

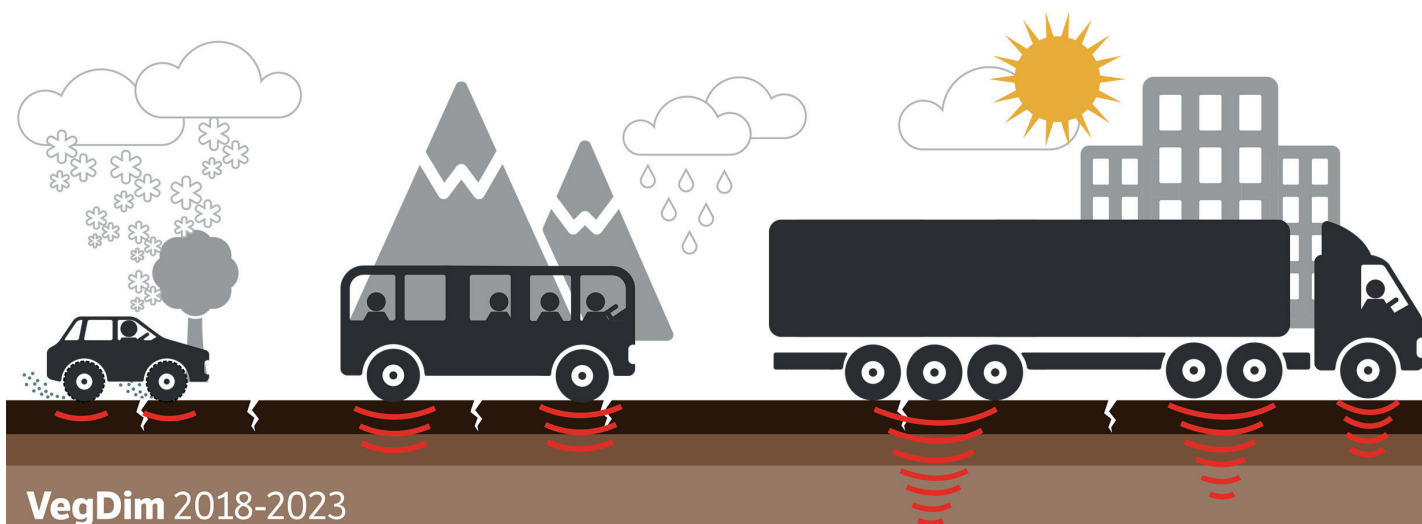


Nøyaktighet ved WIM (Weigh-In-Motion) målinger

En litteraturstudie

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 735



VegDim 2018-2023

Tittel

Nøyaktighet ved WIM (Weigh-In-Motion) målinger

Undertittel

En litteraturstudie

Forfatter

Rabbira Garba Saba

Avdeling

Teknologi Drift og vedlikehold

Seksjon**Prosjektnummer**

C13480

Rapportnummer

Nr. 735

Prosjektleder

Brynhild Snilsberg

Godkjent av

Brynhild Snilsberg

Emneord

WIM målinger, nøyaktighet, kalibrering, erfaringer

Sammendrag

Hovedmålet for FoU-programmet VegDim (2018 – 2023) er å utvikle og ta i bruk et mekanistisk-empirisk (ME) dimensjonerings-system for vegoverbygninger. Ett av de viktigste inngangsparametere for ME-dimensjonerings-systemer er vektdata for de tunge kjøretøyene i trafikken. Det er derfor satt i gang et arbeid i VegDim programmet for å få samlet/registrert vektdata for tungtrafikken fra forskjellige deler av landet ved bruk av WIM (weigh-in motion) systemer. I forbindelse med dette arbeidet ble det gjennomført et litteratursøk for å samle informasjon om nøyaktigheten av WIM-systemer og erfaringer med WIM-målinger i andre land. Denne rapporten beskriver resultatene av dette litteratursøket.

Title

Accuracy of WIM (Weigh-In-Motion) measurements

Subtitle

A literature review

Author

Rabbira Garba Saba

Department

Technology

Section**Project number**

C13480

Report number

No. 735

Project manager

Brynhild Snilsberg

Approved by

Brynhild Snilsberg

Key words

WIM measurements, accuracy, calibration, experiences

Summary

The main objective of the R&D program VegDim (2018 – 2023) is to develop and implement a mechanistic -empirical (ME) pavement design system. One of the most important in-put parameters for ME pavement design systems is traffic loading data. A work is therefore initiated under the VegDim program to collect/measure axle load data for heavy vehicles from different parts of the country using WIM (weigh-in-motion) systems. A literature review was conducted as part of this work to collect information on accuracy of various WIM systems and experiences with WIM systems from other countries. This report describes the results of the literature review.



Innhold

Innledning.....	2
Behov for trafikkdata ifm. ME dimensjonering.....	2
Hva er et WIM -system?.....	3
Nøyaktighet ved WIM målinger	5
Hvordan vurderes nøyaktigheten ved WIM målinger?.....	6
Erfaringer med P-WIM i andre land	9
Behov for kalibrering av P-WIM	10
Konklusjoner.....	11
References.....	11

Innledning

Hovedmålet for FoU-programmet VegDim (2018 – 2023) er å vurdere, velge, tilpasse til norske forhold og ta i bruk et eksisterende mekanistisk-empirisk (ME) dimensjoneringsystem for vegoverbygninger. Ett av de viktigste inngangsparametere for ME-dimensjoneringsystemer er vektdata for de tunge kjøretøyene i trafikken. Derfor er det satt i gang et arbeid i VegDim programmet for å få samlet/registrert vektdata for tungtrafikken fra forskjellige deler av landet.

Statens vegvesen har tidligere gjennomført flere felt forsøk for å registrere aksellast eller totalvekt for de tunge kjøretøyene ved bruk av forskjellige «Weigh-in-motion (WIM)» systemer. Resultatene fra disse forsøkene har vist at målenøyaktigheten til WIM-systemene varierer og noen av systemene kan gi betydelige avvik. Ut ifra disse resultatene har man stilt følgende spørsmål:

- Hva er tilstrekkelig/god nok nøyaktighetsnivå for WIM-måledata som skal brukes til dimensjonering av en vegoverbygning?
- Hva er erfaringene med WIM-målinger fra andre land?
- Finnes det standard metoder/prosedyre som kan brukes til vurdering av nøyaktighet ved WIM-målinger?
- Hva er de viktigste tiltakene man kan gjøre for å få nøyaktige data fra WIM-målinger?

Et litteratursøk ble gjennomført for å samle informasjon som kan bidra til å besvare på spørsmålene nevnt ovenfor. Denne rapporten beskriver resultatene av dette litteratursøket.

Behov for trafikkdata ifm. ME dimensjonering

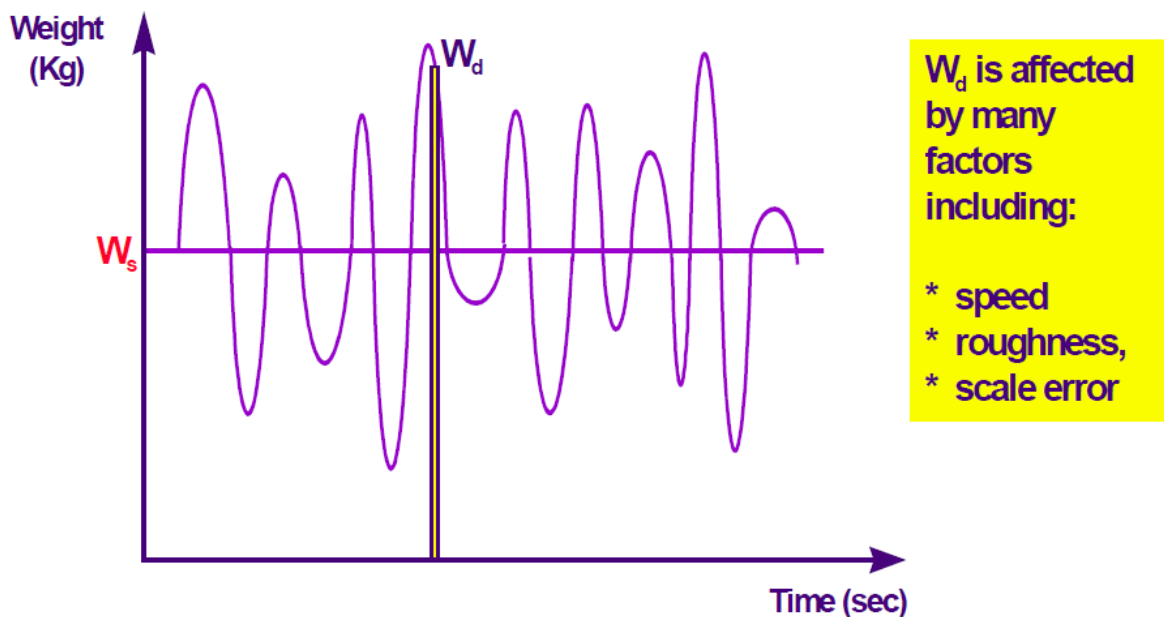
Trafikkdata er et av de viktigste inngangsparametere til et dimensjoneringsystem. Det er data for tungtrafikken, dvs. data for vekt og antall tunge kjøretøy som danner grunnlaget for dimensjonering av en vegoverbygning. I Norge har vi data om ÅDT-T, dvs. antall tunge kjøretøy (definert som kjøretøy med lengde over 5,6m), men det mangler vektdata. Vegoverbygningen dimensjoneres for å tåle en viss aksellast samt et visst antall akselrepetisjoner. Derfor har vi behov for trafikkbelastningsdata som omfatter:

- Aksellastfordelingen for enkel-, boggi-, og trippelboggiaksler
- Gjennomsnittlig antall aksler pr kjøretøy og gjennomsnittlig antall enkel-, boggi-, og trippelboggiaksler pr kjøretøy
- Klassifisering av de tunge kjøretøyene

I tillegg kan det være nyttig å få data og informasjon om dekktrykk og akselavstand. For å skaffe aksellastdata må man registrere aksellast på veg på flere steder rundt omlandet. Til registrering/måling av aksellast brukes det såkalt Weigh-in-motion (WIM) teknologi. WIM-teknologien muliggjør måling av aksellast i fart, dvs. man trenger ikke stoppe kjøretøyene for å foreta målinger. Dette gir mulighet for å registrere flere biler/aksler med varierende aksellast og dermed gir mulighet til å lage aksellastfordeling for de forskjellige akseltypene.

Hva er et WIM -system?

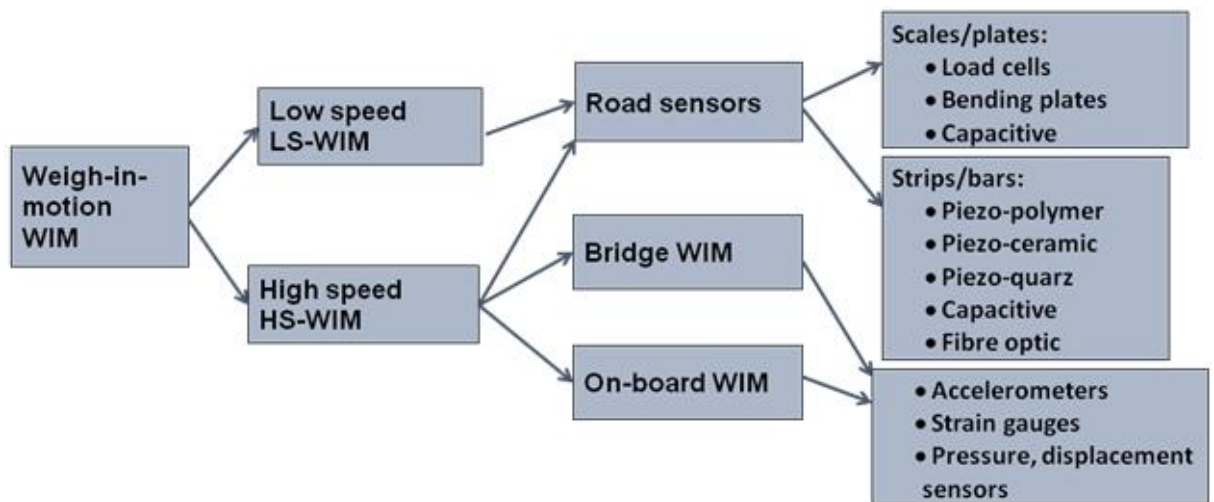
Et WIM-system omfatter utstyr, sensorer, og dataprogrammer som brukes til måling av aksellast eller totalvekt for lastbiler mens de er i bevegelse. Sensorene registrerer den dynamiske hjullasten som da brukes til å beregne aksellast og totalvekt. Den dynamiske hjullasten påvirkes av bl.a. kjørehastighet og ujevnheter. Figur 1 illustrerer forskjellen mellom dynamiske laster (W_d) som registreres av WIM og statiske laster (W_s) som måles på vektstasjoner.



Figur 1 Dynamisk og statisk veiing [1]

På grunn av den dynamiske effekten er nøyaktigheten for WIM systemer lavere enn for statisk veiing. Det er også umulig å bestemme den absolutte nøyaktigheten for WIM systemer. Av den grunn gis nøyaktigheten av WIM systemer som prosentvis nøyaktighet med et visst konfidensnivå.

Ifølge den internasjonale foreningen for WIM (International Society for Weigh in Motion) deles WIM systemene i to hovedgrupper; Lavhastighet (Low speed, LS-WIM) og høyhastighet (High speed, HS-WIM) [2]. Med LS-WIM utføres veiingen på et dedikert, flatt og jevnt område utenfor kjørefeltet der kjøretøyene kjører med en hastighet som er lavere enn 10km/t. Dette gjøres for å unngå den dynamiske effekten. Vekt fra LS-WIM antas å være lik statiskvekt. Med HS-WIM utføres veiingen i kjørefeltet ved normal trafikkhastighet. Registrerte vektverdier fra HS-WIM kan avvike fra statiskvektverdier som vist i figur 1. Basert på hvor sensorene er installert kan WIM systemene deles i tre; veg-WIM (road sensors også kalt pavement WIM, P-WIM), bru-WIM (bridge WIM, B-WIM), og kjøretøy WIM (on-board WIM, altså installert på kjøretøyet). Det brukes flere typer utstyr og sensorer i WIM systemene som vist i Figur 2.



Figur 2 oversikt over WIM systemer og sensorer [2]

Sensorer

Sensorene som brukes i P-WIM systemer dels ofte i to hovedgrupper; vekter (vektskåler) og piezo-elektriske sensorer (strips/ bars). WIM vekter er instrumenterte plater som monteres i vegdekket ved bruk av rigide rammeverk eller betongkasser. Vektene måler hjulvekt (eller akselvekt) ved bruk av enten lastceller eller tøyningmålere (strain gauges). Plater med lastceller gir ganske nøyaktige målinger, men de er dyre [2]. Vekt-skåler med lastceller brukes ofte i lavhastighet WIM systemer (LS - WIM). Plater med tøyningmålere er billigere, men gir mindre nøyaktige målinger og de brukes i høyhastighets WIM systemer (HS-WIM).

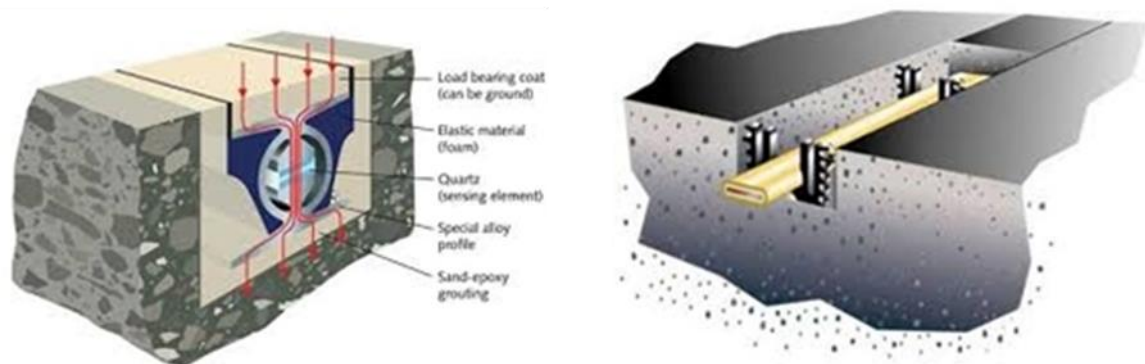


Figur 3. Vekter [2]

De fleste P-WIM systemer baserer seg på piezoelektriske sensorer som ofte beskrives som «strip» eller «bar» sensorer. Disse omfatter:

- Piezo-polymer
- Piezo -keramic (bars)
- Piezo- quartz (bars)
- «Strip» sensorer med tøyningmålere

Piezo -polymer sensorene er de billigste i klassen, men de er også mindre nøyaktige. Piezo – quartz sensorer beskrives ofte som de mest nøyaktige, men også de mest kostbare av de piezo-elektriske sensorene. Det brukes også fiber-optiske kabler for å måle aksellast [2, 3].



Figur 4. WIM – Piezoelektriske sensorer (strips and bars) [2]

Nøyaktighet ved WIM målinger

WIM systemer måler dynamiske aksellaster som brukes til å estimere statiske aksellaster. Det er derfor veldig viktig at målenøyaktigheten er tilstrekkelig for å få brukbare verdier for statiske aksellaster. Nøyaktigheten av WIM systemer påvirkes av flere faktorer som omfatter:

- Temperatur
- Vegdekkets tilstand (ujevnhet, spordybde, nedbøying)
- Kjøretøyeegenskaper herunder hastighet, type bildekk, ringtrykk, og akselkonfigurasjon.
- Hjulets laterale plassering

Flere sensortyper som brukes i WIM systemer er følsomme for temperatur, dvs. endringer i temperatur påvirker målingene. Av de piezo-elektriske sensorene omtales Pizo-quartz sensorer som uavhengige av temperatur, dvs. måleverdiene påvirkes ikke av temperatur. Temperatur påvirker også egenskapene til asfaltdekker som kan ha betydning for målenøyaktigheten.

Hornych et al [4] vurderte tre sensortyper; piezo-quartz, piezo -keramik, og piezo-polymer sensorer ved bruk av IFSTTAR sitt ringbane anlegg. Målet med forsøket var å vurdere effekten av ulike faktorer som temperatur, hastighet og hjulets laterale plassering på målingene (elektriske signalene).

Resultat fra forsøket viste at:

- Piezo-quartz sensorer (fra Kistler) gir mest nøyaktig respons.
- Piezo-ceramic sensorer er følsomme for deformasjon i asfalt
- Kjørehastigheten påvirker signalamplituden for alle sensortyper
- Hjulets laterale plassering har signifikant effekt på signalamplitude
- Responsen fra piezo-polymer sensorer påvirkes mye av temperatur, dvs. er temperatur avhengig
- Piezo-polymer sensorer ga den høyeste variasjonen mens piezo-quartz sensorene ga den minste.

Vegdekkets tilstand i samspill med kjøretøyets egenskaper har stor påvirkning på den dynamiske hjullasten som måles. Det er derfor viktig at vegdekket på WIM målepunkter er så jevnt som mulig.

Hvordan vurderes nøyaktigheten ved WIM målinger?

I Europa finnes det ingen standardiserte metoder til vurdering av nøyaktigheten av WIM systemer. Imidlertid har man laget et forslag til en standard (pre-standard) i COST 323 prosjektet [5]. Dette forslaget brukes nå i Europa og flere andre land til å vurdere og klassifisere nøyaktigheten av WIM systemer. Den internasjonale organisasjonen for lovregulert måleteknikk (International Organization for Legal Metrology - OIML) har også laget et forslag som beskriver krav, testprosedyre, og nøyaktighetsvurdering av WIM instrumenter [6]. I USA har ASTM (ASTM E1318-09) laget en standardspesifikasjon som gir prosedyre for testing og nøyaktighetsklassifisering av WIM systemer [7].

En av utfordringene i vurdering av nøyaktigheten av WIM systemer er valg av referanseverdier. WIM systemer måler dynamiske laster som kan variere mye, så det er ikke enkelt å bestemme referanseverdier. Pga dette brukes statiske laster som referanseverdier. Men i utgangspunktet måler WIM systemene dynamiske laster (ikke statiske laster).

Nøyaktigheten av WIM systemer beskrives statistisk ved bruk av et visst konfidensintervall og konfidensnivå. Konfidensintervallet bestemmes ut ifra relativ feil (avvik) mellom målte dynamiske og statiske laster. Den relative feilen uttrykkes som:

$$(W_d - W_s)/W_s$$

der W_d er dynamisk last (aksellast eller totalvekt) målt med WIM, og W_s er tilsvarende statisk last målt med statisk veiing. Slike konfidensintervaller som baserer seg på statiske laster beskrives ofte som $[-\delta; \delta]$ der δ er bredden på konfidensintervallet (toleranse) for et gitt konfidensnivå. COST 323 definerte syv nøyaktighetsklasser og tilsvarende δ -verdier for WIM systemer. Disse er vist i figur 5.

Criteria (type of measurement)	Domain of use	Accuracy Classes: Confidence interval width δ (%)						
		A (5)	B+ (7)	B (10)	C (15)	D+(20)	D (25)	E
1. Gross weight	Gross weight > 3.5 t	5	7	10	15	20	25	> 25
Axle load:	Axle load > 1 t							
2. group of axles		7	10	13	18	23	28	> 28
3. single axle		8	11	15	20	25	30	> 30
4. axle of a group		10	14	20	25	30	35	> 35
Speed	V > 30 km/h ⁽¹⁾	2	3	4	6	8	10	> 10
Inter-axle distance		2	3	4	6	8	10	> 10
Total flow		1	1	1	3	4	5	> 5

⁽¹⁾ This condition applies only for the sensors/systems which do not work statically or at very low speed.

Figur 5. Nøyaktighetsklasser og konfidensintervallbredder [5].

COST 323 kom med anbefalinger for bruksområder for de forskjellige nøyaktighetsklassene som vist i figur 6. Som man kan se i figur 6 er det anbefalt bruk av WIM data med nøyaktighetsklasse B til dimensjonering og analyse av vegoverbygninger.

Som nevnt tidligere avhenger nøyaktigheten av WIM målinger på vegdekkets tilstand. I COST 323 er WIM-stasjoner delt i tre klasser basert på dekketilstand som vist i figur 7. Koblingen mellom nøyaktighetsklasser og dekketilstand er gitt i figur 8. Dette kan brukes som hjelpemiddel i valg av passende WIM-stasjoner for en gitt nøyaktighetsklasse.

- Class A(5): Legal purposes such as enforcement of legal weight limits.
- Class B+(7): Enforcement of legal weight limits in particular cases, if the Class A requirements may not be satisfied, and with a special agreement of the legal authorities; efficient pre-selection of overloaded axles or vehicles.
- Class B(10): Accurate knowledge of weights by axle groups, and gross weights, for: infrastructure (pavement and bridge) design, maintenance or evaluation, such as aggressiveness evaluation, fatigue damage and lifetime calculations, pre-selection of overloaded axles or vehicles, vehicle identification based on the loads.
- Class C(15) or D+(20): Detailed statistical studies, determination of load histograms with class width of one or two tonnes, and accurate classification of vehicles based on the loads; infrastructure studies and fatigue assessments.
- Class D(25): Weight indications required for statistical purposes, economical and technical studies, standard classification of vehicles according to wide weight classes (e.g. by 5 t).
- Additional Classes E(30), E(35), etc. are defined for WIM systems which do not meet the Class D(25) requirements. These classes may be useful to give indications about the traffic composition and the load distribution and frequency.

Figur 6. Nøyaktighetsklasser og bruksområder [5]

			WIM site classes		
			I Excellent	II Good	III Acceptable
Rutting (3 m - beam)		Rut depth max. (mm)	≤ 4	≤ 7	≤ 10
Deflection (quasi-static) (13 t - axle)	Semi-rigid Pavements	Mean deflection (10 ⁻² mm) Left/Right difference (10 ⁻² mm)	≤ 15 ± 3	≤ 20 ± 5	≤ 30 ± 10
	All bitumen Pavements	Mean deflection (10 ⁻² mm) Left/Right difference (10 ⁻² mm)	≤ 20 ± 4	≤ 35 ± 8	≤ 50 ± 12
	Flexible Pavements	Mean deflection (10 ⁻² mm) Left/Right difference (10 ⁻² mm)	≤ 30 ± 7	≤ 50 ± 10	≤ 75 ± 15
	Deflection (dynamic) (5 t - load)	Semi-rigid Pavements	Deflection (10 ⁻² mm) Left/Right difference (10 ⁻² mm)	≤ 10 ± 2	≤ 15 ± 4
	All bitumen Pavements	Mean deflection (10 ⁻² mm) Left/Right difference (10 ⁻² mm)	≤ 15 ± 3	≤ 25 ± 6	≤ 35 ± 9
	Flexible Pavements	Mean Deflection (10 ⁻² mm) Left/Right difference (10 ⁻² mm)	≤ 20 ± 5	≤ 35 ± 7	≤ 55 ± 10
Evenness	IRI index	Index (m/km)	0 - 1.3	1.3 - 2.6	2.6 - 4
	APL ⁽¹⁾	Rating* (SW, MW, LW)	9 - 10	7 - 8	5 - 6

The rutting and deflection values are given for a temperature below or equal to 20°C and suitable drainage conditions.

⁽¹⁾ The APL is a device developed in France and in use in various countries, which measures the longitudinal profile; it consists of two single wheel trailers operating at 72 km/h, towed by a car.

Figur 7. Klassifisering av WIM – stasjoner [5].

Accuracy	site I (Excellent)	site II (Good)	site III (Acceptable)
Class A (5)	+	-	-
Class B+ (7)	+	-	-
Class B (10)	+	+	-
Class C (15)	(+)	+	+
Class D+ (20)	(+)	(+)	+
Class D (25)	(+)	(+)	+

legend: ‘-’ means insufficient, ‘+’ means sufficient, ‘(+)’ means sufficient but not necessary

Figur 8. Kobling mellom WIM klasser og nøyaktighetsklasser [5]

COST 323 gir omfattende anbefalinger om prosedyrer som kan brukes til:

- Første kalibrering av WIM-systemer
- Typegodkjenning av WIM-systemer
- Verifisering/bestemmelse av nøyaktigheten av eksisterende WIM-systemer.

Proseduren for verifisering eller bestemmelse av nøyaktigheten til eksisterende WIM- systemer er relevant i forhold til vurdering av nøyaktigheten til aksellastregistrering ved bruk av ATK punkter. Denne prosedyren baserer seg på en test eller et forsøk ved bruk av kjøretøy med kjente vekt/aksellast. Prosedyren omfatter følgende hovedmomenter:

- Omfanget av testingen avgjør konfidensnivået (eller risiko) for WIM-systemene. Jo mer omfattende testingen er, jo høyere er konfidensnivået (eller jo mindre er risikoen).
- Testing kan utføres på forskjellige tider og under forskjellige betingelser. For å ta disse forskjellene i betraktning har COST 323 definert repeterbarhets- og reproducerbarhetsbetingelser.
- Det minste akseptable konfidensnivået bestemmes ut ifra omfanget av testingen (antall testkjøretøy, antall repetisjoner) og testbetingelsene (repeterbarhet og reproducerbarhet).
- Etter at testingen er fullført analyseres dataen for å regne ut gjennomsnitt og standardavvik for relativfeilen. Disse brukes sammen med konfidensintervallbredder gitt i figur 5 for å regne ut det reelle konfidensnivået. Hvis beregnet konfidensnivå er høyere enn det minste akseptable konfidensnivået, aksepteres nøyaktighetsklassen tilsvarende til konfidensintervallbredden som var brukt i beregningen. Hvis ikke gjentas beregningen med lavere nøyaktighetsklasse eller en høyre konfidensintervallbredde. COST 323 gir formler som kan brukes til å utføre beregning av konfidensnivå samt alternative beregningsmetoder.

Erfaringer med P-WIM i andre land

Et begrenset litteratursøk er gjort om bruk av P-WIM for å samle erfaringer fra andre land. På internasjonalt nivå avholdes det hvert fjerde år en dedikert konferanse om WIM. Konferansen arrangeres av den internasjonale foreningen for WIM (International Society for Weigh-in-Motion). Det er «proceedings» fra disse konferansene som er hovedkilden til dette litteratursøket.

Litteratursøket fokuserte på følgende to temaer:

- Nøyaktigheten av WIM målinger
- Behov for kalibrering

Funn fra litteratursøket er beskrevet kort i de følgende avsnittene.

Antofie et al [8] rapporterte om et feltforsøk med bruk av P-WIM data til direkte håndhevelse (direct enforcement) av overbelastede tungekjøretøy i Walloon, Belgia. Nøyaktighetskrav for direkte håndhevelse var nøyaktighetsklasse A(5) i henhold til COST 323. WIM systemet omfattet piezo-quartz kabler til vektmåling samt piezo-polymer kabler til registrering av kjøretøyenes laterale posisjoner (plassering) mens de kjørte over målepunktet. Målepunktet oppfyller kravene for klasse II (Good) ihht. COST 323. Analysen var fokusert på en kjøretøytype (to-akslet trekkvogn med tre-akslet-tilhenger). Målingen ble utført i 30 måneder. Resultat fra analysen viste at WIM-systemet oppnådde nøyaktighetsklasse A(5) ihht. COST 323, dvs. den var nøyaktig nok til direkte håndhevelse. Det viste seg at kjøretøyenes laterale posisjoner påvirker nøyaktigheten, dvs. man må bruke korreksjonsfaktor for plassering. I tillegg viste resultatet at omkalibrering forbedrer nøyaktigheten ytterligere.

Ronay-Tobel et al [9] rapporterte om et omfattende nasjonalprosjekt i Ungarn der det ble installert 107 WIM målestasjoner på vegnettet til bruk for identifisering (preselection) og direkte håndhevelse av kjøretøyer med overlast. Målestasjonene ble tatt i bruk 2018 og i de første 7 månedene er 10 – 15% av målestasjonene blitt operative. Arbeidet i prosjektet omfattet etablering av nødvendig regelverk for sertifisering av WIM systemer til bruk til direkte håndhevelse. Alle aktører (myndigheter, vegeiere, utstyrprodusenter/leverandører og fagfolk) samarbeidet i prosjektet. Typegodkjenning og sertifisering av WIM utstyrene ble utført i henhold til krav fra OIML[6]. Basert på de innledende resultater konkluderte forfatterne med at det omfattende nettverket av WIM målesystemer kan gi økonomiske fordeler og de ser ut til å fungere til sitt formål.

Klein et al [10] rapporterte om et forsøk med bruk av høyhastighet WIM (HS- WIM) systemer til direkte håndhevelse i Frankrike. Formålet med forsøket var å vurdere nøyaktigheten av WIM systemer fra forskjellige leverandører og å utvikle metoder/prosedyrer for typegodkjenning av WIM systemer. Arbeidet omfattet både laboratorie- og feltforsøk, og vegeiere, leverandører, og forskningsinstitusjoner samarbeidet i prosjektet. En strekning på en 4-felts motorveg ble valgt til feltforsøket og flere sensorer ble installert. På feltforsøket deltok to leverandører og de installerte, kalibrerte og driftet hvert sitt WIM-system. Flere målerunder ble utført av leverandørene og data fra disse ble analysert for å vurdere nøyaktigheten i forhold til anbefalingene fra COST 323 [5] og OIML R 134- 1[6]. Data fra begge leverandørene viste at systemene oppnår nøyaktighetsklasse A(5) i følge COST 323 og er dermed nøyaktig nok til bruk i direkte håndhevelse av lastebiler med overlast.

Silva et al [11] rapporterte om en undersøkelse der formålet var å sjekke om HS -WIM har tilstrekkelig nøyaktighet til bruk i direkte håndhevelse av tunge kjøretøy med overlast i Brasil. Undersøkelsen omfattet:

- To teststrekninger, den ene med asfaltdekke og den andre med betongdekke. Vegtilstanden tilfredsstillende kravet for klasse I (excellent) i henhold til COST 323 for begge to strekningene.
- WIM systemet omfattet piezo-quartz sensorer for registrering av vekt samt piezo-polymer sensorer for registrering av kjøretøyets laterale plassering i kjørefeltet.
- Undersøkelsen omfattet pre-kalibrering, kalibrering og testing. Pre-kalibreringen ble gjort ved bruk av to lastebiler med kjente vekter. Kalibreringen og testingen ble gjennomført ved bruk av normal trafikk.

Måledataene ble først filtrert for å fjerne feilregistrering (outliers). Deretter ble dataen analysert for å bestemme nøyaktighetsklassen ihht. COST 323. Resultatet viste at WIM systemet ga nøyaktighetsklasse B (10). En ny runde med måling ble gjort for å bekrefte at algoritmen som brukes i systemet fungerer godt. Analyse av måledata fra den nye runden viste en liten forbedring i intervallbredden men ga fortsatt klasse B(10). Videre ble det satt i gang en automatisk selv-kalibrering av WIM systemet. Selv-kalibreringen forbedret nøyaktigheten til klasse B⁺(7), men WIM systemet kunne ikke oppnå nøyaktighetsklasse A (5) som kreves for bruk til direkte håndhevelse.

Guerson et al [12] rapporterte om en nasjonal ordning for forebygging av vektoverskrideler av tunge kjøretøy i Brasil. En del av arbeidet omfattet vurdering av nøyaktigheten til et Piezo-quartz basert HS-WIM system som ble installert på en høytrafikkert veg. Vurderingen var basert på tre måneders måling og den ble utført ihht COST 323. Resultatet viste at nøyaktighetsklassen lå mellom B⁺(7) og B (10).

Behov for kalibrering av P-WIM

Det er nødvendig å kalibrere P-WIM installasjoner med jevnlig mellomrom for å få nøyaktige nok data fra installasjonene. Dette påpekes av flere som det viktigste tiltaket man kan foreta for å sikre datakvalitet fra WIM -målinger [5,9,12,13].

Arbeid med kalibrering av WIM systemer omfatter:

- Første kalibrering og verifisering ved installasjon av systemet
- Kontroll og omkalibrering med jevnlig mellomrom

COST 323 angir forslag til krav for verifisering og kalibrering av WIM systemer. Ulike kalibreringsmetoder benyttes i ulike land. Kalibreringsmetoden kan i hovedtrekk deles i to: direkte og indirekte metoder. Den direkte metoden omfatter:

- Bruk av ett kjøretøy med kjent totalvekt og aksellaster. Dette omfatter kjøring av kjøretøyet flere ganger (for eksempel 50 ganger) over WIM sensorene og bestemme kalibreringskoeffisienter ut ifra kjente vekt/aksellaster og registrerte vekt/aksellaster. Ulempen med denne metoden er at den basert på bare ett kjøretøytype og er ikke representativ for hele kjøretøyspekteret.
- Bruk av et visst antall tilfeldig-valgte (random) kjøretøyer fra trafikken. Kjøretøyene stoppes etter de har passert over WIM sensorene og veies. Denne metoden er mer representativ for trafikken, men er ofte litt vanskelig og kostbar å utføre.

Indirekte kalibreringsmetoder baserer seg på bruk av kjente belastningsegenskaper fra tunge kjøretøy, slik som lasten på forakselen til 6- eller 7-akslede semi-trailere.

Den direkte metoden er mer vanlig i bruk enn den indirekte metoden og er anbefalt av COST 323 til bruk for både initiell verifisering og kontroll.

I Sør-Afrika har man utviklet en indirekte metode som baserer seg på bruk av forholdet mellom lasten på forakselen til semi-trailere og deres totalvekt [12]. Forholdet var bestemt ut ifra analyse av større mengder med data fra flere WIM installasjoner som var koblet til statiske vektstasjoner og der et kjøretøygjenkjenningssystem var brukt til å identifisere kjøretøyene. Det hevdes at metoden egner seg til etter-kalibrering (post-calibration) og omfatter en iterativ prosess der man justerer totalvekten (eller aksellasten) til semitrailere inntil man får det kjente forholdet mellom frakselasten og totalvekten.

Konklusjoner

Tilgjengelig litteratur/informasjon viser at P-WIM systemer har blitt testet eller tatt i bruk i flere land. De fleste bruker P-WIM systemene til å identifisere kjøretøyer med overlaster for vektkontroll på statiske vektstasjoner samt til å samle vektdata som brukes til dimensjonering eller analysing av nedbrytning av vegoverbygninger. Noen få land bruker P-WIM systemene til direkte (automatiserte) håndhevelse av kjøretøyer med overlaster.

Det finnes flere typer sensorer som brukes i høyhastighet P-WIM systemer. Av disse betegnes piezo-quartz sensorer som mest nøyaktige. Piezo-quartz sensorer er uavhengige av temperatur. Nøyaktigheten av P-WIM målinger avhenger av flere faktorer herunder dekketstilstand (jevnhets, spordybde, strukturell styrke), vegens geometri (lengdefall, tverfall, kurvatur) og temperatur (for noen av piezo-elektriske sensorene). I Europa brukes en prosedyre som var utviklet i COST 323 prosjektet til vurdering av nøyaktigheten av P-WIM målinger. Denne prosedyren er ikke en standard, men har vært forslått som en CEN-standard. COST 323 har definert nøyaktighetsklasser og bruksområder, og gir veiledninger for kalibrering og nøyaktighetsvurdering av WIM systemer. Erfaringer fra andre land viser at kalibrering med korte intervaller (6 måneder – et år) er viktig for å få nøyaktige WIM målinger. Det er også viktig med kontinuerlig oppfølging og kvalitetssikring av målte data. Det kommer frem i litteraturen at hvis P-WIM systemene er installert og kalibrert på en riktig måte kan de gi ganske nøyaktige målinger (klasse A(5)), så nøyaktige at de kan brukes til direkte håndhevelse av kjøretøyer med overlaster. Litteraturen viser også at nøyaktigheten med P-WIM målinger varierer ganske mye, dvs. ulike land får ulike nøyaktighetsnivåer.

References

- [1] Bushman, R. & Pratt, A.J. (1998), Weigh In Motion Technology - Economics and Performance. <https://www.fhwa.dot.gov/ohim/tvtw/natmec/00024.pdf>
- [2] International Society for Weigh in Motion (ISWIM), WIM Technologies. <http://www.iswim.org/index.php?nm=2&nsm=1&lg=en>
- [3] Karabacak D., Odowd J., Hopman L., Singer, J. M. (2019) Asphalt Embedded Fibre Optic Weigh-in-Motion Technology, Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-in-Motion, Prague, Czech Republic.
- [4] Hornych, P., Simonin, J.M., Piau, J.M., Cottneau, L.M. (2016), Evaluation of weigh in motion sensors on the IFSTTAR accelerated testing facility, 7th International Conference on Weigh-in-Motion & PIARC Workshop, Foz do Iguaçu, Brazil
- [5] Jacob, B., O'Brien, E., Jehaes, S. (editors) (2002), COST 323 Weigh-in-Motion of road vehicles, final report, Appendix 1 European WIM specifications.

- [6] International Organization for Legal Metrology (2006), Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads, OIML R 134-1
- [7] Al-Qadi, I., Wang, H., Ouyang, Y., Grimmelman, K. & Purdy, J. (2016), LTBP Program's Literature Review on Weigh-in-Motion Systems, FHWA, publication no. FHWA-HRT-16-024
- [8] Antofie, A., Boreux, J., Corbaye, D., Geroudet, B., Liautaud, F., & Bancel, A. (2019), Approach of the Walloon legal metrology (Belgium) for weigh in motion (WIM) free-flow direct enforcement, Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-in-Motion, Prague, Czech Republic.
- [9] Rony-Tobel, B., Mikulas, R., Katkics, A., Toldi, M. (2019), Weight enforcement network of Hungary, Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-in-Motion, Prague, Czech Republic.
- [10] Klein, E., Purson, E., Simon, D., & Jacob, B. (2019), High-speed weigh-in-motion road tests in France, Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-in-Motion, Prague, Czech Republic.
- [11] Sliva F., Hidalgo, T., & Shiokawa, P. (2019), Assessment of HS - WIM system and calibration methods for direct enforcement applications, Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-in-Motion, Prague, Czech Republic.
- [12] Guerson, L., Jung, L., Tani, V.Z., De Mori, F., & Valente, A.M. (2019), Brazilian national program for vehicle overload prevention: pilot application, Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-in-Motion, Prague, Czech Republic.
- [13] De Wet, D.P.G (2010), Post-calibration and quality management of weigh-in-motion traffic data, Master's thesis, Stellenbosch University, South Africa.



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47)22073000
firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag