



SNOEDE MØLLEVINGER

Senest red: 22/4-2013

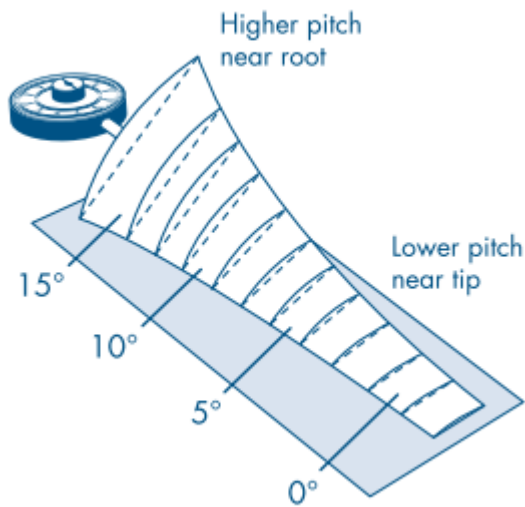
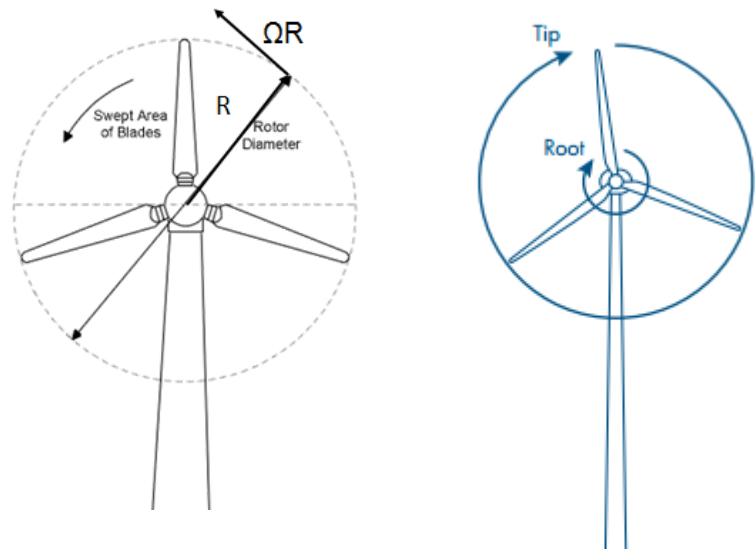
Hvorfor er vindmøllevinger snoede eller twistede?

For at forstå det, ses på denne illustration, som viser en vinges vej igennem luften.

Vingens hastighed rundt om vingen er større jo længere man kommer væk fra navet.

Formel ??

Beregn ::



1

¹ Se ppt (for børn) : <http://www.kidwind.org/Presentations/WindTurbineBladeDesign..March.08.ppt#256,1>, Wind Turbine Blade Design

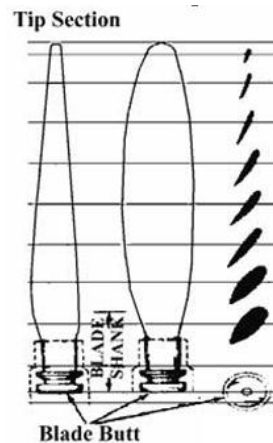
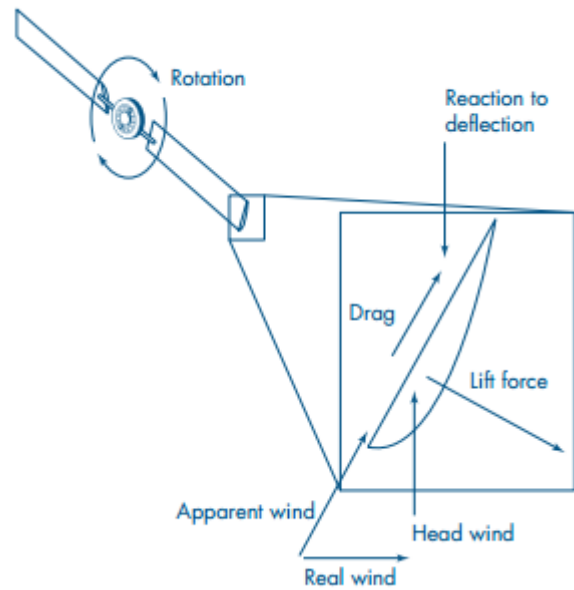


SNOEDE MØLLEVINGER

Ser man på en vindmølle fra vindsiden, ser man, at vingerne er ”skrå” tæt ved navet, og rettet mere op i omdrejningsplanet længere væk fra navet ud mod vingespidsene.

Længst inde ved navet er vinklen stejlest i forhold til vinden, og jo længere udad man bevæger sig, jo mindre stejl bliver vingen.

Længst ude på vingen flugter vingen næsten med drejeplanet.



Se linket: http://www.thaitechnics.com/propeller/prop_intro.html

Her et eksempel på vind oplevet på en cykeltur.

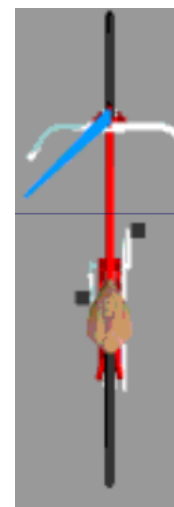
På illustrationen af cyklisten (fra oven) viser et blå flag vindens retning, sådan som den opleves.

Vinden kommer ind fra højre side.

Jo hurtigere, man cykler fremad, jo mere vil vinden opleves at komme forfra.

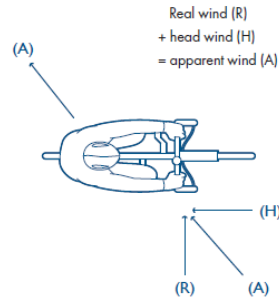
Sidevind / relativ vind:

Fra: <http://www.aerostudents.com/files/sustainability/WindTurbineTechnology.pdf>

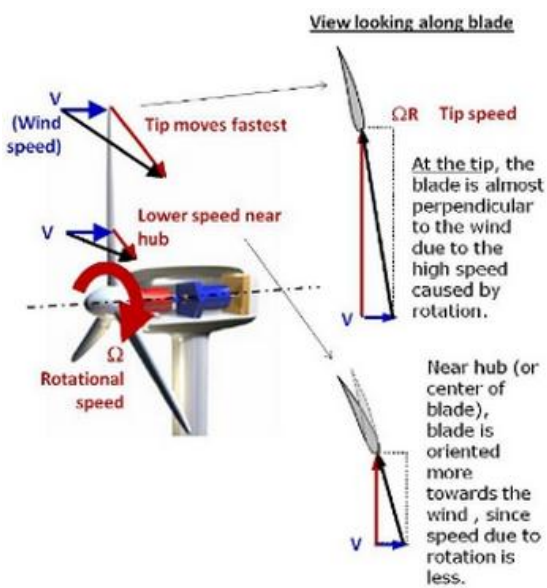




SNOEDE MØLLEVINGER



Fra: http://learn.kidwind.org/files/manuals/ADVANCED_BLADE_DESIGN_MANUAL.pdf

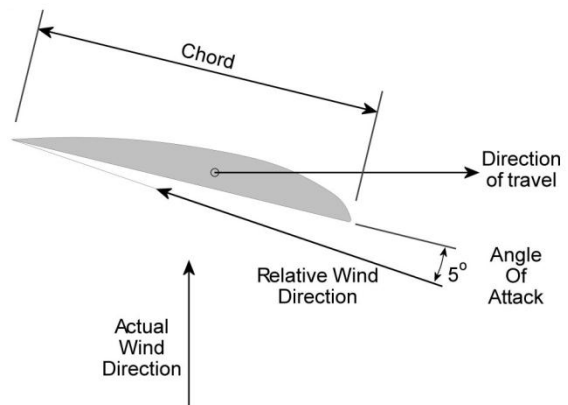


Det samme gør sig gældende for en vindmøllevinge.

<http://people.bu.edu/dew11/turbinecomponents.html>

Vindens relative – eller oplevede – hastighed er den geometriske sum af vingehastighed og vindhastigheden.

$$V_{Relativ} = \sqrt{V_{Vind}^2 + V_{Vinge}^2}$$



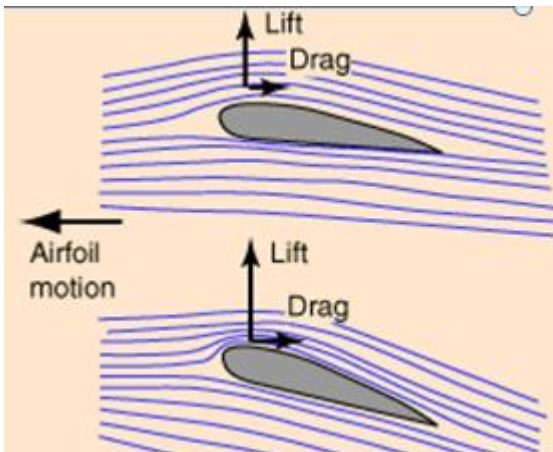
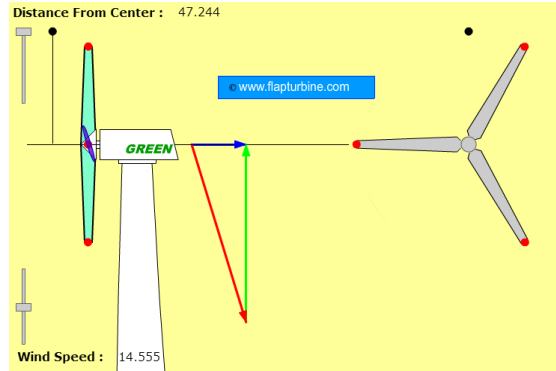
<http://www.thebackshed.com/windmill/PropellerBlades.asp>



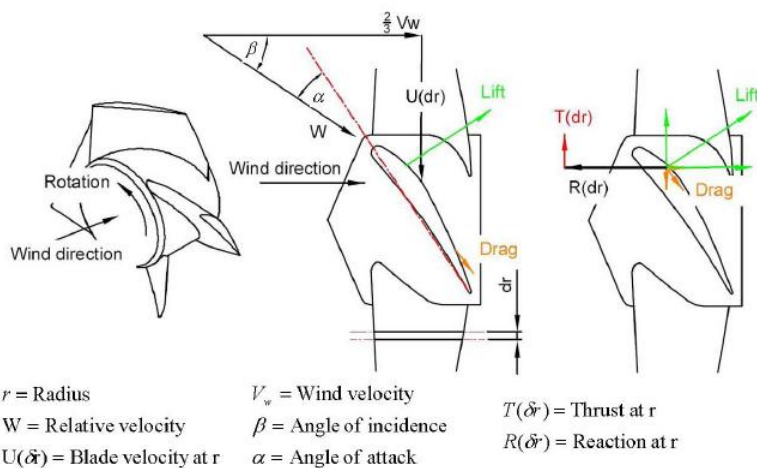
SNOEDE MØLLEVINGER

Se side med en interaktiv mulighed for at justere på vingelængde og vindhastighed:

http://www.flapturbine.com/blade_pitch.html



En airfoil agerer som en flyvinge



Vingens hastighed stiger jo længere man kommer ud mod spidsen. Den er ca. 200 km/h ude ved spidsen. Dvs. vingens hastighed ”på tværs” af vinden er ret stor.

Hele vingens længde skulle gerne bruges til at give kraft til drejningen.

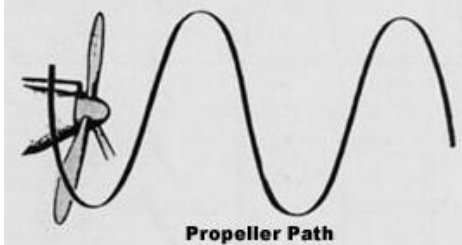
For at prøve at danne sig et billede af forholdene, vil vi her prøve at opfatte en vindmølle som en skibsskrue, der skal skære sig gennem vand. Eller gennem et bassin fyldt med sirup, eller margarine. Eller som en proptrækker.



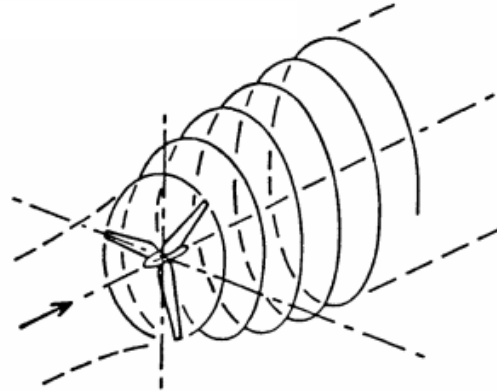
SNOEDE MØLLEVINGER

Vi lader margarinen blive stationært i bassinet, og vindmøllen, - skruen – bevæger sig fremad gennem margarinen med konstant hastighed. På den måde bliver det lettere at forstå hvad der sker.

Propellen laver en slags spiralbevægelse gennem margarinen:

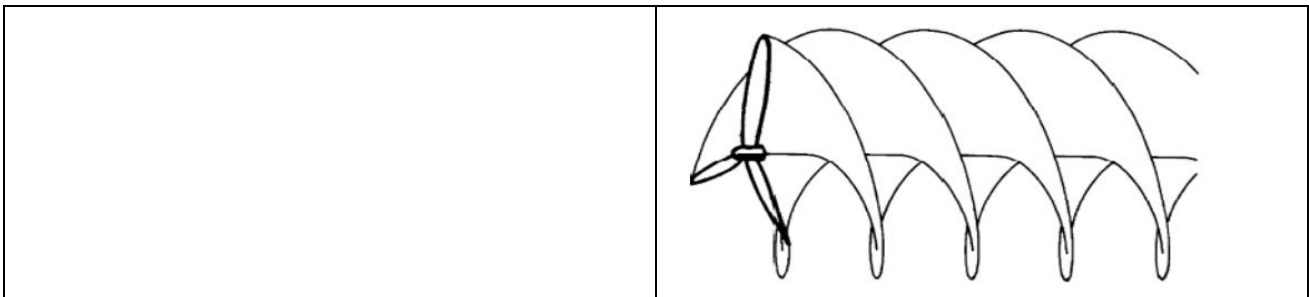
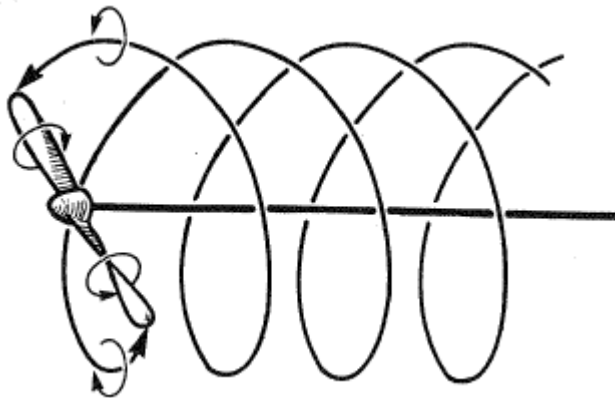


http://www.thaitechnics.com/propeller/prop_intro.html



Figuren viser hvordan en vinge "skruer" sig gennem luften. (Her en propel)

Vinge-Spids-vortic er også vist.



<http://www.jaocc.net/doks/Spor%20A%20-%20Optimering%20og%20modelberegning%20af%20vindmoeller%20-%20Jens%20Noerkaer%20Soerensen%20-%20202009.pdf>

Ved 1 omgang skal vingen bevæge sig x meter fremad. Det må gælde både tæt ved navet, og ude ved spidserne.

Ved vingernes spidser er vingens hastighed gennem margarinen stor. Spidserne har mange meter hele vejen rundt. Derfor skal de ikke ret langt fremad, for hver meter, de bevæger sig rundt i cirkelns omkreds.



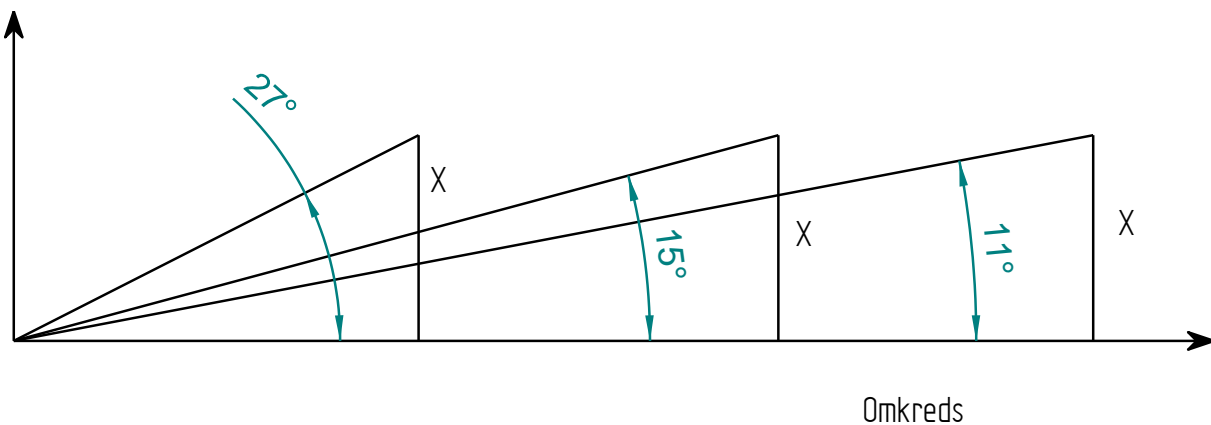
SNOEDE MØLLEVINGER

Altså: Jo længere ud, man kommer på vingen, jo mindre stejl skal hældningen være for at skære sig samme strækning fremad i margarinen for 1 omgang.

I det følgende regnes med 1 omgang. Og strækningen fremad i margarinen sættes til X meter.

Den længde, en vingedel tilbagelægger på 1 omgang må være $2 \cdot \pi \cdot r$

Tegnes X opad, og omkreds ud mod højre, svarende til situationen set fra navet og ud mod spidsen, kan følgende tegning fremkomme.:



X er opad, og omkreds, $= 2 \cdot \pi \cdot r$ er udad x-aksen.

Ud fra huske-remsen:

Cos = Hos/hyp
Sin = Mod / Hyp
Tg = Mod / Hos

Fås:

Vinklen må være
$$\varphi = \text{tg}^{-1}\left(\frac{x}{2 \cdot \pi \cdot r}\right)$$

Indrettes vinklerne for en vindmølle således, vil vinden give samme kraft hele vejen ud langs vingen. Ved en given vindhastighed, dog.

Ovenstående beregningseksempel er blot til at forstå hvorfor vinger skal være snoede. I beregningerne er der ikke taget højde for vingspids hastigheden i forhold til vinden, ej heller til rotorens omløbshastighed, og den vindhastighed, der ønskes anvendt som den mest generelle.



SNOEDE MØLLEVINGER

Her er gengivet en tabel, hvor der er beregnet Twist Angles for en vindmøllevinge:

TABLE 1 - TWIST AND BLADE ANGLES FOR A WIND TURBINE WITH A TSR OF 4.5

% of radius from centre	Speed Ratio	Twist Angle (from plane of rotation = arcot SR)	Angle of Attack (degrees)	Blade angle (from plane of rotation = TA - AA degrees)	Notes
5	0.225	77.3	4	73.3	Blade angle is measured from
10	0.45	65.8	4	61.77	
15	0.675	56.0	4	51.98	plane of rotation to chord of blade
20	0.9	48.0	4	44	
25	1.125	41.6	4	37.63	
30	1.35	36.5	4	32.52	
40	1.8	29.0	4	25	
50	2.25	24.0	4	19.96	
60	2.7	20.3	4	16.3	
70	3.15	17.6	4	13.6	
80	3.6	15.5	4	11.52	
90	4.05	13.8	4	9.8	
100	4.5	12.5	4	8.52	

<http://www.thebackshed.com/Windmill/articles/DonBrown1.asp>

Regneark:

Se evt regneark med beregninger af twistangle for møllevinger:

Bladedesign.xls, Bladedesigner_1.xls, Propeller forming Block.xls, blade-calculator.xls.

Der mangler om omdrejningshastighed!

Tip Speed Ratio - this is the ratio between the wind speed and the turbine blade tip speed, and is the starting point for designing the turbine itself. The optimum TSR band changes with the "solidity" of the turbine disc (i.e. how many blades it has).

When operating at its design TSR, maximum power can be extracted from the wind. As the actual TSR shifts above or below its design point, the available power decreases substantially. A turbine with a single blade (and a counter weight on the other side) might be designed for a TSR of 10 to 15. As you add blades, the optimum TSR decreases, and a 3 blade turbine will work most effectively with a TSR in a band between 4 to 7. The typical multi-blade farm "windmill" pump operates at a TSR of less than one. For a 3 blade turbine with a 2 metre diameter and a TSR of 4.5 in a 5 metre per second wind, the optimum tip speed would therefore be 5 X 4.5, or 22.5 metres per second. This translates to a turbine shaft speed of 215 rpm. For a 20 metre diameter turbine, the rotational speed would be only 21.5 RPM to maintain the same TSR. These low speeds do not suit most alternators or generators and, in the case of the 20 meter turbine, would certainly require stepping up by a gearbox.

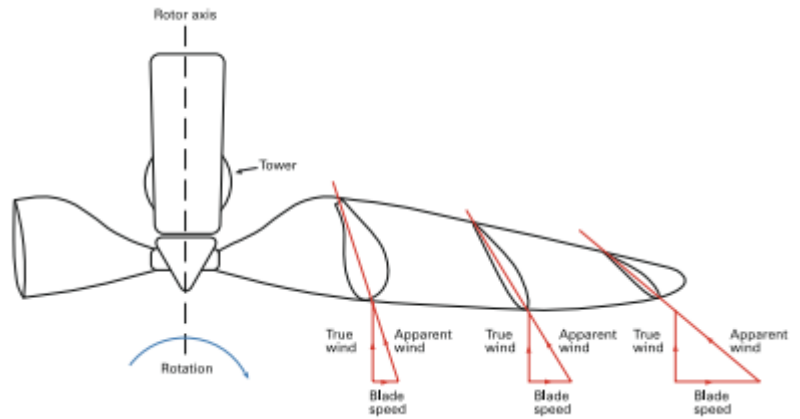
Note also that, if the wind speed doubles, then the turbine speed must double to permit maximum power to be extracted.

Indsat fra <<http://www.thebackshed.com/Windmill/articles/DonBrown1.asp>>

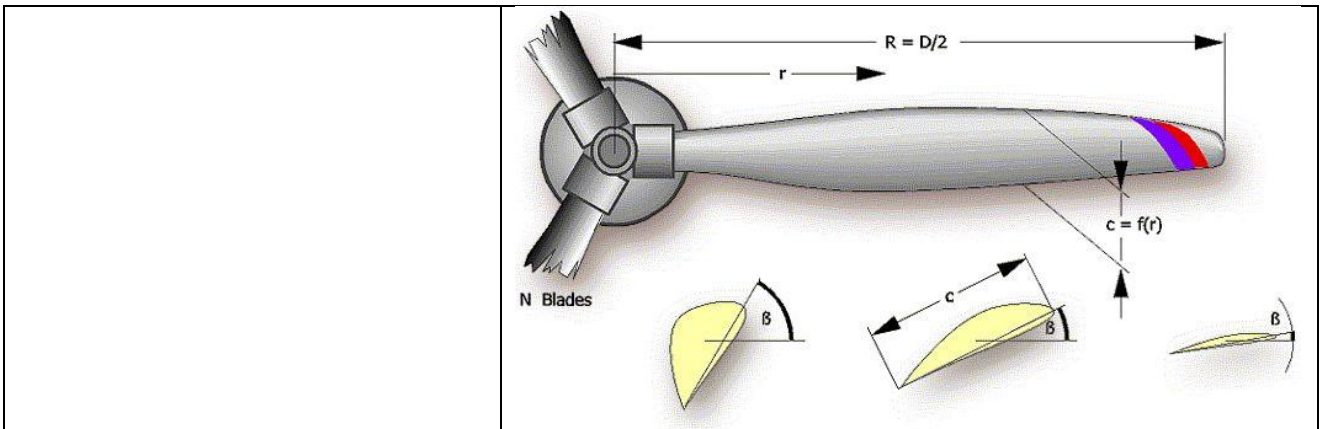


SNOEDE MØLLEVINGER

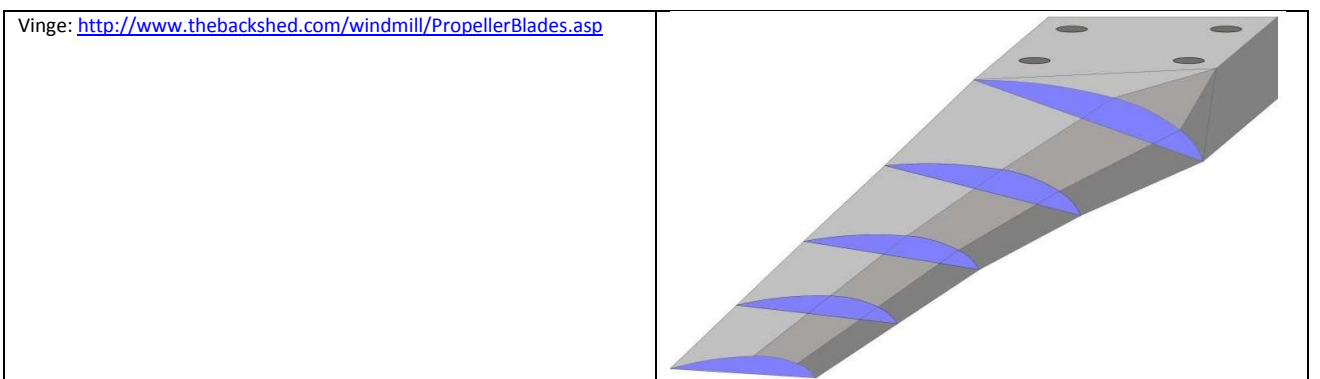
(fra en ret god side med udførlige forklaringer)



http://www.gurit.com/files/documents/2_aerodynamics.pdf

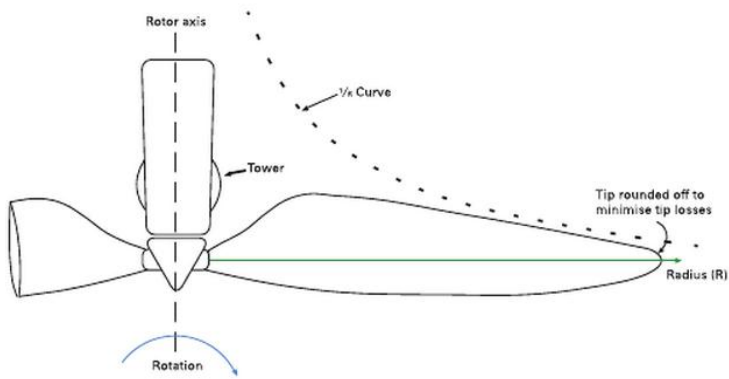


http://www.mh-aerotoools.de/airfoils/jp_users_manual.htm





SNOEDE MØLLEVINGER



Sammenlign med :: http://digital.library.okstate.edu/OAS/oas_html_files/v56/p121_124nf.html

Søg: windmill Blade Angle twisted

Se **kompedium om energi i vinden!**