

Magnus Pettersson

Mätkampanj avseende atmosfärspåverkan av laserstrålar över vatten (i skärgårdsmiljö).



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Sensorteknik

Box 1165

581 11 Linköping

FOI-R--0289--SE

december 2001

ISSN 1650-1942

Teknisk rapport

Magnus Pettersson

Mätkampanj avseende atmosfärspåverkan av laserstrålar över vatten (i skärgårdsmiljö).

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Sensorteknik Box 1165 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R—0289--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 6. Telekrig	
	Månad, år december 2001	Projektnummer E7028
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 61 Telekrigföring med EM-vapen och skydd	
Författare/redaktör Magnus Pettersson	Projektledare Peter Johansson	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FM	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Ove Steinvall	
Rapportens titel Mätkampanj avseende atmosfärspåverkan av laserstrålar över vatten (i skärgårdsmiljö).		
Sammanfattning (högst 200 ord) <p>Då en laserstråle propagerar genom atmosfären kommer den att påverkas av atmosfärens tillstånd. Några av de fenomen som uppstår är absorption, spridning och turbulens. Dessa är av yttersta vikt vid utformning av exempelvis laservarnarsystem. För att verifiera modeller för spridning och turbulens krävs en stor mängd mätdata under olika väderförhållanden och vid olika tidpunkter. Som ett led i detta har mätningar över öppet vatten genomförts vid örlogshamn Berga (ÖHB).</p> <p>Denna rapport redovisar resultat från mätningarna och relaterar dessa till liknande mätningar över land. Bakomliggande teori är relativt omfattande och tas inte upp i denna rapport. Den intresserade hänvisas till den omfattningsrika litteraturen inom området.</p>		
Nyckelord laservarnare, turbulens, spridning		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 29 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista Sekretess	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Sensor Technology P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--0289--SE	Report type Technical report
	Research area code 6. Electronic Warfare	
	Month year december 2001	Project no. E7028
	Customers code 5. Contracted Research	
	Sub area code 61 Electronic Warfare, Electromagnetic Weapons	
Author/s (editor/s) Magnus Pettersson	Project manager Peter Johansson	
	Approved by	
	Sponsoring agency FM	
	Scientifically and technically responsible Ove Steinvall	
Report title (In translation) Measurements related to atmospherically effects on laser beams over sea-surface.		
Abstract (not more than 200 words) <p>When a laser beam propagates through the atmosphere it will be influenced by the atmospheric condition. Some of the effects that will occur is absorption, scattering and turbulence, which all are of vital importance when designing laser warner systems. There is a need for lot of measurement under different weather conditions and different space of time to verify models of turbulence and scattering. To fulfill this need, measurements over sea-surface at Berga naval base have been realized.</p> <p>This report accounts for the result of these measurements and compares with similar measurements over ground. The theory in this area is extensive and will not be treated in this report.</p>		
Keywords laser warner, turbulence, scattering		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 29 p.	
	Price acc. to pricelist Security classification	

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	5
2. Allmänt	5
3. Mätningar.....	7
3.1 Mätplats	7
3.2 Mätutrustning.....	8
3.3 Mätförfarande	8
3.4 Mätosäkerheter	9
4. Utvärdering av mätdata.....	10
5. Resultat	11
6. Slutsatser.....	12
Referenser	12

Appendix

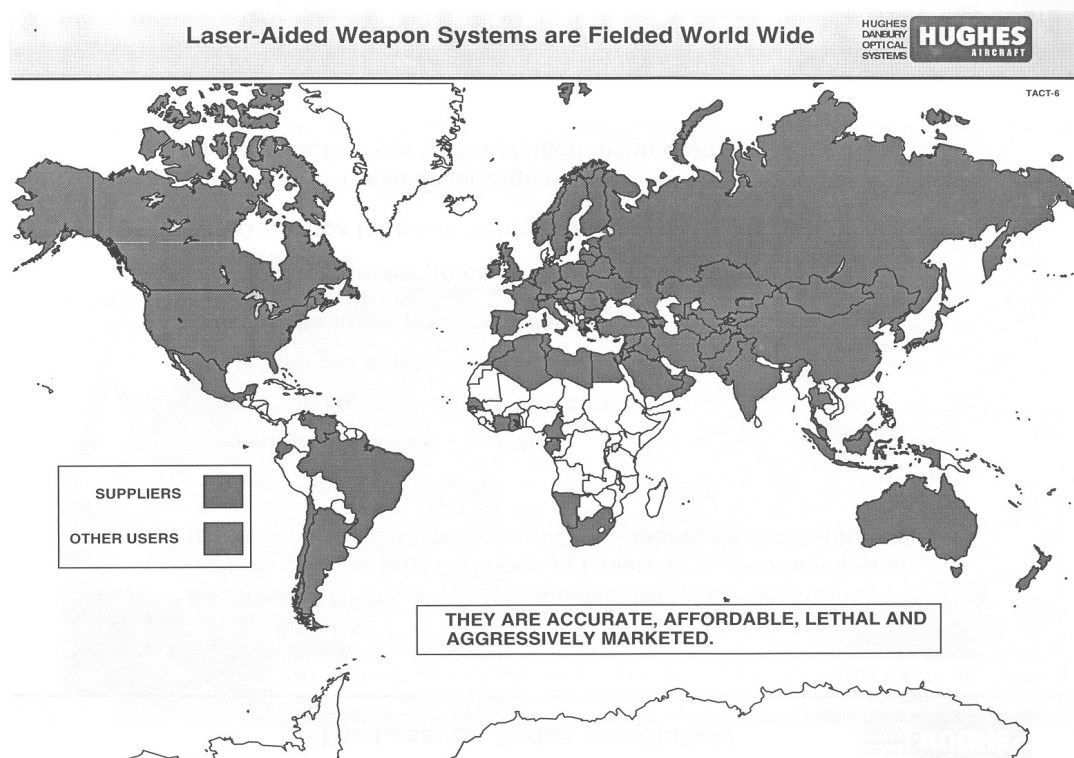
A. Kalibreringsdata laser.....	A1
B. Kalibreringskurvor för detektorer.....	B1-B2
C. Kalibrering av filter vid 1574 nm.....	C1-C2
D. Mätresultat.....	D1-D4
E. Väderdata.....	E1-E8

1. Inledning.

Laserbaserade vapensystem har använts sedan början av 1960-talet. Idag är användandet av laseravståndsmätare och laserstyrda bomber och robotar väl spridda i världen (fig. 1) och utgör ett betydande hot mot marinens plattformar.

Det finns idag ett antal laservarnarsystem på marknaden som effektivt varnar för laserhot, men hur fungerar dessa i skärgårdsmiljö och hur påverkas de av olika väderförhållanden? För att svara på dessa frågor krävs en god kännedom om hur laserstrålar sprids i atmosfären då de propagerar långa sträckor över öppet vatten.

Denna rapport beskriver ett fältförsök som genomförts på Berga utanför Stockholm där spridning och turbulens för ovan beskrivna fall studerades.



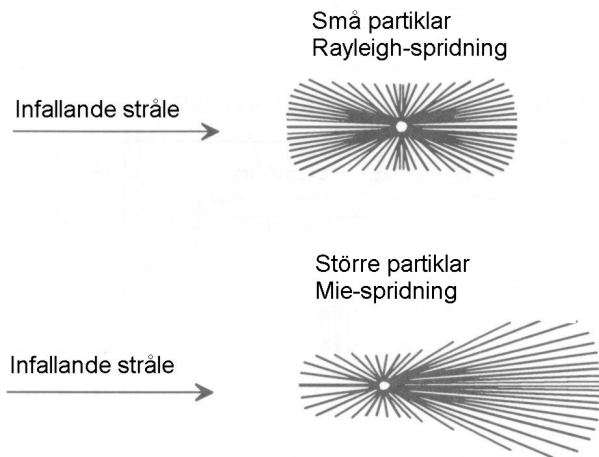
Figur 1. Spridning av laserstyrda vapen och avståndsmätare. (R. Hale, (Hughes Danbury Optical Systems) "Helicopter Detection Sets", Conference notes: Battlefield Lasers & Laser Countermeasures, London, 17-18 Nov. 1997.)

2. Allmänt

Laserstrålning som propagerar genom atmosfären påverkas på flera olika sätt. Detta yttrar sig bland annat i form av absorption, spridning och turbulens.

Gaser i atmosfären kommer att ge upphov till absorption och en del av laserstrålningen omvandlas till värme. För de våglängder som används i laserbaserade (normalt 0,9-1,55 μ m) vapen och avståndsmätare är det främst vattenånga och koldioxid som påverkar. Absorption är starkt våglängdsberoende varför våglängder med låg absorption uteslutande används för att minimera denna effekt.

Partikelspridning är ett annat fenomen som kommer att påverka laserstrålningen då den propagerar i atmosfären. Då en laserstråle träffar en partikel kommer delar av ljuset att spridas i sidled eller bakåt. Hur laserstrålningen sprids beror till stor del av partiklarnas storlek, för små partiklar (typiskt gasmolekyler) kommer Rayleigh-spridning att dominera. Denna spridning karaktäriseras av en symmetrisk spridning runt partikeln. Rayleigh-spridning påverkar dock mest korta våglängder inom det synliga och UV-området. För de våglängder som är aktuella här dominerar så kallad Mie-spridning som karaktäriseras av en starkt dominerande framåtspridning (fig. 2).



Figur 2. Rayleigh-spridning överst och Mie-spridning nederst.

Partikelspridningen bidrar till att laserstrålen sprids och ger upphov till en spridning utöver laserstrålens normala divergens. Denna spridning gör det möjligt för laservarnare att detektera hot på större sidoavstånd än vad som annars skulle vara fallet. Hur stor spridningen är beror på antalet och storleken av partiklarna i atmosfären och varierar med väderlek, årstid m.m.

Turbulens är ytterligare ett fenomen som påverkar laserstrålen. Turbulens yttrar sig bland annat som strålvandring, scintillationer (intensitetsvariationer) och strålbreddning.

Turbulens uppstår till stor del på grund av att solinstrålning värmer upp luften vid markytan och bildar "luftbubblor" som är varmare än sin omgivning och därmed stiger. Storleken på dessa "luftbubblor" varierar från någon millimeter till enstaka meter och strålen kommer att brytas av eftersom detta ger upphov till små variationer i luftens brytningsindex. Figur 3 visar hur stråltvärsnittet i en laserstråle (1,06 μ m) kan se ut då den propagerat genom atmosfären.



Figur 3. Tvärsnitt av en laserstråle, filmad då den propagerat 1085 m i atmosfären.

Turbulens är i grunden en ytterst komplex process varför analytiska modeller för att behandla detta finns beskrivna i litteraturen t.ex. ^{1,2}.

3. Mätningar

Med bakgrund av det som beskrivs i kapitel 2 inses att laserpropagering i atmosfären är ett komplext problem som är svårt att beskriva teoretiskt. För att skapa sig en uppfattning om hur turbulens och spridning påverkar laserstrålar i skärgårdsmiljö har mätningar utförts med en ögonsäker laser $1,57\mu\text{m}$. Utöver dessa mätningar har en stor mängd mätningar över land på olika avstånd genomförts inom ramen för projektet VMS-stridsfordon.

Dessa mätningar kan användas som referens för att se om det finns några markanta skillnader om laserstrålen propagerar över land eller vatten. Mätningarna syftar till att skapa en förståelse för relevanta atmosfärsp parametrar och hur dessa parametrar påverkar laserstrålen. Tillsammans med fortsatta mätningar kan de mätningar som genomförts också ligga till grund för framtida modellering av atmosfärsspridning.

3.1 Mätplats

Som mätplats valdes Berga örlogshamn strax söder om Stockholm. Här finns möjlighet att uppnå en sträcka med fri sikt på 5,2 km över öppet vatten vilket är ett lämpligt taktiskt avstånd. Mätningar utfördes under två dagar V24 2001.

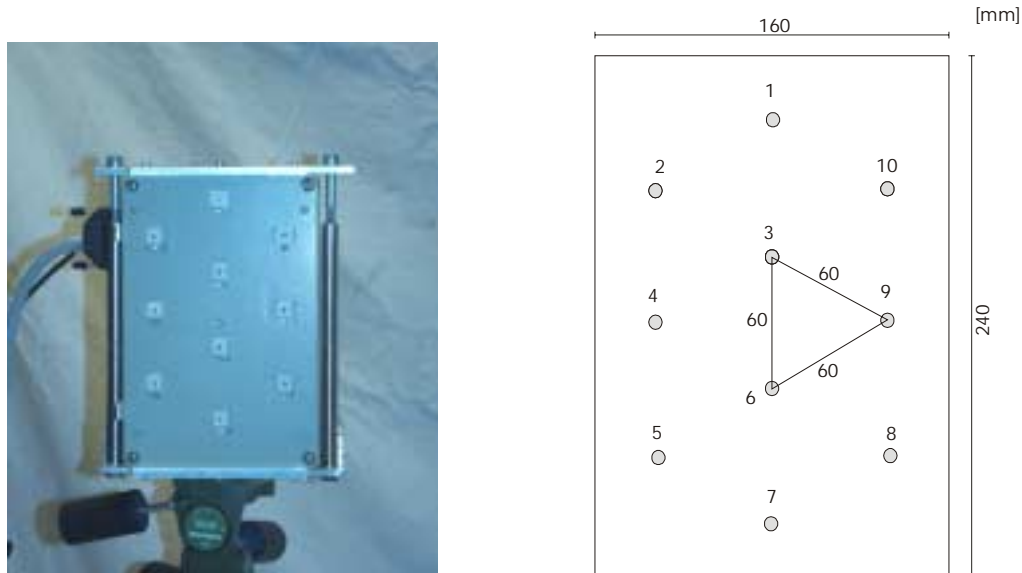


Figur 4. Utsikt från taket på den byggnad där lasern placerades. Till höger en bild tagen genom laserns siktesoptik. På den Ö (lilla Eggskär) som kan ses i siktesoptiken var mätutrustningen för detektering av laserstrålningen placerad.

3.2 Mätutrustning

Vid mätningarna användes en laser med den ögonsäkra våglängden $1,57\mu\text{m}$ av märket Big Sky Lasers/Quantell Brilliant Ultra CFR. Denna laser hade vid mätningarna en pulsenergi på 8mJ , pulslängden 4 ns och divergensen $0,8\text{ mrad}$ (appendix A).

För att detektera laserstrålningen användes tio stycken fotodioder av typ InGaAs med en detektorarea på $0,2\text{ mm}^2$, dessa sitter monterade i en gemensam mätutrustning (figur 5).



Figur 5. Mätutrustning för att registrera laserstrålningen på olika sidoavstånd från laserstrålens centrum, till höger en beskrivningen av detektorernas inbördes placering.

Data från samtliga detektorer digitaliserades och sparades i en dator för vidare analys. För att öka dynamiken användes filter framför detektorerna då intensiteten på små sidoavstånd från strålens centrum mättes upp. Filter med dämpningen OD 0,9 och OD1,6 användes. Kalibreringsdata för detektorerna samt filtertransmissionen för samtliga filter återfinns i appendix B och C.

Utöver detta loggades kontinuerligt data från en Vaisala FD 12 siktmätare och en väderstation typ Davis GroWeather. De parametrar som är av intresse är framför allt sikt i form av MOR (Meteorological Optical Range), det vill säga den sträcka då en utsänd ljusstråles intensitet sjunkit till 5% av den ursprungliga intensiteten. Från väderstationen är temperatur och luftfuktighet de mest intressanta parametrarna.

3.3 Mätförfarande

Mätutrustningen med de tio detektorerna placerades på en pir 5,2 km från lasern. Vid varje mätning samlades signaler från 100 laserpulser in och sparades. Först siktades lasern in rakt mot detektorerna, sedan riktades lasern in på olika sidoavstånd, vanligtvis 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, och 9 m, vid några tillfällen något längre. Lasern var placerad på ett stabilt betongtak och försedd med ett väl samensat högförstorande sikte för att uppnå bästa möjliga noggrannhet. För att kontrollera inriktningen gjordes tester där lasern riktades på båda sidor om detektorerna för att studera eventuella riktningfel. Laserstrålen antogs ha störst intensitet i dess centrum. Uppskattningsvis kunde lasern riktas in med en onoggrannhet $<0,5\text{ m}$ men inriktningen var helt manuell och vissa avvikelser kan förekomma. För att studera skillnader över dagen utfördes ett antal mätserier. Tyvärr var vädret likvärdigt båda dagarna så någon egentlig påverkan av väderparametrar var svår att se.

3.4 Mätosäkerheter

För att få en känsla för onoggrannheten i mätningarna redovisas här en enkel felbudget där en del osäkerheter är uppskattade. Utöver de osäkerheter som redovisas nedan kan det finnas mätfel som beror av att lasern inte riktats in helt korrekt. Även om lasern har ett väl samensatt optiskt sikte så kan vissa riktfel uppstå på 5,2 km avstånd. Laserns energi är uppmätt med en pyroelektrisk probe med en total onoggrannhet av $\pm 5\%$ och puls till puls variationerna hos lasern uppges vara $< 5\%$.

De filter som användes vid små sidoavstånd är kalibrerade med samma laser som användes vid mätningarna och kalibreringen utfördes relativt, varför endast laserns instabilitet och onoggrannhet hos mätproben anses inverka på resultatet. Kalibrering av detektorerna har genomförts inomhus och ett stort antal pulser har registrerats vid olika energinivåer. Eftersom samtliga detektorer sitter monterade i en gemensam låda har de också kalibrerats samtidigt. Det stora problemet var att uppnå en jämn irradians vid samtliga detektorer samtidigt, antagen onoggrannhet $\pm 10\%$. För att erhålla en kalibreringskurva för hela mätområdet har en linje enligt minsta kvadratmetoden anpassats till kalibreringsdata, onoggrannheten uppskattad till $\pm 5\%$. Vid omräkningen från uppmätt energi till effekt (W/m^2) är laserns pulslängd avgörande. Denna har mätts upp med en uppskattad onoggrannhet av $\pm 0,25$ ns vilket ger en onoggrannhet på $\pm 6\%$ vid omräkningen.

Ovanstående resonemang skulle ge en onoggrannhet enligt nedan:

Parameter	Onoggrannhet
Laserenergi	puls-puls $< 5\%$, kalibrering $\pm 5\%$
Filtertransmission	probe $\pm 5\%$
Detektorer	irr.variation $\pm 10\%$, ickelinjäritet $\pm 5\%$, probe $\pm 5\%$
Omräkning energi till effekt	$\pm 6\%$

Total onoggrannhet blir då $\pm 17\%$ (16% utan filter) om ovanstående felkällor adderas kvadratisk. Utöver detta kan ytterligare felkällor på grund av överhörning mellan detektorerna och yttre störningar påverka mätningarna.

Väderparametrar som registrerades samtidigt med mätdata har mätts upp med följande absoluta onoggrannhet (enligt datablad).

Parameter	Mätintervall	Upplösning	Onoggrannhet
Temperatur	-45° to 60°C	0.1°C	$\pm 0.5^\circ\text{C}$
Rel. luftfuktighet	0% to 100%	1%	$\pm 3\%$
Vindhastighet	0.9 - 78 m/s	0.1 m/s	$\pm 5\%$
Vindriktning	0° - 360°	1°	$\pm 7\%$
Solinstrålning (Si detektor)	0 - 1500 W/m^2	1 W/m^2	$\pm 5\%$
Nederbörd	0 - 9999 mm	0.2 mm	$\pm 4\%$
Lufttryck	880 - 1080 hPa	0.1 hPa	± 1.7 hPa
Sikt (Vaisala FD 12)	10 - 50000 m	...	$\pm 10\%$ (10 - 10000 m) $\pm 20\%$ (10000 - 50000 m)

4. Utvärdering av mätdata

Insamlade data lästes in i Matlab och räknades om från signalnivåer från detektorerna till motsvarande lasereffekt (W/m^2) med hjälp av de kalibreringskurvor som mätts upp för respektive detektor.

För att erhålla ett mått på intensitetsvariationerna räknades variansen för varje mätning fram. Variansen redovisas för varje mätning i appendix D på tre olika sätt.

1. Variansen för den normerade intensiteten, här benämnd $\text{Var}(I)$.
2. Variansen för logaritmen av den normerade intensiteten, benämnd $\text{Var}(\ln(I))$.
3. Log-amplitudvariansen beräknad som logaritmen av den normerade variansen benämnd $\text{Var}(\log A)$.

Ovanstående talar om hur stora intensitetsvariationerna är, men för att koppla det till turbulensgraden i luften beräknades den så kallade turbulenskonstanten C_n^2 . Turbulens brukar delas in i svag respektive stark turbulens och gränsen mellan dessa kan beräknas utgående från den så kallade Rytovvariansen $\sigma_R^2(L) = 1.23k^{7/6}L^{11/6}C_n^2$, där $\sigma_R^2(L)$ sätts till ett. C_n^2 kan för en sfärisk våg approximativt relateras till log-amplitudvariansen enligt¹:

$$C_n^2 = \text{Var}(\log A) / 0,124 * k^{(7/6)} * L^{(11/6)}$$

där $k = 2\pi/\lambda$ och $L =$ avståndet

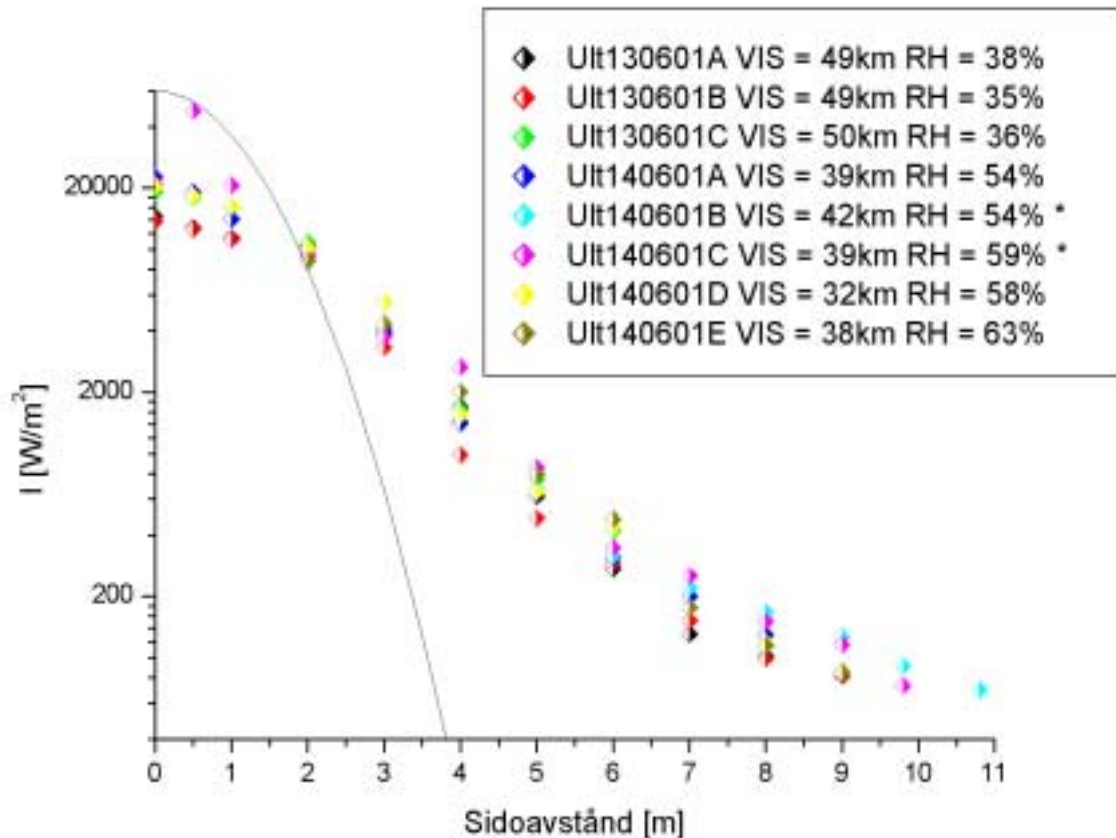
Typiska värden på C_n^2 är $10^{-17} \text{ m}^{-2/3}$ (svag turbulens) till $10^{-13} \text{ m}^{-2/3}$ (stark turbulens).

C_n^2 har beräknats enligt ovan för mätdata och redovisas i appendix D men några jämförelser mellan olika mätningar har inte gjorts. Dessa data kan dock vara av intresse tillsammans med andra mätningar för att framtida turbulensmodeller.

Loggade väderdata redovisas i appendix E.

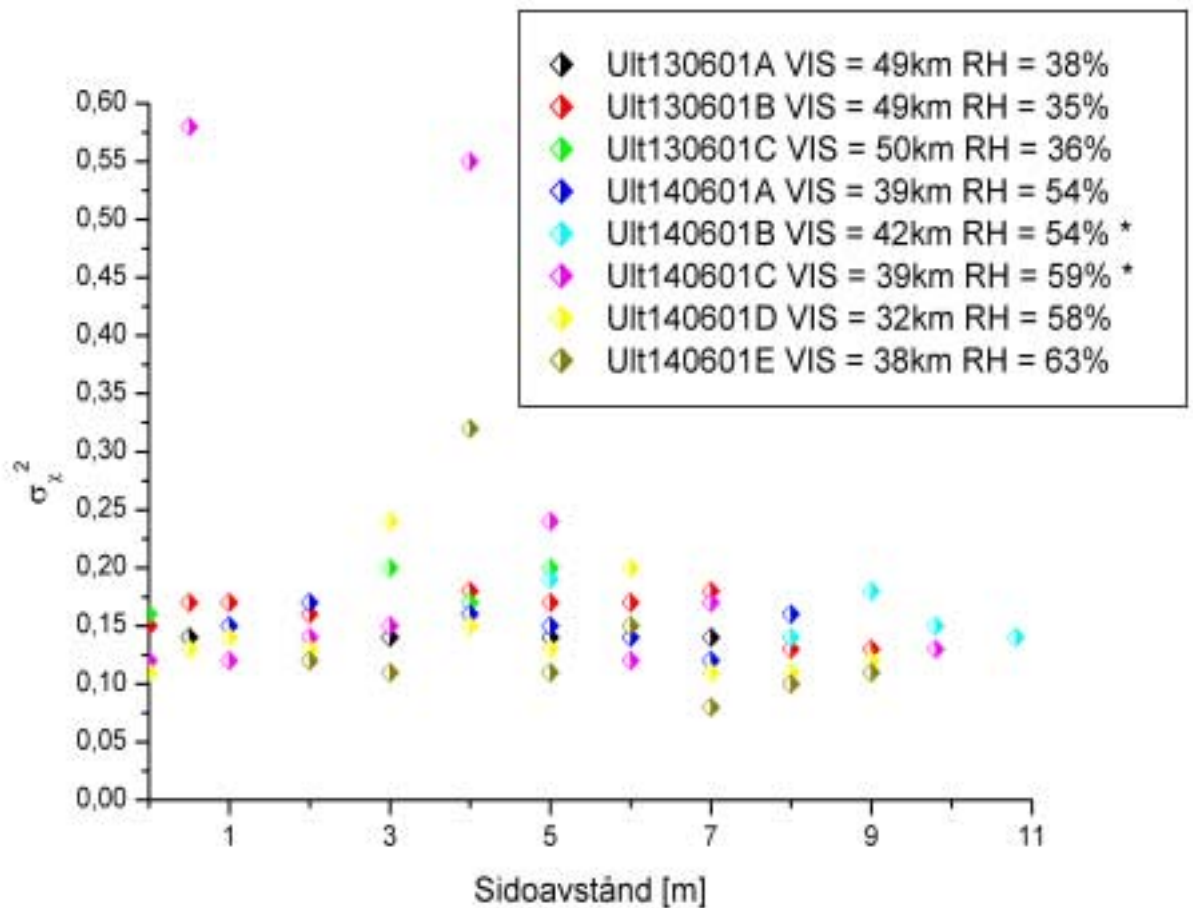
5. Resultat

Det första man lägger märke till är de relativt höga irradiansnivåerna på stora sidoavstånd från laserstrålens centrum (figur 6). För att illustrera vad som är atmosfärsspridning så har en gauss-funktion (4 m full bredd vid $1/e^2$) lagts in i figur 6. Denna visar hur intensitetsfördelningen borde ha sett ut på det avståndet om strålen inte påverkats av atmosfären. För varje mätserie redovisas datum, sikt (VIS) och relativ luftfuktighet (RH).



Figur 6. Uppmätt intensitet för olika sidoavstånd relativt laserstrålens centrum. De mätserier som markerats med * mättes upp till vänster om strålens centrum sett från laserns position, de övriga till höger.

Log-amplitud variansen från ovanstående mätserier visas i figur 7. Variansen är relativt likartad mellan de olika mätserierna och visar inte heller något påtagligt beroende av sidoavståndet. Vid några enstaka tillfällen registrerades relativt höga variansvärden och någon förklaring till det har inte hittats. Andra mätningar som genomförts över land visar att variansen varierar relativt mycket under dagen då solen värmer upp marken och luften stiger. Under mätningarna på Berga kunde inte någon sådan trend upptäckas trots att det var soligt under större delen av försöken.



Figur 7. Log-Amplitud variansen som funktion av sidoavstånd.

6. Slutsatser

Ett viktigt syfte med dessa mätningar var att studera om skillnader kunde noteras då laserstrålningen propagerar över vatten respektive land. Mätningarna har jämförts med liknande mätningar över land och någon markant skillnad i intensitetsprofil har inte uppmärksammats. Vad det gäller turbulensgraden är det svårare att ge något generellt svar, för detta skulle det krävas en betydligt större datamängd under olika förutsättningar.

Det finns dock vissa tendenser som tyder på att variansen varierar mindre med tidpunkt på dagen över vatten. Detta skulle kunna förklaras med att vattenmassorna värms respektive kyls av betydligt långsammare än marken.

Referenser

- ¹ L.C. Andrews och R.L Phillips "Laser Beam Propagation Through Random Media", SPIE 1988, ISBN 0-8194-2787-X.
- ² "The Infrared & Electro-Optical Systems Handbook" volym 2, SPIE 1996, ISBN 0-8194-1072-1.

Appendix A: Kalibreringsdata laser

A1

Ultra

Big Sky Lasers/Quantel- Brilliant ultra CFR med OPO 1574 nm.
Teleskop CVI HEBX-4.0-10x.

Energi:

Uppmätt med Laser probe RM-6600A (S/N 0008-010).
och pyroelektrisk probe RjP 735 (S/N 87011-73).
(Fokuseringslinsens transmission antagogs vara 92%.)

PRF (Hz)	Q (mJ)
1	7.7
2	7.8
5	8.0
10	8.2
20	8.4

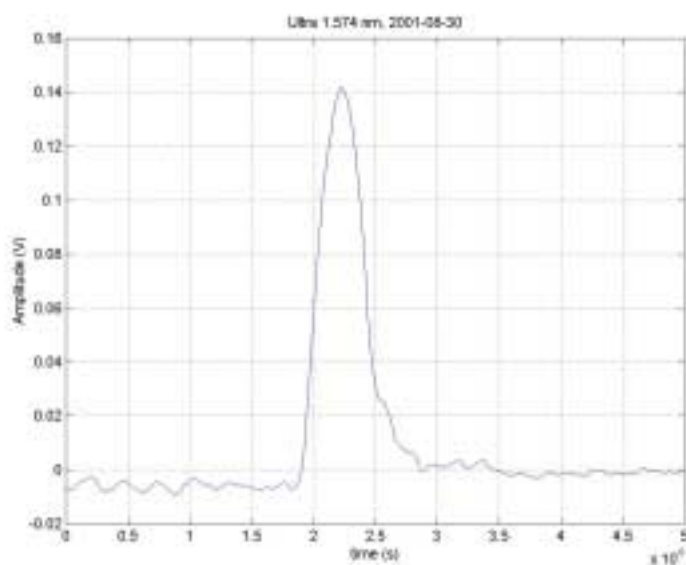
Divergens:

avstånd	Laserstrålens diameter
0 m	4.5 cm
89 m	11.5 cm

⇒ Divergens 0.8 mrad

Pulslängd:

Uppmätt med oscilloskop LeCroy 9360 och en InGaAs-fotodiod.

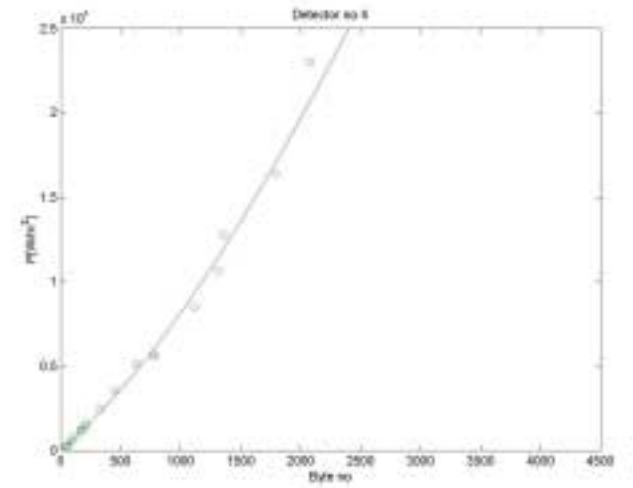
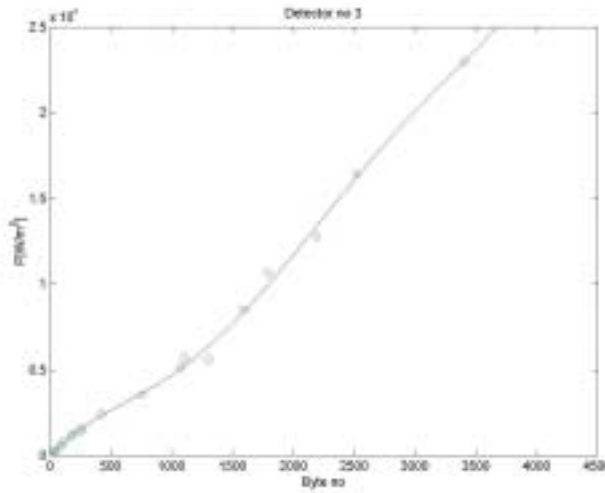
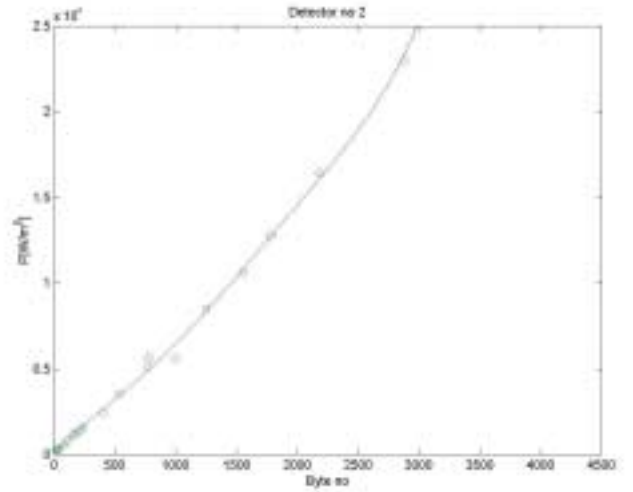
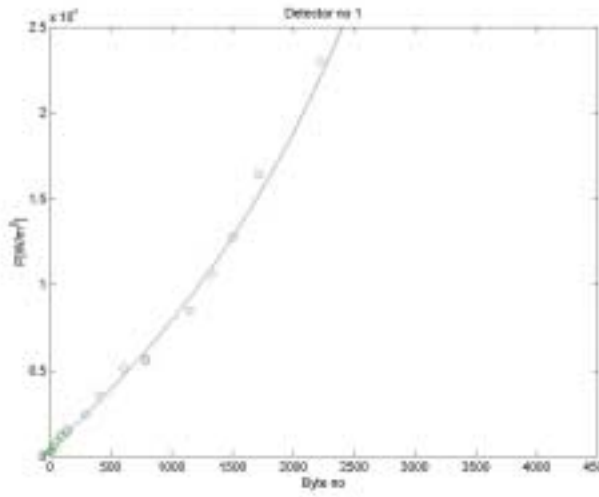


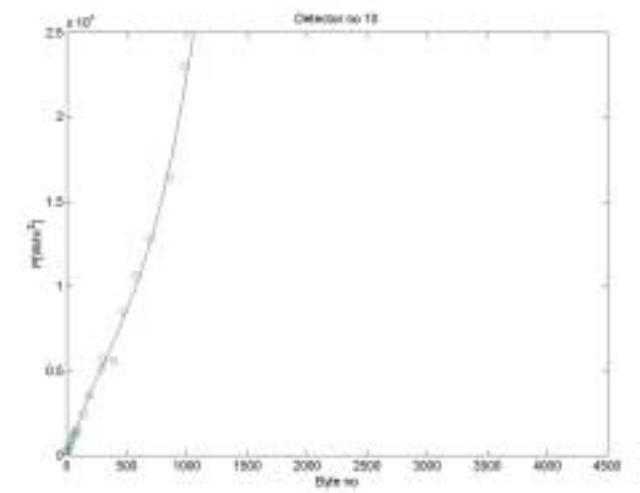
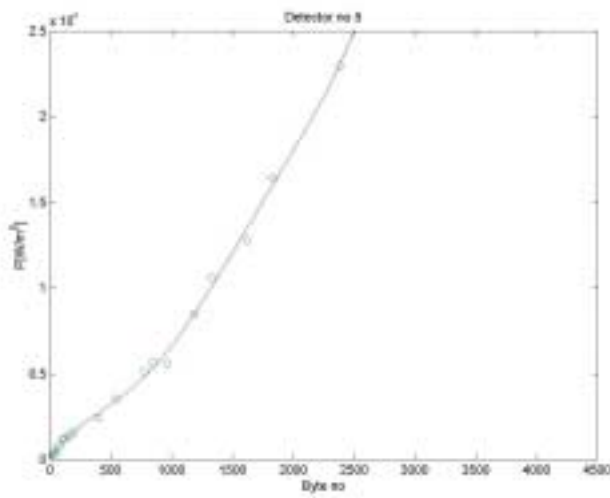
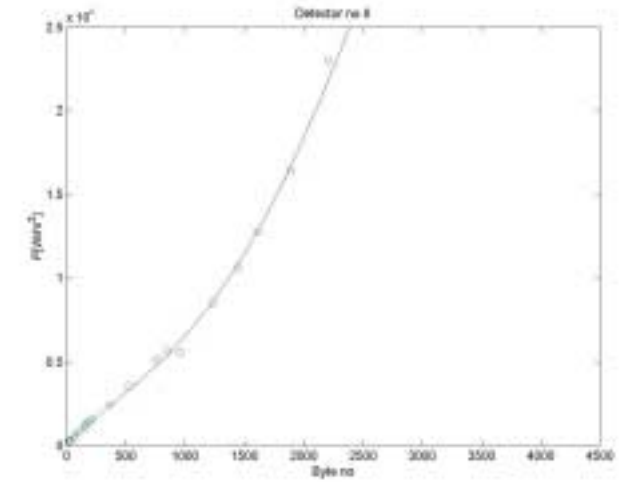
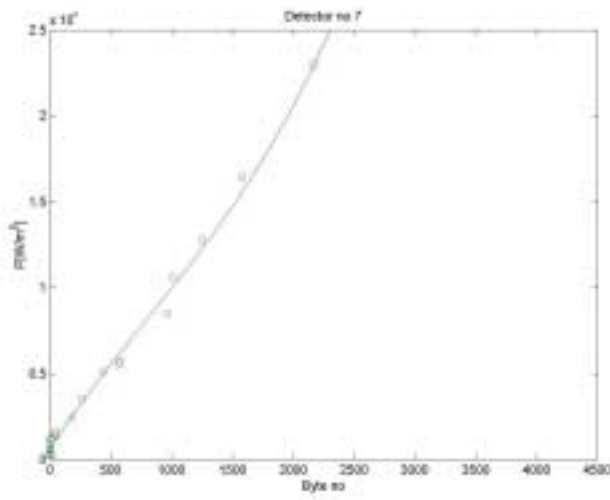
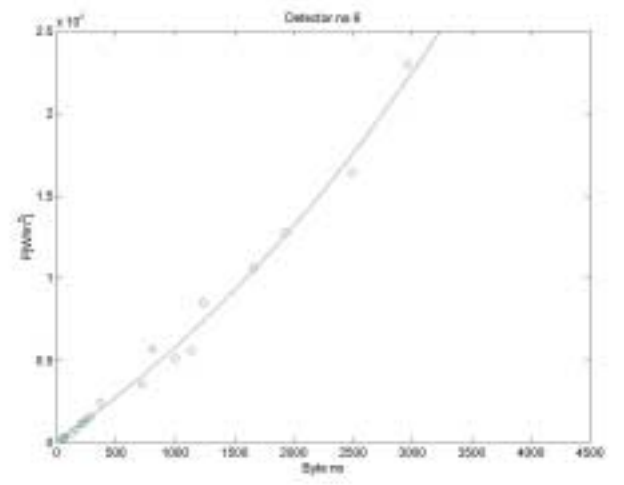
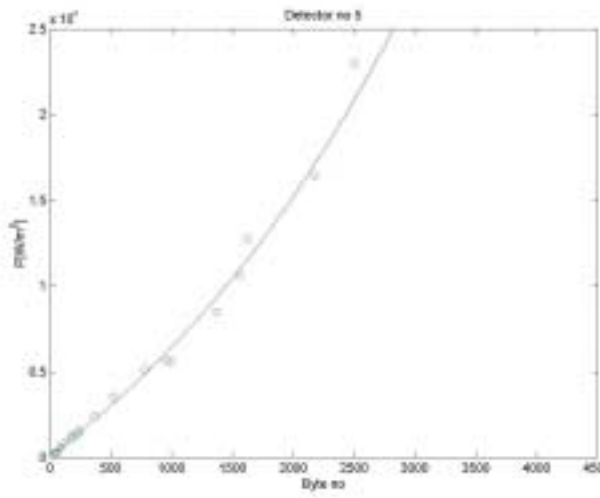
Appendix B: Kalibreringskurvor för detektorer

B1

InGaAs speclemeter at 1574 nm.

Energy measured with Energy meter Laser Probe RM-6600A (S/N 0008-010) and InGaAs-probe RjP-485 (S/N 0006-003).





Appendix C: Kalibrering av filter vid 1574 nm.

C1

Filter märkt OD 1.

Date: 14.08.2001

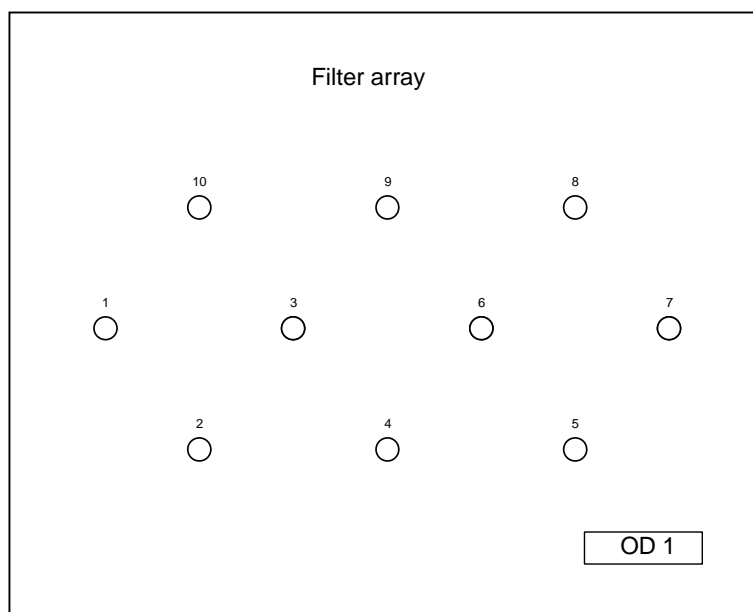
Laser: Ultra

Ind.nr.

Energy meter: Laser Probe Rm 6600A (S/N 0008-010)

Probe: RJP-735 (S/N87011-73)

Filter identification:



Laser running @ 10 Hz, full power

Unfiltered pulse energy E_0 [mJ] (averages of 100 pulses)

9,12

9,22

9,22

9,2

9,23

9,37

9,4

9,42

9,39

9,285556

Measured energies [mJ] (averages of 100 pulses) after filters 1-10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1,315	1,299	1,23	1,272	1,189	1,242	1,284	1,33	1,335	1,253
	1,314	1,293	1,231	1,278	1,189	1,243	1,282	1,325	1,328	1,252
	1,313	1,296	1,237	1,283	1,197	1,244	1,281	1,33	1,327	1,253
Average	1,314	1,296	1,233	1,278	1,192	1,243	1,282	1,328	1,330	1,253
Transmis.	1,42E-01	1,40E-01	1,33E-01	1,38E-01	1,28E-01	1,34E-01	1,38E-01	1,43E-01	1,43E-01	1,35E-01
OD	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9
	0,1415	0,1396	0,1328	0,1376	0,1283	0,1338	0,1381	0,1430	0,1432	0,1349

Filter märkt OD 2.

C2

Laser running @ 10 Hz, full power

Unfiltered pulse energy E_0 [mJ] (averages of 100 pulses)

9,36

9,45

9,49

9,46

9,45

9,48

9,49

9,5

9,57

9,53

9,54

9,496

Measured energies [μ J] (averages of 100 pulses) after filters 1-10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	212,3	226,7	193,5	229,2	237,5	220	213,5	224,4	189,8	220
	212,2	227,6	193,7	229,7	238,7	220,5	214,2	224	189,7	220,4
	212,8	227	194,2	229,9	237,7	220,2	213,8	224,2	189,9	219,8
Average	212,433	227,100	193,800	229,600	237,967	220,233	213,833	224,200	189,800	220,067
Transmis.	2,24E-02	2,39E-02	2,04E-02	2,42E-02	2,51E-02	2,32E-02	2,25E-02	2,36E-02	2,00E-02	2,32E-02
OD	1,7	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6
	0,022371	0,02392	0,02041	0,02418	0,02506	0,02319	0,02252	0,02361	0,01999	0,02317

Appendix D: Mätresultat

D1

Ultra 5200 m

13.06.01	Ultra	100	pulses @2Hz	L =	5200	m					
				$\lambda =$	1,574	μm					
14:32	14:59			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_001		0	2,57E+04	0,25	0,06	0,56	1,4E-15	57		Laser on level 7.5 @ 2Hz	
	1	0	7,24E+04	0,53	0,11	0,69	2,6E-15	1			
	1	0,5	6,38E+04	0,76	0,14	0,86	3,5E-15	1			
	1	1	5,69E+04	0,74	0,14	0,83	3,4E-15				
	1	3	1,94E+04	0,78	0,14	0,87	3,6E-15				
		5	3,10E+03	0,76	0,14	0,75					
		7	6,56E+02	0,76	0,14	1,17			117		
		9	4,09E+02	0,53	0,11	1,15					
	1	2	5,20E+04	0,93	0,16	1,14		3			
	1	4	8,52E+03	1,00	0,17	1,22					
		4	7,15E+03	1,02	0,18	1,18		1			
		6	1,37E+03	0,76	0,14	1,07					
m_013		8	5,09E+02	0,67	0,13	1,39					

Ultra 5200 m

13.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m					
				$\lambda =$	1,574	μm					
15:01	15:19			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_014	1	0	6,9E+04	0,85	0,15	1,21	3,8E-15	4		aim too low?	
	1	0,5	6,3E+04	0,95	0,17	1,38	4,1E-15			Laser at 7.5 level?	
	1	0	6,9E+04	0,84	0,15	1,27	3,8E-15	8			
	1	1	5,6E+04	0,94	0,17	1,16	4,1E-15	3			
	1	2	5,0E+04	0,88	0,16	0,91	3,9E-15	1	112		
	1	3	1,7E+04	1,62	0,24	1,79					
		4	4,9E+03	1,04	0,18	1,35		1			
		5	2,4E+03	0,99	0,17	0,99					
		6	1,5E+03	0,95	0,17	0,95					
		7	7,6E+02	1,08	0,18	1,82					
		8	5,0E+02	0,70	0,13	1,35					
m_025		9	4,1E+02	0,70	0,13	1,38					

D2

Ultra 5200 m (0 m off-axis)

13.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m					
				$\lambda =$	1,574	μm					
15:22	15:31			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_026	1	0	7,60E+04	0,73	0,14	0,99	3,4E-15	8		Laser at 7.5 level?	
	1	0	7,16E+04	0,75	0,14	1,07	3,5E-15	5			
	1	0	6,98E+04	0,85	0,15	1,14	3,8E-15	3			
	1	0	7,38E+04	0,79	0,15	1,13	3,6E-15	7			
	1	0	7,48E+04	0,82	0,15	1,23	3,7E-15	8	105		
	1	0	6,88E+04	0,76	0,14	1,05	3,5E-15	2			
	1	0	1,26E+05	8,63	0,57	1,77	1,4E-14	1			
	1	0	1,30E+05	8,58	0,56	1,80	1,4E-14	1			
	1	0	6,96E+04	0,85	0,15	1,13	3,8E-15	6			
m_035	1	0	7,65E+04	0,75	0,14	1,18	3,5E-15	5			

Ultra 5200 m

13.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m					
				$\lambda =$	1,574	μm					
15:45	15:58			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_036	1	0	9,6E+04	0,86	0,16	1,23	3,8E-15	13		Laser at full power	
	1	0,5	9,0E+04	0,69	0,13	1,11	3,2E-15	9			
	1	1	8,1E+04	0,84	0,15	1,33	3,8E-15	13			
	1	2	5,4E+04	0,94	0,17	1,30	4,1E-15	1			
	1	3	2,8E+04	1,22	0,20	1,34	4,9E-15				
m_041		4	8,2E+03	0,99	0,17	1,23		1	200		
		5	3,7E+03	1,26	0,20	1,25					
m_043		6	2,1E+03	0,84	0,15	1,11					

Ultra 5200 m

14.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m					
				$\lambda =$	1,574	μm					
10:16	10:32			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,48915E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_050	1	0	1,1E+05	0,54	0,11	0,80	2,6E-15	15			
	1	0,5	9,6E+04	0,68	0,13	1,11	3,2E-15	9			
	1	1	7,1E+04	0,80	0,15	1,05		1			
	1	2	5,1E+04	1,00	0,17	1,14		1			
	1	3	2,0E+04	0,54	0,11	0,55					
		4	7,0E+03	0,92	0,16	1,17		2			
		5	3,2E+03	0,81	0,15	0,93					
		6	1,6E+03	0,73	0,14	0,94					
		7	1,0E+03	0,60	0,12	0,87			92	Corrupted, fixed	
		8	6,5E+02	0,88	0,16	1,60			93		
m_060		9								Corrupted	

Ultra 5200 m (0 m off-axis)

14.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m					
				$\lambda =$	1,574	μm					
10:34	10:40			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_063	1	0	1,0E+05	0,63	0,12	1,10	3,0E-15				

Ultra 5200 m

14.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m					
	Laser moved to the left			$\lambda =$	1,574	μm					
11:07	11:27			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_072	1	0					0,0E+00			Corrupted	
	1	0,5					0,0E+00			Corrupted	
	1	1								Corrupted	
	1	2								Corrupted	
	1	3								Corrupted	
m_077		4								Corrupted	
m_078		5	3,3E+03	1,12	0,19	1,16					
		6	1,6E+03	0,79	0,15	1,11					
		7	1,1E+03	1,00	0,17	1,23					
		8	8,4E+02	0,78	0,14	1,30					
		9	6,3E+02	1,08	0,18	1,77					
		9,8	4,6E+02	0,79	0,15	1,52					
m_084		10,8	3,5E+02	0,76	0,14	1,61				57	

Ultra 5200 m

14.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m					
	Laser moved to the left			$\lambda =$	1,574	μm					
13:37	13:49			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_085	1	0	1,0E+05	0,64	0,12	0,96	3,0E-15	12			
	1	0,5	2,4E+05	9,35	0,58	1,76	1,4E-14	10			
	1	1	1,0E+05	0,65	0,12	1,02	3,1E-15	12			
	1	2	4,7E+04	0,76	0,14	0,89					
	1	3	1,9E+04	0,84	0,15	0,91					
		4	1,3E+04	7,97	0,55	1,43		1			
		5	4,3E+03	1,60	0,24	1,14					
m_092		6	1,7E+03	0,62	0,12	0,69				107	
		7	1,3E+03	0,98	0,17	1,48					
		8	7,6E+02	0,49	0,10	0,77					
		9	5,8E+02	0,55	0,11	1,13					
m_096		9,8	3,7E+02	0,67	0,13	1,41					

Ultra 5200 m

14.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m					
				$\lambda =$	1,574	μm					
13:53	14:02			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$			
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes	
m_097	1	0	1,0E+05	0,55	0,11	0,80	2,7E-15	9	124		
	1	0,5	9,1E+04	0,65	0,13	0,85	3,1E-15	13			
	1	1	8,2E+04	0,72	0,14	1,11	3,4E-15	4			
	1	2	5,1E+04	0,71	0,13	0,79	3,3E-15				
	1	3	2,8E+04	1,63	0,24	1,26					
		4	7,8E+03	0,85	0,15	0,97		3			
		5	3,3E+03	0,69	0,13	0,80					
		6	2,2E+03	1,19	0,20	1,18					
		7	8,9E+02	0,57	0,11	0,83					
		8	6,0E+02	0,56	0,11	1,06					
m_107		9	4,3E+02	0,60	0,12	1,22					

Ultra 5200 m (0 m off-axis)

14.06.01	Ultra	100	pulses @10Hz	L =	5200	m				
				$\lambda =$	1,574	μm				
14:03	14:22			k =	3991859	Weak turbulence limit	2,49E-15	$\text{m}^{-2/3}$		
File	Filter(s) [OD]	Off-axis distance [m]	I [W/m ²]	var(I)	var(logA)	var(ln(I))	C _n ² [m ^{-2/3}]	Saturated	Registered	Notes
m_108	1	0	1,9E+05	6,10	0,49	1,57	1,2E-14	15		
	1	0	1,0E+05	0,63	0,12	0,92	3,0E-15	13		
	1	0	1,0E+05	0,51	0,10	0,82	2,6E-15	12		
	1	0	1,1E+05	0,52	0,10	0,77	2,6E-15	6		
	1	0	1,0E+05	0,56	0,11	0,92	2,7E-15	11		
	1	0	1,0E+05	0,55	0,11	0,71	2,7E-15	11		
	1	0	1,1E+05	0,57	0,11	0,87	2,8E-15	11	99	
m_115	1	0								Corrupted
	1	0								Corrupted
	1	0								Corrupted
	1	0								Corrupted
	1	0								Corrupted
m_120	1	0								Corrupted
m_121	1	0	1,0E+05	0,50	0,10	0,72	2,5E-15	9		
	1	0	1,6E+05	4,16	0,41	1,40	1,0E-14	8		
	1	0	1,0E+05	0,56	0,11	0,80	2,7E-15	10		
	1	0	9,9E+04	0,61	0,12	1,03	2,9E-15	4		
	1	0	1,0E+05	0,55	0,11	0,85	2,7E-15	9		
	1	0	1,0E+05	0,53	0,11	0,81	2,6E-15	8		
m_127	1	0	1,0E+05	0,63	0,12	0,90	3,0E-15	7		

Appendix E: Väderdata

E1

Ultra 5200 m (1st) week 24, 130601.

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
15,6	1010,6	0	7,6	239	948	38	49398	50000	14:31:59
15,6	1010,6	0	5,8	230	941	39	44877	50000	14:32:33
15,6	1010,6	0	6,3	250	944	39	40643	49681	14:33:07
15,6	1010,6	0	4,9	263	949	38	xxx	xxx	14:33:41
15,6	1010,7	0	6,3	250	953	38	50000	50000	14:34:15
15,6	1010,5	0	4,9	237	949	38	50000	50000	14:34:49
15,5	1010,6	0	5,8	235	938	38	50000	50000	14:35:23
15,5	1010,4	0	4,9	238	934	38	50000	50000	14:35:57
15,4	1010,6	0	7,6	272	936	38	50000	50000	14:36:31
15,4	1010,6	0	4,9	248	941	39	50000	50000	14:37:05
15,4	1010,6	0	5,8	253	951	38	47300	50000	14:37:39
15,4	1010,6	0	3,1	256	959	38	48730	50000	14:38:13
15,4	1010,6	0	3,6	232	971	39	48056	50000	14:38:47
15,4	1010,7	0	4,5	272	982	40	47998	50000	14:39:21
15,4	1010,6	0	1,3	225	994	39	46420	49890	14:39:55
15,4	1010,7	0	4,5	220	1006	40	47791	49890	14:40:29
15,4	1010,7	0	3,6	223	1023	39	50000	50000	14:41:03
15,4	1010,7	0	2,7	194	1030	39	50000	50000	14:41:37
15,4	1010,7	0	2,7	183	360	39	47969	49753	14:42:11
15,5	1010,6	0	5,4	235	1012	39	50000	50000	14:42:45
15,5	1010,6	0	3,6	271	997	39	xxx	xxx	14:43:19
15,5	1010,5	0	6,3	283	460	39	50000	50000	14:43:53
15,6	1010,5	0	4,9	262	1002	39	50000	50000	14:44:27
15,6	1010,6	0	5,4	262	974	39	50000	50000	14:45:01
15,6	1010,7	0	3,6	256	947	39	50000	50000	14:45:35
15,6	1010,5	0	5,8	245	940	39	50000	50000	14:46:10
15,6	1010,7	0	3,1	194	930	39	48491	50000	14:46:44
15,7	1010,8	0	2,2	225	920	40	47592	50000	14:47:18
15,7	1010,7	0	1,3	209	916	39	47776	50000	14:47:52
15,8	1010,7	0	3,1	264	915	39	49071	50000	14:48:26
15,8	1010,6	0	3,6	241	925	39	49669	50000	14:49:00
15,9	1010,7	0	4	180	931	38	49444	50000	14:49:34
15,9	1010,6	0	5,4	171	941	37	50000	50000	14:50:08
15,9	1010,7	0	4,5	239	961	37	50000	50000	14:50:42
16	1010,6	0	3,6	287	963	37	50000	50000	14:51:16
16	1010,7	0	2,2	221	458	37	50000	50000	14:51:50
16	1010,7	0	3,6	198	178	37	49820	50000	14:52:24
16	1010,7	0	2,7	197	200	37	50000	50000	14:52:58
16	1010,7	0	4,9	193	961	37	48820	50000	14:53:32
16,1	1010,8	0	3,1	173	960	37	45158	50000	14:54:06
16,1	1010,7	0	2,7	189	961	37	47278	50000	14:54:40
16,2	1010,7	0	5,4	170	961	36	49905	50000	14:55:14
16,2	1010,7	0	4,5	149	965	36	50000	50000	14:55:48
16,2	1010,8	0	4,9	209	970	36	50000	50000	14:56:22
16,2	1010,7	0	2,2	190	978	36	50000	50000	14:56:56
16,2	1010,6	0	3,1	136	986	36	50000	50000	14:57:30
16,2	1010,7	0	3,1	198	1003	36	xxx	xxx	14:58:04
16,2	1010,7	0	3,1	175	1021	36	50000	50000	14:58:38
16,2	1010,7	0	3,1	204	1033	37	50000	50000	14:59:12
16,3	1010,7	0	4,5	228	1037	37	49607	50000	14:59:46
16,3	1010,8	0	3,1	190	1045	36	49461	50000	15:00:20
15,8	1010,7	0,0	4,2	222,8	905,1	38,0	48984,9	49983,6	0:28:21
0,3	0,1		1,5	35,7	197,7	1,2	1787,9	60,9	

Ultra 5200 m (2nd) week 24, 130601.

E2

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
16,4	1010,8	0	3,1	202	1036	35	45508	50000	15:00:54
16,4	1010,6	0	6,7	211	1020	34	xxx	xxx	15:01:28
16,4	1010,7	0	4,9	203	1006	35	47780	50000	15:02:02
16,4	1010,8	0	5,8	202	999	36	47494	50000	15:02:36
16,4	1010,6	0	4,5	220	989	34	48022	49442	15:03:10
16,4	1010,7	0	4	204	989	34	48470	50000	15:03:44
16,4	1010,7	0	5,4	194	998	35	50000	50000	15:04:18
16,4	1010,7	0	1,8	190	569	34	50000	50000	15:04:52
16,4	1010,7	0	5,4	192	1003	35	49034	50000	15:05:26
16,4	1010,6	0	3,6	206	1004	35	47913	50000	15:06:00
16,4	1010,6	0	5,4	151	993	35	50000	50000	15:06:34
16,5	1010,6	0	4,5	228	978	35	xxx	xxx	15:07:08
16,5	1010,5	0	4,9	225	971	35	50000	50000	15:07:42
16,5	1010,6	0	5,4	255	971	35	49131	50000	15:08:16
16,5	1010,7	0	2,7	225	965	36	46394	49967	15:08:50
16,5	1010,8	0	4,5	195	959	36	48548	50000	15:09:24
16,5	1010,7	0	2,2	192	954	35	50000	50000	15:09:58
16,5	1010,6	0	1,3	171	946	35	50000	50000	15:10:32
16,5	1010,6	0	4	191	945	35	50000	50000	15:11:06
16,5	1010,7	0	1,8	211	925	36	50000	50000	15:11:40
16,5	1010,6	0	0,9	272	959	36	49802	50000	15:12:14
16,5	1010,5	0	4,9	265	964	36	48225	50000	15:12:48
16,5	1010,4	0	6,3	223	973	36	xxx	xxx	15:13:22
16,5	1010,5	0	5,8	244	592	36	50000	50000	15:13:56
16,5	1010,5	0	5,4	246	246	37	50000	50000	15:14:30
16,5	1010,4	0	4	256	237	36	xxx	xxx	15:15:04
16,5	1010,3	0	9,4	241	587	36	43532	50000	15:15:38
16,5	1010,2	0	8,9	243	271	36	46730	50000	15:16:12
16,4	1010,5	0	7,6	248	251	35	48830	50000	15:16:46
16,4	1010,5	0	5,4	233	435	36	50000	50000	15:17:21
16,4	1010,4	0	5,4	252	200	36	50000	50000	15:17:55
16,3	1010,6	0	6,3	206	188	36	50000	50000	15:18:29
16,3	1010,6	0	6,3	223	181	36	50000	50000	15:19:03
16,3	1010,5	0	5,8	212	176	35	50000	50000	15:19:37
16,2	1010,6	0	4,9	233	174	36	48324	50000	15:20:11
16,4	1010,6	0,0	4,8	219,0	733,0	35,4	48830,2	49980,9	0:19:17
0,1	0,1		1,9	27,3	340,6	0,7	1594,5	100,2	

Ultra 5200 m (0 m off-axis distance) week 24, 130601.

E3

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
16,1	1010,6	0	4,9	210	200	36	50000	50000	15:21:53
16,1	1010,6	0	5,4	204	205	36	50000	50000	15:22:27
16	1010,6	0	5,4	231	208	36	50000	50000	15:23:01
15,9	1010,6	0	2,2	188	209	36	50000	50000	15:23:35
15,9	1010,6	0	4,5	210	211	36	50000	50000	15:24:09
15,9	1010,7	0	3,1	201	215	36	50000	50000	15:24:43
15,9	1010,7	0	4	216	226	36	50000	50000	15:25:17
15,9	1010,7	0	2,7	230	253	36	50000	50000	15:25:51
15,9	1010,6	0	6,7	229	331	36	xxx	xxx	15:26:25
15,8	1010,7	0	4,5	223	227	36	50000	50000	15:26:59
15,8	1010,6	0	5,8	217	230	36	50000	50000	15:27:33
15,8	1010,6	0	4,5	212	218	36	50000	50000	15:28:07
15,8	1010,7	0	4	187	230	37	50000	50000	15:28:41
15,8	1010,7	0	6,3	204	216	37	48843	50000	15:29:15
15,8	1010,7	0	4	208	186	37	44440	50000	15:29:49
15,8	1010,6	0	2,7	209	211	37	45674	50000	15:30:23
15,8	1010,6	0	6,3	248	204	37	49983	50000	15:30:57
15,8	1010,6	0	3,6	245	186	37	xxx	xxx	15:31:31
15,8	1010,7	0	2,7	230	278	37	50000	50000	15:32:05
15,9	1010,6	0,0	4,4	215,9	223,4	36,4	49349,4	50000,0	0:10:12
0,1	0,1		1,4	16,7	33,8	0,5	1654,0	0,0	

Ultra 5200 m (3rd) week 24, 130601.

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
16,3	1010,6	0	7,6	241	246	35	50000	50000	15:45:07
16,3	1010,6	0	5,8	224	381	35	50000	50000	15:45:41
16,2	1010,6	0	4	221	258	34	50000	50000	15:46:15
16,2	1010,6	0	6,3	240	249	35	50000	50000	15:46:49
16,2	1010,6	0	2,7	212	243	36	50000	50000	15:47:24
16,1	1010,6	0	3,1	238	281	36	xxx	xxx	15:47:58
16,1	1010,6	0	4,5	226	520	36	50000	50000	15:48:32
16,1	1010,6	0	5,4	215	249	36	50000	50000	15:49:06
16,1	1010,6	0	4,9	229	228	36	49555	50000	15:49:40
16,1	1010,6	0	5,4	250	203	36	50000	50000	15:50:14
16,1	1010,6	0	4,9	219	194	36	50000	50000	15:50:48
16,1	1010,6	0	4,5	235	186	36	xxx	xxx	15:51:22
16,1	1010,6	0	3,6	221	186	36	50000	50000	15:51:56
16	1010,6	0	4,5	237	189	36	50000	50000	15:52:30
16	1010,7	0	3,1	243	190	36	50000	50000	15:53:04
16	1010,6	0	2,2	223	191	36	49435	50000	15:53:38
16	1010,6	0	6,7	216	197	36	48051	50000	15:54:12
16	1010,5	0	4,9	210	205	35	48450	50000	15:54:46
16	1010,6	0	4,5	255	211	36	50000	50000	15:55:20
15,9	1010,6	0	3,6	230	220	36	50000	50000	15:55:54
15,9	1010,6	0	3,6	228	363	36	50000	50000	15:56:28
15,9	1010,6	0	6,3	215	831	36	50000	50000	15:57:02
16	1010,6	0	8,5	235	391	35	50000	50000	15:57:36
16	1010,6	0	4	230	554	34	50000	50000	15:58:10
16	1010,6	0	4,5	202	292	35	50000	50000	15:58:44
16	1010,4	0	4,5	206	255	35	50000	50000	15:59:18
16,1	1010,6	0,0	4,8	227,0	289,0	35,6	49812,1	50000,0	0:14:11
0,1	0,0		1,5	13,4	148,1	0,6	505,2	0,0	

Ultra 5200 m (1st) week 24, 140601.

E4

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
14,9	1010,7	0	4,5	37	712	55	xxx	xxx	10:15:59
14,9	1010,7	0	3,6	56	713	54	50000	40658	10:16:33
14,9	1010,8	0	2,7	50	714	53	50000	40658	10:17:07
14,9	1010,8	0	2,2	70	714	53	44807	39356	10:17:41
15	1010,8	0	2,2	52	715	54	42384	39356	10:18:15
15,1	1010,8	0	1,8	66	716	54	42992	39386	10:18:49
15,1	1010,8	0	3,6	45	716	53	40697	39218	10:19:23
15,1	1010,7	0	4,9	42	718	53	39320	41515	10:19:57
15,2	1010,8	0	3,1	45	717	52	38697	40198	10:20:31
15,2	1010,8	0	4,5	44	717	52	38997	41960	10:21:05
15,2	1010,8	0	4,5	56	719	53	xxx	xxx	10:21:39
15,2	1010,8	0	4	45	720	52	41294	45746	10:22:13
15,2	1010,8	0	3,6	45	721	52	26368	40141	10:22:47
15,2	1010,8	0	3,6	42	722	53	xxx	xxx	10:23:21
15,2	1010,8	0	2,7	40	722	53	31846	39585	10:23:55
15,1	1010,8	0	3,1	38	724	54	xxx	xxx	10:24:29
15,1	1010,8	0	3,6	34	725	55	42966	39739	10:25:03
15,1	1010,8	0	3,6	51	726	55	36865	37815	10:25:37
15	1010,8	0	3,6	42	727	55	31660	36649	10:26:11
15	1010,8	0	4,5	40	726	55	29593	35714	10:26:45
15	1010,8	0	2,7	69	727	54	xxx	xxx	10:27:19
14,9	1010,8	0	3,6	42	727	53	39107	36708	10:27:53
15	1010,8	0	3,6	44	728	55	47973	36708	10:28:27
15	1010,8	0	3,1	34	731	54	48591	37671	10:29:01
15	1010,8	0	3,1	36	732	54	43369	37414	10:29:35
15	1010,8	0	3,1	55	732	55	44161	36748	10:30:09
15	1010,8	0	2,7	41	733	54	37690	36380	10:30:43
15	1010,9	0	3,1	49	734	55	28669	34193	10:31:17
15	1010,8	0	3,1	51	734	54	27699	34516	10:31:51
15,1	1010,8	0	3,1	31	736	55	33179	35313	10:32:25
15,1	1010,8	0	2,7	53	737	54	37177	37854	10:32:59
15,1	1010,8	0,0	3,3	46,6	723,7	53,8	39080,8	38507,7	0:17:00
0,1	0,0		0,7	9,8	7,5	1,0	6859,4	2580,2	

Ultra 5200 m (0 m off-axis distance) week 24, 140601.

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
15,1	1010,8	0	4,9	38	739	55	36594	36548	10:34:07
15,2	1010,8	0	3,1	34	739	54	41857	37065	10:34:41
15,2	1010,9	0	1,8	41	740	53	44511	36581	10:35:15
15,2	1010,8	0	4	35	741	54	42422	38085	10:35:49
15,2	1010,9	0	3,1	44	742	53	41892	39439	10:36:23
15,2	1010,9	0	3,1	49	744	53	38912	38935	10:36:57
15,3	1010,9	0	2,7	42	744	53	26864	35195	10:37:32
15,2	1010,8	0	2,7	34	744	54	26566	35195	10:38:06
15,2	1010,9	0	3,6	34	746	55	xxx	xxx	10:38:40
15,2	1010,9	0	4,5	41	747	56	xxx	xxx	10:39:14
15,2	1010,8	0	4,5	36	748	56	35004	32954	10:39:48
15,1	1010,9	0	4	46	749	56	38364	34234	10:40:22
15,1	1010,8	0	4,5	39	749	54	40882	34843	10:40:56
15,1	1010,9	0	4	34	750	56	41639	36135	10:41:30
15,2	1010,9	0,0	3,6	39,1	744,4	54,4	37958,9	36267,4	0:07:23
0,1	0,1		0,9	4,9	3,8	1,2	5878,8	1924,8	

Ultra 5200 m (2nd) week 24, 140601.

E5

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
15,7	1010,8	0	2,7	58	785	53	47837	47926	11:06:27
15,7	1010,7	0	4,5	49	785	54	45156	48016	11:07:01
15,7	1010,6	0	5,4	51	786	53	34121	45413	11:07:35
15,8	1010,7	0	2,7	83	788	52	31169	45315	11:08:09
15,8	1010,8	0	2,7	78	789	53	32911	45552	11:08:43
15,8	1010,8	0	1,3	76	789	53	37119	45634	11:09:17
15,9	1010,8	0	3,6	57	790	53	43711	45634	11:09:51
15,9	1010,8	0	2,7	84	790	52	47512	45634	11:10:25
15,9	1010,7	0	3,1	65	791	52	39706	42794	11:10:59
15,9	1010,8	0	4	53	792	52	35863	41259	11:11:33
16	1010,7	0	3,1	78	794	51	35583	40654	11:12:07
16,1	1010,7	0	3,6	68	793	52	39075	40677	11:12:41
16,1	1010,8	0	3,1	85	796	52	44618	40677	11:13:15
16,1	1010,8	0	2,2	73	797	53	50000	41110	11:13:49
16,1	1010,8	0	3,6	32	798	53	50000	41131	11:14:23
16,1	1010,8	0	1,8	68	796	54	xxx	xxx	11:14:57
16,1	1010,8	0	2,7	83	772	54	44315	41025	11:15:31
16,1	1010,8	0	5,8	39	801	53	49767	41025	11:16:05
16,1	1010,8	0	3,6	66	803	52	48999	41371	11:16:39
16,1	1010,8	0	4,5	46	804	53	48126	43621	11:17:13
16,1	1010,7	0	4,5	33	805	54	50000	46176	11:17:47
16,1	1010,8	0	4,9	40	806	54	50000	46338	11:18:21
16,1	1010,7	0	4	38	805	54	50000	47668	11:18:55
16	1010,8	0	4,5	40	807	54	xxx	xxx	11:19:29
16	1010,7	0	3,6	47	807	55	45781	46095	11:20:03
16	1010,7	0	4,9	42	807	54	47911	48529	11:20:37
16	1010,8	0	4,5	52	806	55	50000	49408	11:21:11
16	1010,7	0	4,9	51	807	54	36007	46820	11:21:45
16	1010,7	0	3,1	62	809	55	22941	42614	11:22:19
16	1010,7	0	4,5	48	811	54	24665	42298	11:22:53
16	1010,6	0	4	39	811	55	xxx	xxx	11:23:27
15,9	1010,7	0	4,9	39	810	56	43228	42173	11:24:01
15,9	1010,7	0	4,5	49	812	55	45238	41917	11:24:35
15,9	1010,7	0	4,9	45	811	54	45053	42720	11:25:09
15,9	1010,7	0	4,9	42	811	54	40868	40996	11:25:43
15,9	1010,7	0	5,4	31	812	56	33445	40212	11:26:17
15,9	1010,7	0	4,5	48	812	55	34014	39200	11:26:51
15,9	1010,7	0	4,5	48	814	55	36813	39156	11:27:25
15,9	1010,7	0	4,9	34	815	56	42441	39156	11:27:59
15,9	1010,7	0	4,9	39	817	56	41891	37659	11:28:33
16,0	1010,7	0,0	3,9	54,0	800,9	53,7	41780,6	43340,6	0:22:06
0,1	0,1		1,1	16,3	10,6	1,3	7327,0	3103,0	

Ultra 5200 m (3rd) week 24, 140601.

E6

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
16,4	1010,7	0	8	46	916	59	37613	34512	13:36:42
16,4	1010,7	0	4,5	49	915	59	31795	34496	13:37:16
16,4	1010,6	0	7,6	41	934	59	32356	34496	13:37:50
16,4	1010,7	0	3,1	50	935	59	35637	33678	13:38:24
16,3	1010,7	0	3,1	68	933	59	31772	34352	13:38:58
16,3	1010,7	0	4	47	918	59	38936	35359	13:39:32
16,3	1010,6	0	4,9	47	875	59	47543	35886	13:40:06
16,3	1010,5	0	6,7	43	865	59	35966	34202	13:40:40
16,3	1010,5	0	6,3	37	843	59	26253	32643	13:41:14
16,3	1010,6	0	3,1	67	867	59	30639	33086	13:41:48
16,3	1010,5	0	6,3	59	886	59	xxx	xxx	13:42:22
16,3	1010,7	0	4,9	50	862	59	35747	32994	13:42:56
16,3	1010,5	0	4,5	66	823	59	41008	33225	13:43:30
16,3	1010,8	0	4,5	40	810	59	40712	34226	13:44:04
16,4	1010,5	0	8,5	40	813	59	34759	33866	13:44:38
16,4	1010,7	0	5,4	49	844	59	29006	33588	13:45:12
16,4	1010,5	0	6,7	61	829	59	33633	34288	13:45:46
16,3	1010,6	0	7,6	55	823	58	41387	34288	13:46:20
16,3	1010,6	0	8	43	748	59	46114	35724	13:46:54
16,3	1010,7	0	6,3	48	743	58	49002	36630	13:47:28
16,3	1010,6	0	5,8	50	827	59	50000	37851	13:48:02
16,2	1010,7	0	4,9	67	815	59	50000	39240	13:48:36
16,2	1010,6	0	5,8	55	823	59	xxx	xxx	13:49:10
16,2	1010,6	0	7,2	46	803	59	47826	38650	13:49:44
16,2	1010,6	0	4,9	57	828	59	38746	38927	13:50:18
16,3	1010,6	0,0	5,7	51,2	851,1	58,9	38541,3	35052,5	0:13:36
0,1	0,1		1,6	9,2	53,6	0,3	7108,9	1950,7	

Ultra 5200 m (4th) week 24, 140601.

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
16,1	1010,7	0	5,8	40	872	59	32483	38242	13:52:34
16,1	1010,7	0	6,7	67	858	59	26413	36851	13:53:08
16	1010,6	0	7,2	46	850	59	22845	35593	13:53:42
16	1010,6	0	7,2	54	855	58	30350	37419	13:54:16
16	1010,7	0	6,3	58	873	58	42984	39252	13:54:51
16	1010,6	0	7,2	42	884	58	35265	37198	13:55:25
16	1010,6	0	5,8	49	897	58	29721	36175	13:55:58
16	1010,6	0	7,2	53	907	59	32600	35924	13:56:33
15,9	1010,7	0	6,7	57	903	58	31203	33861	13:57:07
15,9	1010,7	0	6,3	54	890	58	28237	33338	13:57:41
15,9	1010,6	0	5,8	63	891	58	xxx	xxx	13:58:15
15,9	1010,7	0	4	44	895	58	41406	32428	13:58:49
15,9	1010,6	0	6,3	57	896	57	38587	31675	13:59:23
15,9	1010,6	0	7,2	41	904	57	xxx	xxx	13:59:57
15,8	1010,7	0	7,2	40	911	57	37996	32391	14:00:31
15,8	1010,6	0	6,3	53	914	59	35436	33210	14:01:05
15,8	1010,7	0	5,8	47	920	58	29290	31307	14:01:39
15,7	1010,6	0	6,3	59	925	60	22862	29685	14:02:13
15,7	1010,7	0	4	30	930	59	21966	30301	14:02:47
15,7	1010,7	0	6,3	95	934	58	29921	32137	14:03:21
15,9	1010,7	0,0	6,3	52,5	895,5	58,3	31642,5	34277,1	0:10:47
0,1	0,1		0,9	13,5	24,4	0,8	6149,2	2867,5	

Ultra 5200 m (0 m off-axis distance) week 24, 140601.

E7

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
15,7	1010,7	0	4	30	930	59	21966	30301	14:02:47
15,7	1010,7	0	6,3	95	934	58	29921	32137	14:03:21
15,7	1010,7	0	4,5	61	952	59	33286	32137	14:03:55
15,7	1010,7	0	4,5	65	422	58	36793	31326	14:04:29
15,7	1010,7	0	3,6	44	935	59	32536	31595	14:05:03
15,7	1010,6	0	4,9	52	940	59	33487	32407	14:05:37
15,7	1010,7	0	6,3	42	951	59	31521	31087	14:06:11
15,7	1010,5	0	5,8	44	571	59	30279	31513	14:06:45
15,7	1010,6	0	7,6	30	339	59	34432	32109	14:07:19
15,7	1010,6	0	4	73	280	59	34171	32109	14:07:53
15,7	1010,7	0	4,9	44	601	59	35669	31412	14:08:27
15,7	1010,6	0	5,4	53	286	59	35474	32429	14:09:01
15,7	1010,7	0	2,7	75	967	59	40073	32297	14:09:35
15,7	1010,7	0	6,3	54	864	59	37730	31688	14:10:09
15,7	1010,6	0	7,2	62	317	58	38336	32639	14:10:43
15,7	1010,6	0	5,8	39	240	59	43637	33787	14:11:17
15,7	1010,6	0	4,9	37	263	59	45212	36286	14:11:51
15,7	1010,6	0	4,9	46	515	59	48683	38878	14:12:25
15,7	1010,7	0	3,6	70	532	60	46030	38660	14:12:59
15,7	1010,7	0	5,4	33	260	60	44387	38660	14:13:33
15,6	1010,7	0	3,6	72	265	59	46605	39699	14:14:07
15,6	1010,7	0	5,4	53	246	59	47865	39439	14:14:41
15,6	1010,7	0	3,6	65	255	59	45413	40696	14:15:15
15,6	1010,7	0	4	84	327	60	48997	41892	14:15:49
15,7	1010,6	0	4	80	759	60	49675	43734	14:16:23
15,7	1010,7	0	2,7	61	747	60	35329	40258	14:16:57
15,7	1010,7	0	3,6	59	770	60	30787	41490	14:17:31
15,7	1010,7	0	3,6	56	776	59	25258	37638	14:18:05
15,7	1010,7	0	6,7	93	791	59	24967	39374	14:18:39
15,7	1010,7	0	4,5	68	790	60	37153	39310	14:19:13
15,7	1010,8	0	5,8	34	801	59	40082	40472	14:19:47
15,6	1010,8	0	7,2	43	547	59	39643	39475	14:20:21
15,6	1010,8	0	3,6	71	227	60	37967	38454	14:20:55
15,6	1010,7	0	4,5	70	250	61	38240	38876	14:21:29
15,6	1010,7	0	4	95	757	60	40625	37931	14:22:03
15,6	1010,7	0	4	79	789	61	41075	38132	14:22:37
15,6	1010,8	0	4	48	795	61	40563	38428	14:23:11
15,7	1010,7	0,0	4,8	58,9	594,4	59,3	37942,4	36182,6	0:20:24
0,0	0,1		1,3	18,2	272,1	0,7	6972,7	3981,0	

Ultra 5200 m (5th) week 24, 140601.

E8

Temp (°C)	Air pressure (hPa)	Rain (mm)	Wind velocity (m/s)	Wind direction (°)	Solar radiation (W/m ²)	Humidity (%)	Visibility 1 min (km)	Visibility 10 min (km)	Time
15,2	1010,8	0	6,7	76	677	63	41136	38576	14:51:32
15,2	1010,8	0	4	90	686	63	37939	38576	14:52:06
15,2	1011	0	4	44	663	63	36842	37775	14:52:41
15,2	1010,9	0	5,8	45	629	63	37013	40658	14:53:15
15,2	1010,9	0	2,2	67	625	63	34690	39046	14:53:49
15,2	1010,9	0	2,7	57	615	63	35486	41839	14:54:23
15,2	1010,9	0	3,1	63	622	64	34726	39847	14:54:57
15,2	1010,9	0	4,5	83	606	63	xxx	xxx	14:55:31
15,2	1010,9	0	3,6	94	602	64	29622	38329	14:56:05
15,2	1010,9	0	1,8	57	610	64	40785	39081	14:56:39
15,2	1010,9	0	2,7	73	608	64	41788	37904	14:57:13
15,2	1010,9	0	4	82	609	63	30603	35859	14:57:47
15,2	1010,9	0	2,7	52	561	64	32220	37298	14:58:21
15,2	1010,9	0	3,6	44	562	64	35798	36677	14:58:55
15,2	1010,9	0	2,7	77	512	64	40806	36930	14:59:29
15,2	1010,9	0	5,4	73	507	64	42120	36268	15:00:03
15,2	1010,8	0	4,5	71	538	64	37485	34936	15:00:37
15,2	1010,8	0	4,5	105	555	63	36550	34936	15:01:11
15,2	1010,9	0	4	49	585	63	38521	35368	15:01:45
15,2	1010,8	0	4,5	84	620	64	35845	35526	15:02:19
15,2	1010,9	0	4	50	611	65	33629	34670	15:02:53
15,2	1010,9	0	4	61	620	64	29112	33969	15:03:27
15,2	1011	0	2,7	64	629	64	30998	33829	15:04:01
15,2	1011	0	3,1	78	636	64	32518	34095	15:04:35
15,2	1010,9	0	2,7	81	632	64	35399	36280	15:05:09
15,2	1011	0	4	91	616	64	43647	37285	15:05:43
15,2	1010,8	0	4,5	48	617	65	42065	36432	15:06:17
15,2	1010,9	0	3,1	77	613	64	42388	36432	15:06:51
15,2	1010,9	0	3,6	55	617	64	42039	38034	15:07:25
15,2	1010,9	0	3,6	57	632	63	35123	37481	15:07:59
15,2	1011	0	4,9	74	609	63	38526	37858	15:08:33
15,2	1011	0	3,1	65	585	63	38390	36488	15:09:07
15,2	1011	0	4,5	84	567	62	37553	36778	15:09:41
15,2	1010,8	0	7,6	85	573	63	37815	36765	15:10:15
15,2	1011	0	4,9	88	551	62	37526	37463	15:10:49
15,2	1010,9	0	3,6	78	560	62	43483	37463	15:11:23
15,2	1010,9	0	3,6	36	577	61	42568	37709	15:11:57
15,2	1011	0	5,4	55	579	61	39256	38670	15:12:31
15,2	1010,8	0	4,9	57	568	61	xxx	xxx	15:13:05
15,2	1011	0	4	65	551	61	43349	41389	15:13:39
15,2	1010,9	0	4	48	548	61	48049	42537	15:14:13
15,2	1010,9	0,0	4,0	67,9	597,1	63,2	37779,7	37360,4	0:22:41
0,0	0,1		1,2	16,4	40,1	1,1	4337,3	2066,6	