

Löpande kontroll av likvärdiga partikelinstrument

Norunda 2019/2020

Referenslaboratoriet för tätortsluft – mätningar



Löpande kontroll av likvärdiga partikelinstrument

Norunda 2019/2020

Ref-m rapport: 2020:1

Rapport framtagen av:

Referenslaboratoriet för tätortsluft - mätningar
Institutionen för miljövetenskap, Stockholms Universitet

Rapport skriven av:

Alexander Håkansson, projektledare
2020-10-05

Version: 1,0

Innehåll

Innehåll	3
Bakgrund.....	4
Norunda 2019/2020, PM10	5
Instrument.....	6
Datasetets lämplighet	6
Väder.....	8
Sammanställning resultat PM10	9
Resultat.....	11
TEOM - FDMS, PM10	11
Fidas 200, PM10.....	12
Sammanfattning Norunda 2019/2020.....	13
Appendix A, jämförelse med miljö kvalitetsnormen, PM10.....	14
Kontingenstabell miljö kvalitetsnormen	15

Bakgrund

I Naturvårdsverkets föreskrifter om kontroll av luftkvalitet, NFS 2019:9, anges att om halten av partiklar (PM10 och PM2,5), kvävedioxid, svaveldioxid, kolmonoxid, bly, bensen, arsenik, kadmium, nickel eller bens(a)pyren är högre än den övre utvärderingströskeln, ÖUT, för respektive förening ska halten i första hand bestämmas genom mätningar.

Mätningarna ska göras med instrument som mäter enligt de referensmetoder som finns angivna i NFS 2019:9 och som dessutom uppfyller föreskrifternas kvalitetskrav. Mätningarna kan också göras med vilken annan metod som helst under förutsättning att de är likvärdiga med referensmetoden. Alla instrument som används för kontinuerliga mätningar i Sverige ska på dessa premisser vara godkända av Naturvårdsverket.

Om ett instrument mäter enligt någon annan metod än referensmetoden prövas dess likvärdighet på det sätt som anges i "Guide to the Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods", GDE¹. Från och med 2017 finns kraven på likvärdiga instrument som mäter partiklar, PM10 och PM2,5, även överförda till standard SS-EN 16450:2017. Kraven på instrumenten är dock detsamma i båda dokumenten och eftersom instrument i Sverige godkänts enligt GDE kommer även denna utvärdering utgå från GDE.

För att säkerställa att data från ett godkänt instrument som används för övervakning uppfyller datakvalitetskraven skall instrumentets prestanda kontrolleras regelbundet. Instrument som mäter enligt någon av referensmetoderna ska kontrolleras så som det anges i respektive standard. Likvärdiga instrument för gaser skall också, så långt det är möjligt, testas på samma sätt. Kontrollerna av likvärdiga instrument för partiklar är däremot mer omfattande och betydligt mer komplicerad än den är för gaser. Orsaken till det är att bland annat att det inte finns något spårbart referensmaterial som man kan kalibrera instrumenten med, vilket det gör för gaserna. Naturvårdsverket har därför gett Referenslaboratoriet för tätortsluft - mätningar, Ref-m, ansvaret för att stödja landets kommuner med den löpande kontrollen av likvärdiga partikelinstrument. Ref-m drivs av Institutionen för miljövetenskap vid Stockholms Universitet.

Kontrollerna av likvärdiga instrument för PM10 och PM2,5 ska följa de krav som anges i GDE förutom på en punkt. I Sverige har Naturvårdsverket bestämt² att insugshuvudet på instrument som mäter PM10 ska följa standardiserad amerikansk modell, så kallat US-insug. Instrument som i normalfallet har standardiserat europeiskt insug, EU-insug, använder i Sverige därför US-insug.

I denna rapport redovisas resultatet av de kontroller som genomfördes sommaren 2019 samt vintern 2020 på Norunda. Mätningarna syftade till att utvärdera hur väl instrumenten TEOM - FDMS och Fidas 200 fungerar i regional bakgrundsmiljö utanför Uppsala för mätningar av PM10.

¹ <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf>

² http://www.aces.su.se/reflab/wp-content/uploads/NV_beslut_PM10insug.pdf

Norunda 2019/2020, PM10

Mätningarna på Norunda var uppdelade på två separata kampanjer, en under sommaren 2019 och en under vintern 2020. Kommande delar av rapporten redovisar hur mätningarna gick till och utvärderats samt väderförutsättningarna och resultat.



Figur 1. Mätstationen i Norunda utanför Uppsala.



Figur 2. Instrumentens uppställning i Norunda, till vänster uppställningen under sommaren 2019 och till höger uppställningen under vintern 2020. Samtliga instrument är placerade på stationens tak.

Mätningarna i Norunda, Figur 1 och 2, pågick mellan 6 juli och 9 september 2019 samt mellan 9 januari och 24 februari 2020. Stationen är placerade i regional bakgrundsmiljö och är en av Stockholm Universitets och IVL:s ordinarie mätplats för luftföroreningar.

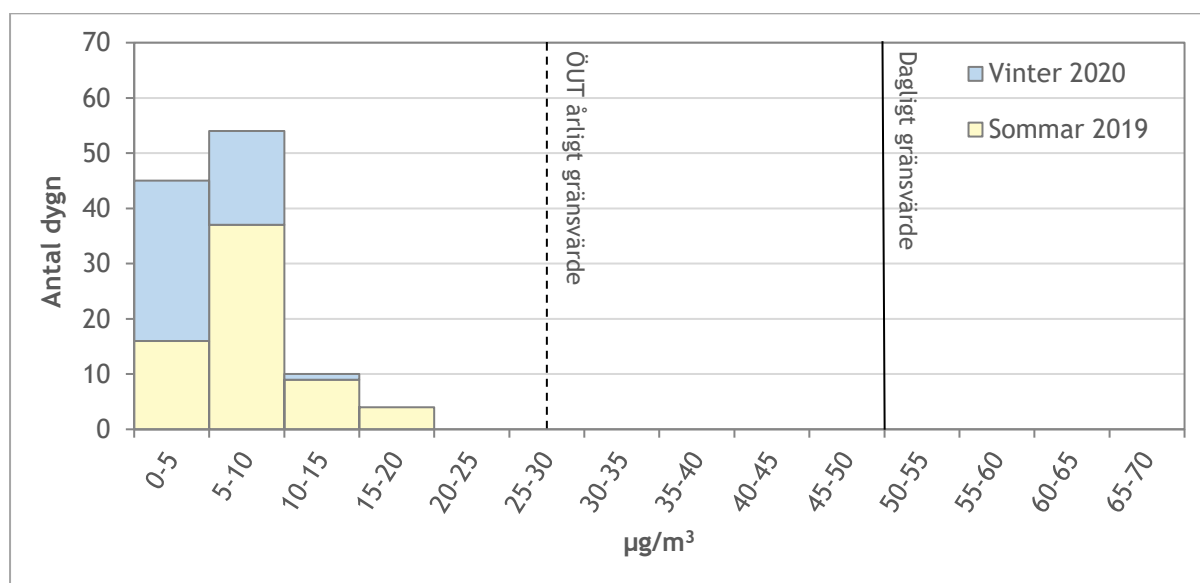
Instrument

I Norunda utvärderades två kandidatinstrument, Fidas 200 och TEOM - FDMS, mot en referensprovtagare, Derenda PNS 18T DM-3.1, för PM10. Institutionen för miljövetenskap vid Stockholms Universitet stod för driften av både kandidatinstrument och referensinstrument samt all filtervägning under de jämförande mätningarna. Kandidatinstrumenten hanterades enligt ordinarie drift på stationen och referensinstrumentet samt filtervägning hanterades av Ref-m enligt rutiner för löpande kontroller av likvärdiga partikelinstrument.

Både kandidatinstrumentet TEOM-FDMS och referensprovtagaren använde sig av US-EPA insug för mätningarna. Instrumentet Fidas 200, som bygger på optiskpartikelräkning, hade däremot Sigma-2 huvud.

Datasetets lämplighet

Förutom det amerikanska insuget på referensprovtagaren genomfördes all referensprovtagning under mätningarna enligt standard SS-EN 12341:2014 precis som GDE föreskriver. För utvärderingen användes alla giltiga dygnsvärden. Från kandidatinstrumenten användes också alla värden förutom de som inte uppfyllde institutionens datakvalitetskrav samt dygn som hade mindre än 75% datafångst. I övrigt har inga andra värden tagits bort från utvärderingen.



Figur 3. Haltfördelningen för referensprovtagaren i Norunda, bilden visar samtliga 113 dygn som referensprovtagaren var i drift.

I dataseten från Norunda utvärderades kandidatinstrumentens prestanda för sommar respektive vinterdelarna separat men även sammanslaget. Haltfördelningen kan ses i Figur 3 som visar samtliga dygn som referensprovtagaren var i drift.

Enligt GDE behövs minst 40 datapar för denna typ av utvärdering och 20% av dessa ska vara halter över den övre utvärderingströskeln (ÖUT) för det årliga gränsvärdet. För PM10 är ÖUT för det årliga gränsvärdet 28 µg/m³ vilket alltså innebär att 20% av dygnshalterna ska ligga över denna gräns. Dataseten från Norunda hade karaktär enligt Tabell 1 och samtliga utvärderingar uppfyllde alltså endast kravet på antalet dygn men inte kravet på 20% över ÖUT. För att undersöka hur halterna var i förhållande till miljö kvalitetsnormen se Appendix A, men då inga dygn hade halter över ÖUT var inte heller något dygn över normvärdet:

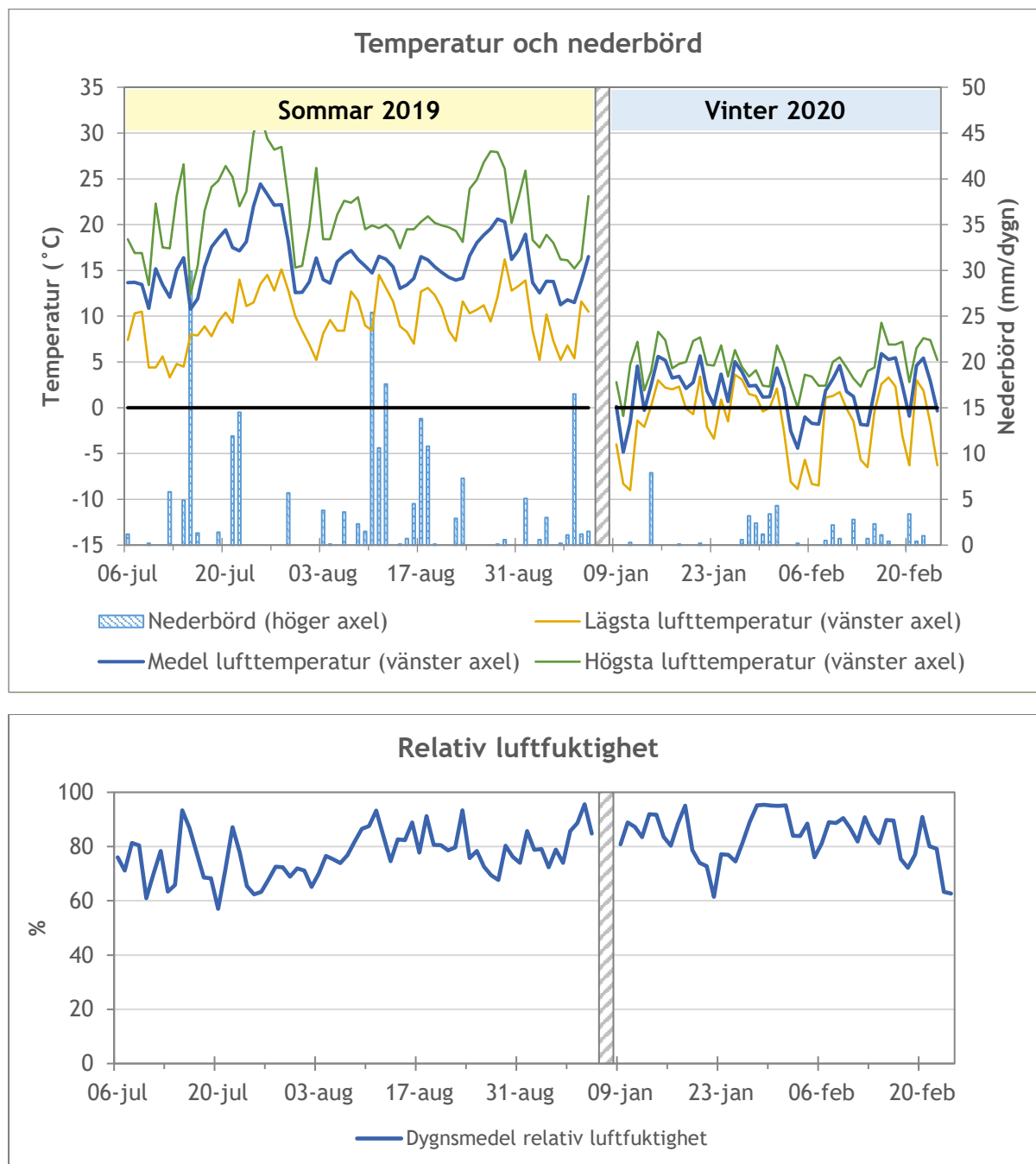
Norunda 2019/2020

Instrument	Sommar 2019		Vinter 2020		All data	
	TEOM-FDMS	Fidas 200	TEOM-FDMS	Fidas 200	TEOM-FDMS	Fidas 200
Antal datapar	55	66	46	47	101	113
Antal datapar över ÖUT	0	0	0	0	0	0
Andel datapar över ÖUT	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Tabell 1. Antal giltiga datapar för respektive instrument och utvärdering samt andel över ÖUT.

Väder

Figur 4 visar väderförutsättningarna under mätningarna i Norunda. Under sommaren 2019 dominerade ostadigt väder med regniga dagar som varvades med torra. Vintern 2020 allmänt mildt och fuktiga förhållande med temperatur dagtid kring eller över noll grader.



Figur 4. Väderförutsättningarna under mätningarna i Norunda. Temperatur och fuktighet kommer från referensprovtagaren på Norunda. Nederbörd från Uppsala flygplats³.

³ Nederbörd är hämtat från SMHI:s öppna väderobservationsdatabas och är smält nederbörd per 24 timmar, 06:00-06:00, från Uppsala flygplats.

Sammanställning resultat PM10

Datakvalitetsmålet för kontinuerliga mätningar av PM10 anger att den relativa expanderade mätosäkerheten ska vara under 25% vid det dagliga gränsvärdet på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. För att beräkna den relativa expanderade mätosäkerheten för de testade kandidatinstrumenten, dvs instrumentens likvärdighet, jämförs och utvärderas kandidatinstrumentets prestanda med ett referensinstrument. Vid behov får man applicera en linjär kalibreringsfunktion och kalibrera kandidatinstrumentens resultat för att överensstämmelsen ska bli bättre.

Förutom krav på den relativa expanderade mätosäkerheten finns också krav på att den beräknade regressionslinjen för kandidatinstrumentets resultat inte får ha en lutning signifikant skiljt från 1 och en skärning inte signifikant skiljt från 0. Innebörden av detta betyder att man inte bara kräver att kraven ska vara uppfyllda vid gränsvärdet utan att instrumenten ska uppvisa en viss nivå av likvärdighet över hela mätregistret. En linjär kalibreringsfunktion får således även appliceras för att komma till rätta med en eventuell signifikant regressionslinje. För mer detaljer kring hur kraven ser ut och hur beräkningen går till hänvisas till GDE.

I Tabell 2 på kommande sida redovisas resultaten för kandidatinstrumenten i Norunda. Resultaten är beräknade⁴ enligt kraven i GDE och fyra fall redovisas för varje instrument. Första fallet innebär att data inte kalibrerats, dvs rådata, och de tre sista fallen då man valt att använda en linjär kalibreringsfunktion för att förbättra likvärdigheten.

Siffror i grönt och rött indikerar huruvida datakvalitetsmålet på 25% mätosäkerhet är uppfyllt eller ej. Siffror i gult indikerar att kravet på mätosäkerhet är uppfyllt men att regressionslinjen är signifikant.

⁴ Utvärderingen är gjord med hjälp av Equivalence Tool V3.1 020720 från CEN TC-264/WG15

Norunda 2019/2020

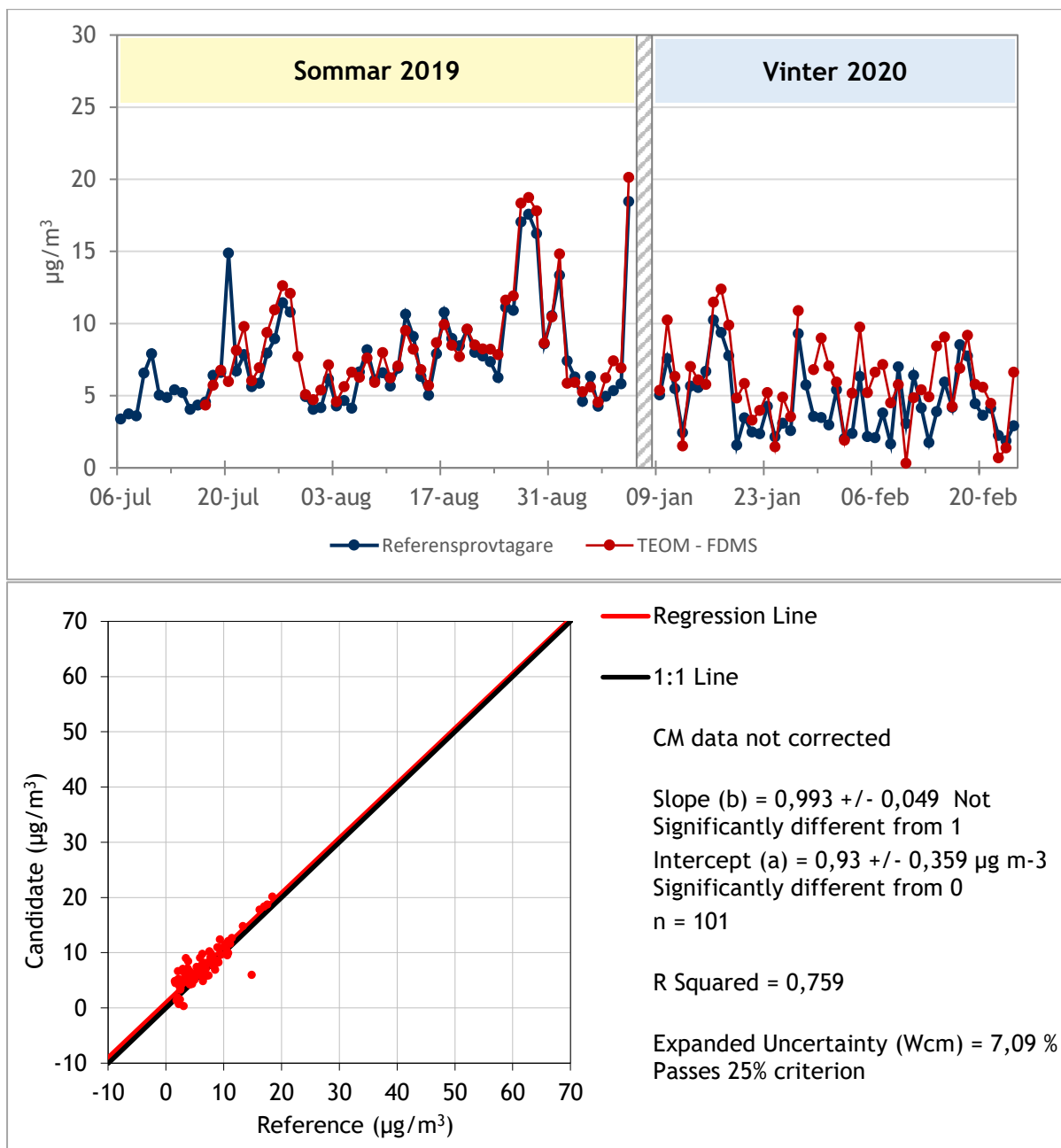
Test av likvärdighet, PM10	Sommar 2019				Vinter 2020				All data			
	TEOM - FDMS		Fidas 200		TEOM - FDMS		Fidas 200		TEOM - FDMS		Fidas 200	
Antal datapar	55		66		46		47		101		113	
Medelkoncentration, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ref	Kan	Ref	Kan	Ref	Kan	Ref	Kan	Ref	Kan	Ref	Kan
	8,1	8,5	7,6	8,1	4,4	5,9	4,5	4,6	6,4	7,3	6,3	6,6
Kalibrering:	Ingen kalibrering											
Kalibreringsekvation	y		y		y		y		y		y	
Rel. expanderad osäkerhet	9,4%		25,2%		57,4%		17,2%		7,1%		23,6%	
Kalibrering:	Lutning och skärning											
Kalibreringsekvation	0,97y - 0,11		0,88y + 0,42		0,78y - 0,18		0,92y + 0,27		1,01y - 0,94		0,89y + 0,38	
Rel. expanderad osäkerhet	13,3%		12,9%		29,0%		16,7%		12,0%		8,3%	
Kalibrering:	Lutning											
Kalibreringsekvation	0,97y + 0		0,88y + 0		0,78y + 0		0,92y + 0		1,01y + 0		0,89y + 0	
Rel. expanderad osäkerhet	13,2%		13,1%		28,5%		16,6%		12,5%		8,6%	
Kalibrering:	Skärning											
Kalibreringsekvation	y - 0,11		y + 0,48		y - 0,23		y + 0,30		y - 0,93		y + 0,43	
Rel. expanderad osäkerhet	9,3%		27,2%		56,5%		18,4%		7,0%		25,3%	

Tabell 2. Utvärdering av respektive kandidatinstrumnets likvärdighet i Norunda. Siffror i grönt / rött: likvärdighetskriterier uppfyllt / inte uppfyllt. Siffror i gult: datakvalitetsmål uppfyllt men tillhörande regressionslinje är signifikant.

Resultat

TEOM – FDMS, PM10

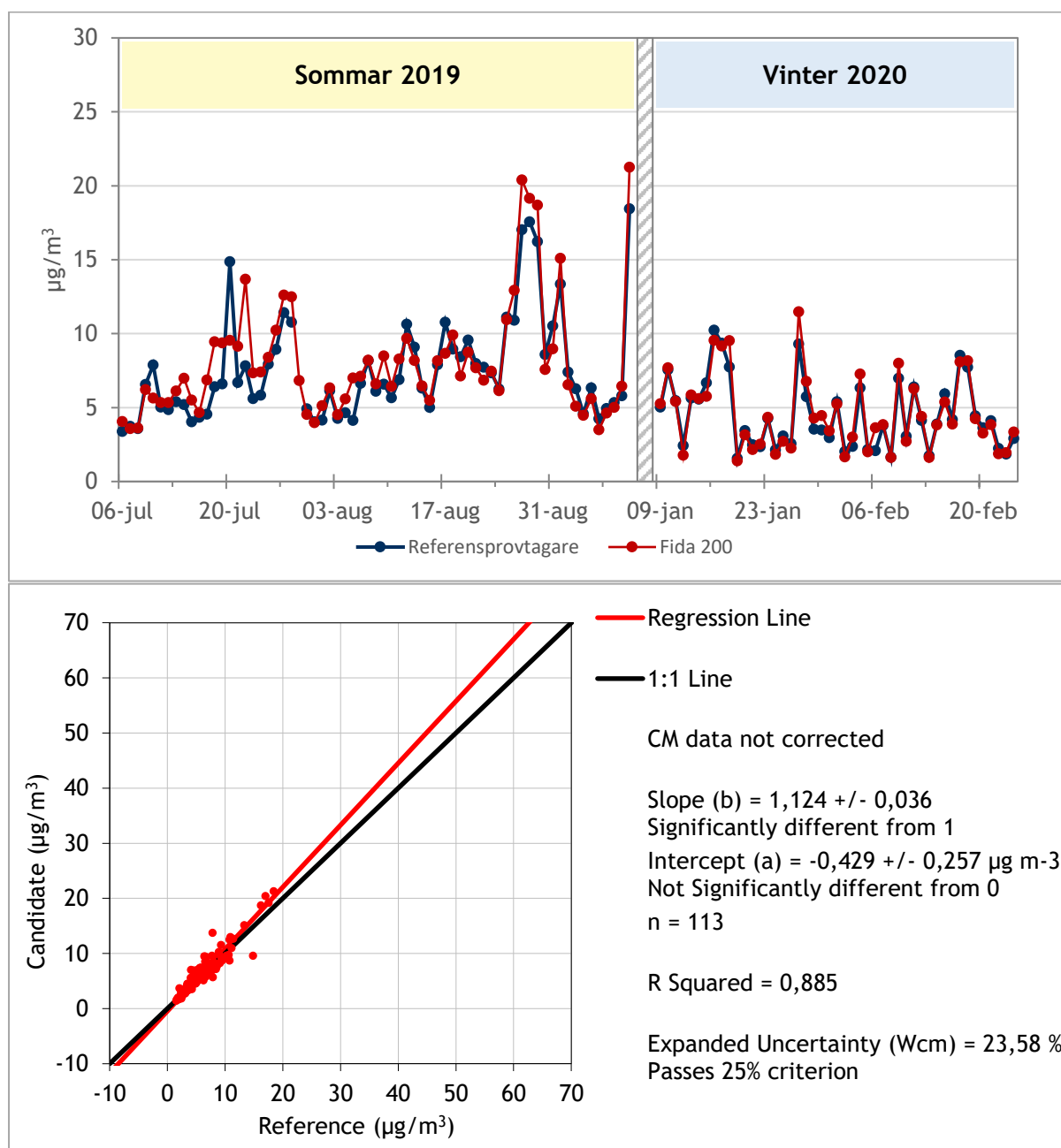
Följande resultat erhöles för TEOM - FDMS under mätningarna i Norunda utvärderat mot referensprovtagaren. Figur 5 visar hur kandidatinstrumentet presterade gentemot referensinstrumentet, dels visas uppmätta koncentrationer av PM10 samt ortogonal regression utan någon kalibrering av kandidatinstrumentets resultat för samtliga dygn med giltiga datapar.



Figur 5. Utvärdering av TEOM - FDMS i Norunda.

Fidas 200, PM10

Följande resultat erhöles för Fidas 200 under mätningarna i Norunda utvärderat mot referensprovtagaren. Figur 6 visar hur kandidatinstrumentet presterade gentemot referensinstrumentet, dels visas uppmätta koncentrationer av PM10 samt ortogonal regression utan någon kalibrering av kandidatinstrumentets resultat för samtliga dygn med giltiga datapar.



Figur 6. Utvärdering av Fidas 200 i Norunda.

Sammanfattning Norunda 2019/2020

Sommaren 2019 och vintern 2020 testades instrumenten TEOM - FDMS och Fidas 200 för mätningar av PM10 i regional bakgrundsmiljö på Norunda utanför Uppsala. Utvärderingen syftade till att bestämma instrumentens mätosäkerhet och gjordes mot referensprovtagare enligt kraven i GDE.

För TEOM - FDMS var mätosäkerheten bäst under sommaren 2019 och uppgick till 9,4% utvärderat utan någon kalibrering av resultatet. Resultatet under vintern 2020 var dock betydligt sämre med en mätosäkerhet på 57,4% utan kalibrering. Sammantaget däremot blev mätosäkerheten 7,1% baserat på samtliga tillgängliga dygn. Det ska dock nämnas att TEOM - FDMS instrumentet på Norunda en tid efter vinterkontrollen drabbades av omfattande tekniska problem, det är således möjligt att detta kan vara en bidragande orsak till den stora skillnaden i mätosäkerhet mellan sommar och vinter.

Det är också viktigt att vara uppmärksam på att föroreningshalterna på Norunda var väldigt låga, i huvudsak i intervallet 0 till 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Då mätosäkerheten beräknas vid gränsvärdet 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ betyder detta att väldigt små absoluta avvikelser i halter kan få stora utslag på mätosäkerheten som beräknats på halter betydligt högre än vad som uppmäts. Det är också av denna anledning GDE kräver att minst 20% av de dygn som utvärderas ska ha halter över den övre utvärderingströskeln (ÖUT) för det årliga gränsvärdet, dvs över 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, för att resultatet ska anses tillförlitligt. Ett krav som var långt ifrån uppfyllt under mätningarna i Norunda.

Fidas 200 uppvisade däremot ett mer jämt resultat mellan sommar och vinter, med 25,2% mätosäkerhet under sommaren och 17,2% under vintern utan kalibrering, sammantaget 23,6% som är under kravet på 25%. Återigen måste man dock komma ihåg att när halterna är så här låga kommer slumpen spela en stor roll i siffrorna då mätosäkerheten beräknas vid gränsvärdet på 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och små absoluta avvikelser vid respektive dygnsvärde kan få stor effekt på resultatet.

Trots att resultaten ska användas med försiktighet med tanke på de låga föroreningshalterna antyder ändå resultatet på att både TEOM - FDMS och Fidas 200 kan användas i denna typ av miljö och uppfylla datakvalitetsmålet på 25% mätosäkerhet utan någon kalibrering av uppmätta halter.

Vill man göra sig en övergripande bedömning kring vilken mätosäkerhet ett likvärdigt PM10-instrument har så är det viktigt att komma ihåg att man inte bara bör väga in resultatet från mätningarna i Norunda utan göra en samlad bedömning baserad på resultat från ytterligare mätningar på relevanta platser. Detta är framförallt viktigt då olika instrumenttyper kan presterar olika bra i olika miljöer.

Appendix A, jämförelse med miljö kvalitetsnormen, PM10

I detta Appendix jämförs halterna från kandidatinstrumenten med miljö kvalitetsnormen (MKN) för att se hur valet av instrument och eventuell kalibreringsfunktion påverkar antalet överskridanden av MKN-värdet. MKN-värdet för PM10 är $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som dygnsmedelvärde och får enligt normen överskridas 35 gånger per år. Färgerna i tabell 3 motsvarar likvärdighetsbedömningen i avsnittet *Sammanställning Resultat PM10*.

Norunda 2019/2020

Antalet överskridande av MKN-värdet ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sommar 2019		Vinter 2020		All data	
	TEOM - FDMS	Fidas 200	TEOM - FDMS	Fidas 200	TEOM - FDMS	Fidas 200
Antal datapar	55	66	46	47	101	113
Antalet överskridande Referensprovtagare	0	0	0	0	0	0
Kalibrering:	Ingen kalibrering					
Kalibreringsekvation	y	y	y	y	y	y
Antalet överskridande	0	0	0	0	0	0
Kalibrering:	Lutning och skärning					
Kalibreringsekvation	$0,97y - 0,11$	$0,88y + 0,42$	$0,78y - 0,18$	$0,92y + 0,27$	$1,01y - 0,94$	$0,89y + 0,38$
Antalet överskridande	0	0	0	0	0	0
Kalibrering:	Lutning					
Kalibreringsekvation	$0,97y + 0$	$0,88y + 0$	$0,78y + 0$	$0,92y + 0$	$1,01y + 0$	$0,89y + 0$
Antalet överskridande	0	0	0	0	0	0
Kalibrering:	Skärning					
Kalibreringsekvation	$y - 0,11$	$y + 0,48$	$y - 0,23$	$y + 0,30$	$y - 0,93$	$y + 0,43$
Antalet överskridande	0	0	0	0	0	0

Tabell 3. Antal överskridanden av MKN-värdet. Kriterier: Siffror i grönt / rött: likvärdighetskriterier uppfyllt / inte uppfyllt. Siffror i gult: datakvalitetsmål uppfyllt men tillhörande regressionslinje är signifikant.

Kontingenstabell miljö kvalitetsnormen

Grafiken nedan redovisar precisionen kandidatinstrumenten hade i att ligga på rätt sida om MKN-värdet, dvs 50 µg/m³. Resultatet baseras på icke kalibrerade halter. Önskvärt är att värdena i de röda rutorna är så låga som möjligt, mer detaljerade förklaring återfinns efter resultatet.

Norunda 2019/2020

Sommar 2019			Vinter 2020		
TEOM - FDMS					
µg/m ³	Ref ≥ 50	Ref < 50	µg/m ³	Ref ≥ 50	Ref < 50
Kandidat ≥ 50	0	0	Kandidat ≥ 50	0	0
Kandidat < 50	0	55	Kandidat < 50	0	46
Fidas 200					
µg/m ³	Ref ≥ 50	Ref < 50	µg/m ³	Ref ≥ 50	Ref < 50
Kandidat ≥ 50	0	0	Kandidat ≥ 50	0	0
Kandidat < 50	0	66	Kandidat < 50	0	47

Norunda 2019/2020

Alla data		
TEOM - FDMS		
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ref ≥ 50	Ref < 50
Kandidat ≥ 50	0	0
Kandidat < 50	0	101
Fidas 200		
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ref ≥ 50	Ref < 50
Kandidat ≥ 50	0	0
Kandidat < 50	0	113

Förklaring

	Ref $\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ref $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Kandidat $\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	A	B
Kandidat $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	C	D

- A. Antalet dygn då både referensprovtagare och kandidatinstrument haft ett dygnsmedelvärde över MKN-värdet, dvs då kandidatinstrumentet gett ett korrekt överskridande.
- B. Antalet dygn då referensprovtagaren haft en halt under MKN-värdet men kandidatinstrumentet haft ett överskridande, dvs då kandidatinstrumentet gett ett falsklarm.
- C. Antal dygn då referensprovtagaren har överskridit MKN-värdet men inte kandidatinstrumentet, dvs då kandidatinstrumentet haft en miss.
- D. Antal dygn då både referens- och kandidatinstrument haft halter under MKN-värdet.