



- lidar-mittaukset
- sodar-mittaukset
- tuotantolaskelmat
- *lidar measurements*
- *sodar measurements*
- *power assessments*

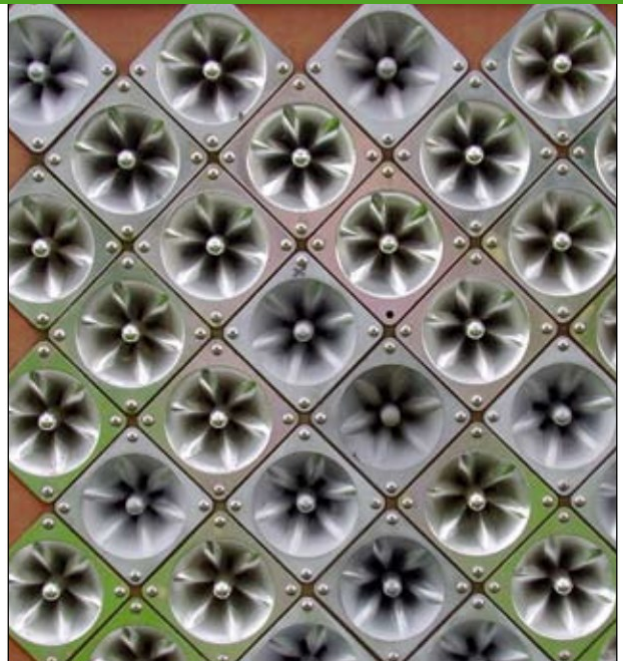
Toimintaperiaate / Principles

Sodar (Sound Detection and Ranging) ja lidar (Light Detection and Ranging) ovat ilmakehän etämittausmenetelmiä. Sodar käyttää äänisignaaleita mitataksaan tuuliprofiilia ja lidar vastaavasti laserpulsseja.

Molempien toiminta perustuu ilmakehän heijastamien kaikujen tulkintaan. Vastaanotettu signaali käsitellään reaaliajassa ja lähetetyn- ja vastaanotetun taajuuden erosta lasketaan heijastavan kohteen nopeus. Mittaus toistetaan useissa eri suunnissa. Nämä eri suuntiin tehdyt mittaukset yhdistetään ja kun tunnetaan mittausgeometria, voidaan laskea tuulen vaaka- ja pystykomponentit.

Käytössämme on ASC:n valmistamia miniSodareita ja Leospheren valmistamia Windcubeja. Nämä laitteet ovat pieniä ja helposti liikuteltavia myös haastavassa maastossa. Tuulitiedon lisäksi laitteet tuottavat diagnostiikkadataa, jonka avulla voimme tarkkailla laitteiden kuntoa ja mittauksen laatua.

Alla olevissa taulukoissa on käyttämiemme laitteiden, ASC miniSodar 4000:n ja Leosphere Windcube V2:n tärkeimmät ominaisuudet.



Kuva yllä / picture above
Kaiutinmatriisi / Speaker array

Kuva alla / picture below
Sodar mittaamassa / Sodar at the site



Sisällys / Content	
Toimintaperiaate	Sivu 2
Asennus	Sivu 4
Ylläpito	Sivu 5
Micrositing	Sivu 6
Vertailu anemometriin	Sivu 8
FAQs	Sivu 9
Esimerkkejä lidarin ja sodarin mittauksista	Sivu 10
Principles	Page 2
Installation	Page 4
Maintenance	Page 5
Micrositing	Page 6
Comparison with anemometer	Page 8
FAQs	Page 9
Examples from lidar and sodar output	Page 10

Suurin mittauskorkeus / maximum altitude	200 m
Pienin mittauskorkeus / minimum altitude	10 m
Korkeusresoluutio / height resolution	5 m
Lähetystaajuus / transmit frequency	4500 Hz
Keskiaarvoistusväli / averaging interval	1 - 60 min
Tuulen nopeuden mittausalue / windspeed range	0 - 35 m/s
Tuulen nopeuden mittautarkkuus / windspeed accuracy	< 0,5 m/s
Tuulen suunnan mittautarkkuus / direction accuracy	± 5°

ASC miniSodarin ominaisuudet.

Characteristic parameters of ASC sodar.

Sodar (Sound Detection and Ranging) and lidar (Light Detection and Ranging) are remote sensing methods. Sodar uses noise signals to measure the atmospheric wind profile. Lidar works with laser pulses.

They operate by monitoring the signal echoed by the atmosphere. This signal is processed in realtime for its frequency content which is directly related to the radial motion with respect to the emittant. The atmosphere will be sampled in several independent directions. They combine the data from these directions and utilize the system geometry to profile the horizontal and vertical wind field.

We use miniSodar from ASC and Windcube from Leosphere. These are small and compact devices, therefore very mobile and can be used also in complex terrain. In addition to the wind data also some technical parameters about the measurement and the device will be collected which allow an information about the quality of the data.

The tables list the performance specifications of the ASC Model 4000 miniSodar and the Leosphere Windcube V2.



Korkeusalue / range	40 m - 200 m
Korkeusresoluutio / probe depth	20 m
Näytteenottoväli / data sampling rate	1 sec
Mittauskorkeuksien lukumäärä / number of measurement heights	12
Nopeusmittauksen tarkkuus / speed accuracy min-max bias versus reference	0.1 m/s
Nopeusmittauksen alue / speed range	0 to +55 m/s
Suuntamittauksen tarkkuus / direction accuracy	2°
Aallonpituus / wave length	1,54 µm
Mittauskartion kulma / scanning cone angle	15°

Leosphere Windcube V2:n ominaisuuudet.

Characteristic parameters of the Leosphere Windcube V2.

Asennus / Installation

Mittauslaitteet eivät aseta suuria vaatimuksia käyttöpaikalle. Ne tarvitsevat noin 5 x 5 m² kokoisen tasaisen alueen. Sodaria käytettäessä ympäristön tulee olla melko avoin, eivätkä esteet saa kohota yli 15° kulmaan.

Kaluston asentaminen onnistuu kahden hengen ryhmältä mittauspaikasta riippuen muutamassa tunnissa. Mittauspaikan lähelle täytyy päästä maastoautolla. Erittäin hankaliin paikkoihin olemme tuoneet laitteita myös helikopterilla.

Asennuksen yhteydessä varmistetaan, että laite on tarkasti vaakatasossa. Lisäksi laitteen asennussuunta mitataan kompassilla tuulen suunnan määrittämistä varten.

Mittauslaitteen käyttämä sähkö saadaan helpoiten verkkovirrasta mikäli alueella (enintään noin 1 km etäisyydellä) on verkkovirtaa saatavilla. Verkkovirran puuttuessa voidaan käyttää akkuja, jotka latautuvat automaattisesti generaattorin, polttokennojen tai kesäkaudella aurinkopaneeleiden avulla. Generaattori vaatii kuitenkin ylimääräistä ylläpitoa ja turvallisen sijoituspaikan.



Sodar (yllä) ja lidar (vasemmalla) mittauspaikalla

Sodar (above) and lidar (left) at the site.



The mobile systems has small requirements on the measurement site. They only need an area of about 5 x 5 m². The environment should be open and free from obstacles. Their elevations should not reach 15°.

Assembling the system requires two persons. It is very important that the device is levelled out to provide that the signal goes really vertical up to the atmosphere. The decline to the north direction must be measured with a compass and put into the control panel.

The system needs power which must be uninterruptedly delivered all over the measuring period. This could be done by long cables put to the next grid supply or by a generator. The first can not always be realized especially when the grid supply is more than 1000 m apart. A generator means additional maintenance and one must have a safe place for it to install. New devices use power packs with solar generators and fuel cells.

Varmistaaksemme mittauksen tasaisen laadun, teemme laitteillemme säännöllisesti tarkastuksia ja huoltoja.

Sodarin kaiuttimet ovat laitteen heikoin, mutta samalla tärkein osa. Lähettäessään jatkuvasti äänipulsseja samalla taajuudella kaiuttimet kuluvat. Tämä kuluminen heikentää mittauksen suorituskkyä hitaasti, mikä on vaikea huomata mittausdatasta normaalin laaduntarkkailun yhteydessä.

Myös lidar tarvitsee säännöllistä huoltoa. Erityisesti optiikan puhtaus ja siitä kentällä huolehtiva pyyhkijän sulka tarvitsevat säännöllistä tarkkailua.

Laitteet lähettävät itse etäyhteyden kautta tietoja mahdollisista vioista. Paikanpäällä tapahtuvat tarkistukset ovat kuitenkin myös tärkeitä ennakkotoimenpiteitä, joilla minimoidaan katkot mittauksissa. Myös ilkeivallan riski tulee huomioida mittausjärjestelyissä.



Yllä:
Lidar ja PowerPack mittauspaikalla

Above:
Lidar with PowerPack at the site

Vasemmalla:
Lidarin optiikka ja pyyhkijä

Left:
Optics and wiper of a lidar.

For measurement on always constant accuracy level a periodic control and maintenance of the system is necessary. At the sodar the speakers, which form the antenna array are the weakest but most important part of the system. The steady strain of the high amplitude at one frequency causes some damages which may falsifie the results. These injuries influence the measurement by a smooth but decreasing manner and will hardly be detected by a critical data-analysis. Lidar devices must be maintained also, especially the wiper at the front which will wipe the glasses.

A local inspection is recommended. Not only for theft, but also for acoustic control at the sodar and optical control at the lidar. Both instruments send e-mail alerts about possible faults.

Micrositing



Etämittausmenetelmillä on mahdollista mitata tuuliolosuhteita roottorin koko pyyhkäisyalalla. Tuulivoimaloiden kasvaessa tämä tulee entistä tärkeämmäksi, koska tuuliolosuhteet pyyhkäisyalan ylä- ja alaosassa voivat poiketa toisistaan selvästi. Ongelma on erityisen merkittävä epätasaisessa maastossa.

Laitteiden helppo siirrettävyys mahdollistaa mittaukset myös hankalissa paikoissa, joissa maston pystyttäminen olisi vaikeaa ja kallista. Horisontaalisesti homogeenisilla ja tasaisilla alueilla kehitetyt mikrometeorologiset teoriat eivät tarkalleen ottaen päde monimuotoisessa maastossa. Tällaisen maastot ovat tyypillisiä Suomessa. Sen takia turbiinin korkeudelle yltävät tuulimittaukset, mielellään useassa pisteessä, ovat onnistuneen turbiinisijoittelun edellytys.

Viereisissä kuvissa on muutamia esimerkkejä korkeudeltaan vaihtelevassa maastossa tehdyistä mittauksista:

- Tuulen pystyprofiili vallitsevan tuulen suunnan poikki kulkevan harjun yllä. Ilmakehän ollessa stabiilisti kerrostunut (esimerkissä itätuulella) nähdään tuulen nopeuden maksimi harjun huipun yläpuolella. Lännen puoleisilla tuulilla profiili muistuttaa tasaisella alueella mitattua.
- Tuulen pystyprofiili laakson poikki kulkevan kukkulan tuulen- ja suojanpuolen rinteissä.

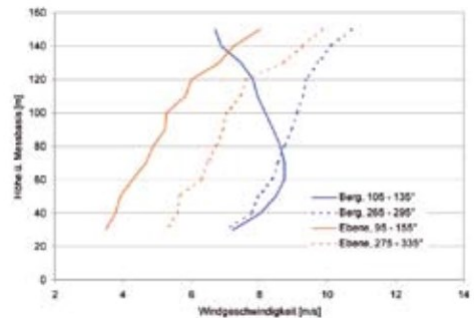
Etämittausten selvä etu turbiinien paikkaa valittaessa on mahdollisuus suorittaa rinnakkaisia mittauksia kahdella laitteistolla. Viereisen sivun kuvissa on muutamia esimerkkejä rinnakkaisista mittauksista:

- Kaksi paikkaa eri korkeuksilla, toinen tuulen puolella ja toinen suojan puolella.
- Tuulen nopeuden ja turbulenssin intensiteetin pystyprofiilit metsäisessä- ja avoimessa maastossa.

Etämittausmenetelmien oikeanlainen käyttö antaa yksityiskohtaista ja luotettavaa tietoa mittauspaikan tuulikentästä. Tämä auttaa löytämään optimaalisen napakorkeuden tuuliturbiineille.

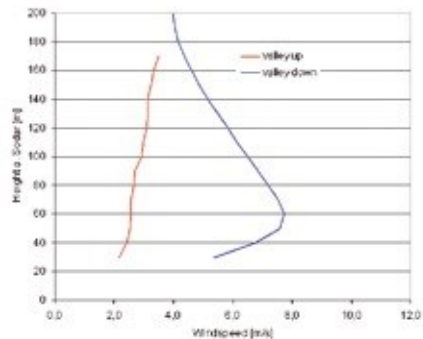
Tyypillisesti vuoden kestävästä anemometrimittauksesta täydentää noin kahden kuukauden etämittauskampanja, joka antaa yksityiskohtaisempaa tietoa tuuliprofiilista. Anemometrimittaus puolestaan on hyödyllinen pitkän aikavälin tuuliolosuhteiden arvioinnissa. Etämittausten hyötyä ei kannata pilata liian lyhyellä mittausjaksolla.

Etämittauksia voidaan käyttää myös yksinään, jolloin mittausjakson on oltava yhtä pitkä kuin anemometrimittauksissa. Lyhyitä mittausjaksoja voidaan hyödyntää vain profiilien tutkimisessa.



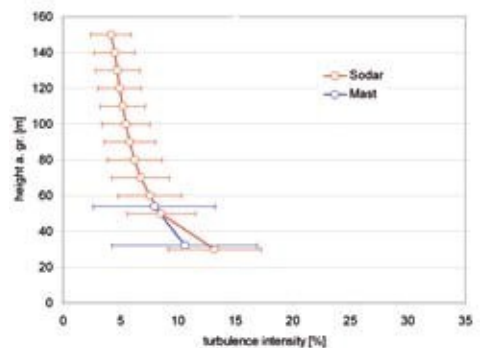
Tuuliprofiili vallitsevan tuulen suunnan poikki kulkevan harjun yllä (siniset käyrät). Tasangon yllä mitattuja profiileja esittää punaiset käyrät.

Windprofile above a hill stretching across the prevailing winds (in the figure the blue curves). The windprofiles over the plain are shown by the red curves.



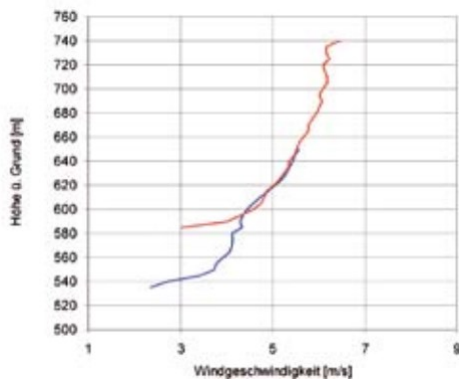
Tuuliprofiilit laakson poikki kulkevan kukkulan tuulen- ja suojanpuoleisissa rinteissä.

Profiles of downvalley- and upvalleywind above a hill that dams a mountain valley.



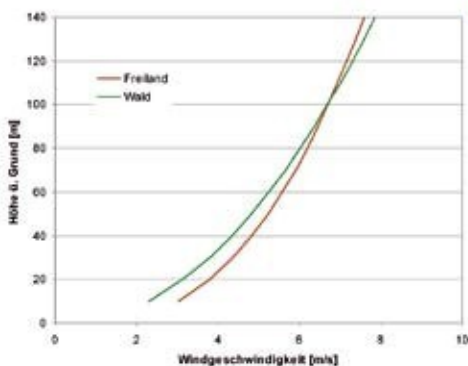
Turbulenssin intensiteetin pystyprofiili mitattuna sodarilla ja mastoon sijoitetuilla anemometreilla.

Height profile of turbulence intensity measured with a sodar and a metmast.



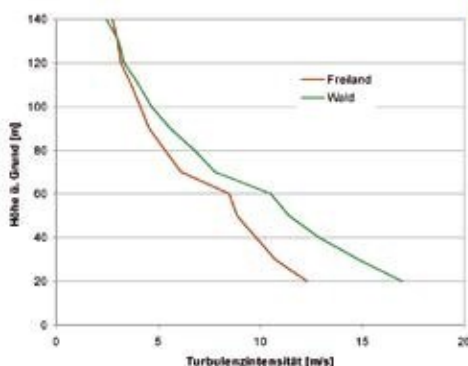
Tuuliprofiilit mäen tuulen- ja suojan puolella.

Windprofiles at Luv (top) and on the Leesite of a ridge.



Tuuliprofiilit metsän ja läheisen aukion yllä.

Windprofiles behind a forest and in the nearby open.



Turbulenssin intensiteetin pystyprofiilit metsän ja läheisen aukion yllä.

Height profile of turbulence intensity behind a forest and in the nearby open.

With remote sensing methods it is possible to measure the wind conditions all over the rotor, especially in hubheight. This will become important since the rotor diameters have increased continuously in the past. Their great advantage is in complex terrain. Because of its mobility one can measure in wild environment. On complex sites the wind profile follows not always the theories developed in flat and homogenous terrain. So the micrositing in hubheight can be done without any problems.

Some examples show this advantage:

- windprofile above a hill stretching across the prevailing winds (in the figure the blue curves). On stable conditions (at easterly winds) one can see the increase of windspeed above the top of the hill. At westerly winds the profile looks like that measured on a wide plain.
- The windprofiles over the plain are shown by the red curves.
- windprofile above a hill that dams a mountain valley. The wind can only blow in or out of the valley. If it blows out of the valley the air will be pressed over the hill. We can observe also an increase in wind speed above the crest, whereas in the other direction that is not seen.

A certain advantage for micrositing is the parallel measurement with two remote sensing equipment.

Examples: two sites in different heights one in Luv the other on the Leeside of a ridge.

- windprofile behind a forest and in the nearby open
- turbulence profile behind a forest and in the nearby open

Conclusion:

A consistent and correct use of remote sensing gives detailed and reliable information about the wind field on the site. It helps us to find out the most economical hub height. The great advantage of remote sensing, its height range, should not be destroyed by too short measurements.

A typical measurement campaign consists of about eight weeks of sodar or lidar measurements accompanied by one year anemometer on a mast. With remote sensing we get information about the profile. The anemometer is helpful for long term reduction.

Sodar or lidar can also be used as stand alone, then the period must be as long as at regular anemometer measurements. Short periods should only be used for pure profile research.

Vertailu anemometriin / *Comparison with anemometer*

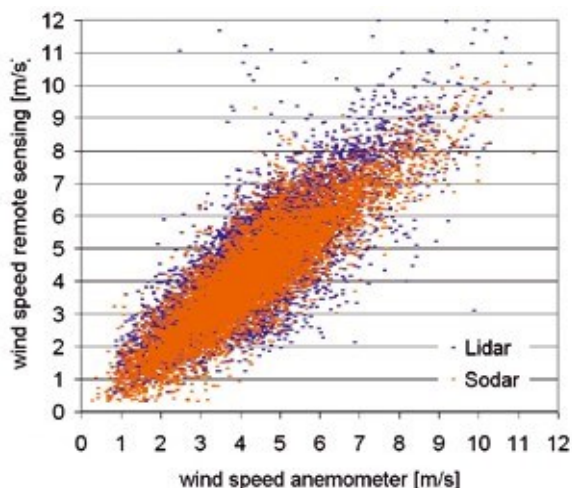
Sodar-, lidar- ja anemotrimittaukset tuottavat toisinaan selvästi erilaisia mittaustuloksia. Mittaustuloksia tulkittaessa on huomattava, että verrataan kahta fysikaalisesti erilaista mittausten menetelmää. Mittausjärjestelyt ja häiriöt ympäristöstä vaikuttavat menetelmiin eri tavoin.

Anemotrimittausta häiritsevät sekä masto että rakenteet joilla anemometri kiinnittyy mastoon. Sodar-mittaus voi häiriintyä läheisten kohteiden aiheuttamista kaiuista.

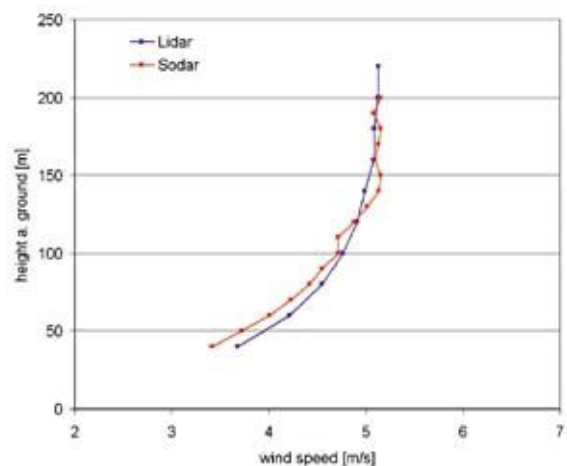
Anemometri mittaa vaakasuuntaista tuulikomponenttia yhdessä pisteessä. Tuulen pystykomponentti ei juuri vaikuta mittaukseen. Etämittausten menetelmät sen sijaan mittaavat kolmiulotteista tuulta metrien suuruusluokkaa olevasta tilavuudesta.

Vertailumittauksia tulkittaessa on lisäksi muistettava että masto- ja etämittaukset on tehtävä aina riittävän etäällä toisistaan, koska maston aiheuttamat heijastukset voisivat häiritä etenkin sodar-mittauksia. Meteorologisesta tilanteesta riippuen jo melko pienikin ero mittauspisteen sijainnissa voi vaikuttaa tuloksentään.

Alla olevissa kuvissa on verrattu eri mittausmenetelmiä eräillä paikoilla. Lukuisat vertailut ovat osoittaneet, että huolellisesti järjestetyt masto- ja etämittaukset antavat vertailukelpoisia tuloksia.



Sodar/lidar- ja anemotrimittauksen välinen parvikaavio.
Scatterplot of sodar and lidar data against anemometer data.



Tuuliprofiili mitattuna sodarilla ja lidarilla.
Wind profile measured with sodar and lidar.

Sodar, lidar and anemometer measurements can sometimes show clearly different results. By valuation of these results we have to note that we compare two different physical methods. Each method will be influenced by the special arrangement of the probe and the disturbances from the surroundings. The amplitude and the direction of the differences belong to the special conditions on the measurement site.

At the anemometer this will be the mounting on the pole and the boom and the turbulence of the windfield. At the sodar there are the echos disturbing from vertical structures on the ground.

The anemometer measures the horizontal component of the windfield at a spot. Normally the vertical component will not be deduced. Remote sensing measures about a volume of air. So we cannot expect that there is a perfect correspondence. Besides this the measurement equipment are normally apart from one another, because the pole can disturb the signal. Therefore at different meteorological conditions we have to expect also different results

The figures show a comparison between the different methods at some sites.

Miltä korkeuksilta mittaustuloksia saadaan?

Meteorologinen tilanne vaikuttaa mittauskorkeuteen. Tyypillisesti mittauskorkeuden maksimi vaihtelee päivän mittaan: yöllä mittauskorkeus on suurimmillaan ja iltapäivällä pienimmillään. Mittauskorkeuden maksimi on noin 200 m.

How is the height range?

The typical diurnal cycle of the height range is wide at the night and low in the afternoon.

The range depends on the meteorological conditions. At optimal conditions it reaches upmost 200 m.

Kuinka pitkä mittausjakson tulisi olla?

Perusperiaate: pidempi mittausjakso on aina parempi. Mastomittauksen tukena tyypillisesti vähintään 2 kuukautta ja ainoana mittauksena yksi vuosi.

How long should the measurement last?

In addition to an anemometer measurement about 8 weeks. At stand alone measurements normally 1 year.

Miten mittaustulokset vertautuvat anemometrimitauksiin?

Ero on sitä pienempi mitä tasaisempi ympäröivä maasto on. Tasaisen maaston päällä ero on varsin pieni.

How is the comparison to the anemometer?

The difference is small in homogenous terrain. The smoother the environment the better is the accordance between the methods.

Onko mastomittaus välttämätön?

Periaatteessa ei. Sodar ja lidar ovat itsenäisiä mittausmenetelmiä. Mastomittaus tuo kuitenkin lisää varmuutta ja auttaa mahdollisten katkojen kohdalla. Lisäksi mastomittaus on oiva apuvälinen pienentämään pitkän aikavälin ennusteen epävarmuutta.

Is a control mast necessary?

Not always. Sodar or lidar are stand alone methods. But for control matter and to gain more confidence another data set should always be used. Also the data of the mast can be used to fill up gaps or reduce to long term conditions.

Voiko metsässä mitata?

Sodar-mittaus metsässä on haastava, mutta onnistuu jos metsästä löytyy riittävän suuri aukea. Parempi vaihtoehto metsäisessä maastossa on lidar, jolle riittää pienempi aukko.

Can one measure in the forest?

With Sodar not under the trees, but in wide openings. There is an opportunity for using technical foundations (car lift) to get into the crown height. The better alternative is a lidar, which can be used also in small gaps between the trees.

Onko etämittaus kallista?

Ei, etenkin verrattuna mastomittaukseen yhtä korkealla.

Is remote sensing expensive?

No, if you compare other measurements in hubheight.

Millainen on datan kattavuus?

Kattavuus vaihtelee sääolosuhteista riippuen. Tavallisesti 100 m korkeudesta dataa saadaan 90-95% ajasta.

How is the data capability?

It depends on the weather during the measurement period. At good conditions it is in 100 m between 90 and 95 %.

Miten laitteille saadaan sähköä kentällä?

Jos verkkovirtaa ei ole saatavilla, käytetään akkuja, joita ladataan tilanteesta riippuen dieselgeneraattorilla, polttokennoilla tai aurinkopaneeleilla.

How is the power supply at remote site?

If grid supply is not possible we can offer a diesel generator with battery buffering, which maintains the power supply several weeks, also in winter. Or a power pack built with fuel cells and solar panels.

Esimerkkejä lidarin ja sodarin mittauksista / Examples from lidar and sodar output

1	HeaderSize=39	21	Laser Diode Current (mA)=1700
2	Version=1.1.3.b	22	LOS=
3	ID System=WLS7-241	23	Init Drive Position (°)=0
4	ID Client=GWU - Wind&Regen	24	Pulse Repetition Rate (Hz)=30000.000
5	Location=Site	25	Pulse Duration (s)=0.000000175
6	GPS Location=Lat:49.215833°N, Long:12.150556°E	26	Trigger Delay Time=0.000000400
7	Comments= No description	27	Wavelength (nm)=1543.000
8	timezone=UTC+0	28	ScanAngle (°)=28.000
9	*****	29	DirectionOffset (°)=184.000
10	Windcube Parameters (internal use only)	30	Declination (°)=173.400
11	*****	31	PitchAngle (°)=-0.100
12	Sampling Frequency (Hz)=25000000.000	32	RollAngle (°)=-0.400
13	Ref Frequency (Hz)=68000000.000	33	CNRThreshold=-22.000
14	Pulses / Line of Sight=20000	34	VrThreshold (m/s)=1.700
15	Samples / Pulse=1024	35	SigmaFreqThreshold (m/s)=0.750
16	Reflected Pulse Start=75	36	WiperCNRThreshold=-19.000
17	Reflected Pulse End=149	37	WiperAltitude (m)=100
18	Ref pulse samples nb=1	38	WiperDuration (ms)=100.000
19	Nb High Pass Filter Points=5	39	Altitudes (m)= 40,60,80,100,120,140,160,180,200,220
20	FFT Window Width=50		

Data columns																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
										40 m								
	°C	°C	hPa	%	#	V	m/s	m/s	m/s	m/s	°	m/s	m/s	dB	dB	m/s	%	
26.08.2012 00:10	35,1	15,4	952,7	94,2	3	25,21	4,53	1,2	1,06	8,72	196	-0,53	0,79	-6,3	-21,2	1,71	100	
26.08.2012 00:20	35,2	15,2	952,7	94	1	25,2	4,92	1,47	1,38	9,41	188,6	-0,31	0,85	-11,1	-20,6	1,68	100	
26.08.2012 00:30	35,3	14,9	952,4	93,1	1	25,19	4,87	1,37	1,53	8,9	189,5	-0,15	0,75	-13,4	-19,1	1,52	100	
26.08.2012 00:40	35,4	14,7	952,5	93,1	0	25,17	4,93	1,45	1,6	9,24	184,5	-0,25	0,73	-15,1	-21,9	1,7	98	
26.08.2012 00:50	35,4	14,3	952,5	92,3	4	25,16	6,25	1,57	1,57	11,79	181,7	-0,22	0,93	-16,8	-21,3	1,74	87	
26.08.2012 01:00	35,4	14,1	952,6	93	10	25,14	5,82	1,5	1,96	9,87	176,5	-0,45	0,76	-16,6	-21,6	1,82	89	
26.08.2012 01:10	35,3	13,9	952,6	93,1	11	25,13	6,27	1,46	2,53	9,67	172,5	-0,17	0,76	-16,3	-21,7	1,87	91	
26.08.2012 01:20	35,3	13,9	952,5	93,4	9	25,11	6,02	1,41	2,44	9,78	165,2	-0,19	0,58	-15,6	-20,1	1,66	99	
26.08.2012 01:30	35,3	13,8	952,7	93,4	1	25,1	7,08	1,84	3,06	13,76	172,3	-0,09	0,82	-15,8	-19,7	1,81	100	

Zeile/row 1 - 8:	Allgemeine Informationen zum System und zum Standort	Zeile/row 39:	Messhöhen
Zeile/row 9 - 38:	WINDCUBE V2 Parameter. Nur für Diagnosezwecke		
Sarake / Column			
1	Aikaleima 10 minuutin välein / 10 minute time stamp	11	Tuulen maksimi nopeus / max
2	Sisäinen lämpötila / internal temperature	12	Suunta / direction
3	Ulkolämpötila / ambient temperature	13	Pystynopeus / vertical speed
4	Ilmanpaine / pressure	14	Pystynopeuden keskihajonta / std dev vertical
5	Ilman kosteus / humidity	15	CNR (correct > -23 dB)
6	Pyyhkijän käyntikerrat / number of wiper counts	16	CNR-Minimum
7	Akkujännite / battery fill	17	Doppler spektrin leveys / Doppler spectrum broad
8	Tuulen keskinopeus (1. korkeus) / mean wind speed (first height)	18	Datan saatavuus / data availability
9	Keskihajonta / std dev	19 ff	Tuulitiedot muilta korkeuksilta / wind speed other heights
10	Tuulen minimi nopeus / min		

Esimerkki sodar-mittauksen ulostulodatasta / Typical output of sodar measurement.

G1Site 04/10/2005 00:00:43 TO 04/10/2005 00:10:01 VR5.29 4500 100 110 15 0 0 MXHT 9999 ITOP 9999 STABILITY Neutral																			
600 10 15 7 -120 0 10 5 64 960 6 5 5 -800 800 -800 800 -400 400 1 10 202 500 68 10 40 7 -1 0 0 10 2																			
3 COMPONENT 15HTS ZENITH 16-16 ARA 202 SEPANG 090 MXHT 0 UNOISE 89 VNOISE 102 WNOISE 78 ANTENNA STATUS: N/A AC STATUS: N/A																			
HT	SPD	DIR	W	SDW	IW	GSPD	GDIR	U	SDU	NU	IU	SNRU	V	SDV	NV	IV	SNRV	NW	SNRW
150	9.84	167	-0.02	0.24	82	11.3	163	5.7	0.3	50	70	7	-8.02	0.26	59	78	8	41	7
140	9.93	162	-0.12	0.33	77	11.7	159	6.33	0.51	48	66	7	-7.65	0.32	48	69	8	37	7
130	9.61	161	-0.06	0.26	91	11.5	156	6.34	0.37	79	76	9	-7.22	0.35	79	78	10	75	9
120	8.62	159	-0.11	0.23	105	9.87	156	5.87	0.29	104	102	12	-6.31	0.24	101	105	12	99	11
110	8.33	159	-0.09	0.23	112	9.85	163	5.69	0.25	130	106	13	-6.09	0.27	123	116	14	117	12
100	7.64	159	-0.03	0.23	122	9.04	164	5.18	0.29	145	115	14	-5.61	0.28	144	125	15	136	14
90	7.24	159	-0.05	0.24	131	8.72	155	4.97	0.27	153	128	16	-5.27	0.25	158	144	19	150	16
80	6.76	156	-0.08	0.24	129	8.28	160	4.86	0.3	158	120	16	-4.7	0.25	158	131	17	154	16
70	6.23	152	-0.11	0.25	159	8.01	142	4.78	0.31	164	140	17	-3.99	0.28	166	160	19	165	18
60	5.84	149	-0.12	0.25	211	7.1	148	4.65	0.25	168	203	22	-3.53	0.24	168	215	23	168	22
50	5.59	146	-0.14	0.24	258	7.14	145	4.62	0.22	167	249	23	-3.15	0.21	167	257	25	168	22
40	5.19	143	-0.17	0.22	352	6.6	132	4.44	0.24	168	339	22	-2.68	0.24	167	356	24	168	23
30	4.42	146	-0.1	0.28	661	5.96	148	3.68	0.26	166	615	21	-2.44	0.28	166	583	20	166	20
20	3.1	142	-0.2	0.38	2119	5.73	161	2.7	0.4	164	1787	18	-1.53	0.43	165	1752	18	167	21
10	3.94	229	-0.31	0.27	3163	7.7	223	-1.8	0.34	166	3535	10	-3.5	0.31	50	2751	6	24	6



Selitykset / Legend:

HT:	Korkeus maan pinnasta [m] / height above ground
SPD:	Vaakatuulen nopeus [m/s] / horizontal windspeed
DIR	suunta [°] / direction
W:	Pystytuulen nopeus [m/s] / vertical windspeed
SDW:	Keskihajonta (pystykomponentti) [m/s] / standard deviation (vertical component)
IW:	Signaalin voimakkuus [mV] / amplitude of echo
GSPD:	Puuskanopeus [m/s] / gust speed
GDIR:	Puuskan suunta [°] / gust direction
U:	Vaakatuulen u-komponentti [m/s] / horizontal(east) component of windspeed
SDU:	Vaakatuulen u-komponentin keskihajonta [m/s] / standard deviation of u
NU:	U-komponenttiin hyväksytyjen profiilien määrä / number of accepted profile of u-component
IU:	U-komponentin signaalin voimakkuus [mV] / amplitude of echo of u-component
SNRU:	U-komponentin signaali-kohinasuhde / sound noise ratio of u-component
V:	Vaakatuulen v-komponentti [m/s] / horizontal (north) component of windspeed
SDV:	Vaakatuulen v-komponentin keskihajonta [m/s] / standard deviation of v
NV:	V-komponenttiin hyväksytyjen profiilien lukumäärä / number of accepted profile of v-component
IV:	V-komponentin signaalin voimakkuus [mV] / amplitude of echo
SNRV:	V-komponentin signaali-kohinasuhde / sound/noise ratio of v-component
NW:	W-komponenttiin hyväksytyjen profiilien lukumäärä / numbers of accepted profile of w-component
SNRW:	W-komponentin signaali-kohinasuhde / sound/noise ratio of w-component.

Expert for Remote Sensing Concepts



**Tuulimittaukset sodarilla ja lidarilla
Tuotantolaskelmat**

RSC Finland Oy

Suvilahdenkatu 4 B 24
00500 HELSINKI

Puhelin 040 596 6496

E-Mail: info@rsc-wind.com

Web: www.rsc-wind.com