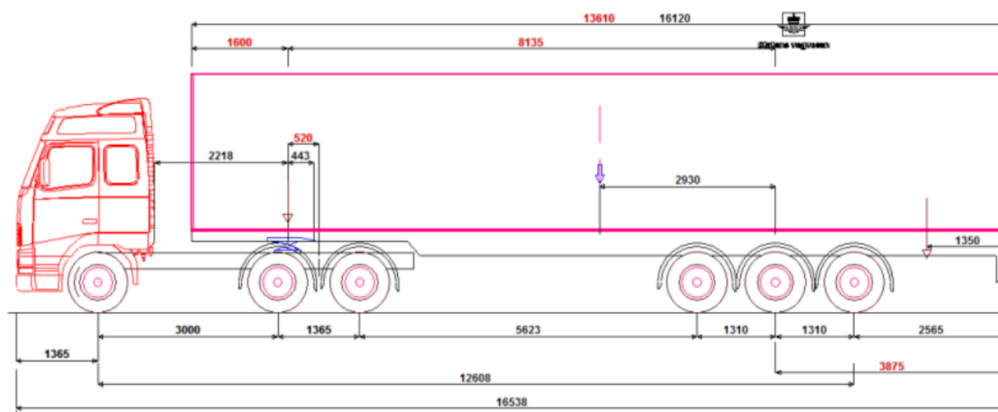
$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} \quad (3)$$

3.3 Identifisering av kjøretøy i datamaterialet

Metoden for å identifisere kjøretøy i datamaterialet er basert på kjennskap til antallet aksler og avstand mellom aksler for ulike typer kjøretøy. I kapittel 2.3.1 blir akselkonfigurasjon for semitrailer og tømmervogntog beskrevet. Som nevnt i dette kapitlet er kjennskapet til disse akselkonfigurasjonene viktig for å kunne filtrere ut bestemte typer kjøretøy fra datasettet. Det er primært to typer kjøretøy som er ønsket filtrert ut fra datamaterialet. Dette er semitrailer med seks aksler og tømmervogntog med syv aksler. Hensikten med å identifisere semitrailere i datasettet er å vurdere kvaliteten på datamaterialet ut fra kjente metoder som beskrevet i kapittel 2.2.3. Hensikten med å identifisere tømmervogntog er for å besvare forskningsspørsmålene.

3.3.1 Semitrailer med seks aksler

For å vurdere kvaliteten på data etter tidligere utarbeidede metoder er det ønskelig å identifisere semitrailere med seks aksler i datasettet. Dette er en type kjøretøy som benyttes mye på det norske vegnettet (A. Island, personlig kommunikasjon, 2. februar 2021). Fra figur 3.1 fremkommer en skisse av et typisk kjøretøy av denne typen. Avstandene som sees av figur 3.1 kan variere, men vil ligge rundt det som sees av figuren (A. Island, personlig kommunikasjon, 2. februar 2021).



Figur 3.1: Semitrailer med seks aksler (Statens Vegvesen, udatert)

Identifiseringen av denne typen kjøretøy i datasettet er basert på å sette betingelser for antall aksler og avstand mellom disse akslene. Ettersom akselavstandene kan variere er det i første omgang gjort analyser av datasett der intervallene for tillatt akselavstand er satt relativt høyt, samtidig som avstandene vil gjenspeile de for en seksakslet semitrailer. Begrunnelsen for å gjøre dette er at en da vil kunne lage såkalte "Kernel Density Estimations" (KDE) for de ulike akselavstandene. Dette vil kunne lages forholdsvis enkelt gjennom tilleggsbiblioteket "Seaborn" i Python. På denne måten finner en de akselavstandene som er oftest registrert av ATK-punktet. Dermed vil en finne fornuftige akselavstander som kan benyttes videre. Som tidligere nevnt er det gjennom Pandas mulig å opprette nye dataframes basert på den opprinnelige dataframen fra den leste CSV-filen. Skriptet som fremkommer i kodeutsnitt 3.3 vil lage en ny dataframe i Pandas som består av kjøretøy med seks aksler og med akselavstander innenfor de gitte intervallene. For å gjøre filteret mer lesbart er betingelsene som settes presentert i tabell 3.2. KDE-plots for de ulike akselavstandene er laget basert på kjøring av dette filteret for ATK-punktet Øksna sørgående. Dette punktet er valgt fordi dette ligger langs riksvei 3. Langs denne veien forekommer det mye tungtransport, og det er derfor naturlig å forvente en god andel semitrailere med seks aksler. Under feltforsøket som blir omtalt i kapittel 3.6 ble det også observert mange kjøretøy av denne typen langs rv. 3.

Kodeutsnitt 3.3: Grovfilter for å isolere ut semitrailer med seks aksler

```
df_semi = df.loc [(df[ 'Aksel_6 ' ] > 0) & (df[ 'Aksel_7 ' ] == 0) &
                  (df[ '1_2 ' ] > 2.90) & (df[ '1_2 ' ] < 3.30) &
                  (df[ '2_3 ' ] >= 1.28) & (df[ '2_3 ' ] <= 1.40) &
                  (df[ '3_4 ' ] > 4.00) & (df[ '3_4 ' ] < 7.00) &
                  (df[ '4_5 ' ] >= 1.28) & (df[ '4_5 ' ] <= 1.37) &
                  (df[ '5_6 ' ] >= 1.28) & (df[ '5_6 ' ] <= 1.37) &
                  (df[ 'Month ' ] >= 1 ) & (df[ 'Month ' ] <= 12)]
```

Tabell 3.2: Grovfilter for å identifisere semitrailer med seks aksler i datasettet

Kolonnenavn	Betingelse
Aksel_6	>0, dette medfører at kjøretøy med registrert vekt på aksel 6 kommer inn i dataframen
Aksel_7	= 0, dette medfører at kjøretøy med registrert vekt på aksel 7 ikke kommer med i dataframen
1_2	Ligger i intervallet [2.90, 3.30] meter
2_3	Ligger i intervallet [1.28, 1.40] meter
3_4	Ligger i intervallet [4.00, 7.00] meter
4_5	Ligger i intervallet [1.28, 1.37] meter
5_6	Ligger i intervallet [1.28, 1.37] meter

Fra figur 3.2 fremkommer KDE-plots for de ulike akselavstandene med de satte betingelsene som vist i tabell 3.2. Fra figur 3.2a ser en hvordan konsentrasjonen av avstander ligger i området mellom 3,1 - 3,3 meter. Samtidig sees en konsentrasjon rundt 3 meter. Fra figur 3.1 er avstanden mellom aksel 1 og 2 satt til 3 meter. Ut fra figur 3.2a vil intervallet [3.0,3.3] meter være hensiktsmessig å sette for å identifisere semitrailer med seks aksler.

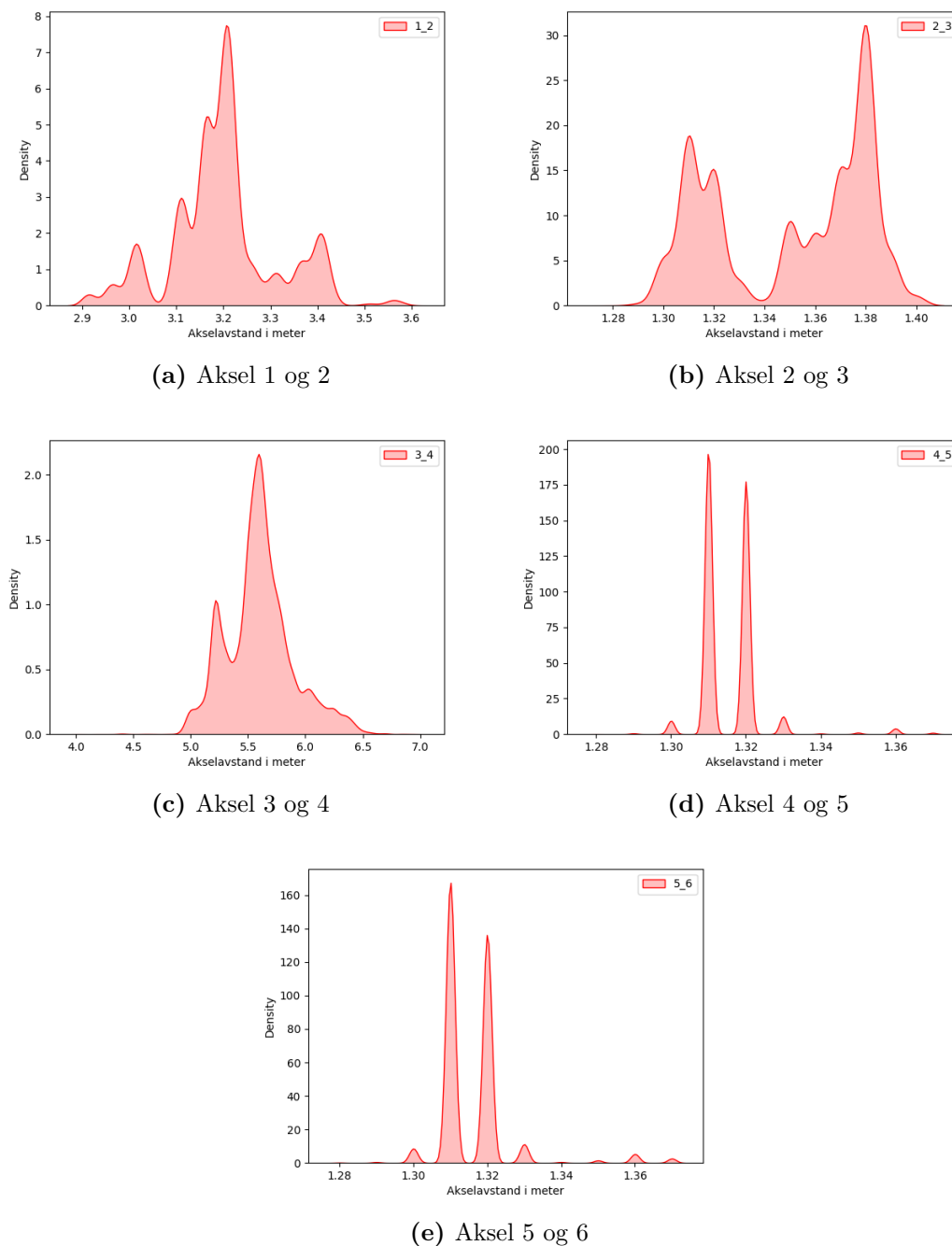
For akselavstanden mellom aksel 2 og 3 ser en fra figur 3.2b en større konsentrasjon rundt 1,30 - 1,33 meter og 1,35 - 1,39 meter. Ut fra disse konsentrasjonene ser det ut til at et hensiktsmessig intervall vil være [1.31,1.38]. Aksel 2 og 3 på en semitrailer utgjør en dobbelboggi. Avstandene i det satte intervallet er typiske akselavstander for en dobbelboggi (A. Island, personlig kommunikasjon, 2. februar 2021).

For akselavstanden mellom aksel 3 og 4 ser en fra figur 3.2c en større konsentrasjon rundt 5,50 - 5,80 meter. Et intervall med disse verdiene virker å være hensiktsmessig. Disse verdiene er også innenfor målet en ser fra figur 3.1.

For akselavstanden mellom 4 og 5 ser en fra figur 3.2d ser en størst konsentrasjoner rundt verdiene 1,31 og 1,32 meter. Dette er en lite overraskende spredning ettersom aksel 4 og 5 er en del av en trippelboggi, og akselavstand 1,31 og 1,32 for aksler i en trippelboggi er normale verdier (A. Island, personlig kommunikasjon, 2. februar 2021). For akselavstanden mellom aksel 5 og 6 sees tilnærmet samme fordeling fra figur 3.2e. Dette er også som forventet da disse også utgjør en trippelboggi. Et fornuftig intervall å sette for disse akselavstandene blir derfor [1.31,1.32] meter. Fra tabell 3.3 fremkommer en oppsummering av endelige intervaller for akselavstand som er satt for å identifisere semitrailer med seks aksler.

Tabell 3.3: Akselintervall for å identifisere semitrailer med seks aksler i datasettet

Akselavstand	Intervall
1_2	[3.00, 3.30] meter
2_3	[1.31, 1.38] meter
3_4	[5.50, 5.80] meter
4_5	[1.31, 1.32] meter
5_6	[1.31, 1.32] meter



Figur 3.2: KDE plots av avstander mellom aksler på kjøretøy med seks aksler

3.3.2 Tømmervogntog med syv aksler

For å besvare de satte forskningsspørsmålene er det av spesiell interesse å identifisere tømmervogntog med syv aksler i datamaterialet. Den samme metoden som er benyttet for å identifisere semitrailere med seks aksler er benyttet for å identifisere tømmervogntog med syv aksler. Den eneste forskjellen er avstandene som settes som kriterie mellom akslene. Figur 2.12a er benyttet som utgangspunkt for å sette intervaller for avstander mellom aksler. Blant denne gruppen kjøretøy er det en mindre andel enn det er av semitrailere med seks aksler. Av den grunn er det ikke ansett som en god metode å lage KDE-plots av denne typen kjøretøy for å

fastsette endelige filtreringsintervaller. I stedet er det gjennom samtaler med Arne Island i SVV forsøkt å finne hensiktsmessige intervaller som vil kunne fange opp vogntog av denne typen. Fra tabell 3.4 fremkommer de satte intervallene for akselavstand for å skille ut tømmervogntog med syv aksler fra datasettet.

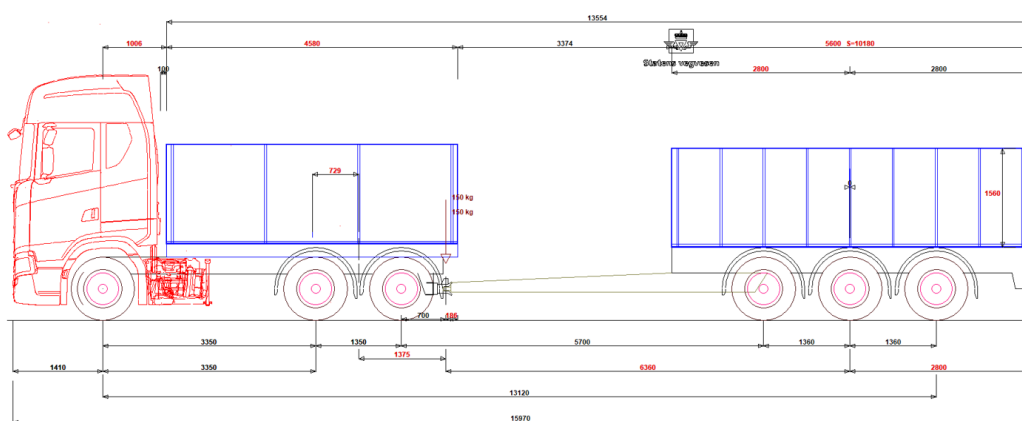
3.3.3 Svakheter ved filtreringsmetodene

En svakhet ved metoden er at det kan forekomme kjøretøy med akselkonfigurasjon lignende den for semitrailere. Fra figur 3.3 fremkommer et eksempel på et kjøretøy som har akselkonfigurasjon lignende den for semitrailer. Fra tabell 3.3 ser en hvordan enkelte av intervallene inngår i akselavstandene som sees fra figur 3.3. Likevel er filteret laget slik at alle kravene må være innfridd for at kjøretøyet skal inkluderes i dataframen, og kjøretøyet fra figur 3.3 ville derfor ikke blitt tatt med i dataframen. Samtidig kan en ikke si med full sikkerhet at kun semitrailere lik den fra figur 3.1 inkluderes i dataframen ettersom identifiseringen kun er gjort gjennom tallfilter og ikke gjennom visuell utskilling. Visuell utskilling ville vært den mest sikre metoden for å identifisere semitrailere med seks aksler i datasettet, men dette er tidkrevende og blir dermed lite aktuelt når datamengden er stor og strekker seg over en lengre periode.

På samme måte som ved filtrering av semitrailere med seks aksler kan det ved identifisering av tømmervogntog med syv aksler fremkomme kjøretøy som har lignende akselkonfigurasjon som den for tømmervogntog. Tømmervogntog har imidlertid en noe mer unik akselkonfigurasjon som beskrevet i kapittel 2.3.1 enn det semitrailere har.

3.3.4 Styrker ved filtreringsmetodene

En fordel ved å benytte filter relatert til akselkonfigurasjon er at metoden kan brukes på store mengder data uten at det er spesielt tidkrevende. På denne måten får en et godt datagrunnlag som kan benyttes for videre analyse.



Figur 3.3: Kjøretøy med akselkonfigurasjon lignende semitrailer med seks aksler (A. Island, personlig kommunikasjon, 25. februar 2021)

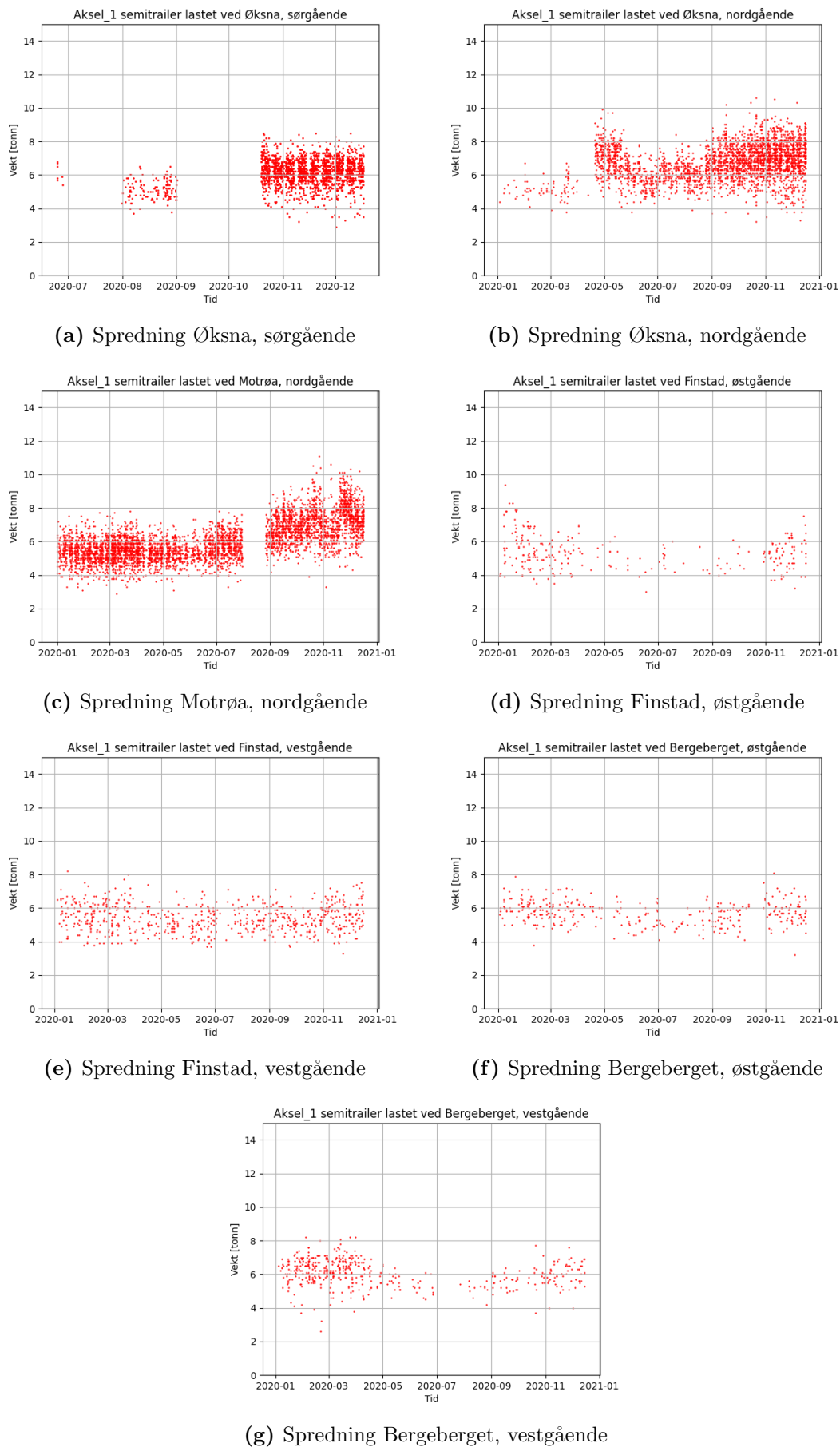
Tabell 3.4: Akselintervall for å identifisere tømmervogntog med syv aksler i datasettet

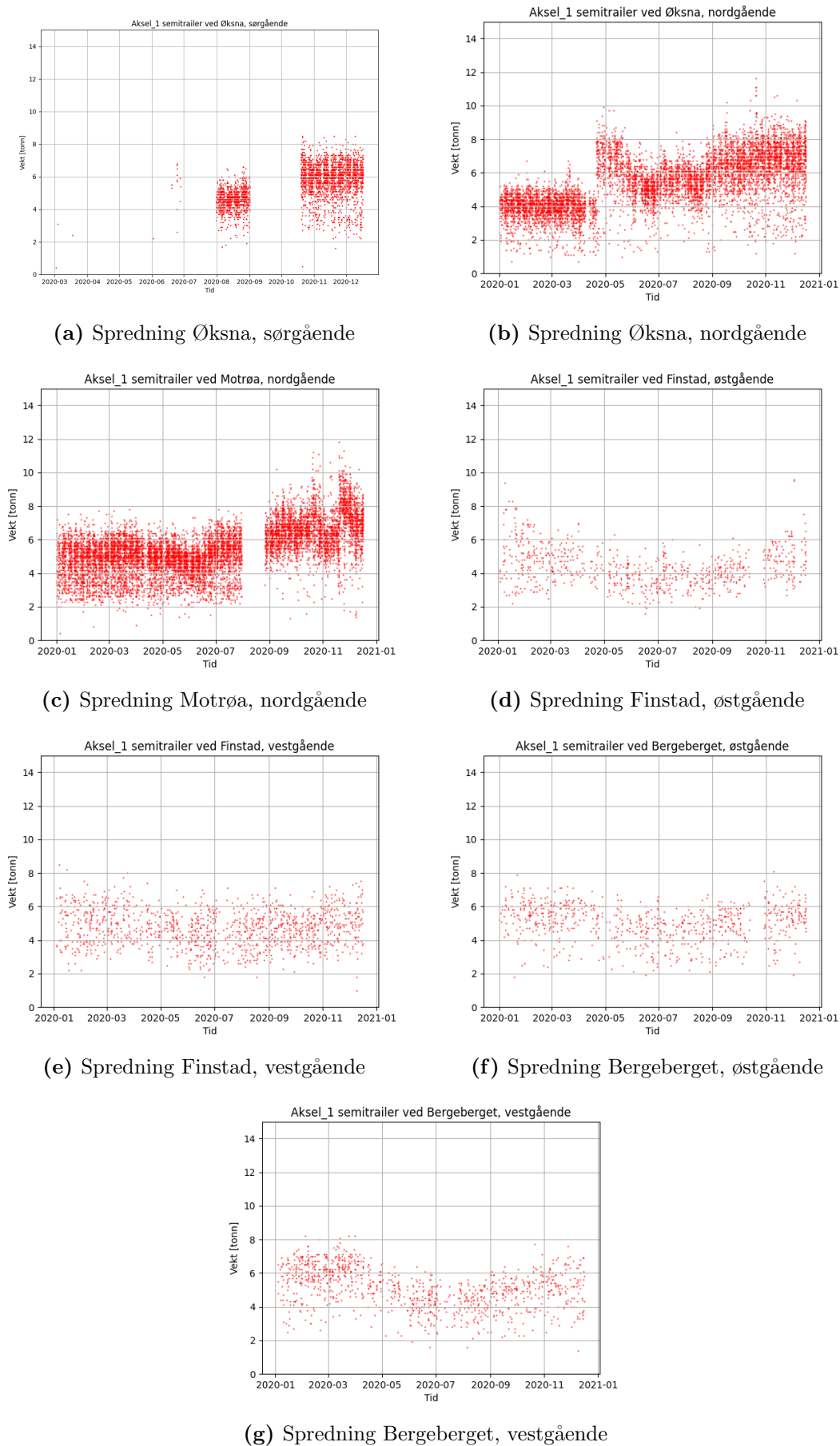
Akselavstand	Intervall
1_2	[4.00, 5.00] meter
2_3	[1.34, 1.39] meter
3_4	[5.00, 5.80] meter
4_5	[1.31, 1.36] meter
5_6	[5.30, 5.70] meter
6_7	[1.81, 1.95] meter

3.4 Kartlegge spredning i datasett

Før dataen analyseres er det viktig å kartlegge eventuell spredning i datasettet. Intervallene for akselavstand som beskrevet i tabell 3.3 er lagt inn som filter i Pandas. Deretter er det laget diagrammer som viser spredningen av vekt på første aksel av kjøretøy som fanges opp av det utarbeidede filteret. Disse diagrammene fremkommer gjennom figur 3.5. Skript for å produsere disse diagrammene fremkommer gjennom tillegg C.4. Diagrammene gir en tidlig representasjon av spredningen av registrert vekt av første aksel for de ulike punktene. De er derfor valgt presentert her i metode-kapittelet da de ikke er å anse som resultat, men heller et viktig grunnlag for å utføre den presenterte metoden relatert til kalibrering. For enkelte av punktene sees uregelmessigheter i spredningen. Dette gjelder spesielt ATK-punktene ved Øksna i begge retninger som en kan se fra figur 3.5a og 3.5b. Ved å manuelt gå inn i datasettet er det funnet at det for ATK-punkt Øksna nordgående ble byttet datalogger fra Axspeed 100 til Axspeed 200 den 20. april 2020. Dette er trolig årsaken til at registrert vekt gjør et sprang ved dette tidspunktet som en kan se fra figur 3.5b.

For å redusere standardavviket ble det forsøkt å isolere semitrailere som kjører med last ettersom første aksel på disse kjøretøyene trolig har lavere spredning. I Pandas ble det lagt til et ekstra filter i tillegg til de presentert i tabell 3.3. Dette filteret bestod av å legge inn filter for totalvekt der totalvekten skal ligge innenfor 30 - 50 tonn. Spredningen av første aksel for disse kjøretøyene er presentert i figur 3.4. Fra disse diagrammene kan en se antydning til mindre spredning når en legger inn filter for totalvekt av semitrailer. Ut fra disse diagrammene ser en også at det vil være hensiktsmessig å regne ut standardavviket for ulike perioder ettersom en ser enkelte sprang i datasettet. Tidligere arbeider understreker viktigheten av å vurdere ATK-punkter ved ulike tidsperioder da kvaliteten vil kunne endres over tid (Böhm et al., 2019).

**Figur 3.4:** Spredning av første aksel på lastet semitrailer



Figur 3.5: Spredning av første aksel på semitrailere

I etterkant av feltforsøket som blir omtalt i kapittel 3.6 ble det oversendt data fra ATK-punktene for perioden januar - mai 2021. For denne dataen har det også blitt utarbeidet spredning av første aksel på semitrailer som er registrert ved ATK-punktene. For denne dataen er det ikke observert større sprang i datasettet som det er for data fra 2020. Data fra 2021 er derfor analysert for hele perioden januar - april 2021. Mai 2021 er ikke tatt med siden det kun er tilgjengelig data opp til 9. mai, samtidig er det ikke ønsket å få med data fra feltforsøket i analysene. Oversikt over spredning for 2021 er ikke tatt med i dette kapittelet, men fremkommer i tillegg A.1.

Tabell 3.5: Inndeling av datasett i perioder

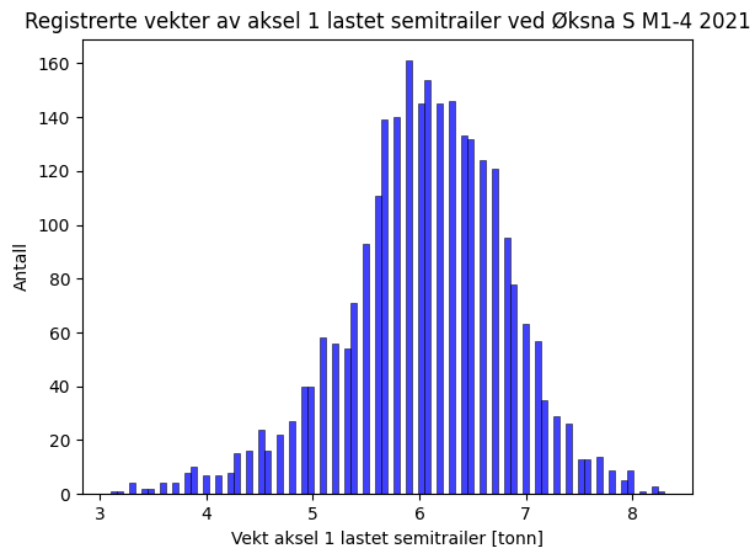
ATK-punkt	Inndelte perioder
Øksna, sørgående 2020	Måned 10-12
Øksna, nordgående 2020	Måned 7-12
Motrøa, nordgående 2020	Måned 1-7, måned 9-12
Finstad, østgående 2020	Ingen inndeling
Finstad, vestgående 2020	Ingen inndeling
Bergeberget, østgående 2020	Ingen inndeling
Bergeberget, vestgående 2020	Måned 1-4, måned 5-12
Øksna, sørgående 2021	Ingen inndeling
Øksna, nordgående 2021	Ingen inndeling
Finstad, østgående 2021	Ingen inndeling
Finstad, vestgående 2021	Ingen inndeling
Bergeberget, østgående 2021	Ingen inndeling
Bergeberget, vestgående 2021	Ingen inndeling

3.5 Vurdering av registrerte vekter fra tømmervogntog

Gjennom kapittel 2.1.1 fremkommer ulike nøyaktighetsklasser for WIM. Gjennom tidligere studier er det funnet at ATK-punkter har høy nok nøyaktighet til å kunne benyttes til statistiske formål (Pedersen, 2016). Gjennom vurdering av kvaliteten på data som er innhentet i denne masteroppgaven er det også funnet at standardavvikene holder seg innenfor de satte grensene i cost 323 for å kunne benyttes til statistiske formål, dette vil omtales nærmere i kapittel 4.1. Metoden for å kartlegge hvilke vekter tømmervogntog opererer med vil derfor basere seg på å se på grupper av kjøretøy med akselkonfigurasjon lik den satt gjennom tabell 3.4. På denne måten vil det kunne dannes et bilde av hvilke vekter tømmervogntog opererer med. For å kartlegge vektene som kjøretøyene opererer med vil det opprettes histogrammer på bakgrunn av data fra kjøretøy med konfigurasjon lik den presentert i tabell 3.4. Disse histogrammene vil produseres v.h.a. tilleggsbiblioteket "Seaborn" i Python. I disse histogrammene vil det også fremkomme KDE av spredningen for å bedre illustrere spredningen. Skriptene for å produsere histogram fremkommer gjennom tillegg C.5.

Vekten som den piezoelektriske kabelen ved ATK-punktet registrerer fra en aksel er antatt normalfordelt. Figur 3.6 viser fordelingen av registrert aksel 1 på semitrailer ved Øksna S i perioden januar - april 2021, og en ser hvordan fordelingen er tilnærmet normalfordelt. Her vil flesteparten av de registrerte verdiene samle seg rundt et gjennomsnitt μ . For et ideelt ATK-punkt ville dette gjennomsnittet vært det samme som den reelle akselvekten. For en normalfordeling gjelder

at uavhengig av verdiene for μ og σ vil 95,4 % av de registrerte verdiene ligge innenfor 2σ fra gjennomsnittet μ (Hagen, 2014). Dette vil si at verdier som observeres utenfor 2σ fra gjennomsnittet vil i 4,6 % av tilfellene skyldes en spredning fra snittet μ , noe som ansees som lavt. Ved vurdering av vektspredning fra tømmervogntog vil dette prinsippet bli benyttet. I stedet for å observere andel kjøretøy over 60 tonn, vil det heller bli sett på kjøretøy som ligger over totalvekt $60+2\sigma$. Her vil σ være det registrerte standardavviket ved ATK-punktet. På denne måten vil en øke sannsynligheten for at observerte verdier faktisk ligger over 60 tonn, og ikke skyldes en spredning fra en verdi som i realiteten er 60 tonn. Et tilleggbibliotek i Python kalt "Scipy" vil bli benyttet. Denne gjør det mulig å beregne hvilken persentil en terskelverdi fra et datasett tilhører. Denne koden fremkommer i tillegg C.5. Denne terskelverdien vil da være lik $60+2\sigma$. På denne måten vil en kunne si hvor stor andel av de registrerte tømmervogntogene som ligger over 60 tonn totalvekt.



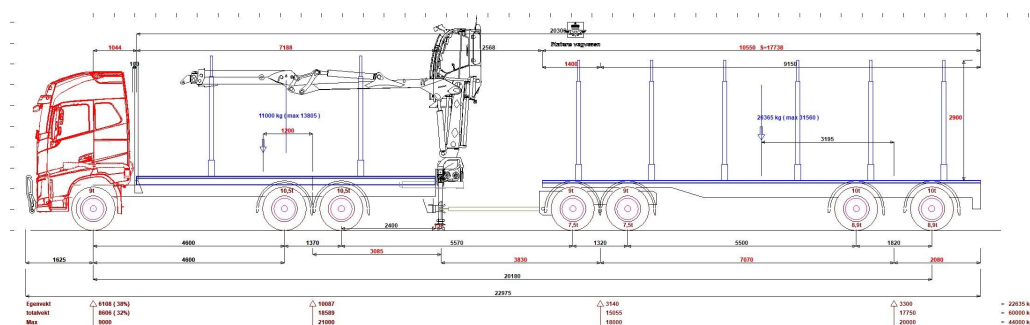
Figur 3.6: Registrerte vektter av første aksel på semitrailer ved Øksna S i perioden januar - april 2021

3.6 Feltforsøk

En annen metode som er benyttet for å vurdere kvaliteten på vektdata fra ATK-punktene er gjennom utførelse av feltforsøk. Forsøkene har gått ut på å kjøre et vogntog med kjent vekt over de forskjellige ATK-punktene. På denne måten danner en seg et bilde av feilmarginen til vektdata fra ATK-punktene. Gitt kunnskapen om at kvaliteten til vektdata fra ATK-punkter endres over tid (Pedersen, 2016) er en svakhet ved metoden at den kun gir et øyeblikksbilde av datakvaliteten. En annen svakhet med metoden er at den er tid- og ressurskrevende, dermed blir det begrenset hvor stor datamengde som blir tilgjengelig etter et slikt forsøk.

Feltforsøket ble utført i uke 18 fra 3. mai t.o.m. 6. mai. Tidspunktene der tømmervogntoget passerte over punktene ble loggført slik at en i ettertid kan finne kjøretøyet i datamaterialet. Det var ønskelig å oppnå konstant hastighet over ATK-punktene. Dette er forsøkt sikret gjennom at kjøretøyet benytter seg av cruise-control over punktene. Samtidig har det blitt benyttet en

håndholdt GPS for å registrere hastigheten til kjøretøyet. Dette har blitt benyttet for at en i ettertid skal kunne se hvilke hastigheter kjøretøyet har hatt over punktene, og derav vurdere om den har vært konstant. Vogntoget som ble benyttet under forsøkene er av typen Volvo FH16 750. Fra figur 3.8 fremkommer en skisse av vogntoget som er blitt benyttet under feltforsøket. Akselavstandene til det brukte kjøretøyet er ikke nøyaktig det som fremkommer av denne figuren. Nøyaktige avstander fremkommer i kapittel 4.2.1. Forsøket vil fungere som en test av det utarbeidede filteret for å se om det fanger opp tømmervogntoget. På denne måten ser en at feltforsøket både er tenkt som et forsøk for å vurdere vektkvaliteten fra ATK-punktene, men også om vektfilteret som er utarbeidet i Python vil kunne fange opp kjøretøyene det er tenkt å fange opp. For at filteret skal fange opp ønskede kjøretøy er det avhengig av at akselavstanden som fanges opp er mest mulig nøyaktig, og at det ikke registreres flere aksler enn den reelle mengden til kjøretøyet.



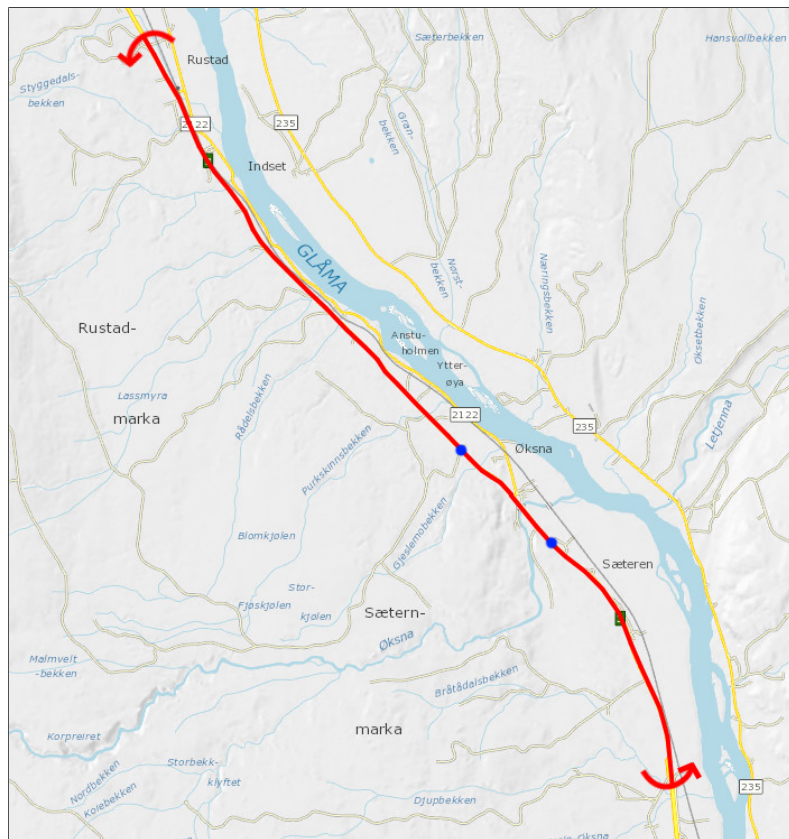
Figur 3.7: Skisse av vogntog benyttet under feltarbeid (A. Island, personlig kommunikasjon, 26. april 2021)

3.6.1 Feltforsøk dag 1

Feltforsøket startet mandag 3. mai. På forhånd hadde det blitt inngått avtale om leie av tømmervogntog fra Stian Østby Transport AS. Tømmervogntoget ble først veid inn ved Ånestad kontrollstasjon langs rv. 3 nord for Løten. Vogntoget hadde på forhånd blitt lastet med tømmer til rundt 60 tonn ut fra vogntoget sine egne vektsystemer. Fra tabell 3.6 ser en vektene som ble registrert fra den statiske vekten på Ånestad kontrollstasjon.

Tabell 3.6: Vekt av tømmervogntog fra Ånestad kontrollstasjon første dag av feltforsøket

	Aksel 1	Aksel 2 og 3	Aksel 4 og 5	Aksel 6 og 7	Totalvekt [kg]
Vekt [kg]	8 200	17 560	16 860	16 660	59 280

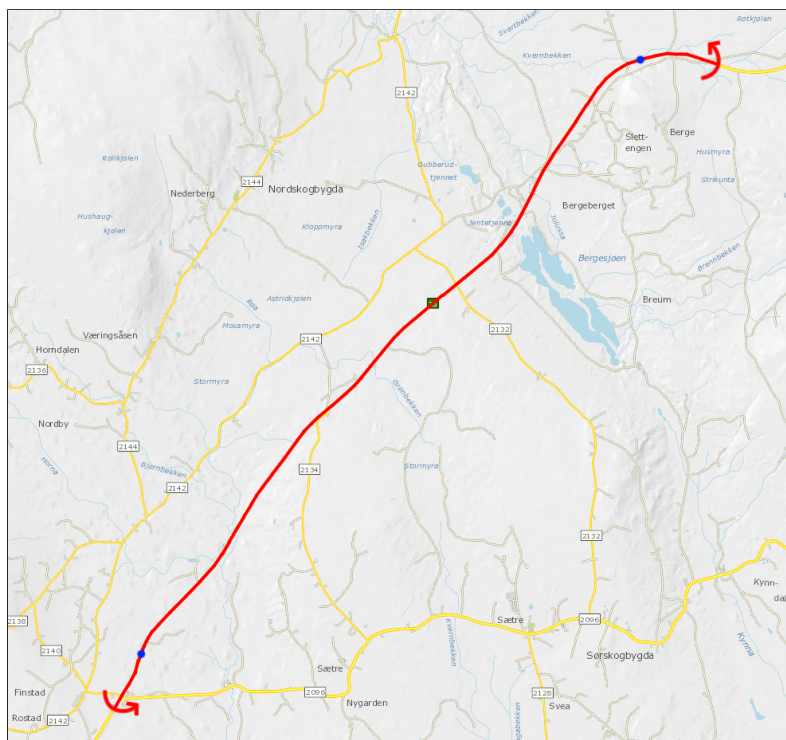


Figur 3.9: Testrunde ved Øksna (Vegvesen, 2021)



Figur 3.8: Tømmervogntog som ble benyttet under feltforsøk (Foto: Tor Andreas B. Solheim)

Etter at vogntoget ble kontrollveid ble det senere denne dagen gjennomført 10 overkjøringer av ATK-punktene ved Øksna. Beliggenheten av disse punktene kan sees fra figur 2.6. Overkjøringene ble gjennomført ved at en kjørte runder mellom punktene. Runden som ble kjørt ved Øksna kan sees fra figur 3.9. Én runde tok ca. 15 minutter å gjennomføre. De blå punktene på figur 3.9 illustrerer ATK-punktene langs strekningen.



Figur 3.10: Testrunde mellom Finstad og Bergeberget (Vegvesen, 2021)

3.6.2 Feltforsøk dag 2

Dag 2 av feltforsøket ble satt av til å kjøre over ATK-punktene mellom Finstad og Bergeberget. Fra figur 3.10 ser en runden som her ble kjørt. Blå punkter illustrerer ATK-punktene langs strekningen. Punktene ved Finstad og Bergeberget registrerer kjøretøy i både øst- og vestgående retning. Én runde tok her ca. 20 minutter å gjennomføre. I løpet av dagen ble det gjennomført 10 runder med vekt slik som vist i tabell 3.6. På slutten av dagen ble tømmervogntoget omlastet til å ligge rundt 40 tonn ut fra bilens egne vektsystemer.

3.6.3 Feltforsøk dag 3

På begynnelsen av dag 3 ble tømmervogntoget igjen veid inn på Ånestad kontrollstasjon. Vekten av tømmervogntoget etter denne veiingen fremkommer i tabell 3.7. Ettersom det allerede hadde blitt gjennomført runder ved Øksna og mellom Finstad og Bergeberget gikk det forholdsvis raskere å gjennomføre rundene denne dagen da snuplasser allerede var kjent. Det ble derfor gjennomført 10 runder ved Øksna og mellom Finstad og Bergeberget i løpet av denne dagen.

3.6.4 Feltforsøk dag 4

Under feltforsøkene ble det diskutert om dekktype på kjøretøy kunne være en faktor som påvirket vekt kvaliteten fra ATK-punkter. Siste dag av feltforsøket ble derfor kun brukt til å observere trafikk som gikk over ATK-punktet ved Øksna i sørgående retning. Gjennom denne observasjonen var det ønskelig å registrere semitrailere med enten supersingle eller doble dekk på tilhenger. Ettersom supersingle dekk har mindre kontaktflate med vegen enn doble dekk, men samtidig



Figur 3.11: Tømmervogntog etter å ha blitt lastet ned til 40 tonn (Foto: Tor Andreas B. Solheim)

kan operere med lik akselvekt, kan det tenkes at dette er en faktor som påvirker kraften som registreres av de piezoelektriske kablene ved ATK-punktene. Det ble imidlertid ikke observert mange semitrailere med tvillinghjul på tilhenger. Flesteparten var utstyrt med supersingle dekk på tilhenger. Resultater fra denne dagen har derfor ikke blitt analysert videre.

Tabell 3.7: Vekt av tømmervogntog fra Ånestad kontrollstasjon tredje dag av feltforsøket

	Aksel 1	Aksel 2 og 3	Aksel 4 og 5	Aksel 6 og 7	Totalvekt [kg]
Vekt [kg]	7 220	14 160	10 160	9 940	41 480

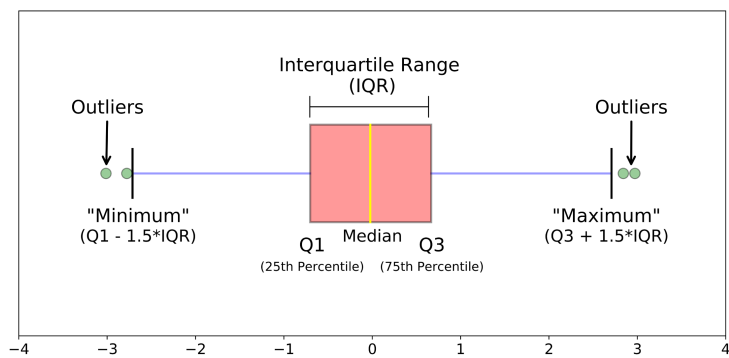
3.6.5 Vurdering av nøyaktighet for registrert akselavstand

Akselavstandene som registreres fra ATK-punktene vil legges inn i boksdiagram. Dette er en måte å presentere statistiske verdier som median, kvartiler, minimum verdi, maksimum verdi og såkalte "outliers" (Galarnyk, 2018). Fra figur 3.12 fremkommer hvor disse verdiene fremkommer i boksdiagrammet. Som en ser fra figuren er ikke den minste eller maksimale angitte verdien i diagrammet basert på den minste eller maksimale verdien i datasettet, men fra uttrykkene:

$$\text{Minimum} = Q1 - 1,5 \cdot IQR$$

$$\text{Maksimum} = Q1 + 1,5 \cdot IQR$$

Verdier som havner utenfor disse grensene blir angitt som "outliers". Bruk av boksdiagram er en god måte å vurdere hvor nøyaktige ATK-punktene er til å registrere akselavstanden til kjøretøy. Det er viktig å kjenne til dette da identifisering av tømmervogntog i datamaterialet er basert på registrerte avstander mellom aksler som beskrevet i kapittel 3.3.2. Boksdiagrammene vil lages gjennom tilleggsbiblioteket "Matplotlib" i Python.



Figur 3.12: Statistiske verdier i et boksdiagram (Galarnyk, 2018)

4 Resultat

4.1 Datakvalitet

Gjennom tillegg B fremkommer beregninger av kalibreringsfaktorer basert på metoden presentert i kapittel 3.2.2. Resultatene av disse beregningene er oppsummert i tabell 4.1 og 4.2 for data fra hhv. 2020 og 2021. Som en ser fra tabellene har det blitt delt inn i ulike tidsperioder. M1-7 står eksempelvis for perioden f.o.m. måned 1 (januar) t.o.m. måned 7 (juli). Årsaken til at det har blitt beregnet kalibreringsfaktorer for ulike tidsperioder er at en fra figur 3.4 har sett at datakvaliteten er varierende over ulike tidsperioder. Fra tidligere utarbeidet litteratur fremkommer det også at det er viktig å evaluere datakvaliteten for ulike tidsperioder da variasjoner kan forekomme mellom ulike tidsperioder (Böhm et al., 2019). En ser fra tabell 4.1 at for kalibreringsfaktoren beregnet basert på alle semitrailere fremkommer det for enkelte punkter ingen kalibreringsfaktor. Dette skyldes at kravene presentert i kapittel 3.2.2 ikke er oppfylt, og at det dermed ikke kan beregnes en kalibreringsfaktor.

Tabell 4.1: Oppsummering av C_{ATK} for ATK-punktene

ATK-punkt	C_{ATK} alle semi	C_{ATK} lastet semi
Øksna, S		
M1-7	-	1,24
M10-12	1,16	1,12
Øksna, N		
M7-12	1,11	1,02
Motrøa, N		
M1-7	-	1,22
M9-12	1,05	0,98
Finstad, Ø		
M1-12	-	1,23
Finstad, V		
M1-12	-	1,23
Bergeberget, Ø		
M1-12	1,28	1,18
Bergeberget, V		
M1-4	1,17	1,11
M5-12	-	1,18

Tabell 4.2: Oppsummering av C_{ATK} for ATK-punktene for data fra 2021

ATK-punkt	C_{ATK} alle semi	C_{ATK} lastet semi
Øksna, S		
M1-5	1,18	1,14
Øksna, N		
M1-5	1,07	1,00
Finstad, Ø		
M1-5	-	0,94
Finstad, V		
M1-5	1,27	1,20
Bergeberget, Ø		
M1-5	-	1,20
Bergeberget, V		
M1-5	1,26	1,17

Kalibreringsfaktorene fra tabell 4.1 og 4.2 som er beregnet basert på lastede semitrailere har blitt benyttet for videre analyser av datamaterialet tilgjengelig fra ATK-punktene. Kalibreringsfaktorene beregnet basert på alle semitrailere har ikke blitt benyttet ettersom kravene som stilles for å benytte denne beregningsmetoden ikke er oppfylt ved alle punktene. Samtidig ser en at kalibreringsfaktorene beregnet på bakgrunn av alle semitrailere er høyere enn for kun lastede semitrailere. Å benytte faktorene basert på lastede semitrailere blir derfor mer konservativt enn å benytte faktorene beregnet på bakgrunn av alle semitrailere. Resultatene av beregnede kalibreringsfaktorer viser hvordan datakvaliteten er ulik ved ulike punkter, og ved ulike tidsperioder. Dette er i tråd med funn fra tidligere studier (Pedersen, 2016). I kapittel 2.1.1 ble foreslåtte nøyaktighetsklasser for WIM fra cost 323 presentert. Variasjonskoeffisienten presentert i kapittel 3.2.2 multiplisert med 100 angir standardavviket i prosent. Fra tabell B.1 og B.3 i tillegg B fremkommer oppsummering av de beregnede variasjonskoeffisientene fra 2020 og 2021. En ser fra disse tabellene at standardavviket er under 20 % for samtlige punkter. Av den grunn vil datakvaliteten for samtlige punkt kunne kategoriseres innenfor klasse D+. Data som faller innenfor denne klassen vil kunne benyttes til statistiske formål. Kvaliteten på data ser derfor ut til å være god nok for formålet med denne masteroppgaven.

4.2 Feltforsøk

I etterkant av feltforsøket ble data fra ATK-punktene analysert. Spesielt var totalvekten som ATK-punktene registrerte av spesiell interesse. Til orientering så vil totalvekt 60 og 40 tonn benyttes om de ulike totalvektene i videre beskrivelse av resultat fra feltforsøk, selv om reell totalvekt var som vist i tabell 3.6 og 3.7. Fra tabell 4.3 fremkommer gjennomsnittet av totalvekten for de 10 overkjøringene for hvert punkt. I tillegg fremkommer standardavviket av de 10 verdiene for hvert punkt i samme tabell. Som en ser fra tabellen foreligger det ikke resultater for ATK-punktet Finstad i vestgående retning. Dette skyldes at det i det oversendte datamaterialet ikke forelå data for de aktuelle dagene da feltforsøket ble gjennomført. Hva som var årsaken til

at punktet ikke registrerte data for disse dagene er ikke avdekket, men det er naturlig å tenke seg at det skyldes en teknisk feil ved ATK-punktet. Fra tabell 4.3 ser en at når vogntoget var lastet til rundt 60 tonn underestimerer samtlige punkter kjøretøyets totalvekt.

Tabell 4.3: Resultater av totalvekt fra feltforsøk

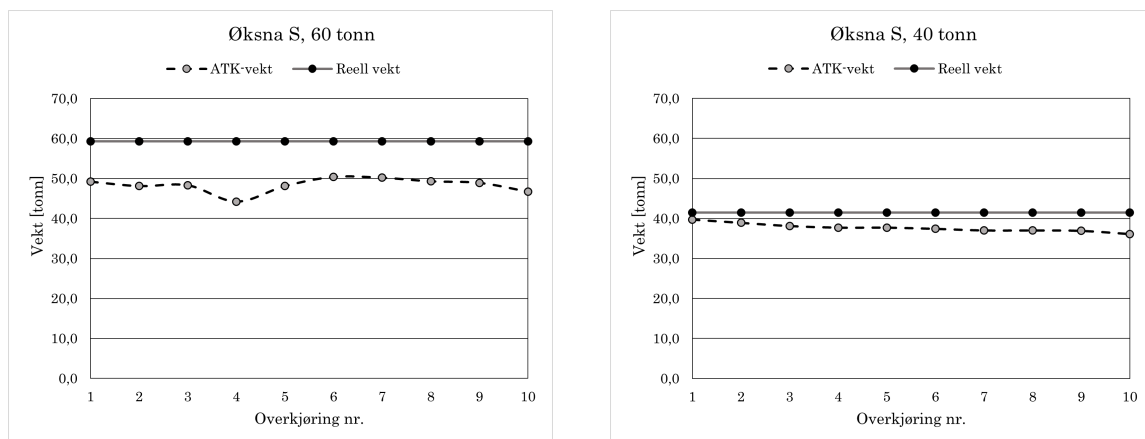
	60 tonn		40 tonn	
	μ	σ	μ	σ
Øksna N	54,7	1,254	45,1	1,973
Øksna S	48,3	1,721	37,7	0,992
Finstad Ø	40,8	1,495	29,9	2,029
Finstad V	-	-	-	-
Bergeberget Ø	43,5	1,733	30,7	1,542
Bergeberget V	38,2	3,730	28,1	2,224

Fra tabell 4.4 fremkommer det prosentvise avviket til snittvekten av totalvekten til kjøretøyet. Her ser en at det foreligger relativt store avvik spesielt for SATK-punktene. Når vekten til kjøretøyet var 40 tonn ser en at ATK-punktet ved Øksna i nordgående retning overestimerer vekten til kjøretøyet. De resterende punktene underestimerer derimot kjøretøyets totalvekt. Dette er i tråd med det som har blitt avdekket i tidligere studier (Pedersen, 2016).

Tabell 4.4: Prosentvis avvik og standardavvik av totalvekt fra ATK-punkter

	60 tonn		40 tonn	
	Avvik [%]	σ [%]	Avvik [%]	σ [%]
Øksna N	-7,76 %	2,29 %	8,67 %	4,37 %
Øksna S	-18,55 %	3,56 %	-9,16 %	2,63 %
Finstad Ø	-31,20 %	3,66 %	-27,95 %	6,79 %
Finstad V	-	-	-	-
Bergeberget Ø	-26,64 %	3,98 %	-26,02 %	5,02 %
Bergeberget V	-35,58 %	9,76 %	-32,29 %	7,91 %

Fra figur 4.1 fremkommer hver enkelt vektregistrering fra ATK-punkt Øksna S med totalvekt 60 tonn og 40 tonn. Ved totalvekt 40 tonn er spredningen nokså stabil, men en ser en tendens til at registrerte vekten blir noe lavere for hver overkjøring. Fra figur 4.1a ser en mer spredning i den registrerte vekten ved totalvekt 60 tonn. Denne forskjellen i spredning ser en gjennom verdien for standardavvik fra tabell 4.3 og 4.4. Figur 4.1 viser også hvordan det kan se ut til at avviket fra den reelle vekten er større for tyngre kjøretøy. Bakgrunnsdata for diagrammene som presenteres videre i dette delkapittelet fremkommer i tillegg A.

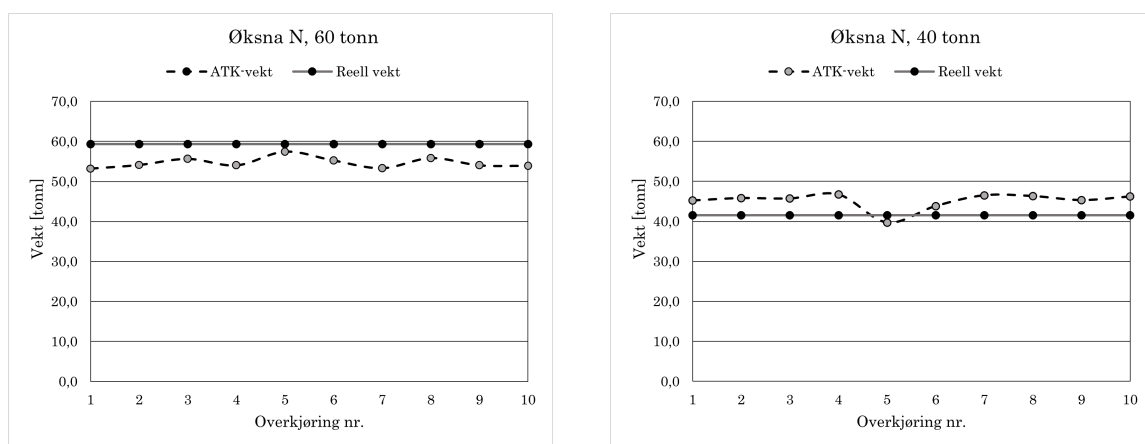


(a) Øksna S, 60 tonn

(b) Øksna S, 40 tonn

Figur 4.1: Registrerte vektorer fra ATK ved Øksna S

Fra figur 4.2 observeres en noe spesiell registrering fra ATK-punktet Øksna i nordgående retning. Ved totalvekt 60 tonn underestimerer ATK-punktet totalvekten for alle overkjøringer. Ved totalvekt 40 tonn overestimerer derimot ATK-punktet totalvekten for alle overkjøringer med unntak av én. Forholdene ved de to dagene var tilsynelatende de samme. Lufttemperaturen ved overkjøring med 60 og 40 tonn var hhv. 8 og 4 °C. Dette er den eneste faktoren utenom totalvekten som kan påpekes å vært forskjellig mellom de to dagene. At lufttemperaturen skal påvirke kvaliteten på vektdata i så stor grad er ikke i tråd med studier som er gjort tidligere innenfor feltet (Böhm et al., 2019).

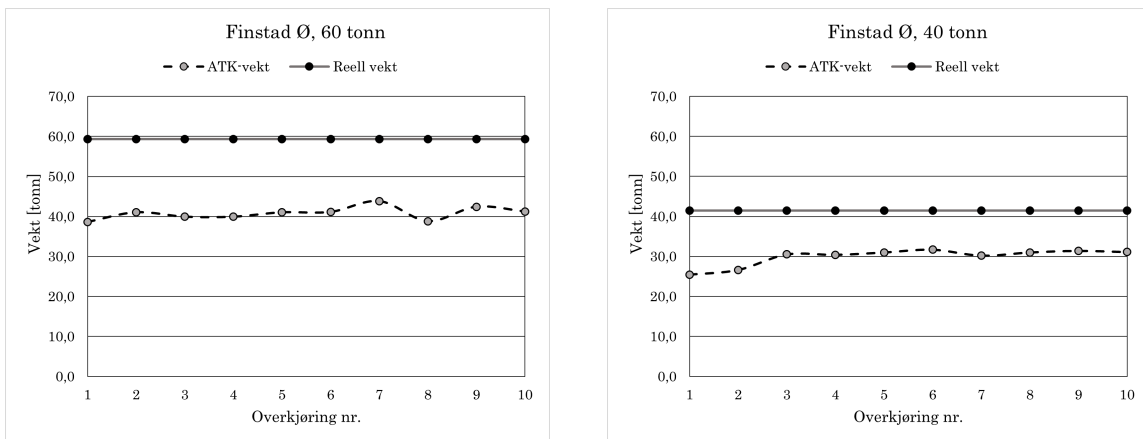


(a) Øksna N, 60 tonn

(b) Øksna N, 40 tonn

Figur 4.2: Registrerte vektorer fra ATK ved Øksna N

Figur 4.3 viser registrerte vektorer fra feltforsøket fra ATK-punktet Finstad i østgående retning. Punktene underestimerer totalvekten i ganske høy grad som en også kan se fra tabell 4.4. Spredningen er noe stabil som også fremkommer fra standardavviket i tabell 4.3.

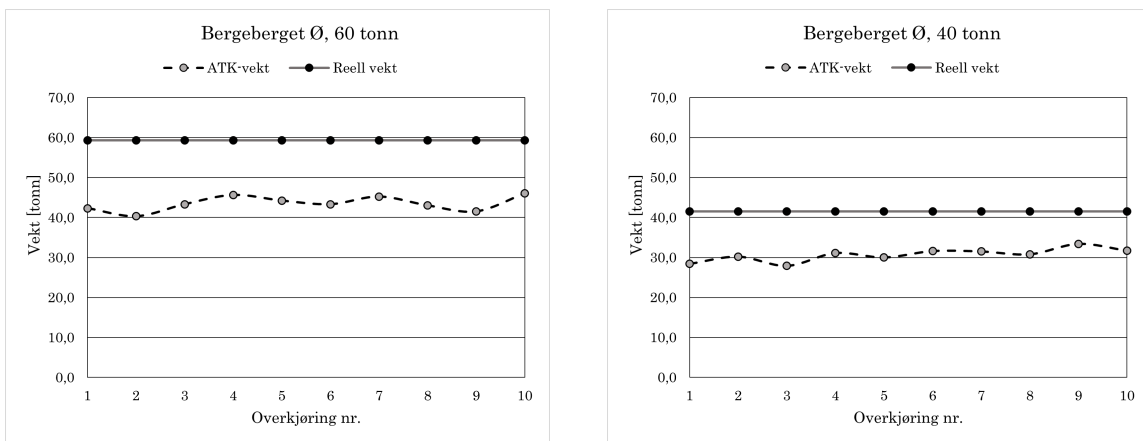


(a) Finstad Ø, 60 tonn

(b) Finstad Ø, 40 tonn

Figur 4.3: Registrerte vektet fra ATK ved Finstad Ø

Figur 4.4 viser hvordan vekt er registrert fra ATK-punktet Bergeberget i østgående retning. Her sees også en underestimert av vekt. Spredningen er noe stabil og fremkommer gjennom verdi for standardavvik fra tabell 4.3.

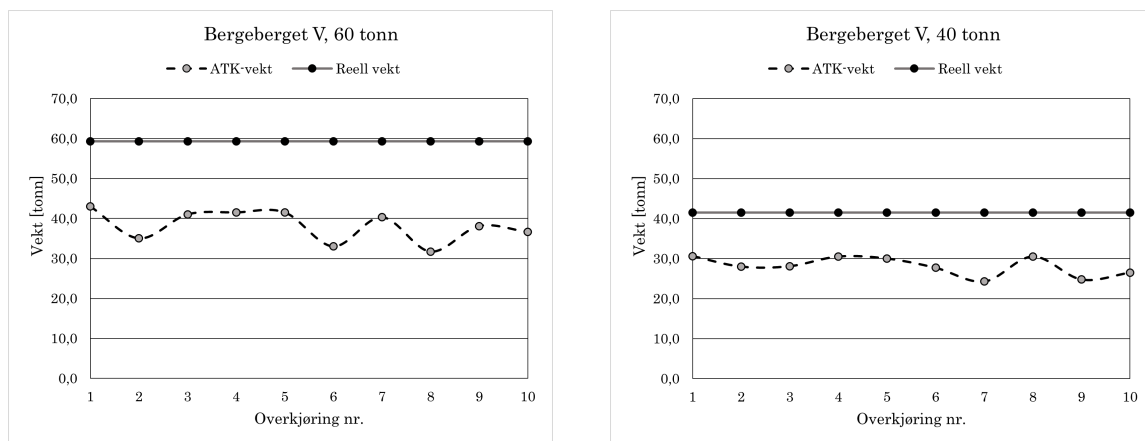


(a) Bergeberget Ø, 60 tonn

(b) Bergeberget Ø, 40 tonn

Figur 4.4: Registrerte vektet fra ATK ved Bergeberget Ø

Figur 4.5 viser registrerte vektet fra ATK-punktet Bergeberget i vestgående retning. Her sees en større spredning av vektdataen, spesielt ved totalvekt 60 tonn. Dette fremkommer også gjennom verdien for standardavvik fra tabell 4.3. For totalvekt 40 tonn sees en noe mindre spredning, dette gjenspeiles gjennom standardavviket.



Figur 4.5: Registrerte vektene fra ATK ved Bergeberget V

Relatert til hastighet til kjøretøy har målinger fra GPS vist at den for alle punkter, med unntak av Bergeberget Ø, har vært tilnærmet lik fartsgrensen. Dette ble sikret gjennom at det ble benyttet cruisekontroll under overkjøringene. Ved Bergeberget Ø er det imidlertid stigning, dette ble beskrevet i kapittel 2.2.4, og det var dermed vanskelig å kjøre i fartsgrensen med tung last. Standardavviket ved dette punktet merker seg ikke spesielt ut fra de andre registrerte standardavvikene, så det er vanskelig å si om lavere hastighet her har hatt noe å si for resultatene.

4.2.1 Identifisering av kjøretøy gjennom utarbeidet filter i Python

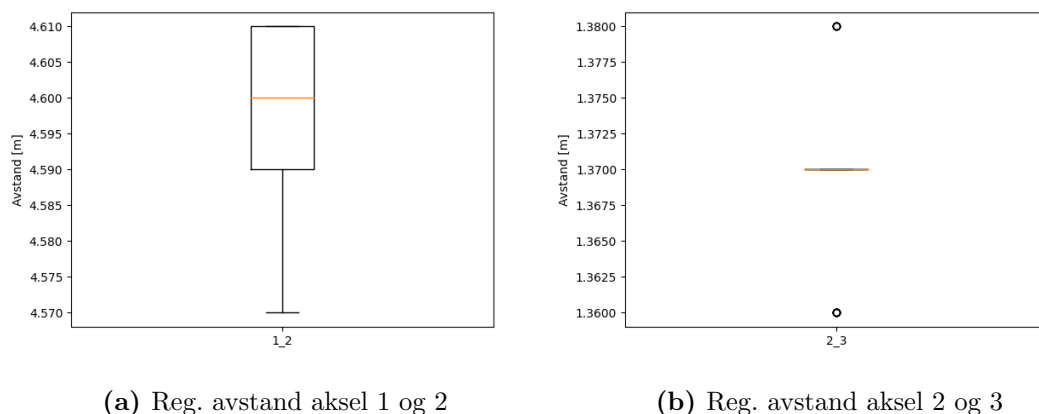
Fra datamaterialet fra ATK-punktene får en som kjent informasjon om avstand mellom de registrerte akslene til kjøretøyet. Denne dataen har vært spesielt viktig for å kunne skille ut en bestemt type kjøretøy basert på akselkonfigurasjonen til kjøretøyet. I denne oppgaven har det blitt opprettet filter i Python ut fra vanlig akselkonfigurasjon for tømmervogntog etter ønske om å skille ut disse kjøretøyene i datamaterialet. Feltforsøket utgjorde en mulighet til å danne et bilde av hvor nøyaktig avstandene mellom akslene blir registrert fra ATK-punktet. Samtidig utgjorde det også en mulighet til å teste om det utarbeidede filteret for å fange opp tømmervogntog presentert i kapittel 3.3.2 var i stand til å fange opp testkjøretøyet. Ettersom ATK-punktene beregner hastigheten basert på akselregistrering fra de piezoelektriske kablene, og ikke radarteknologi som er mye brukt i andre land, var det på forhånd ventet at de registrerte akselavstandene skulle være nokså nøyaktige. Fra tidligere studier har det blitt avdekket at tyngre kjøretøy kan bli registrert med én ekstra aksel enn det som faktisk er tilfelle (Pedersen, 2016). En mulig forklaring presentert i denne studien er at tyngre kjøretøy kan forårsake trykkbølger i asfaltdekket som kan resultere i at de piezoelektriske kablene fanger opp en ekstra aksel som egentlig ikke skulle vært der. Tømmervogntog med totalvekt 60 tonn er spesielt tunge kjøretøy, og det var derfor knyttet usikkerhet til om en slik ekstra aksel ville dukke opp i deler av datamaterialet. En stor ulempe ved at en slik ekstra aksel dukker opp i datamaterialet er at det utarbeidede filteret for å fange opp tømmervogntog fra kapittel 3.3.2 ikke vil fungere. Dette fordi det er laget slik at det ikke skal fange opp kjøretøy med flere enn syv aksler som er det reelle antall aksler på flere tømmervogntog.

Første dag av feltforsøket kjørte tømmervogntoget over vektsløyfer basert på quartz-teknologi ved Ånestad kontrollstasjon. Dette er en type teknologi som er ansett som svært nøyaktig. Akselavstandene som oppgis som reelle er de som ble registrert fra dette systemet. Sjåfør av tømmervogntog verifiserte at dette er korrekte akselavstander, og de vil dermed benyttes videre som reelle avstander.

Fra tabell 4.5 ser en hvordan ATK-punktet har registrert avstanden mellom aksel 1 og 2 og aksel 2 og 3. Her ser en at den minste registrerte avstanden mellom 1. og 2. aksel er 4,57 meter. Den tilsvarende maksimale verdien er 4,61 meter. En ser derfor at det foreligger et intervall på 4 cm mellom minste og maksimale avstand som registreres av ATK-punktene. Mellom aksel 2 og 3 er minste registrerte avstand 1,36 meter og den maksimale verdien er 1,38 meter. Her foreligger det dermed et intervall på 2 cm mellom minste og maksimale avstand som registreres av ATK-punktene. Figur 4.6 presenterer resultatene fra tabell 4.5 i form av et boksdigram. Den oransje linjen som sees fra disse diagrammene representerer medianverdien. Boksdigram ble nærmere beskrevet i kapittel 3.6.5. Som en ser ligger median på samme verdi som den reelle akselavstanden på testkjøretøyet både mellom aksel 1 og 2 og aksel 3 og 4.

Tabell 4.5: Minste og største akselavstander målt mellom aksel 1 og 2 (1_2) og aksel 2 og 3 (2_3)

Reell avstand	1_2		2_3	
	Min.	Maks	Min.	Maks
	4,60		1,37	
Øksna N	4,58	4,60	1,36	1,37
Øksna S	4,61	4,61	1,37	1,38
Finstad V	-	-	-	-
Finstad Ø	4,59	4,61	1,37	1,37
Bergeberget V	4,57	4,58	1,36	1,37
Bergeberget Ø	4,60	4,61	1,37	1,37
Totalt	4,57	4,61	1,36	1,38
Intervall [cm]	4,00		2,00	

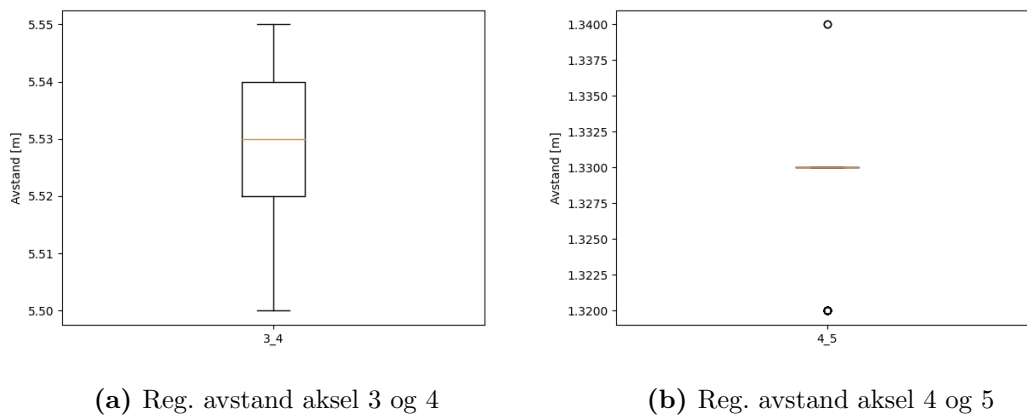


Figur 4.6: Registrerte akselavstander mellom aksel 1 og 3 fra ATK-punkter presentert som bokspot

Fra tabell 4.6 ser en hvordan ATK-punktene har registrert avstanden mellom aksel 3 og 4 og aksel 4 og 5. Minste registrerte avstand mellom 3. og 4. aksel er 5,50. Tilsvarende maksimale verdi er 5,55 meter. Det foreligger derfor et intervall på 5 cm mellom minste og maksimale avstand som registreres av ATK-punktene. Mellom aksel 4 og 5 er minste registrerte avstand 1,32 meter og den maksimale verdien er 1,34 meter. Her foreligger det et intervall på 2 cm mellom minste og maksimale avstand som registreres av ATK-punktene. Figur 4.7 presenterer resultatene fra tabell 4.6 i form av et boksdigram. Her ser en at median for akselavstand mellom aksel 3 og 4 ikke sammenfaller med den reelle avstanden, men heller ligger én cm under. Halvparten av de registrerte verdiene (Q_2+Q_3) ligger mellom 5,52 og 5,54. Fra figur 4.7b ser en at median ligger på den reelle akselavstanden. Verdier utenfor 1,33 er markert som "outliers", dette indikerer at flestparten av de registrerte verdiene er 1,33 meter.

Tabell 4.6: Minste og største akselavstander målt mellom aksel 3 og 4 (3_4) og aksel 4 og 5 (4_5)

Reell avstand	3_4		4_5	
	Min.	Maks	Min.	Maks
	5,54		1,33	
Øksna N	5,51	5,53	1,32	1,33
Øksna S	5,54	5,55	1,33	1,34
Finstad V	-	-	-	-
Finstad Ø	5,52	5,54	1,33	1,33
Bergeberget V	5,50	5,51	1,32	1,33
Bergeberget Ø	5,53	5,54	1,33	1,33
Totalt	5,50	5,55	1,32	1,34
Intervall [cm]	5,00		2,00	

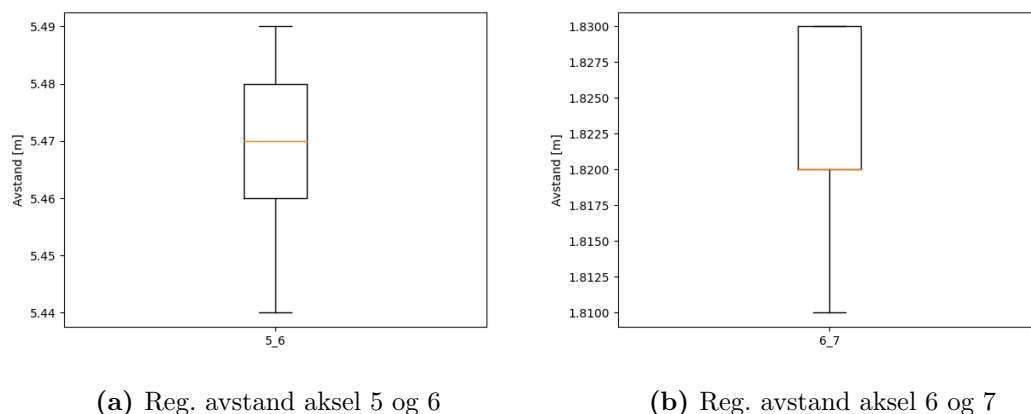


Figur 4.7: Registrerte akselavstander mellom aksel 3 og 5 fra ATK-punkter presentert som boksplo

Fra tabell 4.7 ser en hvordan ATK-punktene har registrert avstanden mellom aksel 5 og 6 og aksel 6 og 7. Minste registrerte avstand mellom 5. og 6. aksel er 5,44 meter. Tilsvarende maksimale verdi er 5,49 meter. Det foreligger derfor et intervall på 5 cm mellom minste og maksimale avstand som registreres av ATK-punktene. Mellom aksel 6 og 7 er minste registrerte avstand 1,81 meter og den maksimale verdien er 1,34 meter. Her foreligger det et intervall 2 cm mellom minste og maksimale avstand som registreres av ATK-punktene. Figur 4.8 presenterer resultatene fra tabell 4.7 i form av et boksdigram. Her ser en at median for akselavstand mellom aksel 5 og 6 ikke sammenfaller med den reelle avstanden, men heller ligger én cm under. Halvparten av de registrerte verdiene (Q_2+Q_3) ligger mellom 5,46 og 5,48 meter. Fra figur 4.8b ser en at median ligger på den reelle akselavstanden.

Tabell 4.7: Minste og største akselavstander målt mellom aksel 5 og 6 (5_6) og aksel 6 og 7 (6_7)

	5_6		6_7	
Reell avstand	5,48		1,82	
	Min.	Maks	Min.	Maks
Øksna N	5,45	5,47	1,81	1,82
Øksna S	5,48	5,49	1,82	1,83
Finstad V	-	-	-	-
Finstad Ø	5,47	5,48	1,82	1,83
Bergeberget V	5,44	5,46	1,81	1,82
Bergeberget Ø	5,47	5,49	1,82	1,83
Totalt	5,44	5,49	1,81	1,83
Intervall [cm]	5,00		2,00	



Figur 4.8: Registrerte akselavstander mellom aksel 5 og 7 fra ATK-punkter presentert som boksplo

Fra figur 4.9 fremkommer en oppsummering av alle spredningsintervallene for de registrerte akselavstandene fra ATK-punktene. Som en kan se her ser det ut fra resultatene fra feltforsøket at spredningsintervallet blir høyere for de akselavstandene som er høyest. Ut fra denne figuren kan en derfor tenke seg at størrelsen på spredningsintervallet er proporsjonal med akselavstanden.



Figur 4.9: Spredningsintervaller av de registrerte akselavstandene fra ATK-punktene

Fra tabell 4.8 fremkommer antall kjøretøy som filteret utarbeidet i kapittel 3.3.2 plukker opp fra ATK-punktene ved Øksna i tidsrommet feltforsøket pågikk. Som en ser er ikke antallet nøyaktig 10, men litt over. Dette er ikke overraskende da det ble observert andre tømmervogntog da forsøkene pågikk.

Tabell 4.9 viser antall kjøretøy som er registrert av filter utarbeidet i kapittel 3.3.2. Her ser en at det stort sett er de 10 overkjøringene av testkjøretøyet som er fanget opp av filteret. Også her ble det observert andre tømmervogntog under forsøket, derfor er det forventet at flere kjøretøy

Tabell 4.8: Antall kjøretøy som dukker opp gjennom anvendelse av filter

	3. mai, kl. 13-17	5. mai, kl. 8-12
Øksna S	12	14
Øksna N	11	14

enn de 10 fra forsøket dukker opp. ATK-punktet Finstad V har ikke registrert data fra 4. og 5. mai da feltforsøket pågikk.

Tabell 4.9: Antall kjøretøy som dukker opp gjennom anvendelse av filter ved SATK

	4. mai, kl. 8-16	5. mai, kl. 11-16
Finstad V	0	0
Finstad Ø	11	11
Bergeberget V	15	11
Bergeberget Ø	11	11

4.3 Vektspredning tømmervogntog

Fra tabell 4.4 fremkom de prosentvise avvikene fra reell vekt for de ulike ATK-punktene. Spesielt for ATK-punktene Finstad V, Bergeberget V og Bergeberget Ø er det observert nokså like prosentvise avvik ved totalvekt 60 og 40 tonn for testkjøretøyet. Standardavviket for disse punktene er ikke spesielt høye, noe en også ser gjennom spredningen fra figur 4.3, 4.4 og 4.5. For ATK-punktet Bergeberget V sees en noe høyere spredning. Ettersom spredningen er forholdsvis lav og underestimeringen ut fra data fra de gjennomførte forsøkene ser ut til å være stabil, både for totalvekt 60 og 40 tonn, tilsier dataene at vektene skal kunne skaleres opp med en kalibreringsfaktor. Hadde det foreligget en forskjell i avvik for de ulike vektene ville det vært vanskelig å skalere opp vektene. Det ble gjennom kapittel 3.2.2 presentert en metode for å beregne kalibreringsfaktor basert på første aksel på semitrailer. Gjennom tabell 4.1 fremkommer kalibreringsfaktorene beregnet med denne metoden. Disse kalibreringsfaktorene er imidlertid beregnet på bakgrunn av data fra året 2020. Feltforsøket ble gjennomført i mai 2021, og det er derfor også interessant å benytte en kalibreringsfaktor beregnet med samme metoden, men på bakgrunn av data fra året 2021. Tabell 4.2 viser kalibreringsfaktorer beregnet ut fra metoden presentert i kapittel 3.2.2 på bakgrunn av data fra 2021. Beregningene fremkommer av tilleggskapittel B.3 og B.4. Celler som er markert med "-" i tabell 4.2 betyr at kravene til beregning presentert i kapittel 3.2.2 ikke er tilfredsstilt. Ettersom ATK-punktet ved Motrøa ikke har inngått i feltforsøket er det valgt å ikke gå videre med analyse av vekt fra tømmervogntog ved dette punktet.

4.3.1 SATK

Fra tabell 4.10 har kalibreringsfaktoren C_{ATK} basert på alle semitrailere blitt benyttet på resultat av feltforsøk presentert i tabell 4.3. Her ser en hvordan denne faktoren for ATK-punktet Bergeberget V fortsatt gir en vektverdi som ligger under den reelle vekten. Fra tabell 4.11 har kalibreringsfaktoren C_{ATK} basert på lastede semitrailere blitt benyttet på punktene som utgjør SATK. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} blir lavere når en beregner basert på lastede semitrailere. Dette gjenspeiles av resultatene i tabell 4.11. Altså ser en at kalibreringsfaktorene som er bereg-

net for punktene som inngår i SATK ikke er tilstrekkelige for å estimere den reelle totalvekten til kjøretøyet. Som en ser fra tabell 4.10 og 4.11 påvirkes standardavviket av kalibreringsfaktoren en benytter. På denne måten blir det dermed uheldig dersom en benytter en høy kalibreringsfaktor ettersom dette vil skalere opp spredningen (standardavviket).

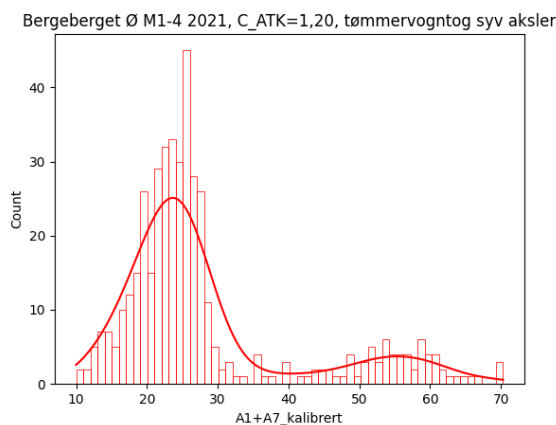
Tabell 4.10: Kalibreringsfaktor C_{ATK} basert på alle semitrailere benyttet på punkter som inngår i SATK

	60 tonn		40 tonn	
	μ	σ	μ	σ
Finstad Ø	-	-	-	-
Finstad V	-	-	-	-
Bergeberget Ø	-	1,827	-	-
Bergeberget V	48,1	4,700	35,4	2,802

Tabell 4.11: Kalibreringsfaktor C_{ATK} basert på lastede semitrailere benyttet på punkter som inngår i SATK

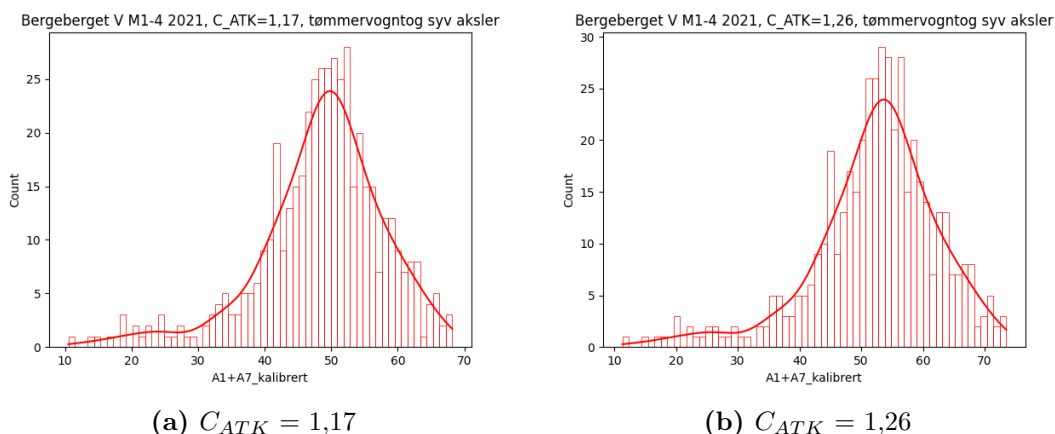
	60 tonn		40 tonn	
	μ	σ	μ	σ
Finstad Ø	38,4	1,405	28,1	1,907
Finstad V	-	-	-	-
Bergeberget Ø	52,2	2,080	36,8	1,850
Bergeberget V	44,7	4,364	32,9	2,602

Gjennom utarbeidelse av histogrammer som viser spredning av totalvekt for tømmervogntog er det funnet at lastede tømmervogntog stort sett går i vestgående retning langs rv. 25 og sørgående retning langs rv. 3. Dette gjør at det hovedsakelig er ATK-punktene Finstad V, Bergeberget V og Øksna S det er interessant å få vektspredning fra. Figur 4.10 viser observert spredning ved Bergeberget Ø. Vektspredningen viser at totalvekt for kjøretøy er lav i forhold til det observert ved Finstad V, Bergeberget V og Øksna S, og det tyder på at det ikke går fulllastede tømmervogntog her. Figur 4.10 er basert på vekt fra 431 kjøretøy. Finstad Ø og Øksna N viser tilsvarende vektspredning som vist av figur 4.10. Vektspredning fra disse punktene vil derfor ikke presenteres videre. X-aksen med navn "A1+A7_kalibrert" i diagrammene står for den kalibrerte totalvekten (sum av aksel 1 t.o.m. aksel 7) i tonn for tømmervogntog.



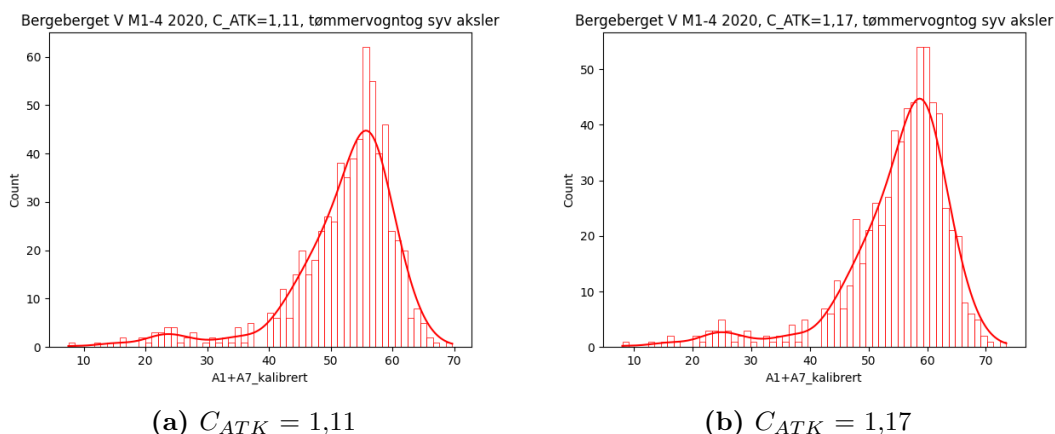
Figur 4.10: Vektspredning ved Bergeberget Ø i perioden januar - april 2021

Fra figur 4.11 fremkommer vektspredning av registrerte tømmervogntog fra ATK-punktet Bergeberget V i perioden jan.-apr. 2021. Vektspredningen er basert på data fra 470 kjøretøy. Her har kalibreringsfaktorene basert på metoden presentert i kapittel 3.2.2 blitt benyttet på datasettet. Fra tabell 4.10 og 4.11 ser en at kalibreringsfaktorene fører til underestimering av vektene fra feltforsøket. Dette kan indikere at kalibreringsfaktorene brukt på det totale datasette kan være for lav, og at kurvene fra figur 4.11 burde vært forskjøvet mer mot høyre. Med de brukte kalibreringsfaktorene ser en at vekttoppen er rundt 50-55 tonn avhengig av kalibreringsfaktor. Det sees en vektspredning opp mot 70 tonn, men etter denne verdien er antall registrerte kjøretøy sterkt avtakende.



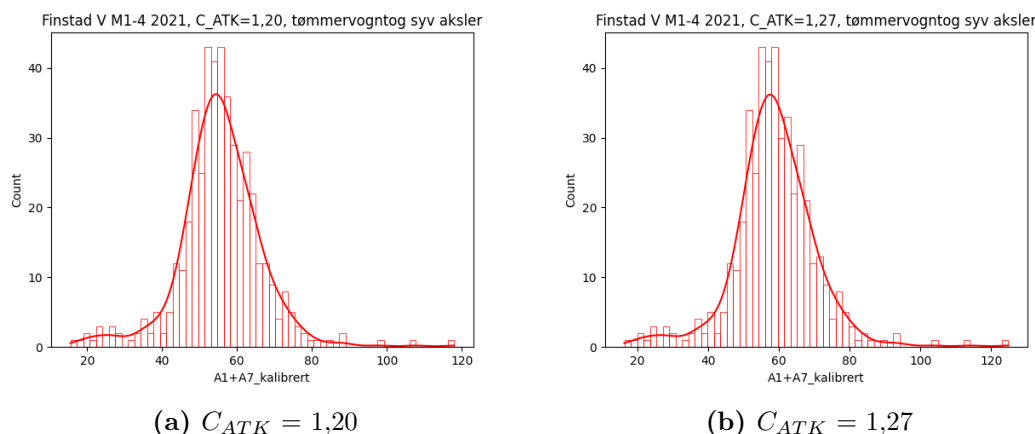
Figur 4.11: Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Bergeberget V i perioden jan.-apr. 2021

Fra figur 4.12 fremkommer vektspredning av tømmervogntog for ATK-punktet Bergeberget V i perioden jan.-apr. 2020. Vektspredningen er basert på data fra 669 kjøretøy. En ser her at vekttoppen ligger rundt 55-57 tonn avhengig av kalibreringsfaktor.



Figur 4.12: Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Bergeberget V i perioden jan.-apr. 2020

Fra figur 4.13 fremkommer vektspredning av tømmervogntog med syv aksler fra ATK-punktet Finstad V. Dette punktet registrerte ikke data i tidsrommet feltforsøket pågikk. Av den grunn foreligger det derfor ikke data som de beregnede kalibreringsfaktorene for punktet kan sjekkes opp mot slik som for de andre punktene. Fra vektspredningen fra figur 4.13 ser en at vekttoppen er rundt 57-59 tonn avhengig av kalibreringsfaktor. Det sees vektspredning helt opp mot 80 tonn, men etter denne verdien er registrerte kjøretøy sterkt avtakende. En kan se registreringer av totalvekt over 100 tonn. Dette skyldes etter all sannsynlighet at punktet har overestimert vektene til kjøretøyet.



Figur 4.13: Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Finstad V i perioden jan.-feb. 2021

4.3.2 PATK

Fra tabell 4.12 fremkommer resultat av å benytte kalibreringsfaktoren C_{ATK} basert på alle semitrailere på resultater av feltforsøk på punktene ved Øksna. Her ser en ved 60 tonn at vekten ligger tett opp mot den reelle vekten på 59,28 tonn. En ser derimot også at ved 40 tonn blir vekten fra ATK-punktene overestimert når kalibreringsfaktoren benyttes. Fra tabell 4.12 kommer det frem hvordan ATK-punktene ved Øksna ser ut til å ha større grad av underestimering ved høyere totalvekt. Denne trenden er ikke sett i samme grad ved punktene som utgjør SATK som en kan se fra tabell 4.4.

Tabell 4.12: Kalibreringsfaktor C_{ATK} basert på alle semitrailere benyttet på PATK

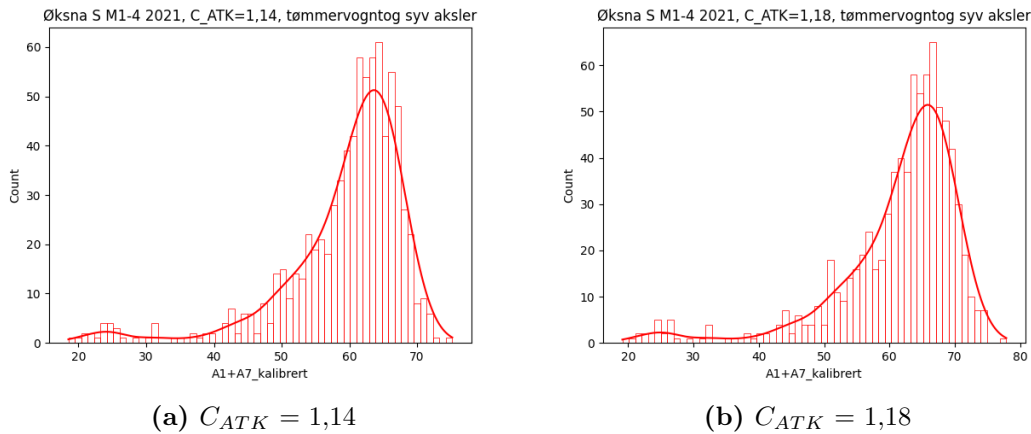
	60 tonn		40 tonn	
	μ	σ	μ	σ
Øksna S	57,0	2,031	44,5	1,171
Øksna N	58,5	1,342	48,3	2,111

Fra tabell 4.13 fremkommer resultat av å benytte kalibreringsfaktor beregnet på bakgrunn av alle lastede semitrailere på resultater av feltforsøk på punktene ved Øksna. På samme måte ser en samme trend som fra tabell 4.12, men her blir verdiene noe lavere ettersom kalibreringsfaktoren er lavere.

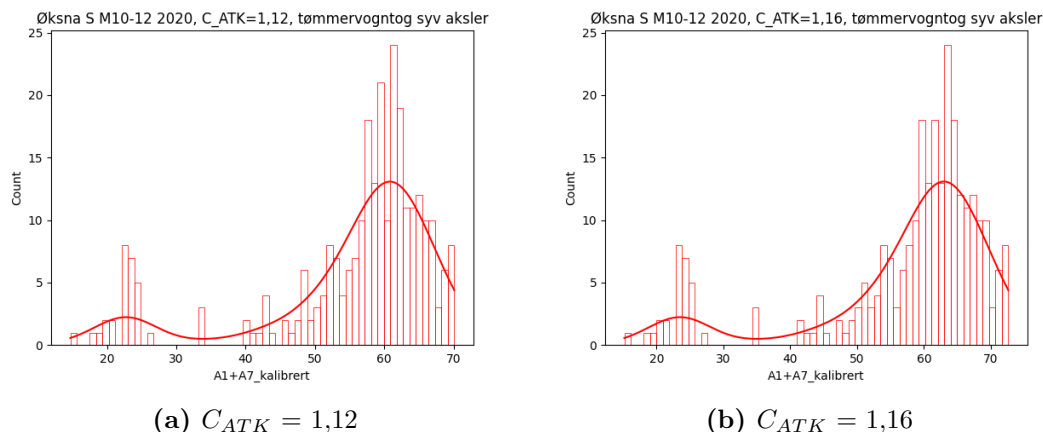
Tabell 4.13: Kalibreringsfaktor C_{ATK} basert på lastede semitrailere benyttet på PATK

	60 tonn		40 tonn	
	μ	σ	μ	σ
Øksna S	55,1	1,962	43,0	1,131
Øksna N	54,7	1,254	45,1	1,973

Ved punktene ved Øksna er det som tidligere nevnt gjennom spredning av totalvekt for tømmervogntog oppdaget at det stort sett er i sørgående retning at lastede tømmervogntog kjører. Av den grunn er ikke vektspredning fra Øksna N presentert. Fra figur 4.14 ser en vektspredningen som er registrerte fra tømmervogntog ved ATK-punktet Øksna S i perioden januar - april 2021. Vekttoppen ligger mellom 63-65 tonn avhengig av kalibreringsfaktor. Dette er en god del høyere enn det som fremkom av spredningen ved Bergeberget V og Finstad V. Vektspredningen er basert på data fra 810 kjøretøy.

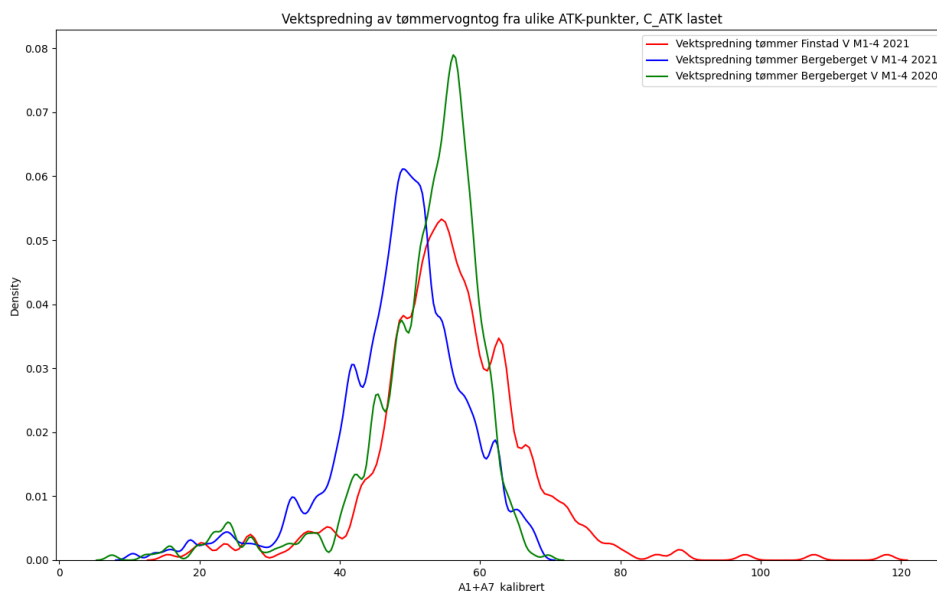
**Figur 4.14:** Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Øksna S i perioden jan.-apr. 2021

Fra figur 4.15 fremkommer vektspredning av tømmervogntog ved Øksna S i perioden oktober - desember 2020. Vektspredningen er her basert på data fra 278 kjøretøy. Her sees vekttoppen rundt 60-63 tonn avhengig av kalibreringsfaktor. Kalibreringsfaktorene utarbeidet for Øksna S for perioden oktober - desember 2020 er noe lavere enn kalibreringsfaktorene utarbeidet for samme punkt i perioden januar - april 2021.



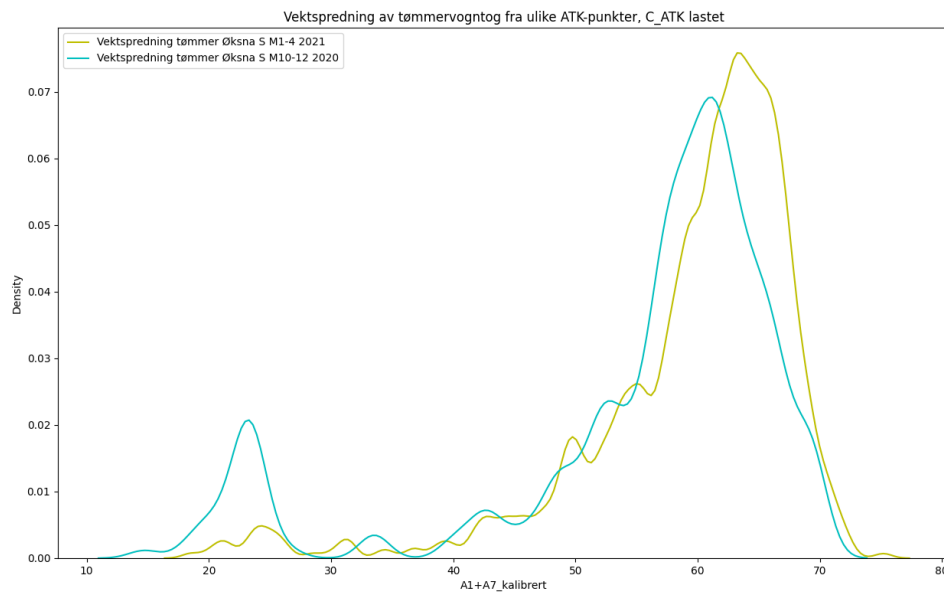
Figur 4.15: Vektspredning av tømmervogntog registrert ved ATK-punkt Øksna S i perioden okt.-des. 2020

Fra figur 4.16 fremkommer vektspredning fra punktene som utgjør SATK i samme KDE-diagram. Kalibreringsfaktoren som er benyttet er C_{ATK} basert på lastet semitrailer da denne har lavest verdi og derfor ansees som et konservativt estimat. Her ser en at Bergeberget V 2020 og Finstad V 2021 har noe sammenfallende kurve. Finstad V 2021 registrerer noe mer vekt opp mot 80 tonn. Fra diagrammet fremkommer det hvordan Bergeberget V 2021 registrerer en lavere vekttopp rundt 50 tonn. Bergeberget V 2021 og Finstad V 2021 burde i utgangspunktet ha sammenfallende vekttopp da disse ligger på samme strekning og i samme periode. Kjøretøy som har passert Bergeberget V vil høyst sannsynlig passere Finstad V da det ikke er mange avkjøringsmuligheter mellom punktene. Denne forskjellen fremhever at det foreligger en usikkerhet ved anvendelse av kalibreringsfaktor. Fra tabell 4.11 ser en hvordan kalibreringsfaktor basert på lastede semitrailere anvendt på resultater fra feltforsøk underestimerer samtlige vekter. Resultater fra feltforsøk indikerer derfor at kurvene fra figur 4.16 burde vært forskjøvet mer mot høyre.



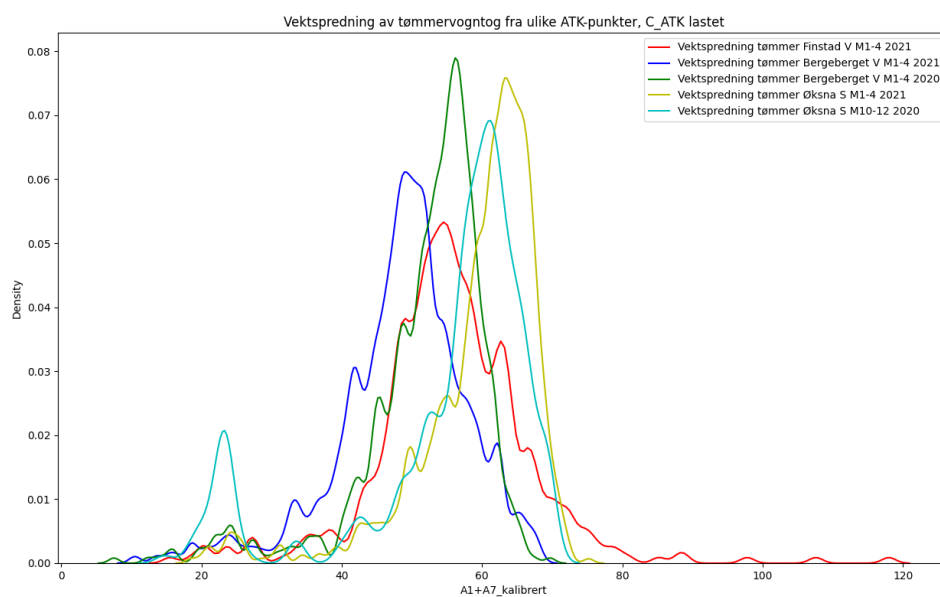
Figur 4.16: Vektspredning av tømmervogntog ved Finstad V og Bergeberget V

Fra figur 4.17 fremkommer vektspredning fra PATK i samme KDE-diagram. Også her er kalibreringsfaktor basert på lastede semitrailere blitt benyttet ettersom de ansees som konservative. Vektdata fra de to tidsperiodene har nokså sammenfallende kurver, men for perioden oktober - desember 2020 sees vekttoppen ved litt lavere totalvekt. Fra tabell 4.13 så en hvordan registrerte vektorer fra ATK-punkt ble påvirket av C_{ATK} . Ved totalvekt 59,28 tonn på testkjøretøy forekom en bedre vektestimering enn det sett ved SATK, men ved totalvekt 41,48 tonn sees en overestimering av vekten. Dette er ikke observert ved SATK som en ser fra tabell 4.11.



Figur 4.17: Vektspredning av tømmervogntog ved Øksna S

Figur 4.18 viser vektspredning fra alle ATK-punkter der lastede tømmervogntog er registrert. Her ser en hvordan punktene ved Øksna viser en høyere totalvekt for de registrerte kjøretøyene enn ved punktene som inngår i SATK. Resultatene fra feltforsøket har vist at ved anvendelse av kalibreringsfaktor på vektdata fra SATK fås en større grad av underestimering enn for PATK ved Øksna. Samtidig har en sett at PATK ved Øksna overestimerer totalvekten til testkjøretøy ved vekt 41,48 tonn.



Figur 4.18: Vektspredning av tømmervogntog ved alle ATK-punkter

Fra kapittel 3.5 fremkom det at for en normalfordeling er det 95,4 % sannsynlig at en normalfordelt stokastisk variabel X ligger mindre enn to standardavvik fra snittverdien (μ). Registrering av en bestemt akselvekt fra kjøretøy er som tidligere omtalt antatt normalfordelt. Den forventede verdien vil være tilnærmet den reelle verdien, med feilregistreringer som samler seg rundt den forventede verdien som i en normalfordeling. Fra tabell 4.14 fremkommer de øvre grenser av totalvekt som er bestemt ut fra $60+2\sigma$. En verdi som ligger over denne grensen vil derfor ansees å ikke skyldes spredning fra en verdi som i realiteten er 60 tonn. Verdiene for standardavvik som er benyttet er den høyeste verdien registrert ved punktet under feltforsøket.

Tabell 4.14: Grenser ($60+2\sigma$) som sjekkes opp mot persentil

ATK-punkt	σ	C_{ATK}	σ_{kal}	2σ	$60+2\sigma$	Persentil [%]
<i>Bergeberget V</i>						
M1-4 2021	3,730	1,17	4,364	8,728	68,7	100
M1-4 2020	3,730	1,11	4,140	8,281	68,3	99,9
<i>Øksna S</i>						
M1-4 2021	1,721	1,14	1,962	3,924	63,9	65,4
M10-12 2020	1,721	1,12	1,928	3,855	63,9	100

Fra tabell 4.14 ser en resultatet av hvilken persentil verdien $60+2\sigma$ ligger i. Her ser en at for ATK-punktet Bergeberget V ligger alle registrerte verdier under $60+2\sigma$. For ATK-punktet Øksna S ligger tilnærmet alle under $60+2\sigma$ for perioden oktober - desember 2020, men for perioden januar - april 2021 ligger 34,6 % av de registrerte kjøretøyene over terskelverdien $60+2\sigma$.

5 Diskusjon

Arbeidet med denne masteroppgaven har blitt rettleidet av forskningsspørsmålene som ble presentert i kapittel 1.3. Disse var:

1. I hvilken grad er ATK-punkter egnet for å hente ut vektdata tilknyttet tømmervogntog?
2. I hvilken grad kjører tømmervogntog over tillatt totalvekt på 60 tonn i dag?

Gjennom de presenterte metoder har forskningsspørsmålene blitt forsøkt besvart. For å besvare forskningsspørsmål 1 har det vært sentralt å undersøke hvorvidt tømmervogntog lar seg identifisere i datamaterialet. Identifiseringen har basert seg på kjennskap til akselkonfigurasjonen til tømmervogntog. At tømmervogntog har en noe unik akselkonfigurasjon, som fremmet i kapittel 2.3.1, har gjort at utarbeidelse av filter som ser på avstander mellom akslene har blitt ansett som en god måte å identifisere kjøretøyene. Felforsøkene som ble utført har vist at registrering av akselavstand fra de utvalgte ATK-punktene er nøyaktig, og at anvendelse av filter basert på akselkonfigurasjon i dette arbeidet har sett ut til å være en metode som kan identifisere tømmervogntog i datasettet. Noe som er viktig å ta i betraktning med data fra feltforsøket er at det gir et øyeblikksbilde, og at det er mulighet for at registreringer fra andre dager, eller over lengre perioder, ville vist andre resultater. Som tidligere nevnt har tidligere studier registrert at tyngre kjøretøy har blitt registrert med én aksel ekstra enn den reelle mengden (Pedersen, 2016). En mulig forklaring som ble presentert her var at tyngre kjøretøy skaper vibrasjoner i vegkroppen som fanges opp av de piezoelektriske kablene. En slik ekstra akselregistrering ble ikke observert under feltforsøket, til tross for at kjøretøyet som ble benyttet var tungt lastet. Resultatet av feltforsøket *kan* være en indikasjon på at slike registreringer er sjeldne, eller at det er noe som påvirkes av lokasjon.

En svakhet ved metoden som er brukt for å skille ut tømmervogntog fra datamaterialet er at det kan forekomme kjøretøy med lignende akselkonfigurasjon. Som beskrevet i kapittel 2.3.1 er akselkonfigurasjonen til tømmervogntog noe unik. Det er gjennom metoder anvendt i denne oppgaven ikke mulig å si med full sikkerhet at filteret kun fanger opp tømmervogntog. Resultatene fra analysen av datamaterialet peker riktignok i retning av at det er tømmervogntog som fanges opp av filteret. Spesielt er vektspredningen en indikasjon på at det hovedsakelig er tømmervogntog som fanges opp. Som en har sett av diagrammene presentert i kapittel 4.3 opererer flertallet av kjøretøy som fanges opp av filteret med vekt over 50 tonn, selv ved anvendelse av kalibreringsfaktorer som ansees som konservative gjennom tester opp mot resultater fra feltforsøk. Fra kapittel 2.3 så en hvordan flesteparten av kjøretøy ikke har tillatelse til å operere med totalvekt over 50 tonn, men at tømmervogntog og modulvogntog har tillatelse til å operere med 60 tonn totalvekt. Som nevnt i kapittel 4 er det oppdaget at det er i sørgående retning ved Øksna, og i vestgående retning mellom Finstad og Bergeberget, at flesteparten av de lastede tømmervogntogene går. I østgående retning mellom Finstad og Bergeberget, samt nordgående retning ved Øksna, er det observert vektspredning som samler seg rundt 20 tonn. Dette er en antydning om at kjøretøyene kjører uten tømmer da tømmervogntog i seg selv ofte har en vekt rundt 20 tonn uten last.

Alle 100 overkjøringene gjennomført under feltforsøket ble registrert av det utarbeidede filteret. Dette viser at filteret er i stand til å registrere tømmervogntog. Samtidig ble det registrert enkelte ekstra kjøretøy i samme tidsperiode. Under forsøkene ble det observert andre tømmervogntog, det er derfor naturlig å tenke seg at disse også har blitt registrert. Metodene gjennomført i denne oppgaven knyttet til identifisering av kjøretøy gjør det ikke mulig å si med full sikkerhet at det kun er tømmervogntog som registreres, men de har vist at tømmervogntog, i hvert fall det benyttet under feltforsøket, registreres. En annen metode som kunne vært gjennomført er å observere et ATK-punkt over en hel dag, for deretter å sammenligne antall kjøretøy som ble registrert av filter med det observerte antallet tømmervogntog. Dette ville kunne avdekke om også andre kjøretøy enn tømmervogntog fanges opp av filter. En slik metode ble derimot ikke gjennomført i denne oppgaven.

Relatert til det andre forskningsspørsmålet har det vært sentralt at ATK-punkter har vist seg å være egnet for å hente ut vektdata tilknyttet tømmervogntog. De foregående avsnittene i dette kapittelet har trukket frem resultater fra de utførte metodene som underbygger egnetheten ved å hente ut data fra tømmervogntog fra ATK-punktene. Den neste utfordringen relatert til kartleggingen av vekter som tømmervogntogene opererer med er grad av kvalitet på vektdata fra ATK-punktene.

Resultatene tilknyttet beregning av kalibreringsfaktor viser at vektdata er varierende mellom ulike ATK-punkter. Dette er i tråd med resultater fra mer detaljerte studier på dette området (Pedersen, 2016). Beregning av kalibreringsfaktor er basert på tidligere utviklet metode som baserer seg på å identifisere semitrailere i datasettet (Böhm et al., 2019), for deretter å beregne kalibreringsfaktor basert på vekt av første aksel på denne typen kjøretøy. Anvendelse av denne metoden er dermed avhengig av at akselavstanden og antall aksler som registreres er nøyaktig, noe som resultater fra denne oppgaven peker i retning av. Imidlertid har semitrailere en noe mer vanlig akselkonfigurasjon enn det tømmervogntog har. Figur 3.3 fra kapittel 3.3.3 viste en type kjøretøy med akselkonfigurasjon lik den for semitrailere. Metoden ved å filtrere ut semitrailere fra datasettet har derfor en svakhet ved at det også fanger opp kjøretøy med lignende konfigurasjon. Dette vil da kunne påvirke snittvekten av første aksel som kalibreringsmetoden baserer seg på, og derav resultatet av beregnet kalibreringsfaktor. En annen metode for å hente ut data om semitrailere fra ATK-punktene kunne være å observere ett eller flere ATK-punkt over tid, slik at en er sikker på hvilke kjøretøy i datasettet som faktisk er semitrailere. En ulempe med en slik metode er at den er tidkrevende og at den kun gir et øyeblikksbilde da det er begrenset hvor mye tid en kan sette av til slik observasjon. En styrke ved å hente ut data gjennom filter basert på akselkonfigurasjon, slik som i denne oppgaven, er at en vil kunne analysere data fra en lengre tidsperiode.

Resultatene av feltforsøk understøtter ytterligere at det foreligger en forskjell i kvalitet fra vektdata mellom ulike ATK-punkter. Disse resultatene peker også i retning av at ATK-punkter har en tendens til å underestimere totalvekten til kjøretøyet, og at grad av underestimering øker med økende totalvekt. Dette er også i tråd med tidligere studier innenfor området (Pedersen, 2016). Resultatene viser også at spredningen i registrert vekt er forskjellig for ulike ATK-punkter. Dette kommer frem gjennom verdien for standardavvik. Resultatene fra feltforsøket viser at det er

viktig å foreta en kontroll av kvalitet for hvert enkelt ATK-punkt ettersom det foreligger en forskjell mellom ulike ATK-punkter.

De beregnede kalibreringsfaktorene har blitt benyttet på resultatene fra feltforsøket. Resultatene av dette viser at de beregnede kalibreringsfaktorene hovedsakelig forbedrer vektestimeringen, men at de ikke er høye nok til å estimere den reelle vekten. For enkelte punkter er det også en utfordring ved at avviket er forskjellig ut fra vekt på kjøretøy. Dette gjør det utfordrende å benytte en kalibreringsfaktor da en forutsetter at avviket er konstant. Dette er hovedsakelig observert ved ATK-punktene ved Øksna. ATK-punktene Finstad og Bergeberget viser forholdsvis like avvik ved ulike totalvekter på kjøretøy fra feltforsøket. Dette gjør disse mer egnet for å benytte en kalibreringsfaktor på dataen. Anvendelse av de beregnede kalibreringsfaktorene på data fra feltforsøk fra disse punktene viser fortsatt at vekten er underestimert etter anvendelse. Dette gir en indikasjon på at de utarbeidede histogrammene med vektfordelig fra SATK viser vekter som er lavere enn de reelle vektene. En mulig forklaring for at kalibreringsmetoden ser ut til å gi dårligere resultater for SATK er at det er registrert færre kjøretøy med akselkonfigurasjon lik semitrailer i datasettet fra rv. 25 enn det er langs rv. 3 ved Øksna. Dette kan bety at punktene ved Øksna har et bedre datagrunnlag for denne kalibreringsmetoden enn det punktene langs rv. 25 har.

Histogrammene med vektfordeling viser at vekttoppene ligger mellom 50-65 tonn avhengig av lokasjon. Punktene ved Øksna viser seg gjennom histogrammene å ha den høyeste vekttoppen. Ved anvendelse av de beregnede kalibreringsfaktorene på disse punktene fremkom den beste forbedringen, men det er usikkerhet knyttet til at avviket ser ut til å bli større med økt vekt, noe som gjør det utfordrende å benytte en kalibreringsfaktor. For punktene Finstad og Bergeberget sees en lavere vekttopp. Her har som nevnt anvendelse av kalibreringsfaktor på resultater vist at totalvekten fortsatt er underestimert, og dette tyder på at vekt som sees av histogrammer for disse punktene er for lave. De brukte kalibreringsfaktorene er derfor å anse som konservative for disse punktene. En svakhet ved å benytte kalibreringsfaktor på et datasett er at standardavviket vil øke tilsvarende. Dette innebærer at spredningen, og derav usikkerheten, vil øke av dataen. Fra tabell 4.14 fremkom effekten kalibreringsfaktor har på standardavviket.

Ettersom histogrammene viser forskjeller i vektspredning mellom ulike punkter, og at metoden for kalibrering gir ulike resultater for forskjellige punkter, viser ikke resultat av vektspredning et tydelig svar på det andre forskningsspørsmålet. Histogrammer over totalvekt fra Finstad V og Bergeberget V viser at flesteparten av kjøretøyene holder seg under 60 tonn totalvekt. Gjennom beregning av persentiler for terskelverdien $60+2\sigma$ så en at ATK-punktet Øksna S i perioden januar-april er det eneste punktet der kjøretøy over denne terskelverdien er observert. Som omtalt tidligere er det usikkerhet knyttet til kalibreringsfaktor, og dette reflekteres i disse resultatene. Trolig viser punktene ved Bergeberget V lavere vekter enn de reelle, og det kan derfor tenkes at det også finnes kjøretøy på denne strekningen som opererer med vekt over 60 tonn. Overbelastede tømmervogntog vil i større grad bidra til slitasje på veg enn tømmervogntog som opererer med totalvekt 60 tonn. Fjerdepotensregelen som i starten av denne oppgaven ble presentert gjennom uttrykk 1 viser hvorfor den nedbrytende effekten blir større for slike kjøretøy da aksellasten vil øke. Økt nedbrytende effekt vil igjen føre til økt og hyppigere behov for vedlikehold, som

igjen innebærer økte samfunnsøkonomiske kostnader. Resultatene relatert til overvekt er ikke entydige, men punktet Øksna S gir en *indikasjon* om at en andel tømmervogntog opererer med totalvekt over 60 tonn.

Et annet mål ved oppgaven har vært å skape økt erfaring med bruk av vektdata fra ATK-punkter. Resultater fra oppgaven viser at det er mulig å identifisere en type kjøretøy basert på akselkonfigurasjon. Vektdataen viser i denne oppgaven, slik som tidligere studier også har vist, at datakvaliteten er varierende. Selv om vektdataen er variabel vil den fortsatt kunne ha verdi innenfor f.eks. planlegging for drift og vedlikehold av veger. Resultater fra denne oppgaven har bl.a. vist at en kan kartlegge strekninger som er mest utsatt for tyngre kjøretøy, som f.eks. at de tyngste tømmervogntogene ser ut til å kjøre vestover langs rv. 25 og sørover langs rv. 3, noe som kan være nyttig informasjon for de som skal planlegge for drift og vedlikehold av veg. Til slike formål er det ikke nødvendig at vektkvaliteten er helt nøyaktig. Data fra ATK-punkter vil i tillegg si noe om hvor mange av disse kjøretøyene en har på veien, og hvilke frekvenser de har. Nøyaktighetsklasse E som er foreslått gjennom Cost323 tidligere omtalt i denne oppgaven beskriver nettopp slike bruksområder for WIM der nøyaktigheten ikke trenger å være særlig høy. Etersom ATK-punktene allerede eksisterer ansees slike bruksområder som nyttig da de bidrar til økt trafikkdata uten å kreve høye kostnader.

5.1 Forslag til videre arbeid

Masteroppgaven har i likhet med tidligere studier vist at vektdata fra ATK-punkter er varierende. Det ser ikke ut til at det tidligere er utført arbeid som forsøker å isolere faktorer som kan påvirke datakvaliteten fra ATK. En slik faktor kan være dekktype på kjøretøy i form av supersingle eller doble hjul. Under feltforsøket ble det forsøkt registrert semitrailere med supersingle og doble dekk på tilhenger, for å se om dette kunne påvirke registrert vekt ved ATK-punktene. Det ble derimot ikke observert en tilfredsstillende mengde kjøretøy av denne typen. Et fremtidig studie kunne forsøke å belyse denne tematikken. Tømmervogntoget benyttet under feltforsøket hadde single hjul på første aksel og doble på de resterende akslene. Data fra hver aksel fra dette feltforsøket kunne blitt analysert i en slik studie for å se om dekktype virker inn på kvaliteten.

Tømmervogntoget som ble benyttet under feltforsøket i denne oppgaven hadde egne vekter ombord som ved ulike tidspunkter registrerte egenvekt. Sammenligning av vektdata fra disse systemene med vekter fra ATK kan også være tematikk for en fremtidig studie. Vektsystemene på tømmervogntoget kan tenkes å kunne avdekke dynamiske effekter på kjøretøy under kjøring. Disse tallene vil da kunne benyttes som grunnlag ved overkjøring av ATK-punkt for å avdekke dynamiske effekter på vektdata.

ATK-punkter er i dag ikke optimalisert for å hente ut vektdata. Arbeidet med denne masteroppgaven har krevd utarbeidelse av ulike skripter for å gjøre det mulig å analysere vektdataen. Et framtidig arbeid kunne forsøke å utvikle et dataprogram som optimaliserer uthenting og analyse av vektdata fra ATK slik at det blir lett tilgjengelig for personer som arbeider innenfor vegfaget.

6 Konklusjon

Arbeidet med denne masteroppgaven har vist at identifisering av tømmervogntog fra ATK-punkter er mulig gjennom å utarbeide et filter basert på akselkonfigurasjon i Python. Det foreligger noe usikkerhet tilknyttet kjøretøy som kan ha lignende akselkonfigurasjon, men spredning av totalvekt for kjøretøy som registreres av filter, samt anvendelse av filter på kjøretøy fra feltforsøk, peker i retning av at det er en fungerende metode for å identifisere tømmervogntog i datasettet.

Vektkvaliteten fra ATK har gjennom denne oppgaven, i likhet med tidligere studier, vist seg å være varierende. Å benytte tidligere utviklet kalibreringsmetode basert på første aksel på semitrailer har gjennom resultater fra feltforsøk vist at avviket blir mindre, men at den reelle totalvekten til kjøretøyet fortsatt ikke oppnås. Metoden ser ut til å gi ulike resultater for forskjellige punkter, noe som kan skyldes variasjon i antallet semitrailere i datamaterialet fra ATK-punktet.

Histogrammer av vektspredning fra tømmervogntogene viser ulik spredning ved forskjellige punkter. Dette skyldes trolig usikkerhet ved kalibreringsmetode. Kartlegging av kjøretøy som befinner seg over totalvekt $60+2\sigma$ viser at det for ATK-punktene Bergeberget V og Finstad V i perioden januar - april 2021 og Bergeberget V i perioden januar - april 2020 ikke befinner seg kjøretøy over denne terskelverdien. For ATK-punktet Øksna S er det for perioden oktober - desember 2020 ikke registrert kjøretøy over terskelverdien, men i perioden januar - april 2021 er 34,6 % av kjøretøyene registrert over terskelverdien.

Anvendelse av ATK-punkt til vektformål viser derfor at ATK-punkter er egnet for å hente ut vektdata tilknyttet tømmervogntog i den form av at de lar seg identifisere i datamaterialet basert på akselkonfigurasjon, men at vektkvaliteten er variabel slik at det er vanskelig å få et entydig bilde av vektspredningen for denne typen kjøretøy. Resultatene gir for enkelte punkt *indikasjoner* på at tømmervogntog opererer med totalvekt over 60 tonn.

Referanser

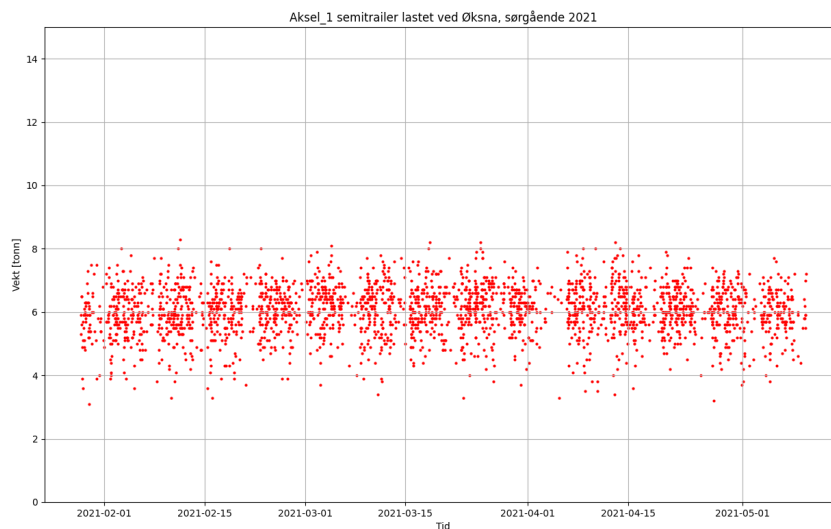
- Böhm, M., Haugen, T., Levy, J. R. & Bjøru, A. R. (2019). *Vehicle weight data from speed enforcement systems* (tekn. rapp. Nr. 222). Statens Vegvesen. Norge.
- Forum, I. T. (2019). *High Capacity Transport: Towards Efficient, Safe and Sustainable Road Freight* (tekn. rapp. Nr. 69). International Transport Forum Policy Papers. Paris. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/high-capacity-transport.pdf>
- Galarnyk, M. (2018). Understanding boxplots [Hentet: 15.05.2021]. <https://towardsdatascience.com/understanding-boxplots-5e2df7bcbd51>
- Gjerstadberget, E. T. (2013). *Krav til veibredde og snuplasser for 19,5 meters tømmervogntog for veiklasse 3 og 4 på Vestlandet* (Masteroppgave). NMBU. Ås, Norge.
- Google. (2021). Google Maps [Hentet: 16.02.2021]. <https://www.google.no/maps>
- Hagen, P. C. (2014). Normalfordelingen. *Innføring i sannsynlighetsregning og statistikk* (s. 145–146). Cappelen Damm.
- Haider, S., Masud, M. M., Selezneva, O. & Wolf, D. (2020). Assessment of Factors Affecting Measurement Accuracy for High-Quality Weigh-in-Motion Sites in the Long-Term Pavement Performance Database. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2674, 036119812093797. <https://doi.org/10.1177/0361198120937977>
- Haugen, T., Levy, J. R., Aakre, E. & Tello, M. E. P. (2016). Weigh-in-Motion equipment-experiences and challenges. *Transportation Research Procedia*, 14, 1423–1432.
- Høye, A. (2014). *Evaluering av effekt på ulykker ved bruk av punkt-ATK* (tekn. rapp. Nr. 1384/2014). Transportøkonomisk institutt. Gaustadalleen 21, 0349 Oslo.
- Interactive, P. (udatert). Weigh-in-Motion [Hentet: 28.01.2021]. <https://pavementinteractive.org/reference-desk/design/design-parameters/weigh-in-motion/>
- Lydon, M., Lydon, M., Taylor, S. E., Taylor, S. E., Robinson, D., Robinson, D., Mufti, A., Mufti, A., Brien, E. J. O. & Brien, E. J. O. (2016). Recent developments in bridge weigh in motion (B-WIM). *Journal of civil structural health monitoring*, 6(1), 69–81.
- Microsoft. (2021). Excel specifications and limits [Hentet: 18.02.2021]. <https://support.microsoft.com/en-us/office/excel-specifications-and-limits-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3>
- Normann, O. & Hopkins, R. (1952). *Weighing Vehicles In Motion* (tekn. rapp. Nr. 221). National Academy of Sciences - National Research Council. USA. <https://trid.trb.org/view.aspx?id=1178266>

- O'Brien, E. & Jehaes, S. (2002). *COST 323 - Weigh-in-Motion of Road Vehicles* (tekn. rapp.). Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Paris. http://www.is-wim.org/doc/wim_eu_specs_cost323.pdf
- Pedersen, T. (2016). *A Time-Dependent and Parametrical Assessment of Weigh-in-Motion Data* (Masteroppgave). NTNU. Norge.
- Samferdselsdepartementet. (1990). Forskrift om bruk av kjøretøy [Hentet: 20.01.2020]. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1990-01-25-92>
- Scheuter, F. (1998). EVALUATION OF FACTORS AFFECTING WIM SYSTEM ACCURACY. <https://www.semanticscholar.org/paper/EVALUATION-OF-FACTORS-AFFECTING-WIM-SYSTEM-ACCURACY-Scheuter/31cb0f75e04144c8c353a9f9576ada31d734c0f7>
- Statens Vegvesen. (udatert). Sporing Modulvogntog [Hentet: 21.01.2021]. https://www.vegvesen.no/_attachment/748182/binary/1006458?fast_title=Illustrasjoner+av+modulvogntog+sporingsegenskaper.pdf
- Statens Vegvesen. (2020). Veglister for modulvogntog [Hentet: 21.01.2021]. <https://www.vegvesen.no/kjoretoy/yrkestransport/veglister-og-dispensasjoner/modulvogntog>
- Uz, V. E., Saltan, M. & Gökalp, I. (2016). Feasibility of Using 4th Power Law in Design of Plastic Deformation Resistant Low Volume Roads. *Procedia Engineering*, 143, 961–970.
- van Loo, H. & Lees, A. (2015). Standard quality checks for Weigh-in-Motion data [Hentet: 19.02.2021]. <http://corner-stone-int.com/wp-content/uploads/2016/04/Paper-Lees-van-Loo-small.pdf>
- Vegdirektoratet. (2012). Innkjøp av fotosystem til ATK – Anskaffelsens innhold og omfang [Hentet: 19.01.2021].
- Vegvesen, S. (2016a). Transportytelser, transportarbeid generelt (gods) [Hentet: 25.01.2021]. <https://www.vegvesen.no/fag/trafikk/transport/nokkeltall-transport/transport-av-gods>
- Vegvesen, S. (2016b). Vegtransport (gods) [Hentet: 25.01.2021]. <https://www.vegvesen.no/fag/trafikk/transport/nokkeltall-transport/transport-av-gods/vegtransport>
- Vegvesen, S. (2019). Skal prøve tømmervogntog på 74 tonn [Hentet: 26.01.2021]. <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/skal-prove-tommervogntog-pa-74-tonn>
- Vegvesen, S. (2020). Tester tømmervogntog på 74 tonn [Hentet: 26.01.2021]. <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/tester-tommervogntog-pa-74-tonn>
- Vegvesen, S. (2021). Vegkart [Hentet: 19.01.2021]. <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>

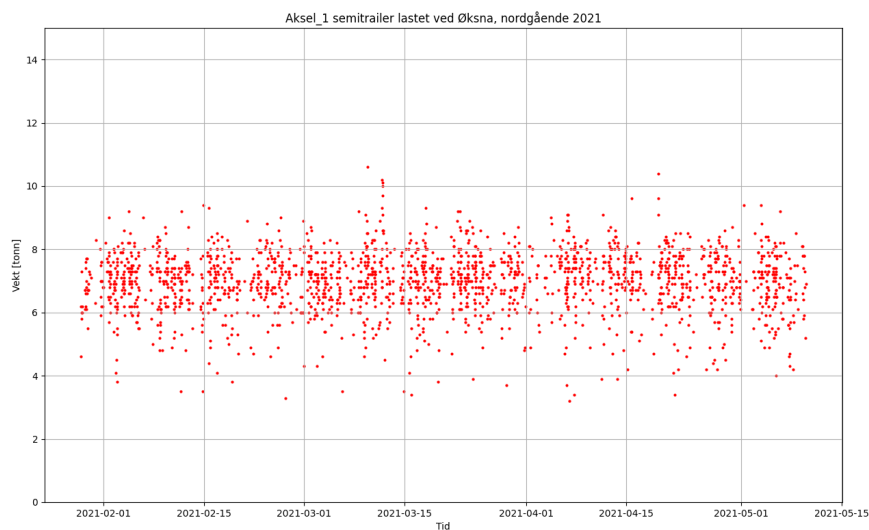
- Wikipedia. (2017). Variasjonskoeffisient [Hentet: 11.03.2021]. <https://no.wikipedia.org/wiki/Variasjonskoeffisient>
- Wikipedia. (2021). Standard deviation [Hentet: 11.03.2021]. https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_deviation
- Xiong, H. & Zhang, Y. (2019). Feasibility Study for Using Piezoelectric-Based Weigh-In-Motion (WIM) System on Public Roadway. *Applied Sciences*, 9(15). <https://doi.org/10.3390/app9153098>
- Zhang, L., Haas, C. & Tighe, S. L. (2007). Evaluating Weigh-In-Motion Sensing Technology for Traffic Data Collection. *Annual Conference of the Transportation Association of Canada*. <http://conf.tac-atc.ca/english/resourcecentre/readingroom/conference/conf2007/docs/s15/zhang.pdf>
- Zhang, W., Suo, C. & Wang, Q. (2008). A Novel Sensor System for Measuring Wheel Loads of Vehicles on Highways. *Sensors*, 8(12), 7671–7689. <https://doi.org/10.3390/s8127671>

Tillegg A Diagrammer

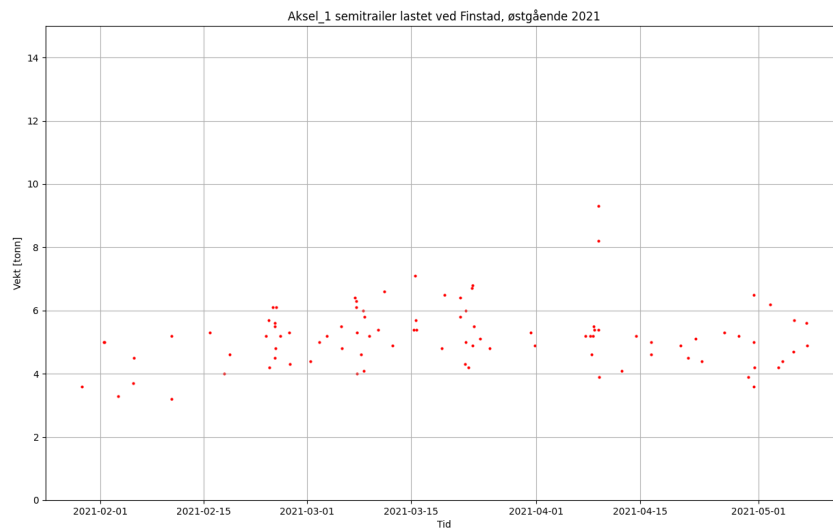
A.1 Spredning av Aksel 1 for lastet semitrailer for data fra 2021



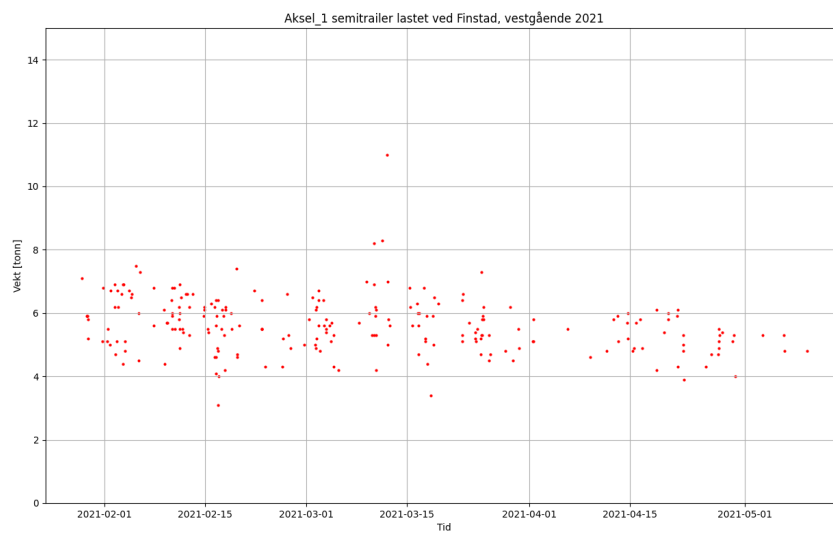
Figur A.1: Registrert vekt av aksel 1 på lastet semitrailer ved Øksna S 2021



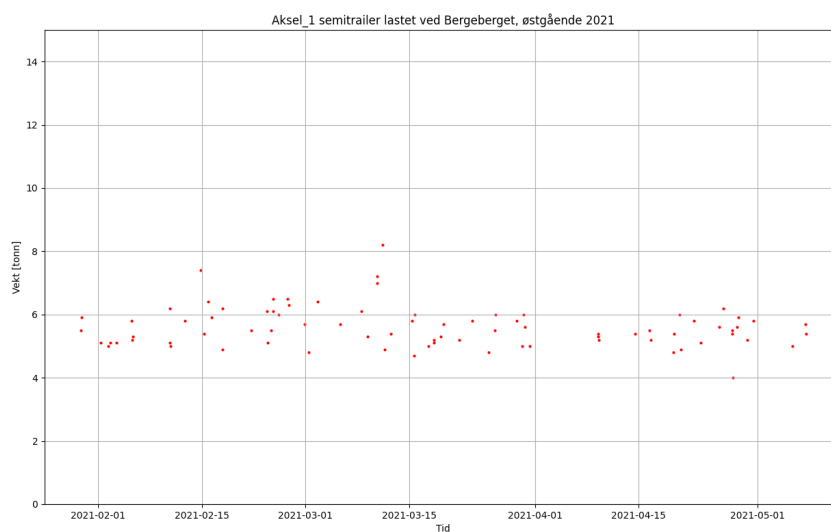
Figur A.2: Registrert vekt av aksel 1 på lastet semitrailer ved Øksna N 2021



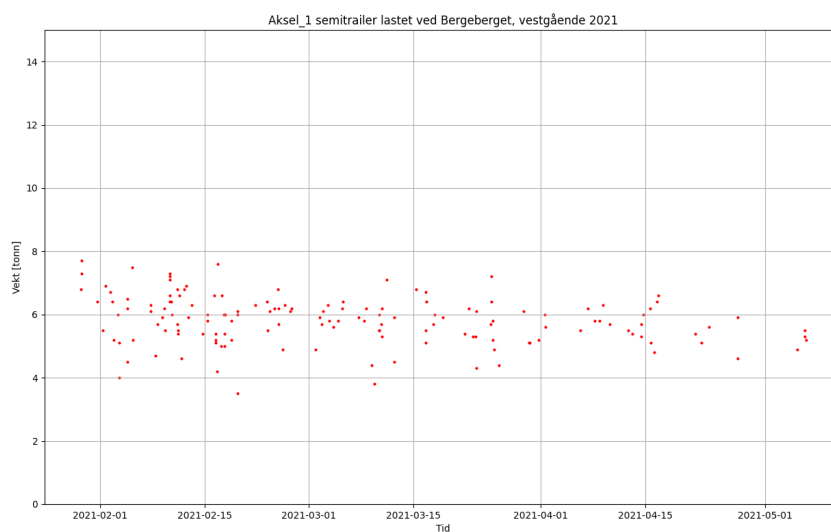
Figur A.3: Registrert vekt av aksel 1 på lastet semitrailer ved Finstad Ø 2021



Figur A.4: Registrert vekt av aksel 1 på lastet semitrailer ved Finstad V 2021



Figur A.5: Registrert vekt av aksel 1 på lastet semitrailer ved Bergeberget Ø 2021



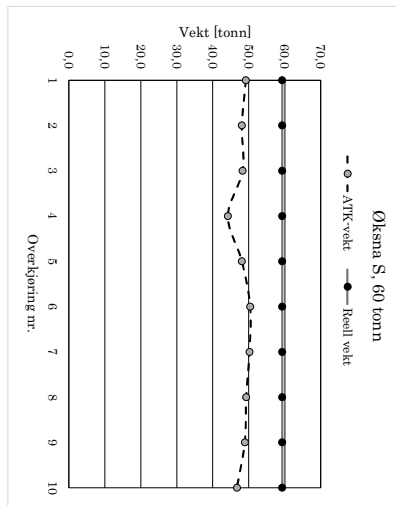
Figur A.6: Registrert vekt av aksel 1 på lastet semitrailer ved Bergeberget V 2021

A.2 Registrert data av testkjøretøy

A.2.1 Øksna S, 60 tonn

Column1	Tidspunkt	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5	Aksel_6	Aksel_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	AltAV	Reellvekt	Overkjøring nr.
394094	03.05.2021 13:47	70	7.0	7.7	7.3	7	6.9	6.4	6.9	4.61	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	49.2	59.28	1
394159	03.05.2021 14:03	70	6.9	7.2	7.3	6.8	6.9	6.3	6.7	4.61	1.37	5.55	1.33	5.48	1.83	48.1	59.28	2
394236	03.05.2021 14:19	70	6.8	7.3	7.4	6.9	6.8	6.2	6.9	4.61	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	48.3	59.28	3
394327	03.05.2021 14:35	70	6.9	7.2	7.1	5.9	5.9	5.3	5.9	4.61	1.37	5.54	1.34	5.49	1.83	44.2	59.28	4
394407	03.05.2021 14:51	70	7.2	7.6	7.8	6.6	6.6	6.1	6.2	4.61	1.37	5.54	1.33	5.49	1.83	48.1	59.28	5
394630	03.05.2021 15:30	70	7.3	7.8	8.1	7	7.1	6.4	6.7	4.61	1.37	5.54	1.33	5.49	1.83	50.4	59.28	6
394743	03.05.2021 15:46	70	7.3	7.5	7.7	7.1	7.1	6.6	6.9	4.61	1.37	5.54	1.33	5.49	1.83	50.2	59.28	7
394858	03.05.2021 16:02	68	7.3	7.5	7.4	7	7.1	6.3	6.7	4.61	1.38	5.54	1.34	5.48	1.83	49.3	59.28	8
395033	03.05.2021 16:25	70	7.3	7.7	7.5	6.8	6.8	6.3	6.5	4.61	1.37	5.54	1.33	5.49	1.83	48.9	59.28	9
395115	03.05.2021 16:40	69	7.1	7.5	7.4	6.4	6.5	5.7	6.1	4.61	1.38	5.54	1.33	5.49	1.82	46.7	59.28	10

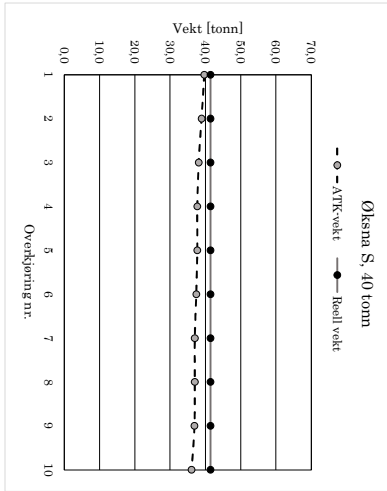
Snitt 48.3
Std 1.721



A.2.2 Øksna S, 40 tonn

Columnnr	Tidspunkt	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5	Aksel_6	Aksel_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	AltAV	Reellvekt	Overkjøring nr.	
401291	05.05.2021 08:42	70	6,6	6,9	6,7	5,0	4,9	4,8	4,8	4,8	4,61	1,37	5,54	1,33	5,48	1,83	39,7	41,48	1
401364	05.05.2021 08:57	70	6,6	6,9	6,5	4,8	4,9	4,7	4,5	4,61	1,38	5,55	1,33	5,49	1,83	38,9	41,48	2	
401421	05.05.2021 09:13	70	6,1	6,6	6,5	4,8	4,8	4,6	4,7	4,61	1,37	5,54	1,33	5,48	1,83	38,1	41,48	3	
401485	05.05.2021 09:28	70	6,0	6,7	6,2	4,8	4,7	4,6	4,7	4,61	1,38	5,54	1,33	5,49	1,83	37,7	41,48	4	
401536	05.05.2021 09:44	70	6,1	6,7	6,3	4,7	4,7	4,5	4,7	4,61	1,37	5,54	1,33	5,48	1,83	37,4	41,48	5	
401601	05.05.2021 09:59	69	5,9	6,5	6,3	4,8	4,7	4,5	4,7	4,61	1,37	5,55	1,33	5,48	1,83	37,4	41,48	6	
401655	05.05.2021 10:14	69	5,7	6,6	6,1	4,7	4,7	4,6	4,6	4,61	1,37	5,55	1,33	5,48	1,83	37,0	41,48	7	
401723	05.05.2021 10:30	68	5,7	6,5	6,3	4,6	4,7	4,7	4,5	4,61	1,37	5,55	1,33	5,48	1,83	37,0	41,48	8	
401790	05.05.2021 10:45	70	6,1	6,7	5,9	4,6	4,6	4,5	4,5	4,61	1,38	5,54	1,33	5,48	1,83	36,9	41,48	9	
401846	05.05.2021 11:01	70	6,1	6,5	6,1	4,5	4,6	4,1	4,2	4,61	1,38	5,54	1,33	5,49	1,83	36,1	41,48	10	

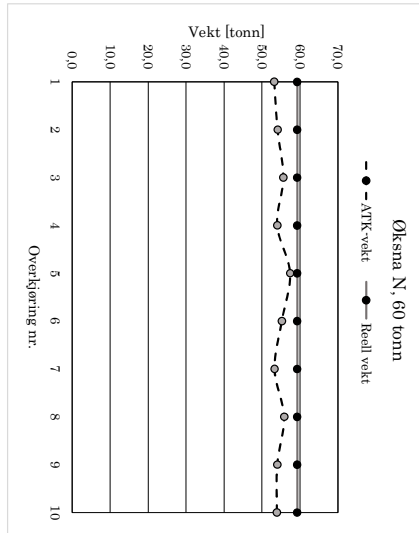
Øksna S, 40 tonn
 -○- ATK-vekt -●- Reellvekt
 Snitt 37,7
 Std 0,992



A.2.3 Øksna N, 60 tonn

Column1	Tidspunkt	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5	Aksel_6	Aksel_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	Alt+A7	Reellvekt	Overkjøring nr.
202782	03.05.2021 13:38	70	8,2	8,6	8,2	7,3	7,2	6,7	7,0	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	53,2	59,28	1
202826	03.05.2021 13:54	70	8,5	8,4	8,3	7,4	7,4	7,1	7,0	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	54,1	59,28	2
202858	03.05.2021 14:09	70	8,7	8,6	8,7	7,7	7,5	7,2	7,2	4,60	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	55,6	59,28	3
202896	03.05.2021 14:25	70	8,4	8,5	8,3	7,4	7,5	6,9	7,0	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,81	54,0	59,28	4
202922	03.05.2021 14:41	70	9,0	8,9	8,7	8,0	7,8	7,5	7,5	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	57,4	59,28	5
203025	03.05.2021 15:20	70	8,6	8,6	8,6	7,6	7,6	6,8	7,4	4,59	1,36	5,51	1,33	5,46	1,82	55,2	59,28	6
203079	03.05.2021 15:37	69	8,0	8,5	8,3	7,4	7,3	6,9	6,9	4,59	1,37	5,51	1,32	5,46	1,82	53,3	59,28	7
203133	03.05.2021 15:52	70	8,5	8,8	8,5	7,6	7,6	7,4	7,4	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	55,8	59,28	8
203205	03.05.2021 16:15	70	8,2	8,5	7,9	7,5	7,5	7,1	7,3	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	54,0	59,28	9
203262	03.05.2021 16:30	70	8,1	8,7	8,3	7,3	7,4	7,0	7,1	4,59	1,36	5,52	1,32	5,45	1,81	53,9	59,28	10

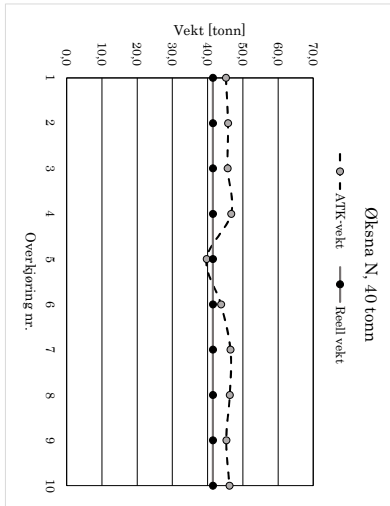
Snitt 54,7
Std 1,254



A.2.4 Øksna N, 40 tonn

Column1	Tidspunkt	Hastighet	Aksel 1	Aksel 2	Aksel 3	Aksel 4	Aksel 5	Aksel 6	Aksel 7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	Alt+A7	Reell vekt	Overføring nr.
206473	05.05.2021.08:32	70	8,0	7,5	7,5	5,7	5,8	5,3	5,4	4,60	1,37	5,53	1,33	5,47	1,82	45,2	41,48	1
206521	05.05.2021.08:48	70	7,5	7,7	7,5	5,9	5,9	5,6	5,7	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	45,8	41,48	2
206551	05.05.2021.09:03	70	7,9	8,0	7,3	5,8	5,7	5,5	5,5	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	45,7	41,48	3
206589	05.05.2021.09:19	70	7,8	8,2	7,4	6,1	5,9	5,6	5,7	4,58	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	46,7	41,48	4
206618	05.05.2021.09:34	70	6,6	7,2	6,6	5,1	5,1	4,5	4,6	4,58	1,37	5,52	1,32	5,45	1,82	39,7	41,48	5
206651	05.05.2021.09:50	70	7,3	7,9	7,0	5,6	5,5	5,2	5,3	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	43,8	41,48	6
206683	05.05.2021.10:05	70	8,0	8,1	7,3	6,0	5,9	5,6	5,6	4,59	1,37	5,52	1,32	5,46	1,82	46,5	41,48	7
206717	05.05.2021.10:20	70	8,1	8,1	7,5	5,8	5,8	5,4	5,6	4,59	1,37	5,52	1,33	5,46	1,82	46,3	41,48	8
206754	05.05.2021.10:36	70	7,7	7,9	7,3	5,7	5,8	5,4	5,5	4,59	1,37	5,52	1,32	5,46	1,82	45,3	41,48	9
206786	05.05.2021.10:51	70	8,0	7,8	7,5	5,9	5,9	5,6	5,5	4,59	1,37	5,52	1,32	5,46	1,82	46,2	41,48	10

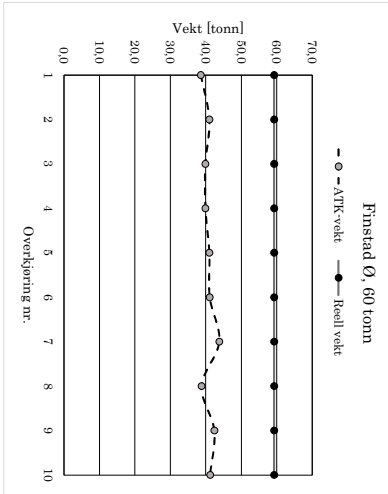
Snitt 45,1
Std 1,973



A.2.5 Finstad Ø, 60 tonn

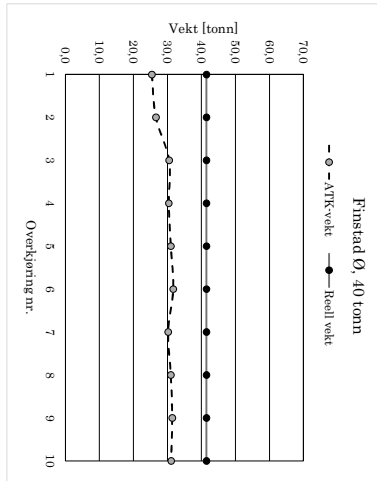
Column1	Tidspunkt	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5	Aksel_6	Aksel_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	A1+A7	Reellvekt	Overkjøring nr.
182077	04.05.2021 08:12	0	5,2	5,8	5,9	5,3	5,5	5,4	5,5	4,60	1,37	5,52	1,33	5,47	1,82	38,6	59,28	1
182263	04.05.2021 09:42	0	5,3	6,4	6,2	5,7	5,8	5,8	5,8	4,60	1,37	5,54	1,33	5,48	1,82	41,0	59,28	2
182333	04.05.2021 10:10	0	5,2	6,3	6,2	5,4	5,7	5,5	5,6	4,60	1,37	5,53	1,33	5,48	1,82	39,9	59,28	3
182518	04.05.2021 11:35	0	5,1	6,2	6,1	5,4	5,7	5,6	5,8	4,60	1,37	5,54	1,33	5,48	1,82	39,9	59,28	4
182594	04.05.2021 11:56	0	5,3	6,2	6,6	5,6	5,8	5,7	5,8	4,61	1,37	5,53	1,33	5,48	1,82	41,0	59,28	5
182803	04.05.2021 13:23	0	5	6,6	5,9	5,7	5,9	5,8	6,2	4,60	1,37	5,53	1,33	5,47	1,82	41,1	59,28	6
182867	04.05.2021 13:44	0	5,9	7,1	6,6	6,0	6,2	5,9	6,1	4,59	1,37	5,53	1,33	5,48	1,82	43,8	59,28	7
182935	04.05.2021 14:05	0	4,3	6,3	5,7	5,5	5,5	5,6	5,9	4,60	1,37	5,53	1,33	5,48	1,82	38,8	59,28	8
182987	04.05.2021 14:27	0	5,2	6,5	6,6	5,9	6,0	6,0	6,2	4,60	1,37	5,53	1,33	5,48	1,82	42,4	59,28	9
183056	04.05.2021 14:48	0	5,3	6,5	6,4	5,6	5,8	5,7	5,9	4,60	1,37	5,53	1,33	5,48	1,82	41,2	59,28	10

Snitt 40,8
Std 1,495



A.2.6 Finstad Ø, 40 tonn

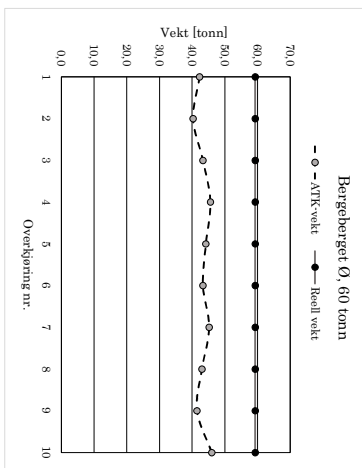
Column	Tidspunkt	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5	Aksel_6	Aksel_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	A1+A7	Reell vekt	Overkjøring m.
184675	05:05:2021 11:39	0	3,2	4,5	4,1	3,4	3,4	3,2	3,6	4,60	1,37	5,52	1,33	5,47	1,82	25,4	41,48	1
184733	05:05:2021 11:59	0	3,5	4,9	4,2	3,4	3,4	3,6	3,6	4,60	1,37	5,52	1,33	5,47	1,82	26,6	41,48	2
184918	05:05:2021 13:11	0	4,5	5,0	5,2	3,9	4,0	4,0	3,9	4,60	1,37	5,54	1,33	5,48	1,82	30,5	41,48	3
184958	05:05:2021 13:31	0	4,3	5,1	5,0	3,9	4,0	4,2	3,9	4,60	1,37	5,53	1,33	5,47	1,83	30,4	41,48	4
185014	05:05:2021 13:52	0	4,5	5,3	5,0	4,0	4,1	4,1	4,0	4,60	1,37	5,53	1,33	5,47	1,83	31,0	41,48	5
185069	05:05:2021 14:12	0	4,9	5,6	5,0	4,0	4,2	4,0	4,0	4,59	1,37	5,52	1,33	5,48	1,82	31,7	41,48	6
185121	05:05:2021 14:32	0	4,3	5,1	4,8	3,9	4,0	4,0	4,1	4,61	1,37	5,53	1,33	5,47	1,82	30,2	41,48	7
185185	05:05:2021 14:53	0	4,5	5,2	5,0	4,0	4,2	4,1	4,0	4,60	1,37	5,53	1,33	5,47	1,83	31,0	41,48	8
185255	05:05:2021 15:13	0	4,7	5,2	5,2	4,1	4,1	4,2	3,9	4,60	1,37	5,53	1,33	5,47	1,82	31,4	41,48	9
185321	05:05:2021 15:33	0	4,8	5,6	4,9	3,9	4,0	4,0	3,9	4,59	1,37	5,53	1,33	5,47	1,83	31,1	41,48	10



Snitt 29,9
Std 2,029

A.2.7 Bergeberget Ø, 60 tonn

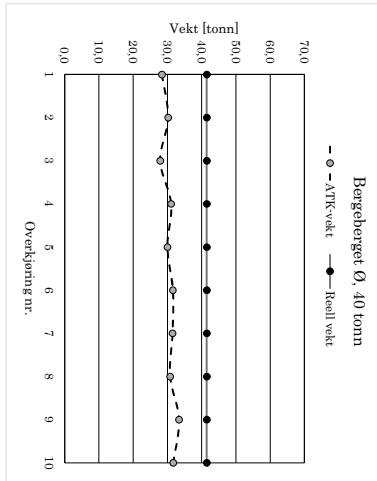
Column1	Tidspunkt	Hastighet	Akse1_1	Akse1_2	Akse1_3	Akse1_4	Akse1_5	Akse1_6	Akse1_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	AttA7	Reell vekt	Overføring nr.	
166055	04.05.2021 08:20	72.9	6.1	7.2	6.9	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	4.60	1.37	5.54	1.33	5.47	1.82	42.3	59.28	1
166140	04.05.2021 09:51	75.4	6.0	6.9	6.8	5.2	5.2	5.0	5.2	5.2	4.60	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	40.3	59.28	2
166179	04.05.2021 10:18	75.8	6.4	7.1	7.4	5.6	5.6	5.7	5.5	4.61	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	43.3	59.28	3	
166269	04.05.2021 11:43	78.1	5.9	7.0	7.3	6.3	6.3	6.3	6.5	4.61	1.37	5.54	1.33	5.49	1.82	45.6	59.28	4	
166303	04.05.2021 12:04	76.3	6.4	7.1	7.5	5.9	5.8	5.8	5.7	4.61	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	44.2	59.28	5	
166404	04.05.2021 13:31	74.8	6.5	7.3	7.3	5.6	5.5	5.5	5.6	4.60	1.37	5.54	1.33	5.47	1.82	43.3	59.28	6	
166444	04.05.2021 13:53	75.9	5.8	7.2	7.4	6.2	6.2	6.1	6.3	4.60	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	45.2	59.28	7	
166472	04.05.2021 14:14	76.9	6.3	7.4	7.2	5.7	5.6	5.3	5.5	4.60	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	43.0	59.28	8	
166497	04.05.2021 14:35	76.0	6.1	7.3	6.8	5.4	5.3	5.3	5.3	4.60	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	41.5	59.28	9	
166524	04.05.2021 14:56	76.9	5.9	7.7	7.4	6.3	6.2	6.1	6.4	4.61	1.37	5.54	1.33	5.48	1.82	46.0	59.28	10	



Smit 43.5
Std 1.733

A.2.8 Bergeberget Ø, 40 tonn

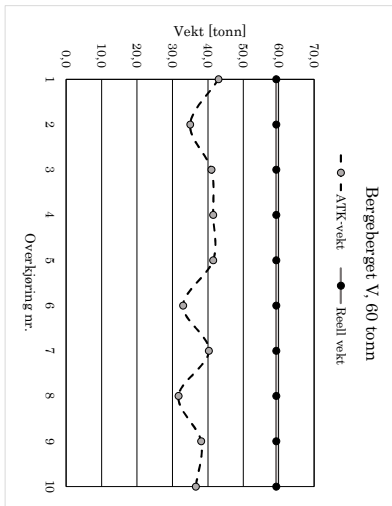
Columnnr.	Tidspunkt	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5	Aksel_6	Aksel_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	Alt+M7	Reell vekt	Overkjøring nr.	
167330	05.05.2021 11:47	79.6	4,7	5,4	4,8	3,4	3,5	3,3	3,3	3,4	4,60	1,37	5,54	1,33	5,47	1,82	28,4	41,48	1
167351	05.05.2021 12:07	79.8	5,4	5,2	5,5	3,5	3,6	3,6	3,4	4,60	1,37	5,54	1,33	5,47	1,83	30,2	41,48	2	
167426	05.05.2021 13:39	79.3	4,7	4,9	4,9	3,4	3,4	3,4	3,2	4,60	1,37	5,53	1,33	5,47	1,83	27,9	41,48	3	
167446	05.05.2021 13:39	79.0	5,2	5,4	5,5	3,9	3,9	3,5	3,7	4,60	1,37	5,54	1,33	5,48	1,83	31,1	41,48	4	
167480	05.05.2021 14:00	78.7	5,2	5,4	5,5	3,5	3,5	3,5	3,4	4,60	1,37	5,54	1,33	5,48	1,83	30,0	41,48	5	
167510	05.05.2021 14:20	79.6	5,4	5,6	5,6	3,9	3,8	3,8	3,7	4,60	1,37	5,54	1,33	5,48	1,82	31,6	41,48	6	
167535	05.05.2021 14:40	79.5	5,3	5,7	5,5	3,8	3,8	3,8	3,6	4,60	1,37	5,54	1,33	5,47	1,83	31,5	41,48	7	
167566	05.05.2021 15:01	77.2	5,4	5,8	5,4	3,5	3,6	3,6	3,5	4,60	1,37	5,54	1,33	5,48	1,82	30,8	41,48	8	
167611	05.05.2021 15:21	79.6	5,4	5,9	5,7	4,2	4,1	4,1	4,0	4,60	1,37	5,54	1,33	5,47	1,82	33,4	41,48	9	
167643	05.05.2021 15:41	78.9	5,4	6,0	5,6	3,7	3,7	3,7	3,6	4,60	1,37	5,54	1,33	5,48	1,83	31,7	41,48	10	
																Snitt	30,7		
																Std	1,542		



A.2.9 Bergeberget V, 60 tonn

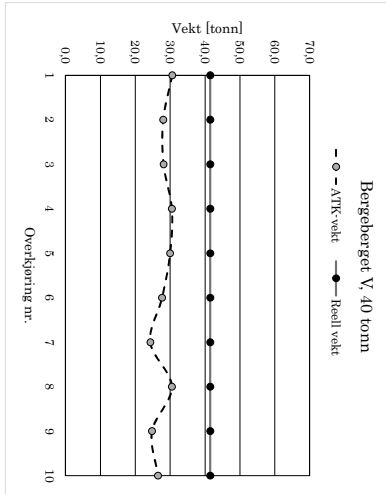
Column1	Tidspunkt	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5	Aksel_6	Aksel_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	Alt+A7	Reellvekt	Overkjøring nr.
143769	04.05.2021 09:27	0	6,4	6,7	6,6	6,2	6,0	5,6	5,5	4,58	1,36	5,51	1,33	5,45	1,82	43,0	59,28	1
143804	04.05.2021 09:59	0	5,7	6,0	5,6	4,6	4,6	4,1	4,4	4,58	1,37	5,51	1,33	5,45	1,81	35,0	59,28	2
143818	04.05.2021 10:20	0	6,1	6,8	6,2	5,9	5,6	5,1	5,3	4,58	1,37	5,50	1,32	5,45	1,81	41,0	59,28	3
143916	04.05.2021 11:45	0	6,0	6,7	6,0	6,1	5,9	5,1	5,7	4,58	1,37	5,50	1,33	5,45	1,81	41,5	59,28	4
143937	04.05.2021 12:07	0	6,2	6,7	6,4	5,9	5,8	5,1	5,4	4,57	1,37	5,51	1,32	5,46	1,81	41,5	59,28	5
144027	04.05.2021 13:33	0	5,5	5,4	5,2	4,3	4,3	4,1	4,2	4,58	1,36	5,51	1,32	5,44	1,81	33,0	59,28	6
144059	04.05.2021 13:55	0	5,9	6,3	5,6	5,9	5,7	5,4	5,5	4,58	1,37	5,50	1,33	5,45	1,81	40,3	59,28	7
144080	04.05.2021 14:16	0	5,4	5,4	4,6	4,3	4,2	3,8	4,0	4,58	1,37	5,50	1,32	5,44	1,81	31,7	59,28	8
144116	04.05.2021 14:37	0	5,8	6,4	5,9	5,4	5,3	4,6	4,7	4,58	1,36	5,51	1,33	5,45	1,81	38,1	59,28	9
144141	04.05.2021 14:58	0	5,8	6,3	5,7	5,0	4,9	4,6	4,3	4,58	1,37	5,50	1,32	5,45	1,81	36,6	59,28	10

Snitt 38,2
Std 3,730



A.2.10 Bergeberget V, 40 tonn

Column1	Tidspunkt	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5	Aksel_6	Aksel_7	1_2	2_3	3_4	4_5	5_6	6_7	AltAT	Reellvekt	Overkøring nr.	
144795	05.05.2021 11:49	0	5,2	5,1	4,9	4,0	3,9	3,6	3,9	3,0	4,58	1,37	5,51	1,32	5,45	1,81	30,6	41,48	1
144820	05.05.2021 12:09	0	5,1	5,1	4,9	3,3	3,3	3,3	3,0	4,58	1,37	5,51	1,33	5,45	1,82	28,0	41,48	2	
144896	05.05.2021 13:21	0	5,2	5,2	4,9	3,4	3,3	3,1	3,0	4,58	1,37	5,51	1,33	5,45	1,82	28,1	41,48	3	
144920	05.05.2021 13:42	0	5,2	5,4	4,9	3,9	3,7	3,7	3,7	4,58	1,36	5,51	1,32	5,46	1,82	30,5	41,48	4	
144945	05.05.2021 14:02	0	5,2	5,3	5,2	3,8	3,6	3,5	3,4	4,58	1,37	5,51	1,33	5,46	1,82	30,0	41,48	5	
144961	05.05.2021 14:22	0	5,2	5,5	4,5	3,3	3,2	3,0	3,0	4,58	1,36	5,51	1,33	5,45	1,82	27,7	41,48	6	
144987	05.05.2021 14:42	0	4,4	4,4	4,0	3,0	2,9	2,8	2,8	4,58	1,37	5,50	1,32	5,45	1,81	24,3	41,48	7	
145008	05.05.2021 15:03	0	5,7	5,3	5,5	3,7	3,7	3,3	3,3	4,57	1,36	5,51	1,33	5,46	1,82	30,5	41,48	8	
145029	05.05.2021 15:23	0	4,4	4,5	4,0	3,0	3,0	3,1	2,8	4,57	1,37	5,51	1,33	5,44	1,82	24,8	41,48	9	
145057	05.05.2021 15:43	0	5,0	4,7	4,7	3,2	3,1	2,9	2,9	4,58	1,37	5,51	1,32	5,45	1,82	26,5	41,48	10	
Snitt																			
Std																			
28,1																			
2,224																			



Tillegg B Beregninger

B.1 Beregning av kalibreringsfaktor basert på lastet semitrailer for data fra 2020

Uttrykk 2 og 3 fra kapittel 3 benyttes for beregninger i dette kapittelet samt i kapittel B.2, B.3 og B.4:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s}$$

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu}$$

B.1.1 Øksna, sørgående

Måned 10-12:

	Feltnummer	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3
count	1631.0	1631.000000	1631.000000	1631.000000	1631.000000
mean	2.0	67.762722	6.190803	8.510055	5.348559
std	0.0	4.329183	0.777365	1.226901	0.934274
min	2.0	40.000000	2.900000	1.700000	1.200000
25%	2.0	66.000000	5.700000	7.700000	4.800000
50%	2.0	68.000000	6.200000	8.400000	5.300000
75%	2.0	70.000000	6.700000	9.200000	5.900000
max	2.0	87.000000	8.500000	14.500000	9.900000

Figur B.1: Utdrag av resultater fra Pandas, Øksna sørgående måned 10-12

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,777}{6,191} = 0,126 \quad (12,6 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 6,19}{7,00} = 1,12$$

μ	6,191
σ	0,777
c_v	0,126
C_{ATK}	1,12

B.1.2 Øksna, nordgående

Måned 7-12:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	2369.000000	2369.000000	2369.000000	2369.000000	2369.000000
mean	67.370198	6.861587	7.882609	5.445125	5.390418
std	4.487423	0.997790	1.307292	0.940660	1.070846
min	30.000000	3.200000	4.300000	1.000000	2.300000
25%	66.000000	6.200000	6.900000	4.900000	4.600000
50%	68.000000	6.900000	7.800000	5.400000	5.200000
75%	70.000000	7.500000	8.700000	6.000000	6.000000
max	88.000000	10.600000	16.300000	8.700000	9.500000

Figur B.2: Utdrag av resultater fra Pandas, Øksna nordgående måned 7-12

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,998}{6,862} = 0,145 \quad (14,5 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 6,86}{7,00} = 1,02$$

μ	6,862
σ	0,998
c_v	0,145
C_{ATK}	1,02

B.1.3 Motrøa, nordgående

Måned 1-7:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	2846.000000	2846.000000	2846.000000	2846.000000	2846.000000
mean	57.384048	5.483767	7.350632	4.719606	5.453654
std	4.006025	0.717428	1.052932	0.733905	0.700734
min	33.000000	2.900000	4.300000	0.800000	0.700000
25%	55.000000	5.000000	6.600000	4.300000	5.000000
50%	58.000000	5.500000	7.300000	4.700000	5.400000
75%	60.000000	6.000000	8.000000	5.100000	5.900000
max	74.000000	7.800000	13.500000	7.900000	7.800000

Figur B.3: Utdrag av resultater fra Pandas, Motrøa nordgående måned 1-7

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,717}{5,484} = 0,131 \quad (13,1 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,48}{7,00} = 1,22$$

μ	5,484
σ	0,717
c_v	0,131
C_{ATK}	1,22

Måned 9-12:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	1900.000000	1900.000000	1900.000000	1900.000000	1900.000000
mean	63.758947	7.135526	8.513947	4.891263	5.473211
std	5.671803	1.028210	1.609045	1.187608	1.246038
min	32.000000	3.300000	4.100000	0.500000	2.400000
25%	61.000000	6.400000	7.500000	4.100000	4.500000
50%	65.000000	7.100000	8.500000	4.800000	5.300000
75%	67.000000	7.800000	9.500000	5.600000	6.300000
max	78.000000	11.100000	18.600000	9.900000	9.600000

Figur B.4: Utdrag av resultater fra Pandas, Motrøa nordgående måned 9-12

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,028}{7,136} = 0,144 \quad (14,4 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 7,14}{7,00} = 0,98$$

μ	7,136
σ	1,028
c_v	0,144
C_{ATK}	0,98

B.1.4 Finstad, østgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	260.0	260.000000	260.000000	260.000000	260.000000	260.000000
mean	0.0	5.359231	7.580000	5.286923	5.705385	5.781923
std	0.0	1.013743	1.149578	1.206027	0.809863	0.853982
min	0.0	3.000000	5.100000	1.900000	3.900000	4.100000
25%	0.0	4.600000	6.900000	4.500000	5.100000	5.100000
50%	0.0	5.300000	7.400000	5.100000	5.600000	5.700000
75%	0.0	5.900000	8.200000	5.900000	6.300000	6.300000
max	0.0	9.400000	14.000000	9.200000	8.000000	8.600000

Figur B.5: Utdrag av resultater fra Pandas, Finstad østgående hele perioden

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,014}{5,359} = 0,189 \quad (18,9 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,36}{7,00} = 1,23$$

μ	5,359
σ	1,014
c_v	0,189
C_{ATK}	1,23

B.1.5 Finstad, vestgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	657.000000	657.000000	657.000000	657.000000	657.000000	657.000000
mean	72.538965	5.408067	7.678234	4.978539	5.682801	5.760883
std	23.655746	0.801092	1.134236	0.832960	0.742601	0.760941
min	0.000000	3.300000	5.200000	1.400000	3.500000	3.600000
25%	77.100000	4.900000	6.900000	4.500000	5.100000	5.200000
50%	79.700000	5.400000	7.500000	4.900000	5.600000	5.600000
75%	82.000000	6.000000	8.300000	5.500000	6.100000	6.200000
max	88.800000	8.200000	15.200000	8.000000	8.100000	8.600000

Figur B.6: Utdrag av resultater fra Pandas, Finstad vestgående hele perioden

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,801}{5,408} = 0,148 \quad (14,8 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,41}{7,00} = 1,23$$

μ	5,408
σ	0,801
c_v	0,148
C_{ATK}	1,23

B.1.6 Bergeberget, østgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	348.000000	348.000000	348.000000	348.000000	348.000000	348.000000
mean	69.243966	5.706609	8.139655	4.997701	5.709483	5.614943
std	18.415968	0.691477	1.302992	0.919338	0.874616	0.873831
min	0.000000	3.200000	5.100000	1.500000	3.700000	3.600000
25%	71.350000	5.200000	7.200000	4.500000	5.075000	5.000000
50%	74.000000	5.700000	8.200000	5.000000	5.700000	5.600000
75%	76.000000	6.100000	9.000000	5.600000	6.300000	6.300000
max	83.100000	8.100000	13.300000	8.500000	8.400000	8.100000

Figur B.7: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget østgående hele perioden

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,691}{5,707} = 0,121 \quad (12,1 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,71}{7,00} = 1,18$$

μ	5,707
σ	0,691
c_v	0,121
C_{ATK}	1,18

B.1.7 Bergeberget, vestgående

Måned 1-4:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	327.000000	327.000000	327.000000	327.000000	327.000000	327.000000
mean	74.454434	6.224159	8.055657	5.296330	5.373089	5.616514
std	20.852482	0.798540	1.020296	0.935817	0.798548	0.810875
min	0.000000	2.600000	6.000000	0.700000	2.700000	3.800000
25%	77.000000	5.800000	7.400000	4.900000	4.800000	5.000000
50%	79.900000	6.300000	8.000000	5.400000	5.300000	5.600000
75%	82.200000	6.800000	8.500000	5.900000	5.900000	6.100000
max	93.100000	8.200000	11.900000	7.900000	7.200000	7.500000

Figur B.8: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget vestgående måned 1-4

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,791}{6,224} = 0,127 \quad (12,7 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 6,22}{7,00} = 1,11$$

μ	6,224
σ	0,791
c_v	0,127
C_{ATK}	1,11

Måned 5-12:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	141.000000	141.000000	141.000000	141.000000	141.000000	141.000000
mean	74.101418	5.708511	7.198582	4.79078	5.354610	5.394326
std	20.787960	0.674377	1.029562	0.72908	0.638131	0.678630
min	0.000000	3.700000	4.800000	2.50000	4.000000	4.000000
25%	77.200000	5.300000	6.500000	4.40000	4.900000	4.900000
50%	79.600000	5.700000	7.200000	4.80000	5.200000	5.300000
75%	81.200000	6.100000	7.700000	5.20000	5.800000	5.900000
max	87.300000	7.700000	12.100000	7.20000	7.800000	7.900000

Figur B.9: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget vestgående måned 5-12

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,674}{5,709} = 0,118 \quad (11,8 \%)$$

Kravene til σ og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,71}{7,00} = 1,18$$

μ	5,709
σ	0,674
c_v	0,118
C_{ATK}	1,18

B.2 Beregning av kalibreringsfaktor basert på lastet og ulastet semitrailer for data fra 2020

B.2.1 Øksna, sørgående

Måned 10-12:

	Feltnummer	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3
count	2329.0	2329.000000	2329.000000	2329.000000	2329.000000
mean	2.0	67.623444	5.855646	7.844568	4.869043
std	0.0	4.566460	1.034285	1.666175	1.223885
min	2.0	26.000000	0.500000	0.600000	0.200000
25%	2.0	66.000000	5.400000	6.900000	4.200000
50%	2.0	68.000000	6.000000	8.000000	5.000000
75%	2.0	70.000000	6.500000	8.900000	5.600000
max	2.0	90.000000	8.500000	14.500000	9.900000

Figur B.10: Utdrag av resultater fra Pandas, Øksna sørgående alle semitrailere måned 10-12

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,034}{5,856} = 0,177 \quad (17,7 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,86}{7,00} = 1,16$$

μ	5,856
σ	1,034
c_v	0,177
C_{ATK}	1,16

B.2.2 Øksna, nordgående

Måned 7-12:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	4216.000000	4216.000000	4216.000000	4216.000000	4216.000000
mean	67.272533	6.201684	6.959725	4.766959	4.545541
std	4.630751	1.329199	1.694454	1.253566	1.393002
min	26.000000	1.200000	0.100000	0.100000	0.200000
25%	66.000000	5.400000	5.800000	4.000000	3.600000
50%	68.000000	6.300000	6.900000	4.800000	4.400000
75%	70.000000	7.100000	8.025000	5.600000	5.400000
max	90.000000	11.600000	16.300000	10.400000	11.000000

Figur B.11: Utdrag av resultater fra Pandas, Øksna nordgående alle semitrailere måned 7-12

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,329}{6,202} = 0,214 \quad (21,4 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 6,20}{7,00} = 1,11$$

μ	6,202
σ	1,329
c_v	0,214
C_{ATK}	1,11

B.2.3 Motrøa, nordgående

Måned 1-7:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	7149.000000	7149.000000	7149.000000	7149.000000	7149.000000
mean	57.099874	4.800587	6.295468	3.967618	4.115303
std	4.139541	1.044323	1.487210	1.069902	1.413782
min	17.000000	0.400000	0.400000	0.100000	0.100000
25%	55.000000	4.100000	5.300000	3.400000	3.000000
50%	58.000000	4.900000	6.400000	4.000000	4.200000
75%	60.000000	5.500000	7.300000	4.700000	5.200000
max	78.000000	7.800000	13.500000	7.900000	7.800000

Figur B.12: Utdrag av resultater fra Pandas, Motrøa nordgående alle semitrailere måned 1-7

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,044}{4,801} = 0,217 \quad (21,7 \%)$$

Kravet til c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt, men kravet til W_d ligger utenfor godkjent område. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan derfor ikke beregnes.

Måned 9-12:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	3680.000000	3680.000000	3680.000000	3680.000000	3680.000000
mean	63.806250	6.659973	7.435924	4.097418	4.329402
std	5.778668	1.232622	2.100073	1.503041	1.818802
min	24.000000	1.300000	0.500000	0.200000	0.100000
25%	61.000000	5.900000	5.900000	3.100000	2.900000
50%	65.000000	6.600000	7.400000	4.000000	4.100000
75%	68.000000	7.400000	8.800000	5.025000	5.600000
max	90.000000	11.800000	18.600000	10.800000	10.900000

Figur B.13: Utdrag av resultater fra Pandas, Motrøa nordgående alle semitrailere måned 9-12

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,233}{6,660} = 0,185 \quad (18,5 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 6,66}{7,00} = 1,05$$

μ	6,660
σ	1,233
c_v	0,185
C_{ATK}	1,05

B.2.4 Finstad, østgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	803.0	803.000000	803.000000	803.000000	803.000000	803.000000
mean	0.0	4.375342	6.053798	3.957908	4.078954	4.125654
std	0.0	1.140565	1.707916	1.421661	1.498234	1.514935
min	0.0	1.600000	2.400000	0.600000	0.700000	1.100000
25%	0.0	3.600000	4.800000	3.100000	2.900000	2.900000
50%	0.0	4.200000	6.000000	3.800000	4.000000	4.000000
75%	0.0	5.000000	7.200000	4.700000	5.200000	5.200000
max	0.0	9.600000	14.000000	9.900000	11.400000	11.100000

Figur B.14: Utdrag av resultater fra Pandas, Finstad østgående alle semitrailere hele perioden

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,141}{4,375} = 0,261 \quad (26,1 \%)$$

Kravet til c_v og W_d som fremmes i kapittel 3.2.2 er her ikke oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan derfor ikke beregnes.

B.2.5 Finstad, vestgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	1256.000000	1256.000000	1256.000000	1256.000000	1256.000000
mean	72.864968	4.721895	6.657245	4.263774	4.712261
std	23.387296	1.080839	1.593586	1.127470	1.312821
min	0.000000	1.000000	1.300000	0.300000	0.800000
25%	77.300000	3.900000	5.700000	3.600000	3.800000
50%	79.800000	4.700000	6.700000	4.300000	4.800000
75%	82.100000	5.500000	7.700000	5.000000	5.600000
max	94.300000	8.500000	15.200000	8.000000	9.900000

Figur B.15: Utdrag av resultater fra Pandas, Finstad østgående alle semitrailere hele perioden

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,081}{4,722} = 0,229 \quad (22,9 \%)$$

Kravet til c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt, men kravet til W_d ligger utenfor godkjent område. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan derfor ikke beregnes.

B.2.6 Bergeberget, østgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	774.000000	774.000000	774.000000	774.000000	774.000000
mean	70.865116	5.015375	6.812661	4.128811	4.282687
std	18.458274	1.091083	1.818290	1.271525	1.598377
min	0.000000	1.800000	1.900000	0.100000	0.400000
25%	72.500000	4.400000	5.600000	3.400000	3.100000
50%	75.300000	5.200000	6.800000	4.200000	4.300000
75%	77.900000	5.800000	8.200000	4.975000	5.600000
max	87.900000	8.100000	13.300000	8.500000	8.400000

Figur B.16: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget østgående alle semi-trailere hele perioden

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,091}{5,015} = 0,218 \quad (21,8 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,02}{7,00} = 1,28$$

μ	5,015
σ	1,091
c_v	0,218
C_{ATK}	1,28

B.2.7 Bergeberget, vestgående

Måned 1-4:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	460.000000	460.000000	460.000000	460.000000	460.000000
mean	74.871087	5.833261	7.473913	4.755870	4.713478
std	20.129029	1.044772	1.418633	1.285307	1.314571
min	0.000000	2.500000	2.800000	0.600000	1.100000
25%	77.200000	5.300000	6.700000	4.000000	3.900000
50%	79.900000	6.000000	7.600000	5.000000	4.900000
75%	82.200000	6.600000	8.300000	5.600000	5.700000
max	93.100000	8.200000	11.900000	7.900000	7.200000

Figur B.17: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget vestgående alle semi-trailere måned 1-4

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,045}{5,833} = 0,179 \quad (17,9 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,83}{7,00} = 1,17$$

μ	5,833
σ	1,045
c_v	0,179
C_{ATK}	1,17

Måned 5-12:

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	609.000000	609.000000	609.000000	609.000000	609.000000
mean	77.448768	4.615107	5.715271	3.686864	3.657307
std	14.654124	1.030841	1.381187	1.019832	1.267152
min	0.000000	1.400000	1.800000	0.400000	0.700000
25%	77.900000	3.900000	4.800000	3.000000	2.700000
50%	79.900000	4.700000	5.700000	3.700000	3.600000
75%	82.000000	5.300000	6.600000	4.300000	4.500000
max	94.300000	7.700000	12.100000	7.200000	7.800000

Figur B.18: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget vestgående alle semi-trailere måned 5-12

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,031}{4,615} = 0,223 \quad (22,3 \%)$$

Kravet til c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt, men kravet til W_d ligger utenfor godkjent område. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan derfor ikke beregnes.

Tabell B.1: μ , σ og c_v oppsummert for ATK-punktene

	Semitrailer alle			Semitrailer lastet			lastet-alle		
	μ	σ	c_v	μ	σ	c_v	$\Delta\mu$	$\Delta\sigma$	Δc_v
Øksna, S									
M10-12	5,856	1,034	0,177	6,191	0,777	0,126	0,335	-0,257	-0,051
Øksna, N									
M7-12	6,202	1,329	0,214	6,862	0,998	0,145	0,660	-0,331	-0,069
Motrøa, N									
M1-7	4,801	1,044	0,217	5,484	0,717	0,131	0,683	-0,327	-0,086
M9-12	6,660	1,233	0,185	7,136	1,028	0,144	0,476	-0,205	-0,041
Finstad, Ø									
M1-12	4,375	1,141	0,261	5,359	1,014	0,189	0,984	-0,127	-0,072
Finstad, V									
M1-12	4,722	1,081	0,229	5,408	0,801	0,148	0,686	-0,280	-0,081
Bergeberget, Ø									
M1-12	5,015	1,091	0,218	5,707	0,691	0,121	0,692	-0,400	-0,097
Bergeberget, V									
M1-4	5,833	1,045	0,179	6,224	0,791	0,127	0,391	-0,254	-0,052
M5-12	4,615	1,031	0,223	5,709	0,674	0,118	1,094	-0,357	-0,105

Tabell B.2: Oppsummering av C_{ATK} for ATK-punktene

ATK-punkt	C_{ATK} alle semi	C_{ATK} lastet semi
Øksna, S		
M1-7	-	1,24
M10-12	1,16	1,12
Øksna, N		
M7-12	1,11	1,02
Motrøa, N		
M1-7	-	1,22
M9-12	1,05	0,98
Finstad, Ø		
M1-12	-	1,23
Finstad, V		
M1-12	-	1,23
Bergeberget, Ø		
M1-12	1,28	1,18
Bergeberget, V		
M1-4	1,17	1,11
M5-12	-	1,18

B.3 Beregning av kalibreringsfaktor basert på lastet og ulastet semitrailer for data fra 2021

B.3.1 Øksna, sørgående

	Feltnummer	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3
count	3945.0	3945.000000	3945.000000	3945.000000	3945.000000
mean	2.0	67.550570	5.724664	7.718555	4.756679
std	0.0	3.976164	1.005677	1.619226	1.251310
min	2.0	39.000000	1.900000	0.600000	0.200000
25%	2.0	66.000000	5.200000	6.800000	4.200000
50%	2.0	68.000000	5.900000	7.800000	4.900000
75%	2.0	69.000000	6.400000	8.700000	5.500000
max	2.0	89.000000	8.300000	14.900000	9.300000

Figur B.19: Utdrag av resultater fra Pandas, Øksna sørgående alle semitrailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,006}{5,724} = 0,176 \quad (17,6 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,72}{7,00} = 1,18$$

μ	5,724
σ	1,006
c_v	0,176
C_{ATK}	1,18

B.3.2 Øksna, nordgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	2721.000000	2721.000000	2721.000000	2721.000000	2721.000000
mean	67.886071	6.507424	7.677876	5.112238	4.826424
std	4.145545	1.360011	1.707896	1.337395	1.413117
min	26.000000	1.100000	0.500000	0.100000	0.100000
25%	66.000000	5.900000	6.600000	4.500000	3.900000
50%	68.000000	6.800000	7.600000	5.300000	4.700000
75%	70.000000	7.400000	8.800000	6.000000	5.600000
max	88.000000	10.600000	17.400000	9.100000	9.700000

Figur B.20: Utdrag av resultater fra Pandas, Øksna nordgående alle semitrailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,360}{6,507} = 0,209 \quad (20,9 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 6,51}{7,00} = 1,07$$

μ	6,507
σ	1,360
c_v	0,209
C_{ATK}	1,07

B.3.3 Finstad, østgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	246.0	246.000000	246.000000	246.000000	246.000000	246.000000
mean	0.0	4.415041	6.285366	4.090244	4.282520	4.280488
std	0.0	1.049304	1.537328	1.079525	1.358052	1.346661
min	0.0	2.200000	2.800000	1.200000	1.400000	1.100000
25%	0.0	3.600000	5.100000	3.500000	3.225000	3.225000
50%	0.0	4.400000	6.400000	4.200000	4.400000	4.400000
75%	0.0	5.100000	7.275000	4.800000	5.275000	5.200000
max	0.0	9.300000	14.200000	8.300000	9.200000	9.200000

Figur B.21: Utdrag av resultater fra Pandas, Finstad østgående alle semitrailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,049}{4,415} = 0,238 \quad (23,8 \%)$$

Kravene til og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt, men kravet til W_d ligger utenfor godkjent område. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan derfor ikke beregnes.

B.3.4 Finstad, vestgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	349.000000	349.000000	349.000000	349.000000	349.000000	349.000000
mean	75.072206	5.093983	7.353868	4.579083	5.087966	5.133238
std	19.471410	1.232344	1.935414	1.295724	1.411274	1.414472
min	0.000000	1.900000	2.300000	0.200000	1.100000	1.200000
25%	77.500000	4.300000	6.200000	3.800000	4.300000	4.200000
50%	79.800000	5.100000	7.300000	4.600000	5.100000	5.200000
75%	82.100000	5.900000	8.500000	5.400000	6.000000	6.100000
max	90.800000	11.000000	17.300000	9.100000	13.000000	13.600000

Figur B.22: Utdrag av resultater fra Pandas, Finstad vestgående alle semitrailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,232}{5,094} = 0,242 \quad (24,2 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,09}{7,00} = 1,27$$

μ	5,094
σ	1,232
c_v	0,242
C_{ATK}	1,27

B.3.5 Bergeberget, østgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	191.000000	191.000000	191.000000	191.000000	191.000000	191.000000
mean	72.502618	4.882199	6.986387	4.234031	4.251832	4.196859
std	14.683888	1.066276	1.869935	1.204266	1.610193	1.565009
min	0.000000	2.000000	3.400000	0.900000	1.000000	1.000000
25%	73.000000	4.350000	5.700000	3.500000	2.900000	2.900000
50%	75.200000	5.100000	7.100000	4.400000	4.200000	4.100000
75%	77.700000	5.500000	8.100000	5.000000	5.500000	5.500000
max	88.400000	8.200000	15.500000	7.800000	9.600000	9.500000

Figur B.23: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget østgående alle semi-trailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,066}{4,882} = 0,218 \quad (21,8 \%)$$

Kravene til og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt, men kravet til W_d ligger utenfor godkjent område. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan derfor ikke beregnes.

B.3.6 Bergeberget, vestgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	323.0	323.000000	323.000000	323.000000	323.000000	323.000000
mean	0.0	5.161920	6.954799	4.091641	4.213622	4.251393
std	0.0	1.017703	1.920776	1.264355	1.386223	1.423349
min	0.0	2.000000	2.800000	0.600000	0.900000	0.900000
25%	0.0	4.500000	5.700000	3.300000	3.200000	3.250000
50%	0.0	5.200000	6.700000	4.300000	4.300000	4.300000
75%	0.0	5.900000	7.800000	4.900000	5.200000	5.300000
max	0.0	7.700000	13.100000	7.400000	9.900000	10.700000

Figur B.24: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget vestgående alle semi-trailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,018}{5,162} = 0,197 \quad (19,7 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,16}{7,00} = 1,26$$

μ	5,162
σ	1,018
c_v	0,197
C_{ATK}	1,26

B.4 Beregning av kalibreringsfaktor basert på lastet semitrailer for data fra 2021

B.4.1 Øksna, sørgående

	Feltnummer	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3
count	2692.0	2692.000000	2692.000000	2692.000000	2692.000000
mean	2.0	67.614042	6.051597	8.351820	5.252415
std	0.0	3.825922	0.770026	1.202104	0.918871
min	2.0	39.000000	3.100000	4.900000	1.000000
25%	2.0	66.000000	5.600000	7.500000	4.700000
50%	2.0	68.000000	6.100000	8.300000	5.200000
75%	2.0	70.000000	6.600000	9.100000	5.800000
max	2.0	89.000000	8.300000	14.900000	9.300000

Figur B.25: Utdrag av resultater fra Pandas, Øksna sørgående lastede semitrailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,770}{6,052} = 0,127 \quad (12,7 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 6,05}{7,00} = 1,14$$

μ	6,052
σ	0,770
c_v	0,127
C_{ATK}	1,14

B.4.2 Øksna, nordgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4
count	1995.000000	1995.000000	1995.000000	1995.000000	1995.000000
mean	67.918797	6.983108	8.254737	5.585414	5.378596
std	3.715081	0.958994	1.403567	1.012164	1.155428
min	30.000000	3.200000	4.800000	1.100000	2.000000
25%	66.000000	6.500000	7.200000	5.000000	4.500000
50%	68.000000	7.100000	8.100000	5.600000	5.200000
75%	70.000000	7.600000	9.150000	6.200000	6.100000
max	86.000000	10.600000	17.400000	9.100000	9.700000

Figur B.26: Utdrag av resultater fra Pandas, Øksna nordgående lastede semi-trailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,959}{6,983} = 0,137 \quad (13,7 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 6,98}{7,00} = 1,00$$

μ	6,983
σ	0,959
c_v	0,137
C_{ATK}	1,00

B.4.3 Finstad, østgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	93.0	93.000000	93.000000	93.000000	93.000000	93.000000
mean	0.0	5.174194	7.431183	4.936559	5.570968	5.551613
std	0.0	0.969189	1.280453	0.785436	0.770457	0.773840
min	0.0	3.200000	5.100000	3.400000	4.200000	4.400000
25%	0.0	4.600000	6.700000	4.400000	5.100000	5.100000
50%	0.0	5.200000	7.300000	4.900000	5.500000	5.500000
75%	0.0	5.600000	7.700000	5.300000	6.000000	5.900000
max	0.0	9.300000	14.200000	8.300000	9.200000	9.200000

Figur B.27: Utdrag av resultater fra Pandas, Finstad østgående lastede semi-trailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{1,280}{7,431} = 0,172 \quad (17,2 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 7,43}{7,00} = 0,94$$

μ	7,431
σ	1,280
c_v	0,172
C_{ATK}	0,94

B.4.4 Finstad, vestgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	229.000000	229.000000	229.000000	229.000000	229.000000	229.000000
mean	74.654585	5.632751	8.124454	5.163319	5.802183	5.841921
std	20.273367	0.897962	1.520825	0.965846	0.894841	0.885848
min	0.000000	3.100000	5.400000	1.400000	3.400000	3.300000
25%	77.400000	5.100000	7.200000	4.600000	5.200000	5.200000
50%	79.800000	5.600000	7.900000	5.100000	5.800000	5.800000
75%	82.000000	6.200000	8.900000	5.700000	6.400000	6.400000
max	90.800000	11.000000	17.300000	8.000000	9.800000	9.300000

Figur B.28: Utdrag av resultater fra Pandas, Finstad vestgående lastede semi-trailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,898}{5,633} = 0,159 \quad (15,9 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,63}{7,00} = 1,20$$

μ	5,633
σ	0,898
c_v	0,159
C_{ATK}	1,20

B.4.5 Bergeberget, østgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	81.000000	81.000000	81.000000	81.000000	81.000000	81.000000
mean	70.433333	5.597531	8.367901	5.143210	5.774074	5.679012
std	16.440058	0.646718	1.601704	0.760746	1.016831	0.982435
min	0.000000	4.000000	5.600000	3.100000	3.200000	3.300000
25%	72.100000	5.100000	7.400000	4.600000	5.100000	4.900000
50%	74.100000	5.500000	8.100000	5.100000	5.700000	5.700000
75%	76.000000	5.900000	8.800000	5.500000	6.400000	6.200000
max	80.800000	8.200000	15.500000	7.800000	9.600000	9.500000

Figur B.29: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget østgående lastede semitrailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,647}{5,598} = 0,116 \quad (11,6 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,60}{7,00} = 1,20$$

μ	5,598
σ	0,647
c_v	0,116
C_{ATK}	1,20

B.4.6 Bergeberget, vestgående

	Hastighet	Aksel_1	Aksel_2	Aksel_3	Aksel_4	Aksel_5
count	149.0	149.000000	149.000000	149.000000	149.000000	149.000000
mean	0.0	5.812752	8.162416	4.855705	5.364430	5.437584
std	0.0	0.760182	1.631882	1.091762	0.858272	0.924039
min	0.0	3.500000	5.000000	0.600000	3.600000	3.700000
25%	0.0	5.300000	7.100000	4.500000	4.800000	4.700000
50%	0.0	5.800000	7.800000	4.900000	5.300000	5.300000
75%	0.0	6.300000	9.000000	5.300000	5.800000	6.000000
max	0.0	7.700000	13.100000	7.400000	9.900000	10.700000

Figur B.30: Utdrag av resultater fra Pandas, Bergeberget vestgående lastede semitrailere f.o.m. januar 2021 t.o.m. 9. mai 2021

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{0,760}{5,813} = 0,131 \quad (13,1 \%)$$

Kravene til W_d og c_v som fremmes i kapittel 3.2.2 er her oppfylt. Kalibreringsfaktoren C_{ATK} kan beregnes:

$$C_{ATK} = 1 + \frac{W_s - W_d}{W_s} = 1 + \frac{7,00 - 5,81}{7,00} = 1,17$$

μ	5,813
σ	0,760
c_v	0,131
C_{ATK}	1,17

Tabell B.3: μ , σ og c_v oppsummert for ATK-punktene for data fra 2021

	Semitrailer alle			Semitrailer lastet			lastet-alle		
	μ	σ	c_v	μ	σ	c_v	$\Delta\mu$	$\Delta\sigma$	Δc_v
Øksna, S	5,098	1,133	0,222	5,826	0,842	0,145	0,728	-0,291	-0,077
Øksna, N	6,507	1,360	0,209	6,983	0,959	0,137	0,476	-0,401	-0,072
Finstad, Ø	4,415	1,049	0,238	7,431	1,280	0,172	3,016	0,231	-0,066
Finstad, V	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bergeberget, Ø	4,882	1,066	0,218	5,598	0,647	0,116	0,716	-0,419	-0,102
Bergeberget, V	5,162	1,018	0,197	5,813	0,760	0,131	0,651	-0,258	-0,066

Tabell B.4: Oppsummering av C_{ATK} for ATK-punktene for data fra 2021

ATK-punkt	C_{ATK} alle semi	C_{ATK} lastet semi
Øksna, S		
M1-5	1,18	1,14
Øksna, N		
M1-5	1,07	1,00
Finstad, Ø		
M1-5	-	0,94
Finstad, V		
M1-5	-	-
Bergeberget, Ø		
M1-5	-	1,20
Bergeberget, V		
M1-5	1,26	1,17

Tillegg C Skripter

C.1 XML til CSV (PATK)

Kodeutsnitt C.1: Kode for å overføre data fra XML til CSV for PATK

```
import os
import xml.etree.ElementTree as ET
import csv

treeArray = [] # Lager array

for filename in os.listdir("C:\\Users\\tor_s\\Desktop\\Feltdata\\Oksna-N.2021"):
    if filename.endswith('.ATKSTAT'):
        treeArray.append(ET.parse("C:\\Users\\tor_s\\Desktop\\Feltdata\\Oksna-N.2021\\"+filename))
        # Legger til i treeArray

# open a file for writing

f = open('2021_nordgaaende_oksna.csv', 'w')

csvwriter = csv.writer(f)

count = 0

head = ['Tidspunkt', 'Hastighet', 'Aksel_1', 'Aksel_2', 'Aksel_3',
        'Aksel_4', 'Aksel_5', 'Aksel_6', 'Aksel_7', 'Aksel_8', 'Aksel_9', 'Aksel_10',
        '0_1', '1_2', '2_3', '3_4', '4_5', '5_6', '6_7', '7_8', '8_9', '9_10']

csvwriter.writerow(head)

for tree in treeArray:
    root = tree.getroot()
    for maaling in root.findall('{http://www.datk.no}måling'):
        row = []
        if_count = 0
        #For å telle antall ganger if'en har kjørt.
        #(9 - if_count) tilsvarer manglende verdier for aksler
        avstand_count = 0
        tidspunkt = maaling.find('{http://www.datk.no}dato').text
        row.append(tidspunkt)
        if maaling.find('{http://www.datk.no}hastighet') is not None:
            #Denne for å unngå problemer med registreringer uten hastighet
            hastighet = maaling.find('{http://www.datk.no}hastighet').text
            row.append(hastighet)
        else:
            row.append('0')
        for akselvekt in maaling.findall('{http://www.datk.no}akseldata'):
            if akselvekt.find('{http://www.datk.no}vekt') is not None:
                #Denne for å unngå problemer med registreringer uten aksler
                vekt = akselvekt.find('{http://www.datk.no}vekt').text
                row.append(vekt)
                if_count+=1
            else:
                row.append('0')
                if_count+=1
        if if_count < 10:
            for manglende in range(0,10-if_count):
                row.append('0') #Legger til verdien '0' for de resterende akselverdiene
        for akselvekt in maaling.findall('{http://www.datk.no}akseldata'):
            if akselvekt.find('{http://www.datk.no}avstand') is not None:
                #Denne for å unngå problemer med registreringer uten aksler
                avstand = akselvekt.find('{http://www.datk.no}avstand').text
                row.append(avstand)
                avstand_count+=1
            else:
                row.append('0')
                avstand_count+=1
        if avstand_count < 10:
            for manglende_avstand in range(0,10-avstand_count):
                row.append('0') #Legger til verdien '0' for de resterende akselverdiene
        csvwriter.writerow(row)
f.close()
```

C.2 XML til CSV (SATK)

Kodeutsnitt C.2: Kode for å overføre data fra XML til CSV for SATK

```

import os
import xml.etree.ElementTree as ET
import csv

treeArray = [] # Lager array

for filename in os.listdir("C:\\Users\\tor_s\\Desktop\\Felldata\\Finstad_V_2021"):
    if filename.endswith('.ATKSTAT'):
        treeArray.append(ET.parse("C:\\Users\\tor_s\\Desktop\\Felldata\\Finstad_V_2021\\"+filename))
        # Legger til i treeArray

# open a file for writing

f = open('2021-vestgaaende-finstad-0440021-TEST.csv', 'w')

csvwriter = csv.writer(f)

count = 0

head = ['Tidspunkt', 'Hastighet', 'Aksel_1', 'Aksel_2', 'Aksel_3',
        'Aksel_4', 'Aksel_5', 'Aksel_6', 'Aksel_7', 'Aksel_8', 'Aksel_9', 'Aksel_10', 'Aksel_11',
        '1_2', '2_3', '3_4', '4_5', '5_6', '6_7', '7_8', '8_9', '9_10', '10_11']

csvwriter.writerow(head)

for tree in treeArray:
    root = tree.getroot()
    for maaling in root.findall('{http://www.datk.no}måling'):
        row = []
        if_count = 0
        # For å telle antall ganger if'en har kjørt.
        #(9 - if_count) tilsvarer manglende verdier for aksler
        avstand_count = 0
        tidspunkt = maaling.find('{http://www.datk.no}dato').text
        row.append(tidspunkt)
        if maaling.find('{http://www.datk.no}hastighet') is not None:
            #Denne for å unngå problemer med registreringer uten hastighet
            hastighet = maaling.find('{http://www.datk.no}hastighet').text
            row.append(hastighet)
            if_count += 1
        else:
            row.append('0')
        for akselvekt in maaling.findall('{http://www.datk.no}akseldata'):
            if akselvekt.find('{http://www.datk.no}vekt') is not None:
                # Denne for å unngå problemer med registreringer uten aksler
                if akselvekt.find('{http://www.datk.no}kontrollsted').text == "0440021":
                    vekt = akselvekt.find('{http://www.datk.no}vekt').text
                    row.append(vekt)
                    if_count += 1
            else:
                row.append('0')
                if_count += 1
        if if_count < 11:
            for manglende in range(0, 10 - if_count):
                row.append('0') #Legger til verdien '0' for de resterende akselverdiene
        for akselvekt in maaling.findall('{http://www.datk.no}akseldata'):
            if akselvekt.find('{http://www.datk.no}avstand') is not None:
                # Denne for å unngå problemer med registreringer uten aksler
                if akselvekt.find('{http://www.datk.no}kontrollsted').text == "0440021":
                    #Denne for å unngå problemer med registreringer uten aksler
                    avstand = akselvekt.find('{http://www.datk.no}avstand').text
                    row.append(avstand)
                    avstand_count += 1
            else:
                row.append('0')
                avstand_count += 1
        if avstand_count < 10:
            for manglende_avstand in range(0, 10 - avstand_count):
                row.append('0') #Legger til verdien '0' for de resterende akselverdiene
        csvwriter.writerow(row)
f.close()

```

C.3 XML til CSV, Øksna S

ATK-punktet Øksna S registrerer trafikk i begge retninger. Av den grunn må det brukes en kode som kun henter ut data som er registrert i sørgående retning. Dette gjøres ved å bruke koden tilsvarende den presentert i tilleggskapittel C.1, men ved å også filtrere data som er registrert i feltnummer 2.

Kodeutsnitt C.3: Kode for å overføre XML-data til CSV ved ATK-punkt Øksna S

```
import os
import xml.etree.ElementTree as ET
import csv

treeArray = [] # Lager array

for filename in os.listdir("C:\\Users\\tor_s\\Desktop\\Master_data\\Oksna.s"):
    if filename.endswith('.ATKSTAT'):
        treeArray.append(ET.parse("C:\\Users\\tor_s\\Desktop\\Master_data\\Oksna.s\\"+filename))
        # Legger til i treeArray

# open a file for writing

f = open('2020_sorgaaende_oksna_feltnummer.csv', 'w')

csvwriter = csv.writer(f)

count = 0

head = ['Tidspunkt', 'Feltnummer', 'Hastighet', 'Aksel_1', 'Aksel_2', 'Aksel_3',
        'Aksel_4', 'Aksel_5', 'Aksel_6', 'Aksel_7', 'Aksel_8', 'Aksel_9', 'Aksel_10',
        '0_1', '1_2', '2_3', '3_4', '4_5', '5_6', '6_7', '7_8', '8_9', '9_10']

csvwriter.writerow(head)

for tree in treeArray:
    root = tree.getroot()
    for maaling in root.findall('{http://www.datk.no}måling'):
        row = []
        if_count = 0 #For å telle antall ganger if'en har kjørt.
        #(9 - if_count) tilsvarer manglende verdier for aksler
        avstand_count = 0
        tidspunkt = maaling.find('{http://www.datk.no}dato').text
        row.append(tidspunkt)
        feltnummer = maaling.find('{http://www.datk.no}feltnummer').text
        row.append(feltnummer)
        if maaling.find('{http://www.datk.no}hastighet') is not None:
            #Denne for å unngå problemer med registreringer uten hastighet
            hastighet = maaling.find('{http://www.datk.no}hastighet').text
            row.append(hastighet)
        else:
            row.append('0')
        for akselvekt in maaling.findall('{http://www.datk.no}akseldata'):
            if akselvekt.find('{http://www.datk.no}vekt') is not None:
                #Denne for å unngå problemer med registreringer uten aksler
                vekt = akselvekt.find('{http://www.datk.no}vekt').text
                row.append(vekt)
                if_count+=1
            else:
                row.append('0')
                if_count+=1
        if if_count < 10:
            for manglende in range(0,10-if_count):
                row.append('0') #Legger til verdien '0' for de resterende akselverdiene
        for akselvekt in maaling.findall('{http://www.datk.no}akseldata'):
            if akselvekt.find('{http://www.datk.no}avstand') is not None:
                #Denne for å unngå problemer med registreringer uten aksler
                avstand = akselvekt.find('{http://www.datk.no}avstand').text
                row.append(avstand)
                avstand_count+=1
            else:
                row.append('0')
                avstand_count+=1
        if avstand_count < 10:
            for manglende_avstand in range(0,10-avstand_count):
                row.append('0') #Legger til verdien '0' for de resterende akselverdiene
        csvwriter.writerow(row)
f.close()
```

C.4 Spredning av første aksel på semitrailer

Kodeutsnitt C.4: Kode som produserer plot av spredning av første aksel på semitrailer. Det er her tatt utgangspunkt i ATK-punktet Bergeberget V i perioden januar-mai 2021

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

df = pd.read_csv('C:\\Users\\tor_s\\PycharmProjects\\ATK_test\\Scripts\\
..._2021_vestgaaende_bergeberget_0440023.csv')

kalibreringsfaktor=1.17
month_min=1
month_max=5
year=2021

# — Legger inn nye kolonner i dataframen —

df['Month'] = df['Tidspunkt'].str[5:7] #Denne linjen legger til måned i df
df['Month'] = df['Month'].astype('int32') #Gjør om month hentet som str til int

df['Day'] = df['Tidspunkt'].str[8:10] #Denne linjen legger til dag i df
df['Day'] = df['Day'].astype('int32') #Gjør om day hentet som str til int

df['Hour'] = df['Tidspunkt'].str[11:13] #Denne linjen legger til time i df
df['Hour'] = df['Hour'].astype('int32') #Gjør om time hentet som str til int

df['Year'] = df['Tidspunkt'].str[0:4] #Denne linjen legger til måned i df
df['Year'] = df['Year'].astype('int32') #Gjør om month hentet som str til int

df['A1+A7'] = df['Aksel_1'] + df['Aksel_2'] + df['Aksel_3'] + df['Aksel_4'] +
df['Aksel_5'] + df['Aksel_6'] + df['Aksel_7']
#Lager kolonne med sum av Aksel_1 tom Aksel_7
df['A1+A7'] = df['A1+A7'].astype('float')

df['A1+A6'] = df['Aksel_1'] + df['Aksel_2'] + df['Aksel_3'] +
df['Aksel_4'] + df['Aksel_5'] + df['Aksel_6']
#Lager kolonne med sum av Aksel_1 tom Aksel_6
df['A1+A6'] = df['A1+A6'].astype('int32')

df['forste_siste'] = df['1_2'] + df['2_3'] + df['3_4'] + df['4_5'] +
df['5_6'] + df['6_7'] # Lager kolonne med sum av akselavstander
df['forste_siste'] = df['forste_siste'].astype('int32')

df['A1+A6_kalibrert'] = df['A1+A6'].multiply(kalibreringsfaktor)
df['A1+A6_kalibrert'] = df['A1+A6_kalibrert'].astype('int32')

df['A1+A7_kalibrert'] = df['A1+A7'].multiply(kalibreringsfaktor)
df['A1+A7_kalibrert'] = df['A1+A7_kalibrert'].astype('float')
df['A1+A7_kalibrert'] = df['A1+A7_kalibrert'].round(1)
#Denne linjen vil isåfall runde av til en desimal

df['Tidspunkt'] = pd.to_datetime(df['Tidspunkt']) #Gjør om dato til datoformat

df_semi = df.loc[(df['Aksel_6'] > 0) & (df['Aksel_7'] == 0) &
(df['1_2'] >= 3.00) & (df['1_2'] <= 3.30) &
(df['2_3'] >= 1.31) & (df['2_3'] <= 1.38) &
(df['3_4'] >= 5.50) & (df['3_4'] <= 5.80) &
(df['4_5'] >= 1.31) & (df['4_5'] <= 1.32) &
(df['5_6'] >= 1.31) & (df['5_6'] <= 1.32) &
(df['Month'] >= month_min) & (df['Month'] <= month_max)]

plt.ylim(0,15)
plt.title("Aksel_1 semitrailer ved Bergeberget, vestgaaende_2021")
plt.scatter(x=df_semi['Tidspunkt'], y=df_semi['Aksel_1'], s=1, color='red')
plt.xlabel('Tid')
plt.ylabel('Vekt_[tonn]')
plt.grid(True)

print(df_semi.describe())
plt.show()
```

C.5 Histogram og beregning av persentil

Kodeutsnitt C.5: Kode for å beregne persentil. Koden produserer også histogram for kalibrert totalvekt av kjøretøy. Det er her tatt utgangspunkt i ATK-punktet Øksna S i perioden januar-april 2021 i denne koden

```
import pandas as pd
from scipy import stats

df = pd.read_csv('C:\\Users\\tor_s\\PycharmProjects\\ATK.test\\Scripts\\
2021_sorgaaende.oksna_feltnummer_test.csv')

kalibreringsfaktor=1.14
month_min=1
month_max=4
year=2021

df['Month'] = df['Tidspunkt'].str[5:7] #Denne linjen legger til måned i df
df['Month'] = df['Month'].astype('int32') #Gjør om month hentet som str til int

df['Day'] = df['Tidspunkt'].str[8:10] #Denne linjen legger til dag i df
df['Day'] = df['Day'].astype('int32') #Gjør om day hentet som str til int

df['Hour'] = df['Tidspunkt'].str[11:13] #Denne linjen legger til time i df
df['Hour'] = df['Hour'].astype('int32') #Gjør om time hentet som str til int

df['Year'] = df['Tidspunkt'].str[0:4] #Denne linjen legger til måned i df
df['Year'] = df['Year'].astype('int32') #Gjør om month hentet som str til int

df['A1+A7'] = df['Aksel_1'] + df['Aksel_2'] +
df['Aksel_3'] + df['Aksel_4'] + df['Aksel_5'] + df['Aksel_6'] +
df['Aksel_7'] #Lager kolonne med sum av Aksel_1 tom Aksel_7

df['A1+A7'] = df['A1+A7'].astype('float')

df['A1+A6'] = df['Aksel_1'] + df['Aksel_2'] + df['Aksel_3'] +
df['Aksel_4'] + df['Aksel_5'] + df['Aksel_6'] #Lager kolonne med sum av Aksel_1 tom Aksel_6

df['A1+A6'] = df['A1+A6'].astype('int32')

df['forste_siste'] = df['1_2'] + df['2_3'] + df['3_4'] + df['4_5'] +
df['5_6'] + df['6_7'] # Lager kolonne med sum av akselavstander

df['forste_siste'] = df['forste_siste'].astype('int32')

df['A1+A6_kalibrert'] = df['A1+A6'].multiply(kalibreringsfaktor)
df['A1+A6_kalibrert'] = df['A1+A6_kalibrert'].astype('int32')

df['A1+A7_kalibrert'] = df['A1+A7'].multiply(kalibreringsfaktor)
df['A1+A7_kalibrert'] = df['A1+A7_kalibrert'].astype('float')
df['A1+A7_kalibrert'] = df['A1+A7_kalibrert'].round(1)

df_tommer3 = df.loc[(df['Aksel_7'] > 0) & (df['Aksel_8'] == 0) &
(df['1_2'] >= 4.0) & (df['1_2'] <= 5) &
(df['2_3'] >= 1.34) & (df['2_3'] <= 1.39) &
(df['3_4'] > 5.0) & (df['3_4'] < 5.8) &
(df['4_5'] >= 1.31) & (df['4_5'] <= 1.36) &
(df['5_6'] >= 5.3) & (df['5_6'] <= 5.7) &
(df['6_7'] >= 1.81) & (df['6_7'] <= 1.95) &
(df['Month'] >= month_min) & (df['Month'] <= month_max) &
(df['Year'] == year)]

#Lager histogram
sns.histplot(df_tommer3, x='A1+A7_kalibrert', fill=False, kde=True, bins=60, color='red')

#Beregner persentil
print(stats.percentileofscore(df_tommer3['A1+A7_kalibrert'], 63.9, kind='rank'))

plt.show()
```

C.6 Boksdiagrammer

Kodeutsnitt C.6: Kode for å utarbeide boksdiagrammer fra registrerte akselavstander fra feltforsøk

```

import matplotlib.pyplot as plt
data_1_2 = [4.59, 4.59, 4.60, 4.59, 4.59, 4.59, 4.59, 4.59, 4.59, 4.59, #Øksna N
            4.60, 4.59, 4.59, 4.58, 4.58, 4.59, 4.59, 4.59, 4.59, 4.59, #Øksna N
            4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, #Øksna S
            4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, 4.61, #Øksna S
            4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.61, 4.60, 4.59, 4.60, 4.60, 4.60, #Finstad O
            4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.59, 4.61, 4.60, 4.60, 4.59, #Finstad O
            4.60, 4.60, 4.61, 4.61, 4.61, 4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.61, #Bergeberget O
            4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.60, 4.60, #Bergeberget O
            4.58, 4.58, 4.58, 4.58, 4.57, 4.58, 4.58, 4.58, 4.58, 4.58, #Bergeberget V
            4.58, 4.58, 4.58, 4.58, 4.58, 4.58, 4.58, 4.57, 4.57, 4.58, #Bergeberget V
            ]

data_2_3 = [1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.36, 1.37, 1.37, 1.37, 1.36, #Øksna N
            1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, #Øksna N
            1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.38, 1.37, 1.38, #Øksna S
            1.37, 1.38, 1.37, 1.38, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.38, 1.38, #Øksna S
            1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, #Finstad O
            1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, #Finstad O
            1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, #Bergeberget O
            1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, #Bergeberget O
            1.36, 1.37, 1.37, 1.37, 1.37, 1.36, 1.37, 1.37, 1.37, 1.36, 1.37, #Bergeberget V
            1.37, 1.37, 1.37, 1.36, 1.37, 1.36, 1.37, 1.36, 1.37, 1.37, #Bergeberget V
            ]

data_3_4 = [5.52, 5.52, 5.52, 5.52, 5.52, 5.51, 5.51, 5.52, 5.52, 5.52, #Øksna N
            5.53, 5.52, 5.52, 5.52, 5.52, 5.52, 5.52, 5.52, 5.52, 5.52, #Øksna N
            5.54, 5.55, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, #Øksna S
            5.54, 5.55, 5.54, 5.54, 5.54, 5.55, 5.55, 5.55, 5.55, 5.54, 5.54, #Øksna S
            5.52, 5.54, 5.53, 5.54, 5.53, 5.53, 5.53, 5.53, 5.53, 5.53, #Finstad O
            5.52, 5.52, 5.54, 5.53, 5.53, 5.52, 5.53, 5.53, 5.53, 5.53, #Finstad O
            5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, #Bergeberget O
            5.54, 5.54, 5.53, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, 5.54, #Bergeberget O
            5.51, 5.51, 5.50, 5.50, 5.51, 5.51, 5.50, 5.50, 5.51, 5.50, #Bergeberget V
            5.51, 5.51, 5.51, 5.51, 5.51, 5.51, 5.50, 5.51, 5.51, 5.51, #Bergeberget V
            ]

data_4_5 = [1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.32, 1.33, 1.33, 1.32, #Øksna N
            1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.32, 1.33, 1.32, 1.33, 1.32, 1.32, #Øksna N
            1.33, 1.33, 1.33, 1.34, 1.33, 1.33, 1.33, 1.34, 1.33, 1.33, #Øksna S
            1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, #Øksna S
            1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, #Finstad O
            1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, #Finstad O
            1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, #Bergeberget O
            1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, 1.33, #Bergeberget O
            1.33, 1.33, 1.32, 1.33, 1.32, 1.32, 1.33, 1.32, 1.33, 1.32, #Bergeberget V
            1.32, 1.33, 1.33, 1.32, 1.33, 1.33, 1.32, 1.33, 1.33, 1.32, #Bergeberget V
            ]

data_5_6 = [5.46, 5.46, 5.46, 5.46, 5.46, 5.46, 5.46, 5.46, 5.46, 5.45, #Øksna N
            5.47, 5.46, 5.46, 5.46, 5.45, 5.46, 5.46, 5.46, 5.46, 5.46, #Øksna N
            5.48, 5.48, 5.48, 5.49, 5.49, 5.49, 5.49, 5.48, 5.49, 5.49, #Øksna S
            5.48, 5.49, 5.48, 5.49, 5.48, 5.48, 5.48, 5.48, 5.48, 5.49, #Øksna S
            5.47, 5.48, 5.48, 5.48, 5.48, 5.47, 5.48, 5.48, 5.48, 5.48, #Finstad O
            5.47, 5.47, 5.48, 5.47, 5.47, 5.48, 5.47, 5.47, 5.47, 5.47, #Finstad O
            5.47, 5.48, 5.48, 5.49, 5.48, 5.47, 5.48, 5.48, 5.48, 5.48, #Bergeberget O
            5.47, 5.47, 5.47, 5.48, 5.48, 5.48, 5.47, 5.48, 5.47, 5.48, #Bergeberget O
            5.45, 5.45, 5.45, 5.45, 5.46, 5.44, 5.45, 5.44, 5.45, 5.45, #Bergeberget V
            5.45, 5.45, 5.45, 5.46, 5.46, 5.45, 5.45, 5.46, 5.44, 5.45, #Bergeberget V
            ]

data_6_7 = [1.82, 1.82, 1.82, 1.81, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.81, #Øksna N
            1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, #Øksna N
            1.82, 1.83, 1.82, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.82, #Øksna S
            1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, #Øksna S
            1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, #Finstad O
            1.82, 1.82, 1.82, 1.83, 1.83, 1.82, 1.82, 1.82, 1.83, 1.82, #Finstad O
            1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, #Bergeberget O
            1.82, 1.83, 1.83, 1.83, 1.83, 1.82, 1.83, 1.82, 1.82, 1.83, #Bergeberget O
            1.82, 1.81, 1.81, 1.81, 1.81, 1.81, 1.81, 1.81, 1.81, 1.81, #Bergeberget V
            1.81, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.82, 1.81, 1.82, 1.82, 1.82, #Bergeberget V
            ]

plt.boxplot(data_6_7) #Lager boksdiagram for avstand 6-7
plt.show()

```

C.7 Kernel Density Estimations (KDEs)

Dette skriptet er noe langt, men skyldes at ATK-punktene Bergeberget V 2020, Bergeberget V 2021, Øksna S 2020 og Øksna S 2021 er tatt med i samme KDE-analyse.

Kodeutsnitt C.7: Kode for å utarbeide KDEs for vektspredning for flere ATK-punkter

```
import matplotlib.pyplot as plt

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

df_bergeberget_v_2020 = pd.read_csv('C:\\Users\\tor.s\\PycharmProjects\\ATK_test\\
----data\\vestgaaende_bergeberget_0440023.csv')
df_bergeberget_v = pd.read_csv('C:\\Users\\tor.s\\PycharmProjects\\ATK_test\\
----Scripts\\2021_vestgaaende_bergeberget_0440023.csv')
df_finstad_v = pd.read_csv('C:\\Users\\tor.s\\PycharmProjects\\ATK_test\\
----Scripts\\2021_vestgaaende_finstad_0440021_TEST.csv')
df_oksna_s_2020 = pd.read_csv('C:\\Users\\tor.s\\PycharmProjects\\ATK_test\\
----Scripts\\2020_sorgaaende_oksna_feltnummer_forkortet.csv')
df_oksna_s_2021 = pd.read_csv('C:\\Users\\tor.s\\PycharmProjects\\ATK_test\\
----Scripts\\2021_sorgaaende_oksna_feltnummer_test.csv')

kalibreringsfaktor_bergeberget_v_2020=1.17
kalibreringsfaktor_bergeberget_v=1.26
kalibreringsfaktor_finstad_v=1.27
kalibreringsfaktor_oksna_s_2020=1.16
kalibreringsfaktor_oksna_s_2021=1.18
month_min=1
month_max=4
year=2021

# — Legger inn nye kolonner i dataframen —

df_bergeberget_v['Month'] = df_bergeberget_v['Tidspunkt'].str[5:7]
#Denne linjen legger til måned i df
df_bergeberget_v['Month'] = df_bergeberget_v['Month'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_bergeberget_v['Day'] = df_bergeberget_v['Tidspunkt'].str[8:10]
#Denne linjen legger til dag i df
df_bergeberget_v['Day'] = df_bergeberget_v['Day'].astype('int32')
#Gjør om day hentet som str til int

df_bergeberget_v['Hour'] = df_bergeberget_v['Tidspunkt'].str[11:13]
#Denne linjen legger til time i df
df_bergeberget_v['Hour'] = df_bergeberget_v['Hour'].astype('int32')
#Gjør om time hentet som str til int

df_bergeberget_v['Year'] = df_bergeberget_v['Tidspunkt'].str[0:4]
#Denne linjen legger til måned i df
df_bergeberget_v['Year'] = df_bergeberget_v['Year'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_bergeberget_v['A1+A7'] = df_bergeberget_v['Aksel_1'] + df_bergeberget_v['Aksel_2'] +
df_bergeberget_v['Aksel_3'] + df_bergeberget_v['Aksel_4'] + df_bergeberget_v['Aksel_5'] +
df_bergeberget_v['Aksel_6'] + df_bergeberget_v['Aksel_7']
#Lager kolonne med sum av Aksel_1 tom Aksel_7
df_bergeberget_v['A1+A7'] = df_bergeberget_v['A1+A7'].astype('float')

df_bergeberget_v['A1+A6'] = df_bergeberget_v['Aksel_1'] + df_bergeberget_v['Aksel_2']+
df_bergeberget_v['Aksel_3']+ df_bergeberget_v['Aksel_4']+ df_bergeberget_v['Aksel_5']+
df_bergeberget_v['Aksel_6'] #Lager kolonne med sum av Aksel_1 tom Aksel_6
df_bergeberget_v['A1+A6'] = df_bergeberget_v['A1+A6'].astype('int32')

df_bergeberget_v['forste_siste'] = df_bergeberget_v['1_2'] + df_bergeberget_v['2_3'] +
df_bergeberget_v['3_4'] + df_bergeberget_v['4_5'] + df_bergeberget_v['5_6'] +
df_bergeberget_v['6_7'] # Lager kolonne med sum av akselavstander
df_bergeberget_v['forste_siste'] = df_bergeberget_v['forste_siste'].astype('int32')

df_bergeberget_v['A1+A6_kalibrert'] =
df_bergeberget_v['A1+A6'].multiply(kalibreringsfaktor_bergeberget_v)
df_bergeberget_v['A1+A6_kalibrert'] = df_bergeberget_v['A1+A6_kalibrert'].astype('int32')

df_bergeberget_v['A1+A7_kalibrert'] =
df_bergeberget_v['A1+A7'].multiply(kalibreringsfaktor_bergeberget_v)
df_bergeberget_v['A1+A7_kalibrert'] =
df_bergeberget_v['A1+A7_kalibrert'].astype('float')
df_bergeberget_v['A1+A7_kalibrert'] =
```

```
df_bergeberget_v['A1+A7_kalibrert'].round(1)

#-----

df_bergeberget_v_2020['Month'] = df_bergeberget_v_2020['Tidspunkt'].str[5:7]
#Denne linjen legger til måned i df
df_bergeberget_v_2020['Month'] = df_bergeberget_v_2020['Month'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_bergeberget_v_2020['Day'] = df_bergeberget_v_2020['Tidspunkt'].str[8:10]
#Denne linjen legger til dag i df
df_bergeberget_v_2020['Day'] = df_bergeberget_v_2020['Day'].astype('int32')
#Gjør om day hentet som str til int

df_bergeberget_v_2020['Hour'] = df_bergeberget_v_2020['Tidspunkt'].str[11:13]
#Denne linjen legger til time i df
df_bergeberget_v_2020['Hour'] = df_bergeberget_v_2020['Hour'].astype('int32')
#Gjør om time hentet som str til int

df_bergeberget_v_2020['Year'] = df_bergeberget_v_2020['Tidspunkt'].str[0:4]
#Denne linjen legger til måned i df
df_bergeberget_v_2020['Year'] = df_bergeberget_v_2020['Year'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_bergeberget_v_2020['A1+A7'] = df_bergeberget_v_2020['Aksel.1'] +
df_bergeberget_v_2020['Aksel.2'] + df_bergeberget_v_2020['Aksel.3'] +
df_bergeberget_v_2020['Aksel.4'] + df_bergeberget_v_2020['Aksel.5'] +
df_bergeberget_v_2020['Aksel.6'] + df_bergeberget_v_2020['Aksel.7']
#Lager kolonne med sum av Aksel.1 tom Aksel.7
df_bergeberget_v_2020['A1+A7'] = df_bergeberget_v_2020['A1+A7'].astype('float')

df_bergeberget_v_2020['A1+A6'] = df_bergeberget_v_2020['Aksel.1'] +
df_bergeberget_v_2020['Aksel.2'] + df_bergeberget_v_2020['Aksel.3'] +
df_bergeberget_v_2020['Aksel.4'] + df_bergeberget_v_2020['Aksel.5'] +
df_bergeberget_v_2020['Aksel.6'] #Lager kolonne med sum av Aksel.1 tom Aksel.6
df_bergeberget_v_2020['A1+A6'] = df_bergeberget_v_2020['A1+A6'].astype('int32')

df_bergeberget_v_2020['forste_siste'] = df_bergeberget_v_2020['1_2'] +
df_bergeberget_v_2020['2_3'] + df_bergeberget_v_2020['3_4'] +
df_bergeberget_v_2020['4_5'] + df_bergeberget_v_2020['5_6'] +
df_bergeberget_v_2020['6_7'] # Lager kolonne med sum av akselavstander
df_bergeberget_v_2020['forste_siste'] = df_bergeberget_v_2020['forste_siste'].astype('int32')

df_bergeberget_v_2020['A1+A6_kalibrert'] =
df_bergeberget_v_2020['A1+A6'].multiply(kalibreringsfaktor_bergeberget_v_2020)
df_bergeberget_v_2020['A1+A6_kalibrert'] =
df_bergeberget_v_2020['A1+A6_kalibrert'].astype('int32')

df_bergeberget_v_2020['A1+A7_kalibrert'] =
df_bergeberget_v_2020['A1+A7'].multiply(kalibreringsfaktor_bergeberget_v_2020)
df_bergeberget_v_2020['A1+A7_kalibrert'] =
df_bergeberget_v_2020['A1+A7_kalibrert'].astype('float')
df_bergeberget_v_2020['A1+A7_kalibrert'] =
df_bergeberget_v_2020['A1+A7_kalibrert'].round(1)

#-----

df_finstad_v['Month'] = df_finstad_v['Tidspunkt'].str[5:7]
#Denne linjen legger til måned i df
df_finstad_v['Month'] = df_finstad_v['Month'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_finstad_v['Day'] = df_finstad_v['Tidspunkt'].str[8:10]
#Denne linjen legger til dag i df
df_finstad_v['Day'] = df_finstad_v['Day'].astype('int32')
#Gjør om day hentet som str til int

df_finstad_v['Hour'] = df_finstad_v['Tidspunkt'].str[11:13]
#Denne linjen legger til time i df
df_finstad_v['Hour'] = df_finstad_v['Hour'].astype('int32')
#Gjør om time hentet som str til int

df_finstad_v['Year'] = df_finstad_v['Tidspunkt'].str[0:4]
#Denne linjen legger til måned i df
df_finstad_v['Year'] = df_finstad_v['Year'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_finstad_v['A1+A7'] = df_finstad_v['Aksel.1'] + df_finstad_v['Aksel.2'] +
df_finstad_v['Aksel.3'] + df_finstad_v['Aksel.4'] + df_finstad_v['Aksel.5'] +
df_finstad_v['Aksel.6'] + df_finstad_v['Aksel.7']
#Lager kolonne med sum av Aksel.1 tom Aksel.7
df_finstad_v['A1+A7'] = df_finstad_v['A1+A7'].astype('float')
```

```
df_finstad_v['A1+A6'] = df_finstad_v['Aksel.1'] + df_finstad_v['Aksel.2'] +
    df_finstad_v['Aksel.3'] + df_finstad_v['Aksel.4'] + df_finstad_v['Aksel.5'] +
    df_finstad_v['Aksel.6'] #Lager kolonne med sum av Aksel.1 tom Aksel.6
df_finstad_v['A1+A6'] = df_finstad_v['A1+A6'].astype('int32')

df_finstad_v['forste_siste'] = df_finstad_v['1.2'] + df_finstad_v['2.3'] +
    df_finstad_v['3.4'] + df_finstad_v['4.5'] + df_finstad_v['5.6'] +
    df_finstad_v['6.7'] # Lager kolonne med sum av akselavstander
df_finstad_v['forste_siste'] = df_finstad_v['forste_siste'].astype('int32')

df_finstad_v['A1+A6_kalibrert'] = df_finstad_v['A1+A6'].multiply(kalibreringsfaktor_finstad_v)
df_finstad_v['A1+A6_kalibrert'] = df_finstad_v['A1+A6_kalibrert'].astype('int32')

df_finstad_v['A1+A7_kalibrert'] = df_finstad_v['A1+A7'].multiply(kalibreringsfaktor_finstad_v)
df_finstad_v['A1+A7_kalibrert'] = df_finstad_v['A1+A7_kalibrert'].astype('float')
df_finstad_v['A1+A7_kalibrert'] = df_finstad_v['A1+A7_kalibrert'].round(1)

#-----

df_oksna_s_2021['Month'] = df_oksna_s_2021['Tidspunkt'].str[5:7]
#Denne linjen legger til måned i df
df_oksna_s_2021['Month'] = df_oksna_s_2021['Month'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_oksna_s_2021['Day'] = df_oksna_s_2021['Tidspunkt'].str[8:10]
#Denne linjen legger til dag i df
df_oksna_s_2021['Day'] = df_oksna_s_2021['Day'].astype('int32')
#Gjør om day hentet som str til int

df_oksna_s_2021['Hour'] = df_oksna_s_2021['Tidspunkt'].str[11:13]
#Denne linjen legger til time i df
df_oksna_s_2021['Hour'] = df_oksna_s_2021['Hour'].astype('int32')
#Gjør om time hentet som str til int

df_oksna_s_2021['Year'] = df_oksna_s_2021['Tidspunkt'].str[0:4]
#Denne linjen legger til måned i df
df_oksna_s_2021['Year'] = df_oksna_s_2021['Year'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_oksna_s_2021['A1+A7'] = df_oksna_s_2021['Aksel.1'] + df_oksna_s_2021['Aksel.2'] +
    df_oksna_s_2021['Aksel.3'] + df_oksna_s_2021['Aksel.4'] + df_oksna_s_2021['Aksel.5'] +
    df_oksna_s_2021['Aksel.6'] + df_oksna_s_2021['Aksel.7']
    #Lager kolonne med sum av Aksel.1 tom Aksel.7
df_oksna_s_2021['A1+A7'] = df_oksna_s_2021['A1+A7'].astype('float')

df_oksna_s_2021['A1+A6'] = df_oksna_s_2021['Aksel.1'] + df_oksna_s_2021['Aksel.2'] +
    df_oksna_s_2021['Aksel.3'] + df_oksna_s_2021['Aksel.4'] + df_oksna_s_2021['Aksel.5'] +
    df_oksna_s_2021['Aksel.6'] #Lager kolonne med sum av Aksel.1 tom Aksel.6
df_oksna_s_2021['A1+A6'] = df_oksna_s_2021['A1+A6'].astype('int32')

df_oksna_s_2021['forste_siste'] = df_oksna_s_2021['1.2'] + df_oksna_s_2021['2.3'] +
    df_oksna_s_2021['3.4'] + df_oksna_s_2021['4.5'] + df_oksna_s_2021['5.6'] +
    df_oksna_s_2021['6.7'] # Lager kolonne med sum av akselavstander
df_oksna_s_2021['forste_siste'] = df_oksna_s_2021['forste_siste'].astype('int32')

df_oksna_s_2021['A1+A6_kalibrert'] = df_oksna_s_2021['A1+A6'].multiply(kalibreringsfaktor_oksna_s_2021)
df_oksna_s_2021['A1+A6_kalibrert'] = df_oksna_s_2021['A1+A6_kalibrert'].astype('int32')

df_oksna_s_2021['A1+A7_kalibrert'] = df_oksna_s_2021['A1+A7'].multiply(kalibreringsfaktor_oksna_s_2021)
df_oksna_s_2021['A1+A7_kalibrert'] = df_oksna_s_2021['A1+A7_kalibrert'].astype('float')
df_oksna_s_2021['A1+A7_kalibrert'] = df_oksna_s_2021['A1+A7_kalibrert'].round(1)

#-----

df_oksna_s_2020['Month'] = df_oksna_s_2020['Tidspunkt'].str[5:7]
#Denne linjen legger til måned i df
df_oksna_s_2020['Month'] = df_oksna_s_2020['Month'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int

df_oksna_s_2020['Day'] = df_oksna_s_2020['Tidspunkt'].str[8:10]
#Denne linjen legger til dag i df
df_oksna_s_2020['Day'] = df_oksna_s_2020['Day'].astype('int32')
#Gjør om day hentet som str til int

df_oksna_s_2020['Hour'] = df_oksna_s_2020['Tidspunkt'].str[11:13]
#Denne linjen legger til time i df
df_oksna_s_2020['Hour'] = df_oksna_s_2020['Hour'].astype('int32')
#Gjør om time hentet som str til int

df_oksna_s_2020['Year'] = df_oksna_s_2020['Tidspunkt'].str[0:4]
#Denne linjen legger til måned i df
df_oksna_s_2020['Year'] = df_oksna_s_2020['Year'].astype('int32')
#Gjør om month hentet som str til int
```

```

df.oksna_s_2020['A1+A7'] = df.oksna_s_2020['Aksel.1'] + df.oksna_s_2020['Aksel.2'] +
df.oksna_s_2020['Aksel.3'] + df.oksna_s_2020['Aksel.4'] + df.oksna_s_2020['Aksel.5'] +
df.oksna_s_2020['Aksel.6'] + df.oksna_s_2020['Aksel.7']
#Lager kolonne med sum av Aksel.1 tom Aksel.7
df.oksna_s_2020['A1+A7'] = df.oksna_s_2020['A1+A7'].astype('float')

df.oksna_s_2020['A1+A6'] = df.oksna_s_2020['Aksel.1'] + df.oksna_s_2020['Aksel.2'] +
df.oksna_s_2020['Aksel.3'] + df.oksna_s_2020['Aksel.4'] + df.oksna_s_2020['Aksel.5'] +
df.oksna_s_2020['Aksel.6'] #Lager kolonne med sum av Aksel.1 tom Aksel.6
df.oksna_s_2020['A1+A6'] = df.oksna_s_2020['A1+A6'].astype('int32')

df.oksna_s_2020['forste_siste'] = df.oksna_s_2020['1.2'] + df.oksna_s_2020['2.3'] +
df.oksna_s_2020['3.4'] + df.oksna_s_2020['4.5'] + df.oksna_s_2020['5.6'] +
df.oksna_s_2020['6.7'] # Lager kolonne med sum av akselavstander
df.oksna_s_2020['forste_siste'] = df.oksna_s_2020['forste_siste'].astype('int32')

df.oksna_s_2020['A1+A6_kalibrert'] = df.oksna_s_2020['A1+A6'].multiply(kalibreringsfaktor.oksna_s_2020)
df.oksna_s_2020['A1+A6_kalibrert'] = df.oksna_s_2020['A1+A6_kalibrert'].astype('int32')

df.oksna_s_2020['A1+A7_kalibrert'] = df.oksna_s_2020['A1+A7'].multiply(kalibreringsfaktor.oksna_s_2020)
df.oksna_s_2020['A1+A7_kalibrert'] = df.oksna_s_2020['A1+A7_kalibrert'].astype('float')
df.oksna_s_2020['A1+A7_kalibrert'] = df.oksna_s_2020['A1+A7_kalibrert'].round(1)

# — SLUTT innlegging nye kolonner i dataframen —

# — Filter for dataframes —

df.bergeberget_v_tommer3 = df.bergeberget_v.loc[(df.bergeberget_v['Aksel.7'] > 0) &
(df.bergeberget_v['Aksel.8'] == 0) &
(df.bergeberget_v['1.2'] >= 4.0) & (df.bergeberget_v['1.2'] <= 5) &
(df.bergeberget_v['2.3'] >= 1.34) & (df.bergeberget_v['2.3'] <= 1.39) &
(df.bergeberget_v['3.4'] > 5.0) & (df.bergeberget_v['3.4'] < 5.8) &
(df.bergeberget_v['4.5'] >= 1.31) & (df.bergeberget_v['4.5'] <= 1.36) &
(df.bergeberget_v['5.6'] >= 5.3) & (df.bergeberget_v['5.6'] <= 5.7) &
(df.bergeberget_v['6.7'] >= 1.81) & (df.bergeberget_v['6.7'] <= 1.95) &
(df.bergeberget_v['Month'] >= month_min) & (df.bergeberget_v['Month'] <= month_max) &
(df.bergeberget_v['Year'] == year)]

df.finstad_v_tommer3 = df.finstad_v.loc[(df.finstad_v['Aksel.7'] > 0) &
(df.finstad_v['Aksel.8'] == 0) &
(df.finstad_v['1.2'] >= 4.0) & (df.finstad_v['1.2'] <= 5) &
(df.finstad_v['2.3'] >= 1.34) & (df.finstad_v['2.3'] <= 1.39) &
(df.finstad_v['3.4'] > 5.0) & (df.finstad_v['3.4'] < 5.8) &
(df.finstad_v['4.5'] >= 1.31) & (df.finstad_v['4.5'] <= 1.36) &
(df.finstad_v['5.6'] >= 5.3) & (df.finstad_v['5.6'] <= 5.7) &
(df.finstad_v['6.7'] >= 1.81) & (df.finstad_v['6.7'] <= 1.95) &
(df.finstad_v['Month'] >= month_min) & (df.finstad_v['Month'] <= month_max) &
(df.finstad_v['Year'] == year)]

df.bergeberget_v_2020_tommer3 = df.bergeberget_v_2020.loc[(df.bergeberget_v_2020['Aksel.7'] > 0) &
(df.bergeberget_v_2020['Aksel.8'] == 0) &
(df.bergeberget_v_2020['1.2'] >= 4.0) & (df.bergeberget_v_2020['1.2'] <= 5) &
(df.bergeberget_v_2020['2.3'] >= 1.34) & (df.bergeberget_v_2020['2.3'] <= 1.39) &
(df.bergeberget_v_2020['3.4'] > 5.0) & (df.bergeberget_v_2020['3.4'] < 5.8) &
(df.bergeberget_v_2020['4.5'] >= 1.31) & (df.bergeberget_v_2020['4.5'] <= 1.36) &
(df.bergeberget_v_2020['5.6'] >= 5.3) & (df.bergeberget_v_2020['5.6'] <= 5.7) &
(df.bergeberget_v_2020['6.7'] >= 1.81) & (df.bergeberget_v_2020['6.7'] <= 1.95) &
(df.bergeberget_v_2020['Month'] >= month_min) &
(df.bergeberget_v_2020['Month'] <= month_max) &
(df.bergeberget_v_2020['Year'] == 2020)]

df.oksna_s_2021_tommer3 = df.oksna_s_2021.loc[(df.oksna_s_2021['Aksel.7'] > 0) &
(df.oksna_s_2021['Aksel.8'] == 0) &
(df.oksna_s_2021['1.2'] >= 4.0) & (df.oksna_s_2021['1.2'] <= 5) &
(df.oksna_s_2021['2.3'] >= 1.34) & (df.oksna_s_2021['2.3'] <= 1.39) &
(df.oksna_s_2021['3.4'] > 5.0) & (df.oksna_s_2021['3.4'] < 5.8) &
(df.oksna_s_2021['4.5'] >= 1.31) & (df.oksna_s_2021['4.5'] <= 1.36) &
(df.oksna_s_2021['5.6'] >= 5.3) & (df.oksna_s_2021['5.6'] <= 5.7) &
(df.oksna_s_2021['6.7'] >= 1.81) & (df.oksna_s_2021['6.7'] <= 1.95) &
(df.oksna_s_2021['Month'] >= month_min) & (df.oksna_s_2021['Month'] <= month_max) &
(df.oksna_s_2021['Feltnummer'] == 2) &
(df.oksna_s_2021['Year'] == year)]

df.oksna_s_2020_tommer3 = df.oksna_s_2020.loc[(df.oksna_s_2020['Aksel.7'] > 0) &
(df.oksna_s_2020['Aksel.8'] == 0) &
(df.oksna_s_2020['1.2'] >= 4.0) & (df.oksna_s_2020['1.2'] <= 5) &
(df.oksna_s_2020['2.3'] >= 1.34) & (df.oksna_s_2020['2.3'] <= 1.39) &
(df.oksna_s_2020['3.4'] > 5.0) & (df.oksna_s_2020['3.4'] < 5.8) &
(df.oksna_s_2020['4.5'] >= 1.31) & (df.oksna_s_2020['4.5'] <= 1.36) &
(df.oksna_s_2020['5.6'] >= 5.3) & (df.oksna_s_2020['5.6'] <= 5.7) &
(df.oksna_s_2020['6.7'] >= 1.81) & (df.oksna_s_2020['6.7'] <= 1.95) &
(df.oksna_s_2020['Month'] >= 10) & (df.oksna_s_2020['Month'] <= 12) &

```



```
(df_oksna_s_2020['Feltnummer'] == 2) &
(df_oksna_s_2020['Year'] == 2020)]

# — KDE —
sns.kdeplot(df_finstad_v_tommer3['A1+A7_kalibrert'], shade=False, color="r",
            Label='Vektspredning_tømmer_Finstad_V_M1-4_2021', bw_adjust=0.3)
sns.kdeplot(df_bergeberget_v_tommer3['A1+A7_kalibrert'], shade=False, color="b",
            Label='Vektspredning_tømmer_Bergeberget_V_M1-4_2021', bw_adjust=0.3)
sns.kdeplot(df_bergeberget_v_2020_tommer3['A1+A7_kalibrert'], shade=False,
            color="g", Label='Vektspredning_tømmer_Bergeberget_V_M1-4_2020', bw_adjust=0.3)
sns.kdeplot(df_oksna_s_2021_tommer3['A1+A7_kalibrert'], shade=False, color="y",
            Label='Vektspredning_tømmer_Øksna_S_M1-4_2021', bw_adjust=0.3)
sns.kdeplot(df_oksna_s_2020_tommer3['A1+A7_kalibrert'], shade=False, color="c",
            Label='Vektspredning_tømmer_Øksna_S_M10-12_2020', bw_adjust=0.3)

plt.legend()
plt.title("Vektspredning_av_tømmervogntog_fra_ulike_ATK-punkter,_C-ATK_alle")
plt.show()
```

