

# ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSENS REFERENCELABORATORIUM FOR STØJMÅLINGER

## Udstyr til vindmåling II

Orientering nr. 51

CB/JEL/ilk

Maj 2015

### Resumé

Orientering nr. 7/1988 angav eksempler på prisbilligt og tilstrækkeligt udstyr til måling af vindhastighed og -retning i forbindelse med måling af ekstern støj.

I Orientering 51 gennemgås kortfattet mulighederne for i 2015 at anskaffe tilsvarende vindmåleudstyr.

### Indhold

<b>1. Indledning .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Krav til vindmåler og kalibrering .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Typer af vindmåleudstyr .....</b>	<b>3</b>
<b>4. Dataopsamling og in-situ visning af måleresultater .....</b>	<b>4</b>
4.1 Traditionelle vindmålere .....	4
4.2 Ultrasoniske vindmålere.....	4
<b>5. Konklusion .....</b>	<b>5</b>
<b>6. Eksempler på forhandlere af vindmåleudstyr .....</b>	<b>6</b>

## 1. Indledning

Referencelaboratoriet udgav i 1988 Orientering nr. 7: "Udstyr til vindmåling" der beskrev, hvilke muligheder der var for at anskaffe udstyr til vindmålinger i forbindelse med eksterne støjmålinger.

I nærværende orientering beskrives kortfattet en del af de vindmålere, der har en tilstrækkelig kvalitet til at kunne benyttes ved målinger af ekstern støj, og som findes på markedet i 2015. Undersøgelsen er ikke tilbundsående, men kan benyttes som udgangspunkt og til inspiration, hvis man står for at skulle anskaffe sig vindmåleudstyr til brug ved måling af ekstern støj.

I orienteringen er kun omtalt udstyr beregnet til måling i 10 m højde, hvilket kræves, når afstanden mellem støjkilden og målepunktet er 200 m eller mere. Vindmåleudstyr til brug ved måling af støj fra større vindmøller er ikke specifikt omtalt her. Dette udstyr adskiller sig kun ved, at det er hensigtsmæssigt, at vindmålingerne direkte kan opsamles og lagres sammen med støjmålingerne. Vindmålemaster er heller ikke gennemgået, men nogle af leverandørerne, der er nævnt i afsnit 6, vil kunne rådgive om sådanne.

Referencelaboratoriet har undersøgt to ultrasoniske vindmålere og har interviewet Mogens Hartmann fra fa. ED Service-center, Jørgen Røien fra fa. Brdr. Jørgensen Instruments A/S, Eilif Bitsch fra fa. Brüel & Kjær Sound & Vibration A/S, Patrick Darrell fra fa. Hans Buch A/S og Anders Mølgaard Holtze fra fa. Svend Ole Hansen ApS. De fire førstnævnte firmaer forhandler vindmåleudstyr, sidstnævnte kalibrerer vindmålere.

## 2. Krav til vindmåler og kalibrering

Det blev i Orientering 7 beskrevet, at kravet til nøjagtigheden for det samlede måleudstyr ved målinger i 10 m højde for vindhastigheden skulle være omkring 0,2-0,5 m/s og for retningen omkring 5°. Disse krav er stadig gældende. Desuden angives det, at det anses for påkrævet, at såvel vindhastighed som -retning registreres, hvilket Referencelaboratoriet stadig anser som vigtigt af hensyn til dokumentationen.

Fra RL20/96 af 7. januar 2015 "Kvalitetskrav til "Miljømåling - ekstern støj" og "Miljømåling - trafikstøj"" citeres: *Det anbefales at anvende vindretnings- og vindhastighedsfølere koblet til en registrerende enhed, der muliggør bestemmelse af såvel middelvindretning som middelvindhastighed i på hinanden følgende 10 min. perioder (i forbindelse med målinger af vindmøller desuden 1 min. perioder). Den foretrukne placering af følerne er 10 m over terræn.*

Fra RL20/96 citeres ligeledes: *For vindmåleudstyr kræves ikke en egentlig sporbar kalibrering. Som alternativ til sporbar kalibrering skal vindmåleren med højst to års mellemrum sammenlignes med andre vindmålere eller med en sporbart kalibreret vindmåler under vejrforhold, der er relevante for støjmålinger, dvs. vindhastigheder i området 3-6 m/s. Ved måling af støj fra vindmøller er det relevante måleområde 3-12 m/s.*

Med priser på kalibreringer på omkring kr. 1.000-3.000 kan det næppe betale sig selv at foretage sammenlignende målinger med andet (kalibreret) vindmålegrej.

For traditionelle vindmålere (kopanemometer og vindfane) anbefales kalibrering hvert andet år, for ultrasoniske målere (som beskrives i næste afsnit), der ikke har bevægelige dele, anbefales kalibrering hvert 6. år.

### 3. Typer af vindmåleudstyr

Traditionelt måles vindhastigheden med et kopanemometer (vindhastighedstransducer) og vindretningen med en vindfane (vindretningstransducer). De seneste år er såkaldte ultrasoniske målere, der måler både vindhastighed og -retning, blevet udbredt.

I de traditionelle transducere omsættes anemometrets omdrejninger via et reed-relæ til et digitalt eller analogt signal, der (omregnet til hastighed) gemmes i en datalogger eller vises på et display eller begge dele. Vindfanens stilling aflæses oftest med et potentiometer, der afgiver en spænding afhængigt af fanens stilling. Retningen kan ligeledes vises på et display og/eller gemmes i en datalogger.



**Figur 1**  
*Til venstre kopanemometer og vindfane. Til højre en ultrasonisk vindmåler.*

Ultrasoniske vindmålere er efterhånden nået ned i et prisleje, der gør dem konkurrencedygtige med kopanemometre og vindfaner. Ultrasoniske vindmålere virker ved, at der udsendes et akustisk signal i ultralydsområdet fra 3 eller 4 transducere siddende symmetrisk om målerens lodrette centerakse (se Figur 1). Transducerne udsender og modtager ultralydsignaler i form af kortvarige pulser, der i nulvind (vindstille) vil have en kendt overførselstid fra én transducer til den anden. Når vindmåleren udsættes for vind, vil denne overførselstid ændres afhængigt af vindens retning og hastighed, og en indbygget mikrocomputer kan med forholdsvis enkle matematiske formler beregne vindretningen og -hastigheden i det horisontale plan.

## 4. Dataopsamling og in-situ visning af måleresultater

### 4.1 Traditionelle vindmålere

På markedet findes billige og driftssikre, traditionelle vindmålere/vejrstationer, der leveres alt inklusive – undtagen masten. Et eksempel er Vantage Pro2 fra Davis Instruments, der foruden vindretning og -hastighed kan vise og gemme data om regnmængde, temperatur og fugt.

Ulempen ved en del af disse halvprofessionelle produkter er, at vindhastighed og -retning for de enkelte målinger (typisk en middelværdi over 1 minut) kvantificeres, således at vindretningen angives i 22,5° intervaller (fx N, NNØ, NØ, ØNØ etc.) og hastigheden i fx 0,2 m/s intervaller. Hvis resultaterne måles over perioder på 10 minutter eller mere (som anbefales ved immissionsmålinger), er denne kvantificering dog mindre betydende, når resultaterne midles.

Fordelen ved disse samlede vejrstationer er, at resultaterne af målingerne løbende vises på et display og samtidigt gemmes fx hvert minut. Dermed er der mulighed for på stedet at vurdere vindforholdene og efterfølgende dokumentere vindmålingerne. Den nævnte Vantage Pro2 har trådløs overførsel af måleresultaterne til display og dataopsamlingsenheden, således at man i op til 300 m afstand fra måleren kan følge vindforholdene. Medfølgende software giver mulighed for via en USB-port at overføre målingerne til en PC og i sidste ende et regneark.

### 4.2 Ultrasoniske vindmålere

I denne undersøgelse er der ikke fundet komplette løsninger (vindmåler, displayenhed og datalogger), når det gælder ultrasoniske vindmålere. Her er tendensen, at måleren (se eksempel til højre i Figur 1) købes separat, hvorefter man selv må sammensætte et system bestående af vindmåler, nedføringskabel (fra vindmåleren i masten), batteri (typisk et 12V batteri, der forsyner vindmåleren), en konverter (der omformer målerens RS323 eller R435 til et USB-signal) samt en bærbar PC, der opsamler og viser de målte vinddata. Kravene til den bærbare PC er små, så en udtjent PC kan evt. bruges.

Ulempen ved ultrasoniske målere er, at man selv må i gang med at sammensætte et system eller betale for at få det gjort. Desuden må man regne med at skulle medbringe en (tung) ekstern strømforsyning i form af fx en bil- eller motorcykelakkumulator, der kan forsyne PC'en og den ultrasoniske vindmåler. Endelig må man regne med at skulle skrive eller købe et program, der under målingerne kan vise vinddata. Som udgangspunkt vises disse kun ganske simpelt i form af et terminalprogram, fx Windows Hyperterminal eller lignende. Hyperterminal er ikke mere en del af Windows, men der findes gratis alternativer.

Som kuriosum skal nævnes, at man med den ultrasoniske måler siddende i toppen af en 10 m høj mast fra terræn ikke visuelt kan vurdere, om den er rigtigt orienteret mht. nord. Derfor må man med en blomsterpind eller lignende siddende i det vandrette plan under måleren angive nord eller en anden for måleren veldefineret retning, så man fra terræn kan rotere måleren til en korrekt stilling.

Fordele ved de ultrasoniske målere er, at man selv kan bestemme midlingstider, og at de arbejder med stor præcision uden at kvantificere data i et antal vindretninger og -hastigheder.

Desuden er der mulighed for at bestemme, hvordan og i hvilket format data skal gemmes, så vinddata kan derfor gemmes sammen med de målte støjdata, hvis ens støjmåler giver mulighed for dette. Dermed er ultrasoniske målere også velegnede ved måling af støjmission fra vindmøller.

Der findes en ultrasonisk vindmåler fra fa. Delta Ohm, til hvilken der medfølger et PC-baseret dataopsamlingsprogram, der under målingerne brugervenligt viser de målte og opsamlede vinddata på PC'ens skærm. Produktet er forholdsvis nyt, men er hjemtaget af ED Servicecenter, der p.t. tester systemet.

#### 4.2.1 Lydmåleren som dataopsamler

Brüel & Kjær leverer et ultrasonisk vindmålekit MM-0316-A, der kombineret med firmaets lydtryk måler type 2250 eller 2270 kan måle vindretning og -hastighed.

Fordelen ved systemet er, at man får et komplet vindmålesystem (inkl. nedføringskabel, datakonverter etc.), der umiddelbart kan benyttes, og samtidig gemmer vinddata og lyddata, så disse ikke efterfølgende skal samkøres.

En ulempe kan være, at man (hvis man kun har én lydmåler type 2250/2270) ikke kan ændre støjmålepositionen ud over, hvad nedføringskablets længde tillader uden også at skulle flytte vindmåleren.

## 5. Konklusion

Ultrasoniske vindmålere er kompakte og robuste, fylder mindre og er dermed lettere at transportere end traditionelle vindmålere, der typisk består af et kopanemometer og en vindfane, eventuelt monteret på en vandret bom og skal behandles med forsigtighed på grund af den følsomme mekanik.

Da ultrasoniske følere er uden bevægelige mekaniske dele, er det anbefalede kalibreringsinterval 6 år, hvor det for traditionelle vindmålere er 2 år.

Traditionelle vindmålesystemer fås i mange udgaver, der indeholder både retnings- og hastighedsfølere, display og dataopsamler. Man bør sikre sig inden købet af et sådant system, at det kan kalibreres, og man bør inden ibrugtagningen få det kalibreret hos et firma med speciale i dette. Ligeledes bør ultrasoniske målere kalibreres inden ibrugtagningen.

De ultrasoniske målere fås normalt ikke som færdige systemer med display og dataopsamler. Målerne skal kombineres med en bærbar PC, strømforsyning, nedføringskabel etc., før det er klar til brug. Desuden skal der skrives eller købes software, der kan gemme og præsentere de målte vinddata. Undtagelsen fra dette er Brüel & Kjær's ultrasoniske målesystem, der leveres som et færdigt system.

Overordnet kan man konkludere, at ved køb af en ultrasonisk vindmåler fås et robust system, der sjældnere skal kalibreres (ca. hvert 6. år), og som giver stor valgfrihed mht. midlingstider, dataopsamling og præsentation af data.

Man skal være forberedt på selv at færdiggøre systemet, så det passer til ens behov, eller man skal henvende sig til firmaer med speciale i vindmåleudstyr, der vil kunne udføre denne del. De ultrasoniske målere er kommet ned i prisleje på omkring kr. 10.000 eller derunder. Traditionelle vindmålere er på grund af den fine mekanik følsomme for stød og slag, mindre præcise og fleksible, men er generelt billigere og fås som færdige systemer. De bør kalibreres ca. hvert andet år.

Vælger man en ultrasonisk måler, skal man påregne at benytte en PC til dataopsamlingen, og dermed have batteribackup til dennes drift, hvis vindmålingerne foregår på steder uden adgang til netspænding. Den ultrasoniske måler skal oftest også have en spændingsforsyning (12-24V). Denne og PC'ens strømforsyning kan evt. kombineres.

Traditionelle vindmålesystemer er stadig billigste. Komplette systemer (uden mast) fås til ca. kr. 5.000 ekskl. moms. Komplette ultrasoniske systemer (uden mast) kan anskaffes for kr. 15-20.000 ekskl. moms. Dertil skal lægges en kalibrering før ibrugtagning på ca. kr. 2-3.000 ekskl. moms for begge typer af vindmålere. I de økonomiske kalkuler skal indregnes, at ultrasoniske målere skal kalibreres sjældnere end traditionelle målere.

## 6. Eksempler på forhandlere af vindmåleudstyr

Forhandler Vaisala ultrasoniske vindmålere:

Brdr. Jørgensen Instruments A/S, Hanne Nielsens Vej 10, 2840 Holte – <http://brj.dk/>

Forhandler vindmålekit der kombineret med firmaets støjmåler type 2250/2270 kan opsamle og vise vinddata:

Brüel & Kjør Sound & Vibration A/S, Skodsborgvej 307, 2850 Nærum – <http://www.bksv.com/>

Forhandler bl.a. Davis Instruments og Delta Ohm og kan sammensætte komplette systemer inkl. mast:

ED Service-center, Gammel Darupvej 5 B, 4000 Roskilde – <http://www.edsc.dk/>

Forhandler bl.a. Gill ultrasoniske vindmålere og kan sammensætte komplette systemer inkl. mast:

Hans Buch A/S, Roskildevej 8, 2620 Albertslund – <http://www.hansbuch.dk/>

Kalibrerer både traditionelle og ultrasoniske vindmålere:

Svend Ole Hansen ApS, Skt. Jørgens Alle 5C, 2. tv. 1615 København V – <http://sohansen.dk/>

Mange andre forhandlere af vindmåleudstyr og kyndige på vindmåleområdet kan findes ved søgning på internettet.