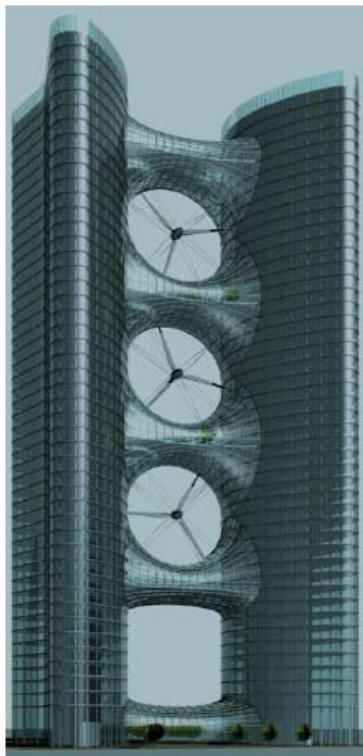


XXX

# RAPPORT



## **ECO City. D.2.3.1.4 Bygningsintegreerte vindturbiner**

*Working paper on integration of wind turbines in building structures*

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)

Tore Wigenstad

**SINTEF Byggforsk AS**  
Bygninger

Januar 2008



# SINTEF REPORT

## SINTEF Building and Infrastructure Buildings

Address: NO-7465 Trondheim  
NORWAY

Location: Alfred Getz vei 3

Telephone: +47 40 00 67 22

Fax: +47 73 59 82 85

Enterprise No.: NO 989 015 540 MVA

TITLE

## ECO City. D.2.3.1.4 Bygningsintegreerte vindturbiner

AUTHOR(S)

Tore Wigenstad

CLIENT(S)

ECO City

REPORT NO.	CLASSIFICATION OPEN	CLIENTS REF.	
CLASS. THIS PAGE	ISBN	PROJECT NO. 501052.11	NO. OF PAGES/APPENDICES 17
ELECTRONIC FILE CODE Vindturbiner.doc		PROJECT MANAGER (NAME, SIGN.) <i>Tore Wigenstad</i>	CHECKED BY (NAME, SIGN.) <i>Inger Andresen</i>
FILE CODE	DATE 2007-12-03	APPROVED BY (NAME, POSITION, SIGN.) <i>Marit Thyholt</i>	

### ABSTRACT

Bygningsintegreerte vindturbiner, er ikke noe entydig begrep verken hva gjelder størrelse på systemene eller utforming. Når det gjelder utforming kan det imidlertid etableres et skille mellom hvorvidt vindturbiner er festet til/plassert på toppen av bygningen, eller om turbinene inngår som en del av bygningskonstruksjonen.

I det første tilfellet kan bygningen tjene som fundament og bidra til at rotoren blir plassert høyt, noenlunde fritt og derfor stå i gunstige vindforhold. Innenfor en slik systemløsning finnes det mange produkter å velge blant med effektstørrelser fra noen 10-tall watt til et par kW.

Dersom en velger et system hvor vinger og turbinarrangement er integrert i fasaden, må dette designes i detalj. Pr. dato finnes det få prosjekt hvor en slik installasjon er gjennomført. Ikke desto mindre jobbes det med konseptet, og en del spennende utkast kan finnes i referanse under kapittel 4.

For å i det hele tatt oppnå en energiproduksjon fra vindturbiner er en i praksis avhengig av en minste vindhastighet i området 4 m/s (lett bris). For at installasjonene i det hele tatt skal være regningssvarende bør hastigheten ligge stabilt på 8-12 m/s (frisk bris) gjennom store deler av året. Dette kan være en utfordring for bygninger plassert i by og bynære strøk.

Denne rapporten har ikke til hensikt å beregne systemer i detalj. Gjennomgangen av systemer (kap 3) viser imidlertid til en del eksempler som kan ha en stor signaleffekt i forhold til omgivelsene. Som et energibidrag er eksemplene mer marginale.

KEYWORDS	ENGLISH	NORWEGIAN
GROUP 1	Energy	Energi
GROUP 2	Environment	Miljø
SELECTED BY AUTHOR	Concerto	Concerto

## INNHold

<b>HENSIKT.....</b>	<b>1</b>
<b>1. VINDENERGI.....</b>	<b>2</b>
<b>2. ENERGIINNHold I VIND.....</b>	<b>4</b>
2.1 Energiinnhold i vind .....	4
2.2 Fra bevegelsesenergi til elektrisk strøm .....	5
2.3 Energi.....	6
2.4 Vind i Trondheim by .....	7
2.5 Virkningsgrader .....	8
2.6 Størrelse på rotor.....	8
2.7 Eksempel på mellomstor vindturbin.....	9
2.8 Teknisk økonomisk sammendrag. ....	10
<b>3. BYGNINGSINTEGRERTE SYSTEMER.....</b>	<b>11</b>
3.1 Bahrain world trade center.....	11
3.2 Turby.....	12
3.3 WindKraft 1.5/WinPower 1.5.....	13
3.4 Wind side (Blue Green Pacific).....	13
3.5 Darrieus.....	14
3.6 Quietrevolution .....	14
3.7 MicroWave .....	14
<b>4. OPPSUMMERING BYGNINGSINTEGRERTE SYSTEMER.....</b>	<b>15</b>
4.1 Videre lesning .....	15

## HENSIKT

Utgangspunktet for denne rapporten er prosjektet ECO-City<sup>1</sup> og de demonstrasjonene som planlegges gjennomført her.

Hensikten er å utrede status og muligheter for bygningsintegrerte vindturbiner.



I Norge er små vindturbiner ikke ukjent, dog lite utbredt. Vi kan finne dem ved noen hytter eller ved utilgjengelige tekniske installasjoner på fjell og ved kysten. Enkelte seilbåter er også utstyrt med slike "propellturbiner". Felles for disse er at de er basert på 12-24 V spenning, og lagrer energien via batterier.



I den andre enden av skalaen finner vi store vindturbiner plassert ute langs kysten og da gjerne samlet i vindmølleparker. Det er etablert noen slike anlegg i Norge og flere er under planlegging.



Det finnes imidlertid få (om noen) eksempler på installerte vindturbiner i mellomklassen (1-5 kW) som forutsetningsvis vil kunne gi et "målbart" energibidrag til en typisk husholdning.



ECO-City ønsket en nærmere vurdering av denne kategorien, for om mulig å integrere en slik installasjon i det planlagte demonstrasjonsfeltet ved Utleir.<sup>2</sup> Området ble valgt fordi det ligger relativt fritt og noe vindutsatt til. I tillegg er enkelte av boligblokkene relativt høye.

<sup>1</sup> <http://www.trondheim.kommune.no/klima>

<sup>2</sup> Utbygging på Utleir er gjennomført før ECO-City kom i gang. Demonstrasjonen er etter dette flyttet til Granås.

## 1. VINDENERGI.

Når det gjelder vindenergi, er det størrelsen som gjelder. Kraftig vind inneholder vesentlig mer energi enn svak vind. Store vinger i turbinene fanger mer energi, og høye tårn gjør at vingene kan rotere i en kraftigere og mer konstant vindstrøm enn nede ved bakken.

Generelt vil derfor store vindturbinaggregat levere mer energi til en lavere kostnad enn mindre aggregater.

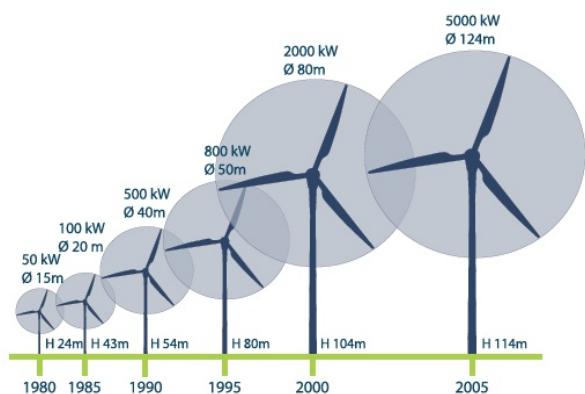


Fig 1.1 Typiske mål og dimensjonerende effektstørrelse for vindturbiner. Kilde: [www.fornybar.no](http://www.fornybar.no)

Selv om vi har benyttet oss av vindmøller i flere hundre år, er elektrisk energi produsert via vindturbiner en relativ ny industri. Teknologisk skjer det derfor ikke uventet en stadig utvikling eksempelvis innenfor forbedret materialeegenskaper og reduksjon av tap i selve energioverføringsprosessene.

Industrien er ny og dette betyr at vindkraftens andel av verdens elektriske energiproduksjon ennå er lav. Ihht. Danmark Vindmølleforening<sup>3</sup> er det pr 2003 på verdensbasis installert en samlet effekt ca 45 000 MW. Til sammenligning er det i Norge installert samlet ca 28 300 MW vannkraft.

Energiutbyttet fra verdens samlede installerte vindturbiner ligger pr. 2003 på ca 120 TWh<sup>4</sup>, hvilket er om lag det samme som Norges årlige elektriske energiproduksjon via vannkraft.

Som figur under indikerer er imidlertid veksten av installert vindkraft på verdensbasis sterkt økende.

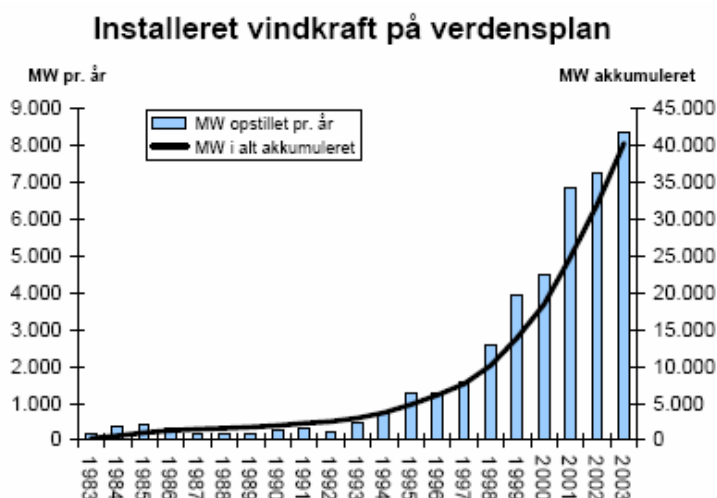


Fig 1.2 Årlig tilvekst og akkumulert mengde av vindkraft. (kilde: [www.dkvind.dk](http://www.dkvind.dk))

<sup>3</sup> <http://www.dkvind.dk>

<sup>4</sup> Det er overslagmessig regnet at 1 MW (effekt) gir ca 0,0027 TWh (energi) pr. år

Potensialet er stort, og det forventes fra enkelte hold en formidabel utbygging i de neste 50-100 år.

*Store vindturbiner*, hvor effektleveransen kan ligge på flere MW, er gjerne organisert i ”vindmølleparker”. Slike anlegg skaper imidlertid en del utfordringer. Forstyrrelser på fuglelivet er ett av disse. Likeledes er støy fra anlegget og nedfall av is (hvor aktuelt) også et uttalt problem. Det finnes også eksempler på at hele tårn har kollapset hvilket medfører en alvorlig sikkerhetsrisiko i nærområdet. Etablering av veinett fram til installasjonene vil ofte være et naturinngrep, og etablering av et el-nett fra produksjonsenheter til forbrukere er de samme som ved vannkraftbasert el. Likeledes er overføringstap ved lange avstander også de samme.



Fig 1.3 *Konseptstudie. Vindturbin plassert offshore. Ill.: StatoilHydro. (Legg merke til størrelsesforholdet jmf. helikopteret)*



Fig 1.4 *Vindturbiner plassert på åsrygg i Tudela, Spania. Foto: Tore Wigenstad*

Den største motstanden mot etablering av slike anlegg er nok likevel av estetisk art, og retter seg mot det negative visuelle uttrykket disse konstruksjonene gir i et naturlandskap.

Her er imidlertid ikke bildet helt entydig, da enkelte undersøkelser viser at konstruksjonene også oppleves som ”vakker” ingeniørkunst (jmf. brokonstruksjoner i et kystlandskap), i tillegg til at konstruksjonene assosieres med et miljøvennlig bidrag til å dekke verdens energibehov.

Et annet moment som ofte trekkes fram er at installasjonene er enkle å demontere, slik at nær alle spor av anlegget kan fjernes om dette blir aktuelt.

I den andre enden av dimensjonsskalaen finnes små *mikro* ”vindkraftverk” tilpasset hytter, seilbåter, fyrlykter og andre anlegg fjernt fra bebyggelse. Dette er anlegg med effekter i størrelsesorden, 250-750 Watt ved vindhastighet = 10-12 ms. Energileveransen kan typisk ligge på noen hundre kWh/år.

Denne rapporten har til hensikt å belyse bygningsintegreerte vindturbiner, eller små anlegg plassert i umiddelbart nærhet til bygget.

Med en tilstrekkelig mengde vind, kan slike anlegg gi et signifikant energibidrag. Relativt lave priser for elektrisk energi gjør imidlertid at slike anlegg pr. dato neppe er regningssvarende for norske forhold. Med høyere kostnader for energi eller høye kostnader ved framføring av el-nett (jmf. enkelte områder med hytter/fritidsboliger), kan dette forholdet imidlertid endres.

Det er i rapporten valgt å gi en gjennomgang av det teoretiske grunnlaget for utnyttelse av vindenergien, og relatere dette til ulike størrelser/typer av vindturbiner generelt, samt gi eksempler på bygningsintegreerte løsninger spesielt.

## 2. ENERGIINNHOOLD I VIND.



Foto: [www.windpower.org](http://www.windpower.org)

### 2.1 Energiinnhold i vind

At vind inneholder mye energi bør ikke komme som noen overraskelse for oss som bor i et land med mye kyst, mye fjell og tilhørende; mye vind.

Vind er luft i bevegelse, hvor hver  $m^3$  har en masse på ca 1 kg.

Energiinnholdet innenfor normale utetemperaturer, trykk og fuktighet er gitt av følgende formel:

$$P = 0,5 \cdot 1,225 \cdot v^3 \quad (1)$$

Hvor

$P$  = effekt [ $W/m^2$  normalt på vindretning]

$v$  = lufthastighet [m/s]

En kan merke seg at energiinnholdet er gitt av hastighet i 3. potens, hvilket betyr at en dobling av vindhastigheten (faktor 2) betyr at energiinnholdet øker med en faktor 8.

Grafisk kan formelen (1) presenteres slik:

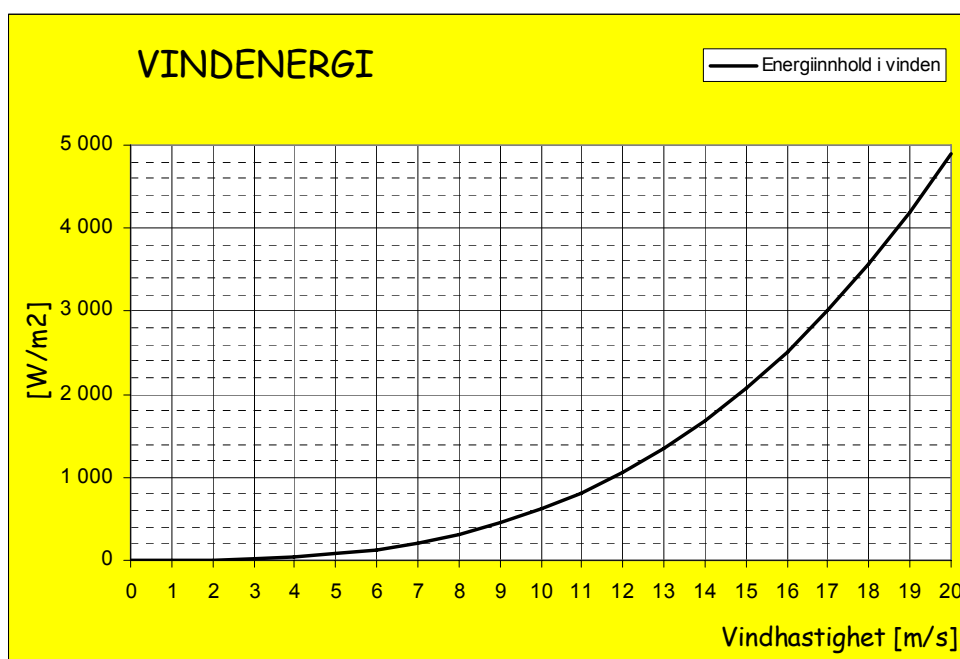


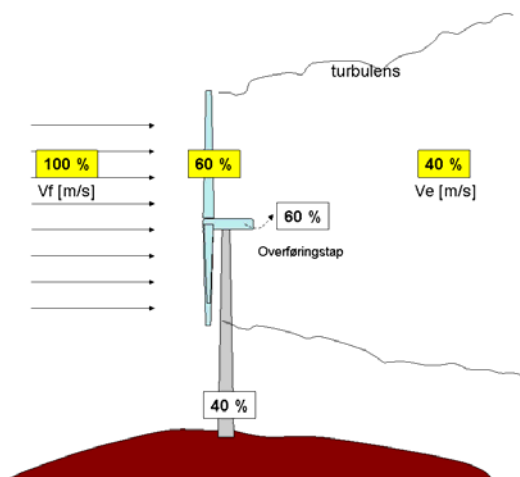
Fig.2.1 Effektkurve for energiinnhold i vind.

## 2.2 Fra bevegelsesenergi til elektrisk strøm

Ligning (1) gir uttrykk for en teoretisk verdi, som hvis vi skal ta ut hele potensialet, ville bety at vinden stanser opp. Av erfaring vet vi at dette ikke lar seg gjøre når vinden samtidig skal sørge for at vingene i vindturbinen roterer, og at lufta faktisk må fortsette bort fra rotorbladene. Imidlertid må det oppstå en viss hastighetsreduksjon, ellers hadde det ikke vært tatt ut noen bevegelsesenergi fra luftstrømmen.

En matematiker ved navn Betz har utledet en fysisk lov ("Betz's lov") som sier at det ikke er mulig å omgjøre mer enn maksimalt 16/27 (60 %) av teoretisk bevegelsesenergi fra en luftstrøm til mekanisk energi via en vindturbin. Loven gjelder uansett form, type eller størrelse på vindturbinen. Dette maksimale forholdet opptrer når forholdet mellom lufthastighet *før* og *etter* turbin er 3:1.

Overføring fra kraft på rotorvingen (energi) til generator som produserer elektrisk energi er også befestet med et ikke uvesentlig tap. Vanligvis regner en med en effektivitet i området 35-45 %, men her vil variasjonen være store.



Av energien i vinden som treffer rotor (100 %), forteller Betz's lov oss at maksimalt 60 % kan overføres til selve vingene. Av denne energien igjen vil 35-45 % ledes fram til generator og omdannes til elektrisk energi. Resten mistes i strømningsstap rundt vingene, tap i mekaniske overføringer etc.

Dette betyr at av den energien som finnes i vinden (100 %), vil kun ca 20 -25 % kunne tas ut som elektrisk energi.

Fig 2.2 Illustrasjon over effekttap i en typisk vindturbin

Med formelen (1) som utgangspunkt og med tapstallene som presentert over, kan den effekten vi kan ta ut fra vind presenteres slik:

Vindhastighet [m/s]	Energiinnhold i vinden [W/m <sup>2</sup> ]	Maksimal utnyttelse jmf. Betz's lov	Overført til el (η=40 %) [W/m <sup>2</sup> ]	Meteorologisk benevnelse	Virkning
0	0,0	0	(0,0)	Stille	Røyk stiger rett opp.
1	0,6	0,4	(0,1)	Flau vind	En kan se vindretningen av røykens avdrift.
2	4,9	2,9	(1,1)	Svak vind	En kan føle vinden, og vinden kan løfte små vimpler.
3	16,5	9,8	(3,7)	Lett bris	Vinden kan strekke lette vimpler og flagg.
4	39,2	23,2	8,7	Laber bris	Vinden rører på kvister og smågrener, samt strekker større vimpler og flagg.
5	76,6	45,4	17,0	Frisk bris	Små løvtrær begynner å svaie.
6	132,3	78,4	29,4		
7	210,1	124,5	46,7		
8	313,6	185,8	69,7		
9	446,5	264,6	99,2		
10	612,5	363,0	136,1		

Tabell 2.1 Effektleveranse fra en god vindturbin som funksjon av hastighet på vinden



Grafisk kan dataene fra tabellen over presenteres slik:

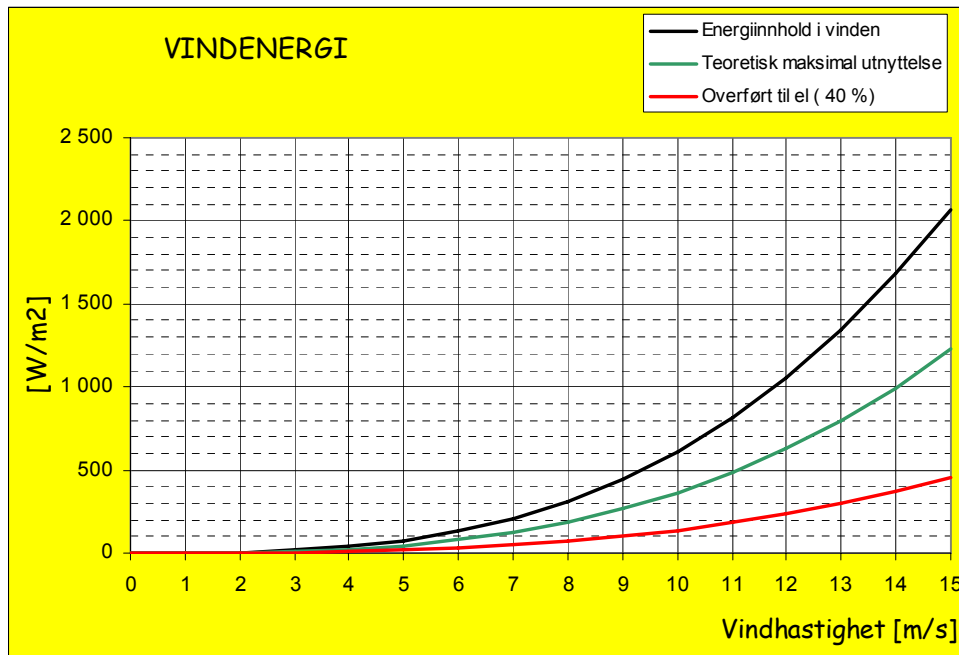


Fig.2.3 Resulterende kurve (rød), for elektrisk effekt generert via vind. (fra tabell 2.1)  
Dataene gjelder pr. m<sup>2</sup> areal dekket av skovler/vinger. Effektkurven er fremdeles en funksjon av vindhastighet i 3.potens. Det er benyttet en virkningsgrad på 40 %, en vanlig verdi for store vindturbiner i MW-klassen

### 2.3 Energi.

Energi er lik effekt x tid, og energimengden vi kan hente ut fra systemet kan beregnes ut i fra lengden på tida vinden blåser med en gitt styrke. Med forutsetning om 40 % virkningsgrad, og 8760 timer/år med gitt konstant vindstyrke kan det etableres en graf som forteller om avgitt effekt og maksimalt produsert energi fra systemet:

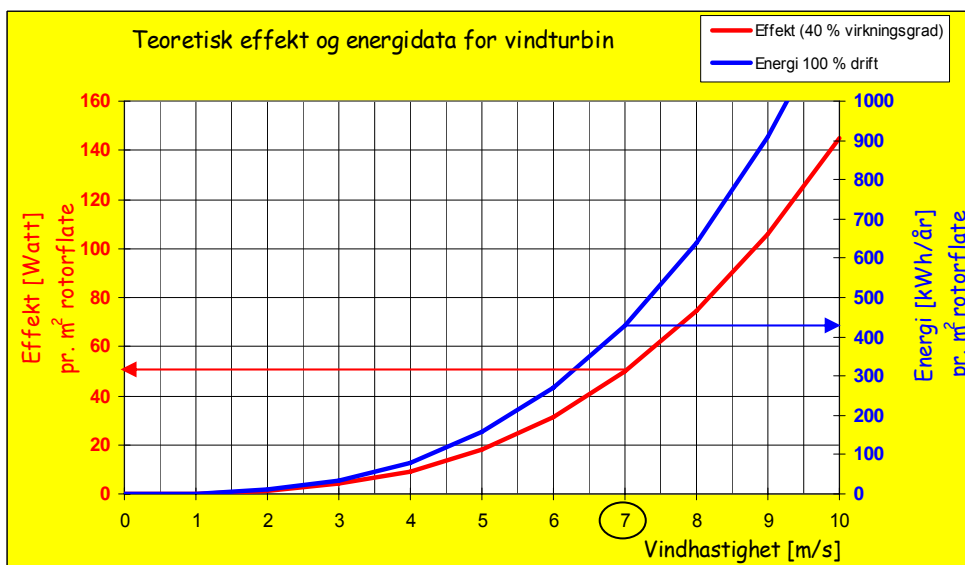


Fig 2.4 Teoretisk elektrisk effekt-, og energileveranse pr. m<sup>2</sup> for en liten vindturbin.  
Effekt (rød) leses på venstre y-akse. Energi(blå) tilsvarende for høyre. Dataene gjelder for en liten vindturbin

Mengde vind, dvs. forekomst med retning, styrke, varighet og når på året dette inntreffer, er naturligvis helt vesentlige opplysninger som må foreligge før en eventuelt beslutter å installere en vindturbin.

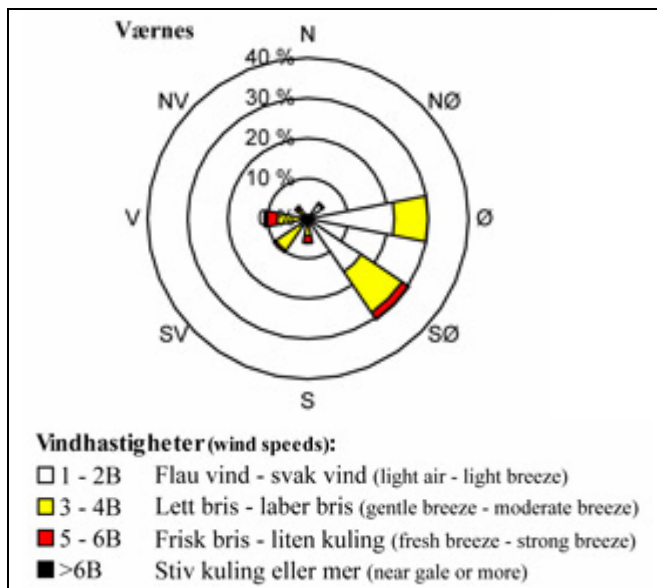
Data over vindstyrken og tid kan samles inn. I energisammenheng er en på jakt etter fordelingen av vindstyrker over året, og en viktig verdi i så måte er vindens *medianverdi*. Med dette menes at halvparten av tiden blåser vinden med en høyere verdi, halvparten med en lavere. Det er viktig i denne sammenhengen å ha i mente at perioden hvor vinden blåser med høyere verdi enn medianen gir et vesentlig større energibidrag enn reduksjon i den andre perioden. ( $E = f(v^3)$ )

### Turbulens

For bygningsintegreerte løsninger eller turbiner plassert i by eller bynære omgivelser, kan forstyrrelser fra omkringliggende bygninger og øvrig terreng medføre en vesentlig svekkelse av vindens hastighet og derved energiinnholdet i denne. Begrensninger i høyde på mast vil også redusere potensielt energiuttak. Kartlegging av faktiske vindforhold er derfor helt essensielt.

## 2.4 Vind i Trondheim by

Denne rapporten har ikke til hensikt å dimensjonere, eller utrede nøyaktig potensiale for vindkraft, men figuren under kan gi oss en indikasjon over potensialet:



Vindrosa gjelder for Værnes i vinterhalvåret 2006.

30 % av tiden blåser vinden fra vest (V). Styrke 1-2 i litt over 20 % av tiden, styrke 3-4 i litt under 10 % av tiden.

Fra nordvest (NV) blåser vinden om lag like lenge, men her er vindstyrken opp i 5-6 ca 2.5 % av tiden. I ca 15 % av tiden blåser vinden med styrke 3-4, mens resterende tid ligger på mellom 1-2.

Av andre dominerende vindpåvirkninger ligger Ø og NØ inne med ca 10 % hver.

Median vindstyrke kan etter dette overslagsmessig vurderes til mellom 2-3, eller ca 4,0 m/s.

Fig 2.5 Vindrose for Værnes utenfor Trondheim

Figur nedenfor er hentet fra målinger fra Værnes gjennom 2007. Den viser at en ekvivalent vindhastighet på 3 - 4 m/s kanskje ikke er en urealistisk verdi.

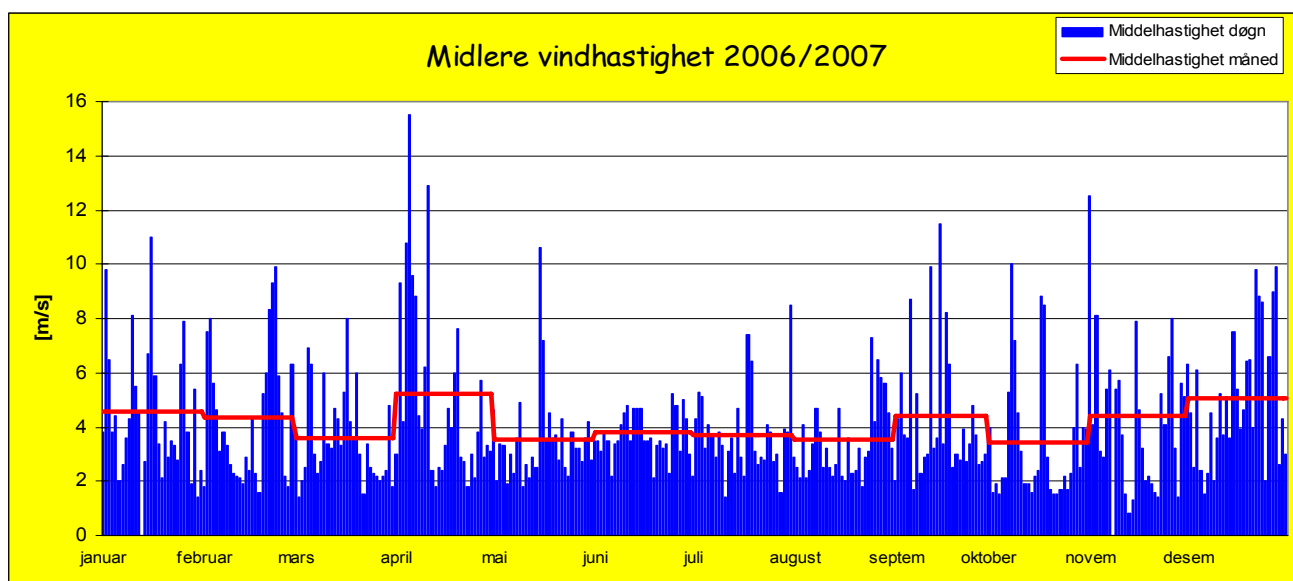


Fig 2.6 Vindstatistikk for Værnes, utenfor Trondheim

## 2.5 Virkningsgrader

I tabell 2.1 opereres det med en konstant virkningsgrad på 40 % for alle vindhastigheter. I reelle tilfeller designes vindturbiner slik at de har høyeste virkningsgrad ved den gunstigste vindhastigheten de er beregnet for. Utenfor disse hastighetene vil virkningsgraden avta.

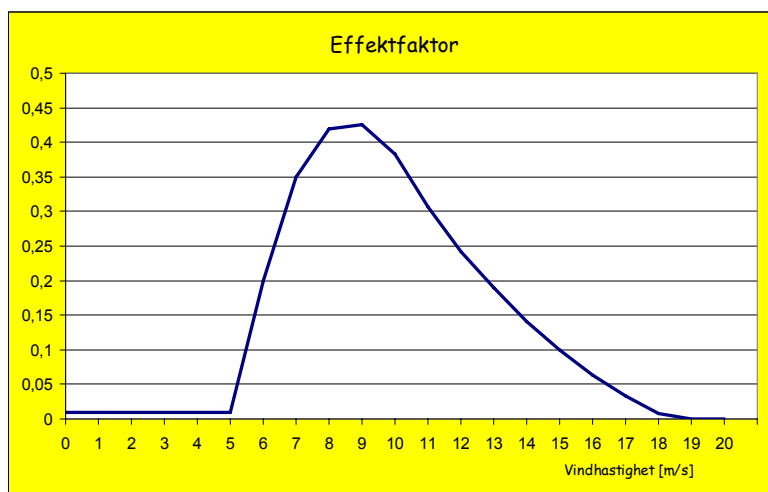


Fig 2.7 Typisk kurve for virkningsgrad for 5 MW vindturbin..

Figuren over viser effektfaktoren for en stor vindturbin, hvor dimensjoneringspunktet er vindhastighet på 9 m/s. Det ligger i sakens natur at for vindturbiner designet for plassering i mer roligere omgivelser vil en søke å oppnå høyeste virkningsgrad ved lavere vindhastigheter.

## 2.6 Størrelse på rotor

Størrelsen på arealet som tegnes av de roterende rotorbladene, representerer vindarealet som overfører krefter og derved energi. Generelt gjelder at jo større areal jo større krefter kan fanges opp, og mer energi produseres. Stort areal betyr imidlertid også vanligvis større vekt, og motstand i systemet, noe som fører til økt slitasje for konstruksjonen og oftest en dårligere virkningsgrad ved svak vind.

## 2.7 Eksempel på mellomstor vindturbin.

En typisk energimengde fra en mellomstor lokal vindmølle kan hentes fra katalogdata, eventuelt beregnes spesielt på bakgrunn av målte vinddata:



### Generator

Generator type	3-fas synchronous
Voltage	12 or 24 volts
Max power	750 W
Rotational speed when charging	250-800 RPM
Number of poles	6
Magnetisation	Compound
Rotor	Without windings,
Protection code	IP 44

### Turbine rotor

Number of blades	3 pcs
Diameter	2.4 m
Blade profile	NACA 4412-24
Blade material	Polyurethane

Fig 2.7 Bilde samt produktdata over liten vindturbin plassert i boligfelt. Data gjelder pr. turbin. Oppgitt effekt (max power) er ved den optimale vindhastigheten (her 11 m/s). Ved kraftigere vind, begynner systemet å regulere ned.

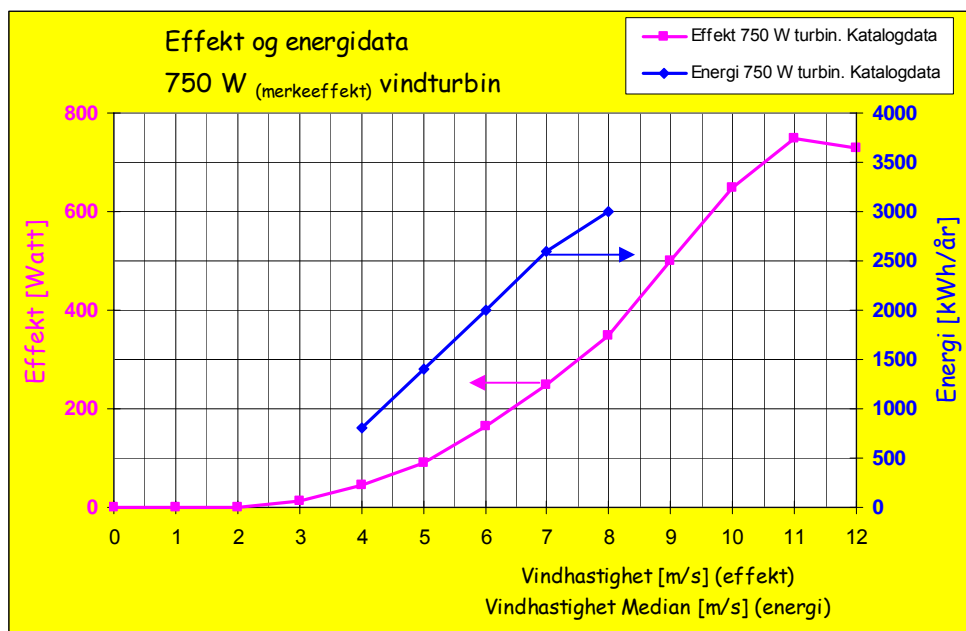


Fig 2.8 Data etablert fra katalog gjeldende overstående vindturbin. For energimengde tas det utgangspunkt i medianverdi av vindhastighet. Med "median vindhastighet" menes at halvparten av tiden blåser vinden med en høyere verdi, halvparten med en lavere. Husk da at perioden hvor vinden blåser med høyere verdi enn medianen gir et vesentlig større energibidrag enn reduksjon i den andre perioden. ( $E = f(v^3)$ )

## 2.8 Teknisk økonomisk sammendrag.



Foto: <http://www.etsenergy.com>

### *Små frittstående vindturbiner*

Små vindturbiner, typisk tilpasset hytteformål, leveres ferdig fra butikk til selvmontasje. Produktet er relativt godt dokumentert, noe som betyr at kostnadsbildet samt energileveranse (basert på norm vindhastighet) er kjent, og økonomien kan enkelt estimeres.

Vanligvis opererer disse turbinene med enda lavere virkningsgrad enn eksemplene over, og er tilpasset 12 eller 24 Volt likestrøms-anlegg (solcellestrøm). I tillegg er de gjerne tilsluttet et batteri for lagring av generert energi.

Dette er aggregater med typiske størrelser på ca 200-500 Watt ved 12 m/s, og som over året produserer en energimengde i størrelsesorden 100 – 500 kWh pr. år. Kostnadene for disse turbinene ligger på mellom 10-15.000 kroner. Lønnsomheten i slike turbiner vil måtte vurderes opp mot alternativkostnad for installasjon og tilkoping til det ordinære 220 V el-nettet. ("Strøm til fritidsboliger")



Foto: Herman K. Trabish, DC

### *Mindre vindturbiner*

Mindre vindmøller tilpasset gårdsanlegg, boliger etc. ligger i effektområdet 1000 – 5000 Watt, (12 m/s).

Disse er gjerne forberedt for 220 V, men selges som prefabrikkerte enheter. Disse kan i prinsippet tilkoples el-nettet, eller benytte batteri til energilagring

Årlig produsert energi ligger i området 1500 – 3500 kWh, og kostnaden vil typisk ligge på mellom 25 – 35.000 kroner. Det er ikke gitt at installasjon av en slik enhet er lønnsom, men kan ved gunstige vindforhold gi et årlig energibidrag som gjør at investeringen er inntjent på 10-15 år.



Foto: [www.sandia.gov](http://www.sandia.gov)

### *Store vindturbiner*

Store vindturbiner ligger i MW-klassen, hvor kostnadsoptimal årlig energiproduksjon for eksempelvis en 1 MW vindturbin ligger på ca 0,0027 TWh, (= 2.700.000 kWh – tilsvarende samlet energibehov til ca 110 eneboliger)

Økonomien i et slikt kraftverk, tilsvarende i Norge pr. dato en energipris om lag 10-15 øre/kWh over markedspris for el, hvilket er litt for høyt til at mange planlagte installasjoner blir realisert. (Staten bidrar i dag med et tilskudd på 8 øre/levert kWh)

### 3. BYGNINGSINTEGRERTE SYSTEMER.



#### 3.1 Bahrain world trade center

I Bahrain er det under bygging et prestisjebygg utstyrt med i alt 3 vindturbiner.

Diameter er ca 29 meter, og de er planlagt å levere mellom 1100 og 1300 MWh, tilsvarende ca 13 % av byggets samlede energibehov.

Ut i fra tilgjengelig informasjon kan det synes som om prosjektet er noe omstridt, hvor bla. ferdigstillelsen av bygget er forsinket. Men vindturbinene skal i hvert fall være montert...



Kilde+ foto:  
<http://www.inhabitat.com/2007/03/28/bahrain-world-trade-center-has-wind-turbines/>



### 3.2 Turby

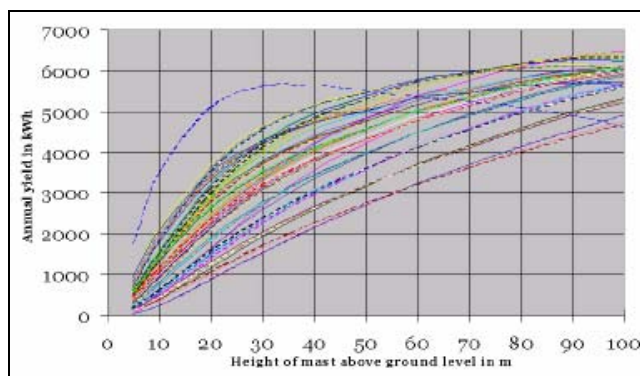
Denne vindturbinen er utviklet og produseres i Nederland. Pr. dato er det installert ca 70 stykker.

Den er designet spesielt for å stå i forbindelse med bygninger, og anbefales plassert i høyde tilsvarende høyblokker på 6 etg. (20 meter over bakkenivå)

Av andre egenskaper kan det nevnes at den spinner uavhengig av vindretning.

Effekten fra turbinen ligger på ca 3 kW ved en vindhastighet på 12 m/s.

Kostnadene for en slik turbin er av produsent oppgitt til ca 150.000 NOK ferdig levert.



Energileveransen er målt for en rekke steder i Nederland (figur til venstre). Overslagsmessig skulle dette bety en årlig energileveranse på 2-3 000 kWh, dersom turbin plasseres i Trondheim.

Kilde+ foto: <http://www.turby.nl>



### 3.3 WindKraft 1.5/WinPower 1.5

Denne amerikanske utviklede turbinen er under uttesting ved West Texas A&M University, Canyon, US.

Effekten ligger på ca 1500 Watt, og er ment å betjene områder med lite/moderat vind.

Det planlegges å øke kapasiteten/størrelsen for framtidige modeller.

Vindturbinen må sies å befinne seg på prototyp stadiet, og kostnadene for denne er ikke kjent.

*Kilde+ foto: <http://www.windkraftusa.com>*



### 3.4 Wind side (Blue Green Pacific)

Denne vindturbinen er designet for en effektytelse på ca 500 W, med en årlig leveranse på ca 200-1000 kWh.

Bildet viser turbin plassert i byen San Francisco

Ifølge leverandør er turbinen stillegående, og fungerer bra også ved turbulente vindforhold, begge egenskaper ved plassering i byer.

*Kilde + foto:  
<http://www.bluegreenpacific.com>*





### 3.5 Darrieus

Darriturbinen er en relativ gammel konstruksjon men har ikke fått det helt store gjennombruddet. Dette selv om virkningsgrad er fullt på høyde med propell-typen ved designpunktet.

Over hele spekteret av vindhastigheter faller imidlertid virkningsgraden i forhold til andre typer.

Erfaringer kan tyde på at konstruksjonen ikke er robust i forhold til kraftig vind. En annen ulempe er at den må settes i rotasjon via egen motor

*Foto:*  
<http://en.wikipedia.org/wiki/>



### 3.6 Quietrevolution

Designet for plassering i urbane omgivelser.

Oppgitt effekt ca 6 kW ved 14 m/s, noe som ifølge produsent tilsvarer årlig ca 10 000 kWh. (6 m/s gjennomsnittlig vindhastighet)

Kostnad ferdig levert og montert ca 330 000 NOK

*Kilde:*  
<http://www.quietrevolution.co.uk>



### 3.7 MicroWave

8 stk mikro turbiner med samlet effekt ca 50 W ved 10 m/s. Kan med denne hastigheten levere ca 1.2 kWh i døgnet.

For Norske forhold blir leveransen atskillig mindre.

Kostnad ca 1000 NOK.

*Kilde:*  
<http://www.MotorWave.com>

## 4. OPPSUMMERING BYGNINGSINTEGRERTE SYSTEMER.

Et nettsøk på setningen "Building Integrated Wind Turbines" gir ca 3500 treff, og noen av disse treffene er presentert i kapittelet over.

Som den korte gjennomgangen i kapittel 3 viser er ikke begrepet entydig verken hva gjelder størrelse, utforming eller grad av realisert etterprøvde konsept.

Gjennomgående er effekt og energiytelsen for produktene oppgitt med vinddata som ligger langt over det en kan forvente på årsbasis i Trondheim. Energitalleene må derfor leses med en viss forsiktighet.

Prisen for elektrisk energi er også en helt annen i Norge enn i de land produktdata er hentet fra, hvilket betyr at heller ikke økonomitallene kan overføres uten justering. Når dette er sagt vil antagelig kostnadene for slike systemer reduseres etter hvert som produksjonsvolumet øker.

Forskningsinnsats innenfor vindkraft foregår i dag i hovedsak innenfor store anlegg. Det er her en kan høste energi i GWh klassen, som på sikt kan monne også for Norske forhold. Vinden ute langs kysten er rimelig stabil, med høyest verdi i den kalde årstiden, den perioden vi med vårt klima trenger elektrisk energi mest. Sånn sett er vindenergi en energi for fremtiden.

For bygningsintegrerte løsninger vil energibidraget være marginalt, med en svært usikker lønnsomhet dersom dagens tall legges til grunn.

I tillegg til dette er vibrasjoner som forplanter seg ned i konstruksjonen et uttalt problem for enkelte vindturbin typer. Videre kan støy fra anleggene under drift også være et problem i tettbygde strøk. Endelig bør en være oppmerksom på gjenstander som kan falle ned fra rotorene ved et eventuelt havari.

Når alt dette er nevnt, vil installasjon av en flott utformet vindturbin tjene som et fint blikkfang og ikke minst ha signaleffekt som forteller omgivelsene om byggeiers miljøprofil.

### 4.1 Videre lesning

For den som vil gå dypere ned i stoffet kan følgende kilder gi nyttig informasjon:

#### **Generelt:**

<http://www.vindkraft.no/>

<http://www.statkraft.no/>

<http://www.windpower.org>

<http://www.fornybar.no>

The Danish Wind Industry Association (DWIA) <http://www.windpower.org/en/core.htm>.

The European Wind Energy Association (EWEA) <http://www.ewea.org/>. ()

#### **Små anlegg/bygningsintegrerte systemer**

[http://www.eru.rl.ac.uk/pdfs/BUWT\\_final\\_v004\\_full.pdf](http://www.eru.rl.ac.uk/pdfs/BUWT_final_v004_full.pdf)

<http://www.turby.nl>

<http://www.bdsp.com/web/>