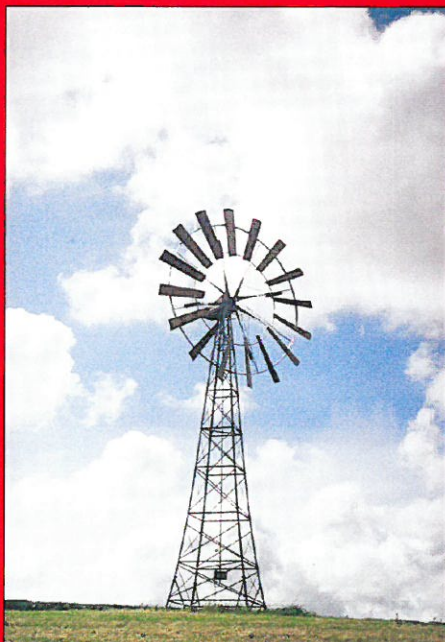
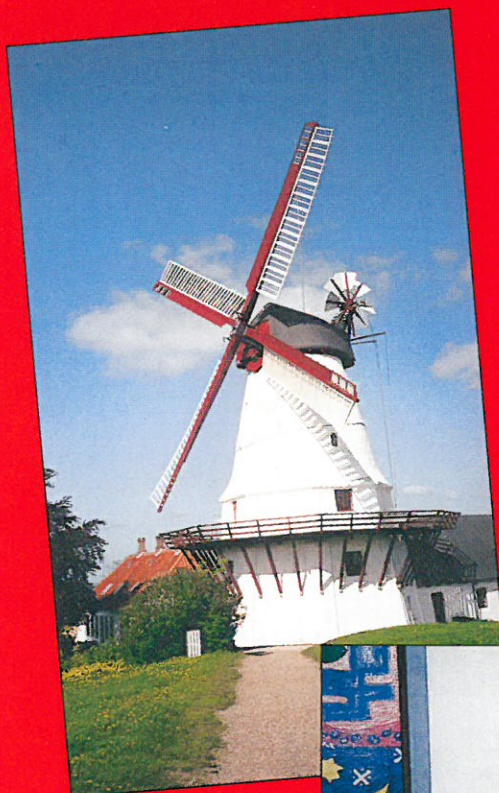


# FORSØG med VIND

Povl-Otto Nissen • Harald Oksbjerg



NATUR

TEKNIK



## Før I går i gang med "Forsøg med Vind":

Det er vigtigt at have materialer nok samt tilstrækkeligt med værktøj.

Intet er så dræbende for aktiviteten som at skulle stå og vente på, at værktøj bliver ledigt, eller opleve at materialerne slipper op.

Da en stor del af materialerne er nogle, man i forvejen smider væk, skal man begynde en indsamling i god tid. Det kan man godt få børnene og deres forældre til at hjælpe med til.

Materialer, som kan indsamles, er

1. Paprør i alle størrelser fra toiletpapirruller til køkkenruller og plakatrør.
2. Korkpropper. De er dyre at købe hos materialisten, men billige selv at indsamle over tid.
3. Fyrfadslysbægre. De kan tage lang tid at indsamle, og indeholder ofte stadig lidt stearin efter brug. Det kan bedst fås ud ved at "lune" bægrene lidt på radiatoren. Fyrfadslys er imidlertid så billige, at det kan betale sig at købe store pakninger, bruge bægrene til vindmøller, og brænde lysene i andre stager.
4. Fladt pap. Alt kan bruges, men bedst er pappet fra tømte kopimaskinepapir-æsker. Ellers kan man nemt skaffe sig det pap, man skal bruge i supermarkederne.

Nogle materialer er man nødt til at købe:

5. Papir, f.eks. A4-størrelse i forskellige farver. Mest 80 grams, men også noget 120 grams.
6. Kortnåle, dvs korte nipsenåle, beregnet til opslagstavler. De lange nåle brækker nemt.
7. Perler i forskellig størrelse, af træ eller plastik. De mindste skal kunne gå på nålene. De største skal have et hul, så de glider nemt på en strikkepind eller et stykke hegnstråd.
8. Træpinde, som kan bruges til håndtag eller aksler. Såkalde "cocktail-spyd" er gode.
9. Sugerør, både de tynde og de lidt tykkere.
10. Ståltråd, ikke for tyndt og heller ikke tykkere end hegnstråd.
11. Lim. I de fleste tilfælde er den hvide skolelim udmærket, men i nogle tilfælde har man brug for noget, der tørrer hurtigere.
12. Elastikker.
13. Tape.

Værktøj:

14. Det vigtigste værktøj er en saks. Det glider lettest, hvis hver elev har en saks.

Til en skoleklasse skønsomt:

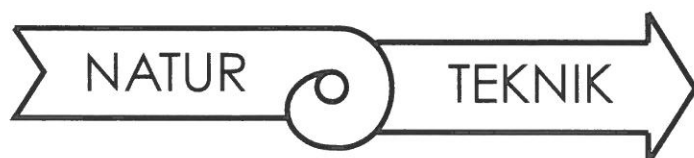
15. Et par bidetænger.
16. Et antal syle, svarende til hver femte elev.
17. Et par finersave.
18. Et par skærekasser.
19. Et par juniorsave.
20. Et antal små elektronik skrutrækkere svarende til hver fjerde elev.
21. Et par små svensknøgler eller fastnøgler, skal dog kun bruges ved adskillelse af dynamoen.

Angående byggebeskrivelsen til "Den store Modstandsmølle", lærerside 15: Hvis man ikke er gode venner med sløjdlæreren eller er det selv, kan byggesættet købes hos firmaet Frederiksen i Ølgod. I afsnittet "Fra vind til strøm" forekommer en cykeldynamo, der kan skilles ad. Den kan almindeligvis ikke fås i cykelforretningerne. Men denne særlige Rinder-dynamo kan også købes hos Frederiksen i Ølgod.

God fornøjelse!

# FORSØG med VIND

Povl-Otto Nissen • Harald Oksbjerg



**Serie: Natur • teknik**  
FORSØG med VIND  
af Povl-Otto Nissen og Harald Oksbjerg  
Redaktion: Hardy Overgaard

1. udgave, 1. oplag, 1997

©1997 OP-forlag, Dafolo Forlag

DTP og tryk:  
Dafolo A/S, Frederikshavn

Dafolo er kvalitetscertificeret efter DS 9001 og miljøcertificeret efter ISO 14001.  
Dafolo har i sin miljømålsætning forpligtet sig til en stadig reduktion af  
ressourceforbruget samt en reduktion af miljøpåvirkningerne i øvrigt.  
Denne udgivelse er trykt på Svanemærket papir.  
Der er anvendt vegetabiliske trykfarver.

Kopiering fra denne bog kan kun finde  
sted på de institutioner, der har indgået  
aftale med COPY-DAN og kun inden for  
de i aftalen nævnte rammer.

**Tegninger:**

Povl-Otto Nissen

**Fotos:**

Povl-Otto Nissen og Harald Oksbjerg

**Forlagsekspedition:**

Dafolo A/S  
Suderbovej 22-24  
9900 Frederikshavn  
Tlf. 98 42 28 22  
Fax. 98 43 13 88  
E-mail: dafolo@post1.tele.dk

ISBN 87-7794-376-7

Varenr. 6878

## Masters til fri kopiering på skolerne

Denne mappe indeholder masters til fotokopiering. Anskaffelsesprisen inkluderer ret til fri kopiering af de sider, som er mærket **elevsider**, på den skole, der har købt mastersættet.

Et sæt må ikke sælges eller lånes ud til andre institutioner, og der må ikke udleveres fotokopier til andre institutioner.

Fotokopier af mastersættet må ikke gøres til genstand for kommerciel udnyttelse.

Amtscentraler og andre pædagogiske centraler må ikke udlevere fotokopier af mastersættet til skolerne, ligesom de ikke må anvende materialet i deres udlånsafdeling medmindre særskilt aftale herom er indgået med forlaget.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

## LÆRERSIDERNE

<b>Lærerforord</b>	4
<b>Energi</b>	5
Vedvarende energi, vandkraft og vindkraft	6
<b>Leg med blæsten</b>	8
Vindbold, vindhjul og tivolimølle	8
<b>Forsøg med modstandsmøller</b>	9
En mølle med 4 vinger og en mølle med 2 vinger	9
En paprulle mølle	12
Blomstermøllen	13
Vindrosen	14
Byggebeskrivelse til Den store Modstandsmølle	15
Hvordan virker modstandsmøllen?	17
<b>Vindmøller gennem tiderne</b>	20
<b>Forsøg med strømmende luft</b>	21
<b>Om opdriftsmøllen</b>	22
En savonius-rotor (olietønde-mølle)	24
<b>Fra vind til strøm</b>	25
Rinderdynamoen skilles ad	26
<b>Materialer og værktøj</b>	28
<b>Nyttige adresser</b>	29

## ELEVSIDERNE

<b>Elevforord</b>	31
Arbejdsark til energitrappen	32
<b>Leg med blæsten</b>	33
Vindbold	34
Klippeark til vindbold	35
Vindhjul	36
Klippeark til vindhjul	37
Kom ikke på tværs af trafikken	38
Tivolimølle	39
Klippeark til tivolimølle	40
<b>Forsøg med modstandsmøller</b>	41
En mølle med 4 vinger og en mølle med 2 vinger	42
Klippeark til mølle med 4 vinger og mølle med 2 vinger	43
En paprulle mølle	44
Blomstermøllen	45
Klippeark til blomstermøllen	47
Vindrosen	48
Den store modstandsmølle	49
<b>Vindmøller gennem tiderne</b>	50
Den græske mølle - En sejlvinge	51
Den store græske mølle, sejlvingen	53
Fra stubmøllen til den moderne vindmølle	56
<b>Opdriftsmøller</b>	60
Nogle eksperimenter med strømmende luft	61
Byggevejledning til vindbue med vingeprofil	64
Svævetur uden motor	66
En savonius-rotor (olietønde-mølle)	68
<b>Fra vind til strøm</b>	69
Rinderdynamoen skilles ad	71
Dynamomagnetens undersøgelse	72
Rinderdynamoens samling	74
<b>Vindmåler (kop-anemometer)</b>	75
<b>Kasse-rotoren</b>	77
Klippeark til kasserotoren	78

# LÆRERFORORD

Vinden repræsenterer et energiholdigt naturfænomen, som mennesker med teknisk snilde har kunnet få til at arbejde for sig. Dette kan fortsætte så længe vinden *varer* ved.

Hvad sker der med energien i vinden, når den er „brugt“ eller omsat i tekniske apparater til at pumpe vand, male korn eller lave strøm?  
Varer energien ved?  
Er den pist væk?  
Hvor bliver den af?

Vi tror på, at eksperimenter, oplevelser og undersøgelser har betydning for opbygning af børns forståelse af fænomener, de kan iagttage i deres omgivelser. Endvidere tror vi på, at samtaler og diskussioner ført på baggrund af elevernes undersøgelser udvider deres ordforråd og dermed deres evne til at formulere sig.

På elevsiderne findes der aktiviteter, som kan udføres af elever i 1.-2. klasse. Der findes aktiviteter, som elever i 3.-4. klasse kan have glæde af, andre af aktiviteterne vil finde sin bedste anvendelse i 5.-6. klasse.

Man kan altså anvende ideerne i korte forløb jævnt hen over alle klassetrin med stigende sværhedsgrad og kompleksitet.

Aktiviteterne kan også gennemføres som et samlet temaforløb i 5. eller 6. klasse. I så fald anbefaler vi, at man først lader eleverne arbejde med de lette og enkle eksperimenter, inden man lader dem gå i kast med de mere komplicerede forsøg. Undervejs lærer de nogle enkle geometriske figurer at kende og øves i at læse en arbejdsinstruktion.

Vi overlader til dig som lærer selv at tage stilling til, hvad der passer til netop dine elever og hvornår. Vi anbefaler stærkt, at man som lærer selv prøver aktiviteterne igennem, inden man sætter eleverne i gang med opgaverne.

Til en del af aktiviteterne på elevsiderne vil der på lærersiderne kunne hentes faglig baggrundsviden, råd og vink om tilrettelægning af aktiviteterne samt udvælgelse af materialer.

Blandt elevsiderne findes til en del af de foreslåede modeller nogle sider, der er beregnet til fremstilling af klippearke.

Endelig vil vi rette en varm tak til Julie Jørgensen, Gitte Jørgensen og Mogens Larsen og deres elever på Lyshøj-skolen, Kolding, som gennem afprøvning af 1. udgave af manuskriptet, skoleåret 1995-96, har ydet værdifulde bidrag til materialets endelig udformning. Desuden takker vi Carl Jørgen Veje, Hans Lütken, Ole Nielsen og Svend Westermann for megen faglig og pædagogisk inspiration gennem årene.

God fornøjelse  
Povl-Otto Nissen og Harald Oksbjerg

# ENERGI

Generelt kan man sige, at energi er det, der skal til for at få maskiners hjul til at snurre, få en bil til at køre og til at holde stuen varm en kold vinteraften.

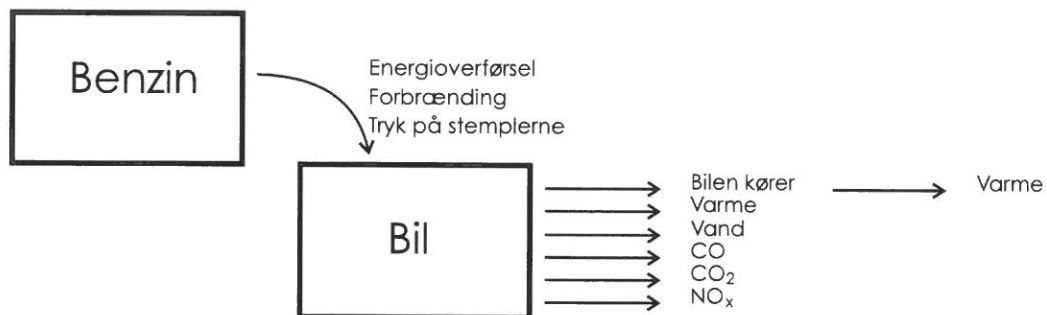
Hvis man fylder benzin på bilens tank, kan den køre af sig selv.

Benzinen er **energikilde**.

Bilen er **energimodtager**.

**Tegn på energioverførsel** er, at motoren snurrer, hjulene drejer rundt, motoren bliver varm, dækkene slides osv.

Der er kun en vis mængde **energi** til stede, for når benzintanken er løbet tør, så går motoren i stå, og bilen standser. Benzinen er brugt op, og for at bilen kan køre igen, må tanken fyldes op igen.



**Energien** fra den brugte benzin er nu omsat til værdiløs varme.

## Varmeforurening

Jorden modtager hele tiden energi fra Solen. Jorden som helhed bliver dog ikke varmere af den grund, for samtidig sender den ligeså meget varme ud i verdensrummet.

Jordens middeltemperatur er derfor konstant.

Når vi mennesker afbrænder fossile brændstoffer (olie, kul og naturgas) opvarmes Jorden også på grund af det, og jo mere varme skal den af med. Når der samtidig frigøres ekstra CO<sub>2</sub> og andre forbrændingsprodukter, kan man frygte, at atmosfærens isoleringsevne øges, så Jordens middeltemperatur stiger på grund af denne drivhuseffekt.

## Vedvarende energi, vandkraft og vindkraft

Omsætningen af energi fra vind og vand bidrager derimod ikke til at forøge jordens middeltemperatur.

I et vandkraftværk omsættes vandets bevægelse til elektricitet.

I en vindmølle omsættes vindens bevægelse til elektricitet.

Den elektriske energi herfra omdannes også til varme under vort forbrug, men denne del stammer oprindeligt fra solens indstråling.

Når Solens lys rammer jorden, omdannes en stor del af energien i lyset til varme.

Luften langs jordoverfladen modtager varme fra jorden.

Varm luft udvider sig og bliver lettere.

Kold luft trækker sig sammen og bliver tungere.

Der opstår højtryk og lavtryk.

Luften sættes i bevægelse. Bølger opstår på havet og vindmøller går i gang.

Solens indstråling medfører fordampning af vand fra have og søer, og den dampholdige luft blæser ind over land, hvor det regner, så der kommer nyt vand til floder og søer.

For at kunne udnytte vandkraften, måtte man tidligere anbringe de energi-forbrugende virksomheder i nærheden af vandfaldene.

Med elektrificeringens indførelse kunne man pludselig transportere energi over store afstande. Udbygning af vandkraften tog herefter fart.

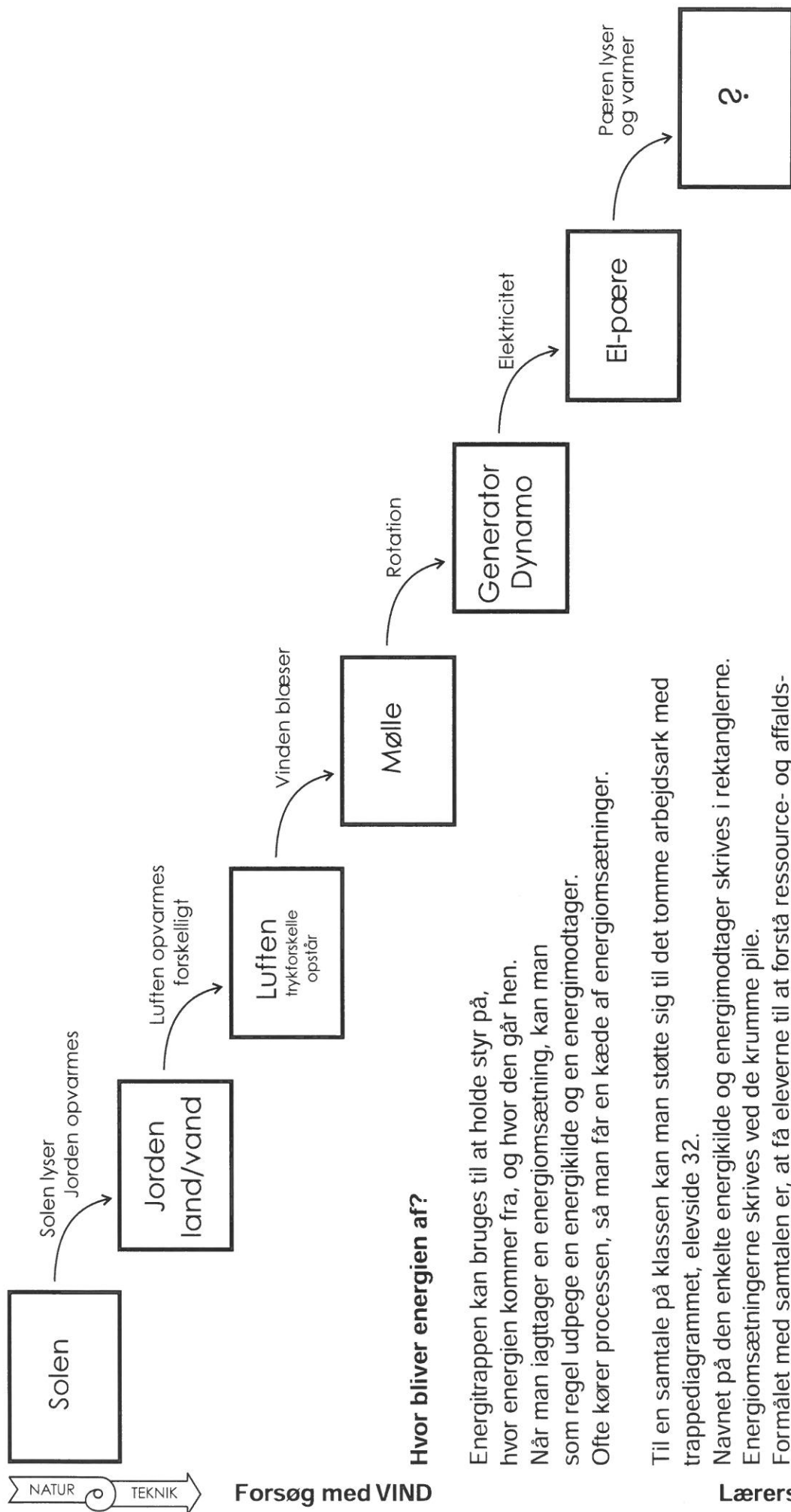
Omkring år 1900 blev der efter højskolemanden Poul la Cours forskrift opført mange tusinde gårdmøller. Møllerne producerede elektricitet, som blev anvendt umiddelbart eller lagret i gårdens akkumulatorbatteri til senere brug.

Interessen for de moderne elproducerende vindmøller begyndte med energikrisen i 1973.

Efter den foreløbigt sidste energikrise (omkr. 1979) tog opførelsen af vindmøller fart. De stigende priser på olie og kul skabte interesse for at udnytte vandkraften til elproduktion.

De miljømæssige konsekvenser af afbrænding af kul og olie styrker også interessen for vindkraft.





### Hvor bliver energien af?

Energitrappen kan bruges til at holde styr på, hvor energien kommer fra, og hvor den går hen.

Når man iagttager en energiomsætning, kan man som regel udpege en energikilde og en energimodtager.

Oftentimes køber processen, så man får en kæde af energiomsætninger.

Til en samtale på klassen kan man støtte sig til det tomme arbejdsark med trappediagrammet, elevside 32.

Navnet på den enkelte energikilde og energimodtager skrives i rektanglerne.

Energiomsætningerne skrives ved de krumme pile.

Formålet med samtalen er, at få eleverne til at forstå ressource- og affaldsproblematikken samt sammenhængen mellem de enkelte energiformer.

# LEG MED BLÆSTEN

Eleversiderne starter med 3 lette modeller, som selv de yngste elever i skolen nemt kan lave, nemlig:

## Vindbold, vindhjul og tivolimølle.

### 1. Det faglige indhold

Eleverne skal lære at følge en beskrivelse og fremstille en enkel konstruktion, som kan flytte sig i vinden.

Eleverne skal opleve, at strømmende luft, vinden, er i stand til at sætte genstande i bevægelse.

Gennem arbejdet med aktiviteterne indlæres begreber som centrum, radius, diameter, koncentriske cirkler og cirkeludsnit.

Formålet med forsøgene er at knytte begreberne **tegn på energioverførsel**, **energi-kilde** og **energimodtager** til de fænomener, som eleverne kan opleve i deres leg med blæsten.

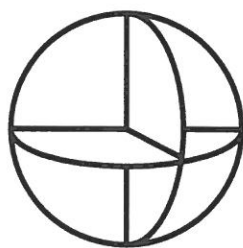
### 2. Pædagogiske råd

Leg med vindbolde og vindhjul foregår i skolegården og ikke på offentlig vej. Selv om eleverne kan læse, vil det ofte være nødvendigt at give dem en mundtlig instruktion.

Til konstruktion af vindhjulet vil det være nærliggende at inddrage passereren som værktøj. Radierne i cirklerne kan f. eks. vælges til henholdsvis 4 cm og 7 cm.

### 3. Kopiarkene

Der findes kopiark til såvel fremstilling af vindbold, vindhjul som tivolimølle. Brug af passer lægger op til en mere individuel udgave af vindhjulet.



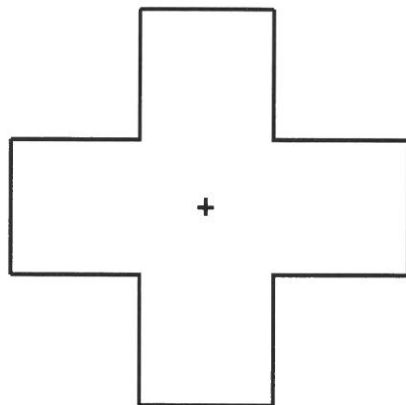
Syng evt. sangen „Blæsten kan man ikke få at se“. Den findes bl.a. i Politikens „Lystige viser for børn“.

# FORSØG MED MODSTANDSMØLLER

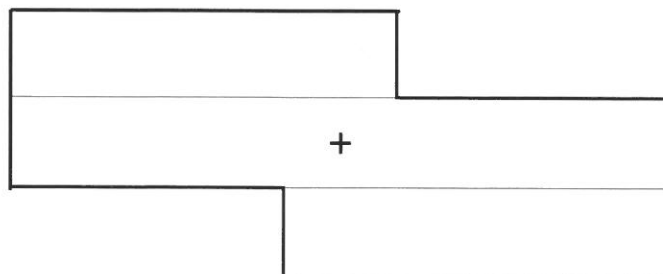
Afsnittet "Forsøg med modstandsmøller" i elevsiderne starter med to lette møller, en 4-vinget og en 2-vinget, som klippes ud af kraftigt papir eller karton og sættes på en korkprop med en nål.

Se fremgangsmåden på elevsiderne. Til kopiering findes en side til udklipning af møllerotorerne.

## En mølle med 4 vinger og en mølle med 2 vinger



Figur 1



Figur 2

### 1. Det faglige indhold

Gennem de første eksperimenter skal eleverne blive klar over, at vingerne skal være skråstillede i forhold til vindretningen. Det er nyt for de fleste elever og selv for en del voksne. Når vinden puster direkte ind på møllefladen - og ikke ind på kanten - giver møllens vinger sig til at rotere rundt, altså når vingerne står på skrå. Ellers ikke.

### 2. Pædagogiske råd

Vedr. pkt. 1 på elevside 42. Begynd med møllen med 4 vinger. Den er enklere end møllen med 2 vinger. Møllerne kan udmærket laves på de yngste klassetrin, dvs. 1. og 2. klasse. I så fald er det hensigtsmæssigt, at læreren har klippet et eksemplar af hver model ud og sat op på opslagstavlen - dog uden at bøje vingerne - , så børnene kan se, hvilken form de skal ende med, når de klipper. Af de lidt ældre elever kan man godt kræve, at de selv finder figuren ved at klippe henholdsvis 4 hjørnekvadrater og 2 hjørnerektangler bort.

Vedr. pkt. 3. „Få møllen til at køre rundt“. Vis ikke fra starten, at vingerne skal bøjes.

Det er vigtigt, at eleverne først selv får tid og mulighed for at eksperimentere sig frem til, at vingerne skal skråtstilles i forhold til vindretningen. Som regel vil en eller flere elever komme på ideen. De øvrige elever vil hurtigt gøre ligeså. Endelig kan læreren vise sin egen mølle, der virker, - og lade eleverne sammenligne konstruktionen med deres egen.

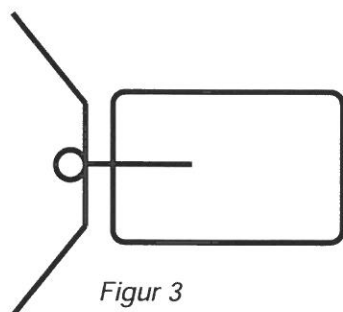
Der findes mange måder at bøje vingerne på, så det virker. Alle måder kan accepteres, blot møllen kører rundt ved pust ind forfra - eller ved, at man går med den.

Vedr. pkt. 4. „Find ud af, hvad du skal gøre for at få møllerne til at køre bedst“. Eleverne skal eksperimentere med, hvor skrå vingen skal være, for at møllen kører bedst muligt. Diskuter med eleverne om deres erfaringer. Det er vigtigt at få føling med variationernes indflydelse.

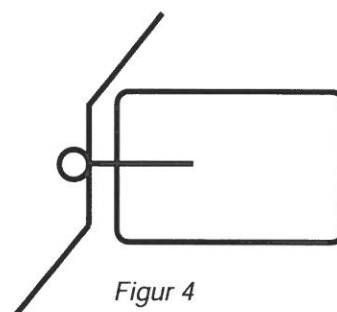
Eksperimenterne med de 2-vingede møller vil som regel afsløre et særligt problem. Også her bør eleverne have tid til at eksperimentere frit med bøjning af vingerne, hvilket de nu ved er nødvendigt.

Ofte vil der forekomme to typer af bøjninger.

Se figuren, som forestiller vingeprofiler set fra siden.



Figur 3



Figur 4

I første tilfælde er begge „flapper“ bøjet frem: I andet tilfælde er flappen på den ene vinge bøjet bagud. Den første er en rigtig konstruktion. Den anden er i strid med sig selv.

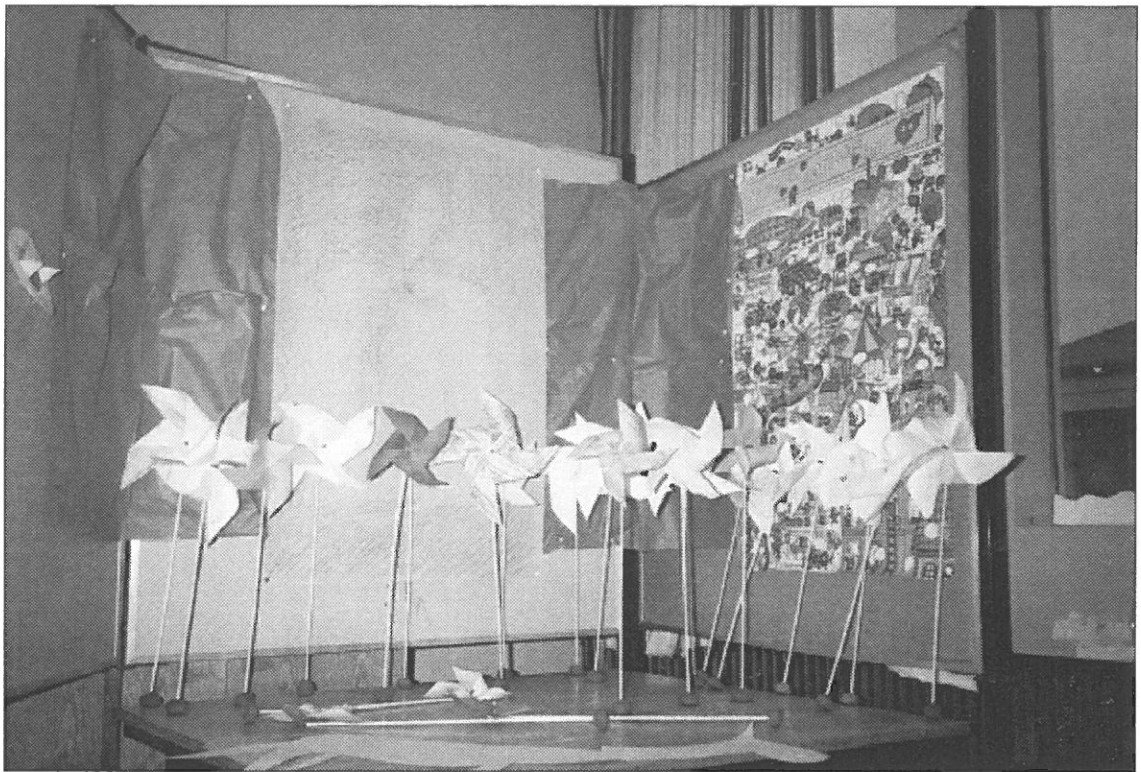
Diskuter problemet med eleverne.

Eksperimenterne med paprulle møllen og den store modstandsmølle vil herefter få den rette dimension.

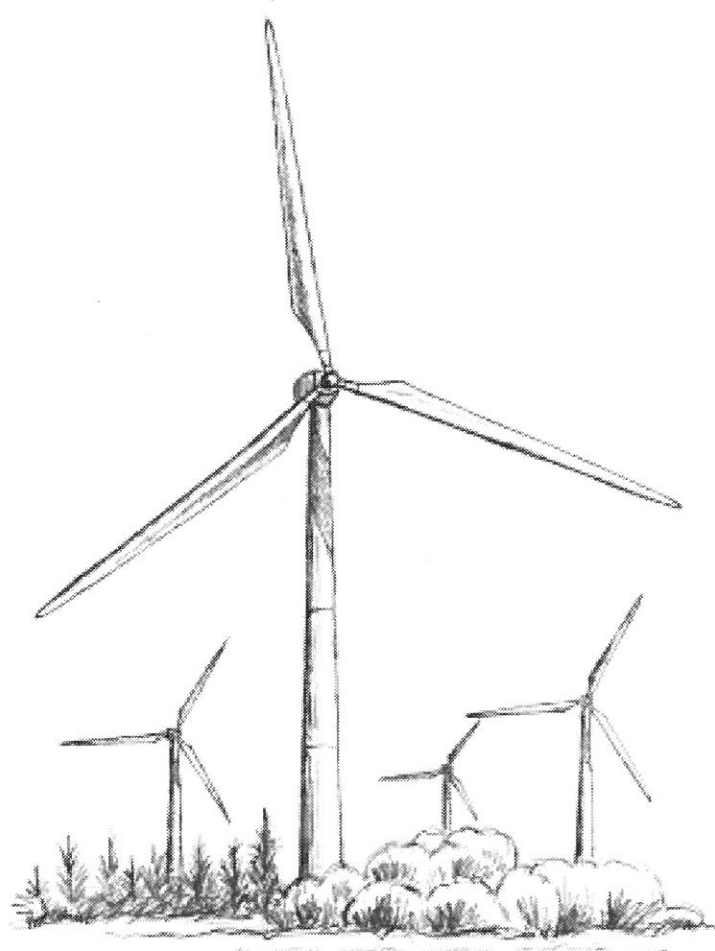
### 3. Råd vedrørende materialer

Brug nogle korte nipsenåle, beregnet for opslagstavler. De normale nipsenåle er rigeligt lange og knækker ofte, når man presser dem ind i korkproppen.

Anbring eventuelt en lille rund perle på nålen mellem „møllen“ og proppen.



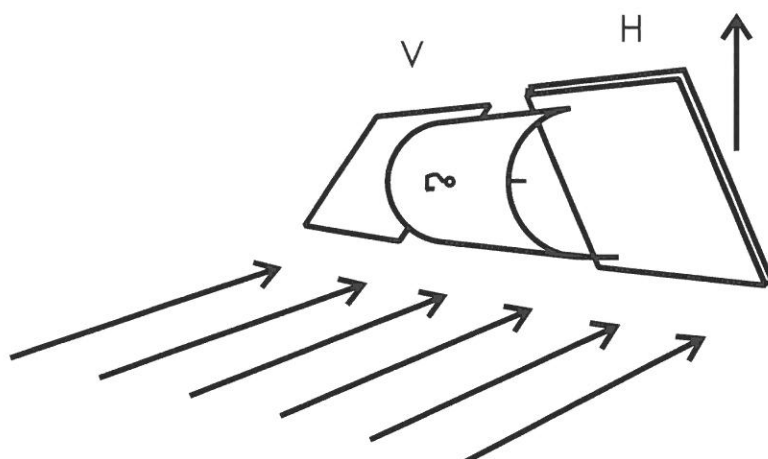
*Vindmøllepark fremstillet af elever i 3.a. på Bakkeskolen, Esbjerg.*



# En paprullemølle

## 1. Det faglige indhold

Eleverne skal erfare, hvilken stilling vingerne skal have i forhold til vindretningen, så møllerne drejer bedst muligt. Vingernes stilling kan meget nemt varieres. Når vinden rammmer vingepladerne, vil den skifte retning, og vingerne vil blive skubbet den modsatte vej. Blæser det tilstrækkeligt, vil højre vinge dreje opad. Den venstre vil dreje nedad.



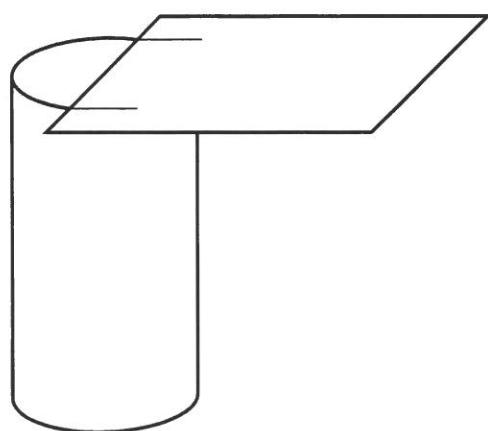
Figur 5

## 2. Pædagogiske råd

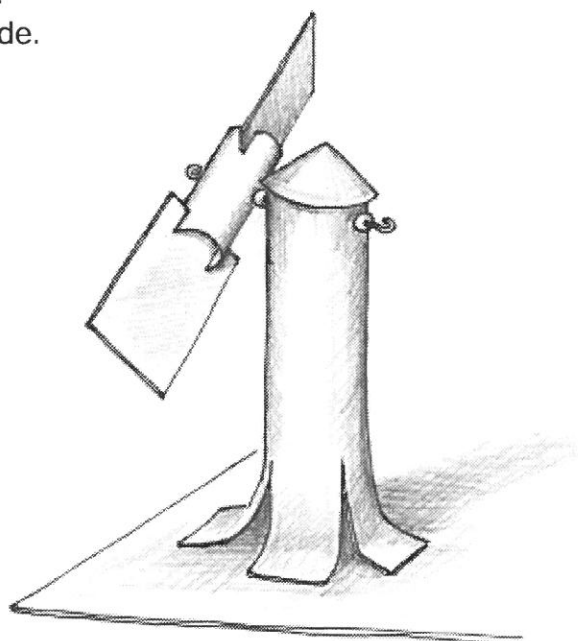
Undgå at give eleverne en løsning på forhånd. Lad eleverne eksperimentere frit og afslut med en samtale, hvor erfaringerne sammenfattes.

## 3. Råd vedrørende materialer til paprullemøllen

Pap fra A4 skriveblokke er særdeles velegnet til fremstilling af møllevinger. Man kan også anvende flapperne fra paplåget fra en æske, hvori der har været kopimaskinepapir. En afskåret sideflap og delt i to vil kunne anvendes. Ved at holde den korte ende af papstykket over enden af paprullen kan man markere, hvor indsnittene skal lægges. En snitdybde på 3 cm vil være passende.



Figur 6



# Blomstermøllen

## 1. Det faglige indhold

Også her drejer det sig om at erfare, at vingerne (blomsterbladene) skal skråtstilles samme vej, for at møllen kan køre rundt. Den er ikke særlig kritisk, hvad angår finindstilling. Den kører let og villigt og forbinder det tekniske med æstetiske kvaliteter.

## 2. Pædagogiske råd

Lad eleverne bruge deres erfaringer og ideer fra tidligere konstruktioner og afslut med en samtale om nye erfaringer. Lav eventuelt en vindmøllepark.

## 3. Råd vedrørende materialer

Lav eventuelt klippearkene ved at kopiere i forskellige farver, så enkeltdelene kan sammensættes i forskellige farvekombinationer i klassen.

Brug karton eller kraftigt A4 papir.

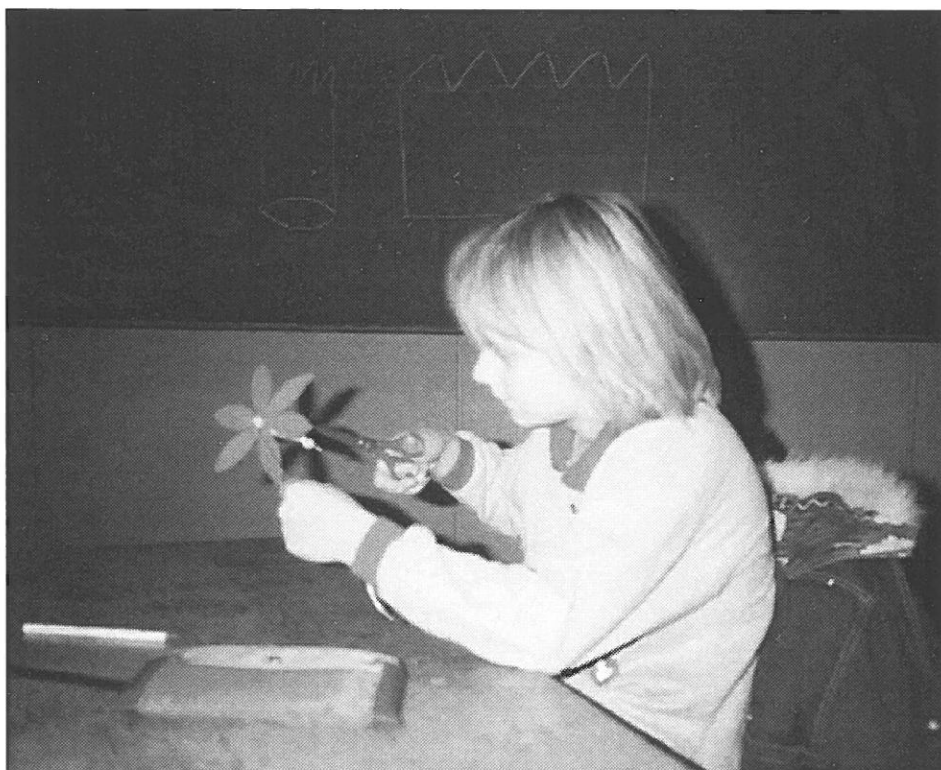
Rotor-lejet laves 5-6 cm kraftigt sugerør.

Det kan være nødvendigt at hjælpe de yngste elever, når hegnstråden skal bøjes.

Hegnstråd kan købes i et byggemarked.

**Vigtigt:** Alle spidse hegnstrådsender skal afblændes.

De nederste 10 cm af "stilken" bøjes op og omvikles med tape og anvendes som håndtag.



*Pige i 3. klasse arbejder med blomstermøllen.*

# Vindrosen

## 1. Det faglige indhold

Den lille mølle lavet af bægeret til et fyrfadslys er nok den model, der ligner de store vindrosemøller mest. Også her drejer det sig om, at eleverne forstår, at flapperne skal skråtstilles, for at vindens fremdrift kan overføres til rotationen. Korkproppen kan illudere som møllehus.

Man kan placere en vindfane bag på proppen, så møllen automatisk styrer op i vinden.

## 2. Pædagogiske råd

Eleverne er nok nu klar over, at vinge-flapperne skal skråtstilles.

Giv eleverne tid og rum til selv at løse opgaven med at få møllen til at køre godt. Ligeledes bør eleverne også selv eksperimentere med, hvor stor vindfanen skal være, samt hvor den lodrette akse (hegnstråden) under proppen skal anbringes, for at det hele er i balance.

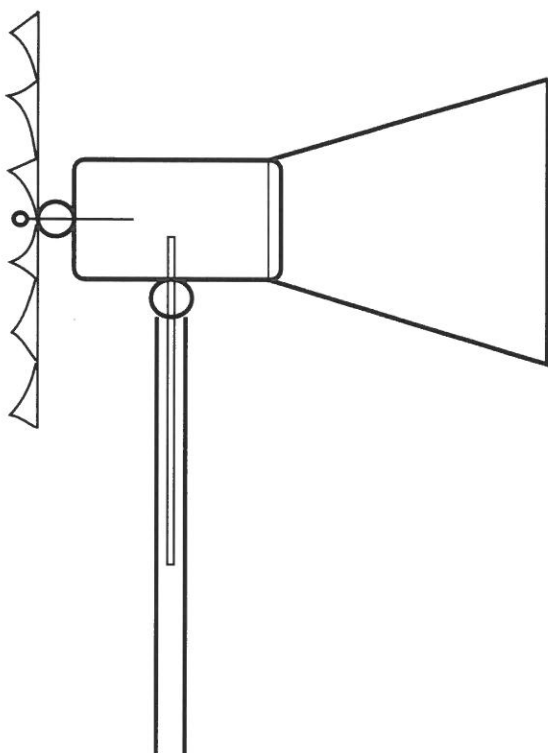
Diskuter elevernes erfaringer i en klassesamtale.

## 3. Råd vedrørende materialer

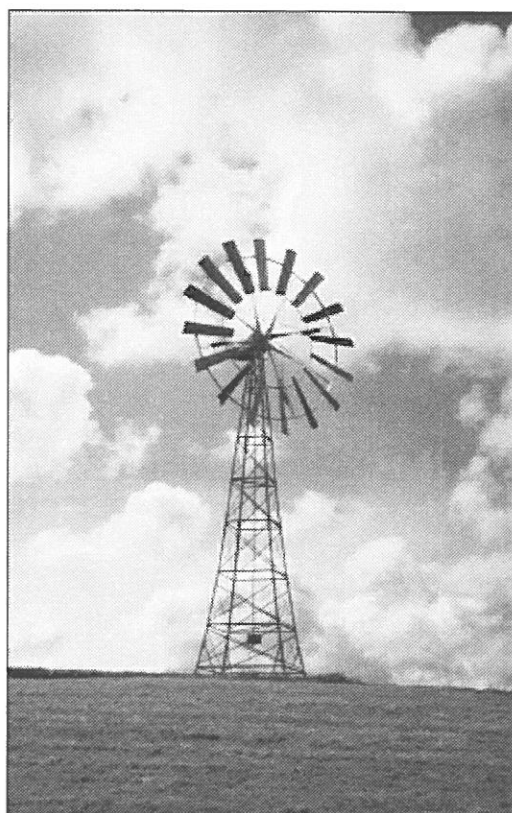
Man kan klippe i aluminiumsbægeret med en saks.

Bægrene kan samles ind gennem længere tid. Bægre med stearinrester i bunden kan anbringes på en varm radiator. Stearinen bliver efter et stykke tid blød og plastisk og kan nemt skrubes ud.

Vindfanen skal laves af stift karton.



Figur 7

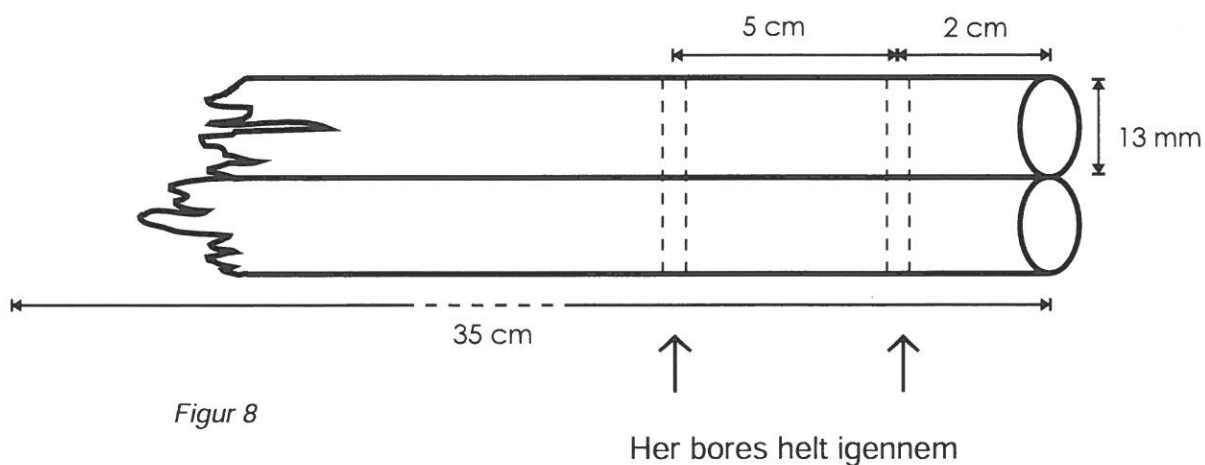




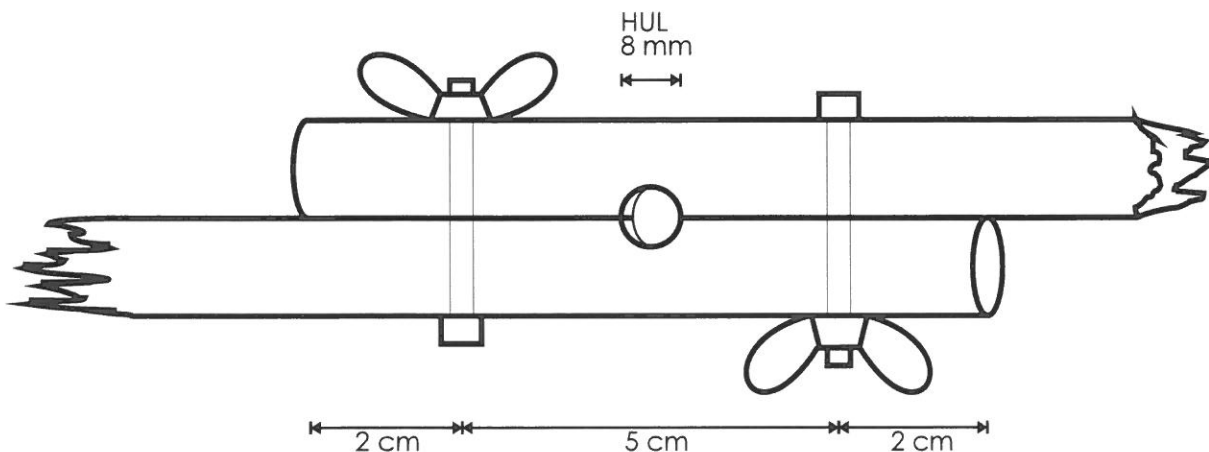
# Byggebeskrivelse til Den store Modstandsmølle

**Materialer:** 2 rundstokke, 13 mm Ø, længde 350 mm  
1 rundstok til håndtag 13 mm Ø, længde 300 mm  
5 tegnestifter  
2 stk maskinpap 2 mm, mål se arbejdstegning  
2 stk falsæskekarton, mål se arbejdstegning  
2 maskinskruer 3 mm m/vingemøtrikker og spændeskiver  
1 elektrikerør 16 mm Ø, længde 150 mm  
1 gummiprop 14-19 mm Ø  
Boremaskine, bor 3,5 mm og 8 mm, Hobbykniv  
Arbejdstegning.

1. Bor 2 huller, 3,5 mm Ø, i hver rundstok på 350 mm, det ene hul 20 mm inde på rundstokken, det andet hul 70 mm inde på rundstokken, se figur 8

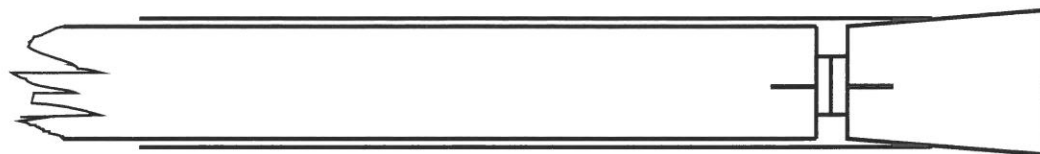


2. Midt mellem de 2 huller bores et 8 mm hul.  
Skær hullet til med en hobbykniv, så der bliver plads til håndtaget og senere en dynamorulle, se figur 9

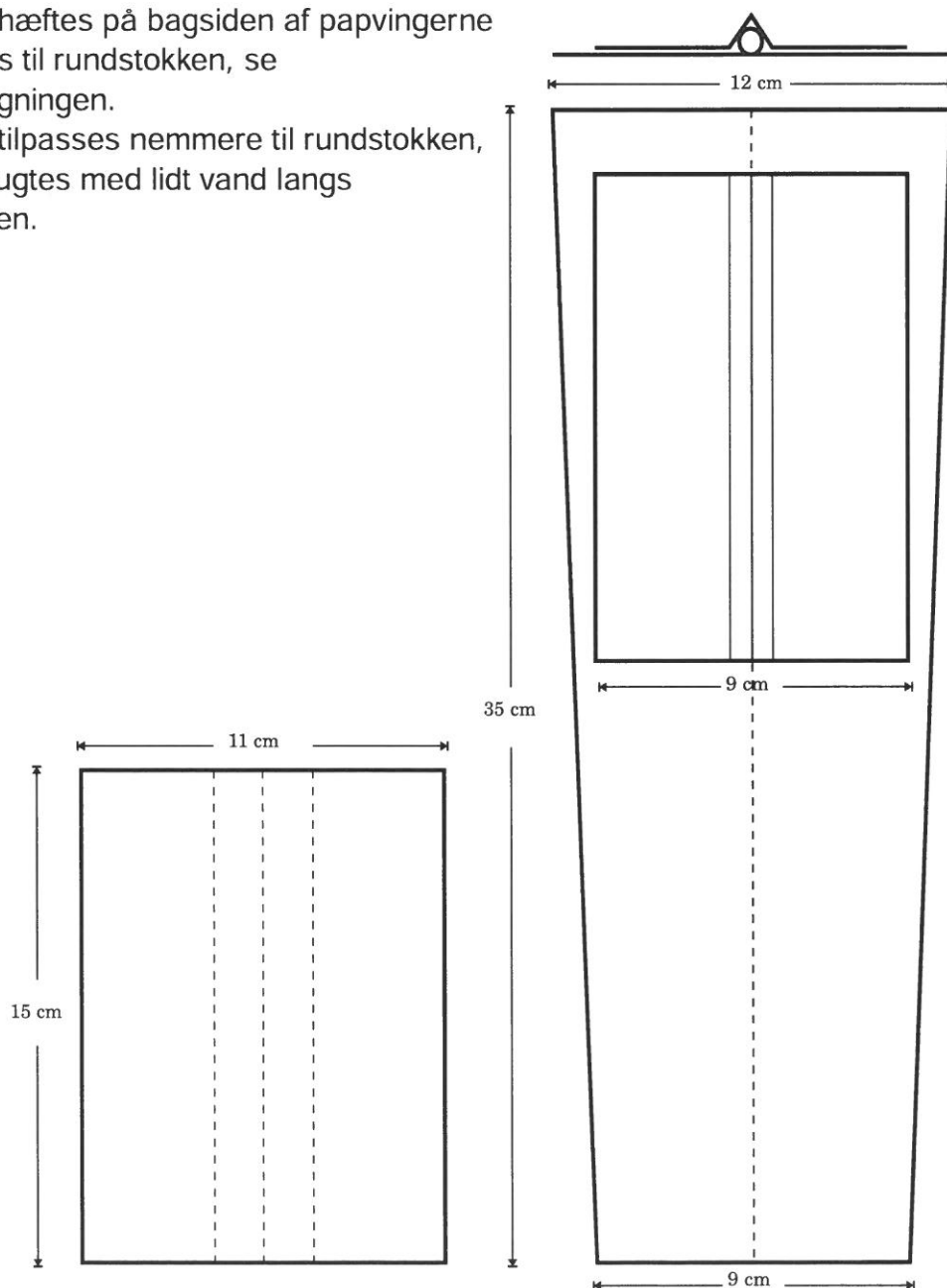


- Tryk en tegnestift i den smalle ende af gummiproppen samt i den ene ende af rundstokken på 300 mm, se figur 10

Figur 10



- Papvingerne tegnes op og skæres ud med en hobbykniv. Følg de angivne mål på arbejdstegningen
- Kartonet hæftes på bagsiden af papvingerne med plads til rundstokken, se arbejdstegningen. Kartonet tilpasses nemmere til rundstokken, hvis det fugtes med lidt vand langs midterlinien.

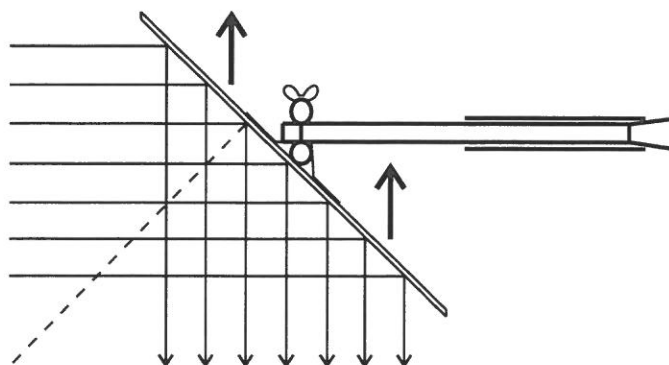


Figur 11

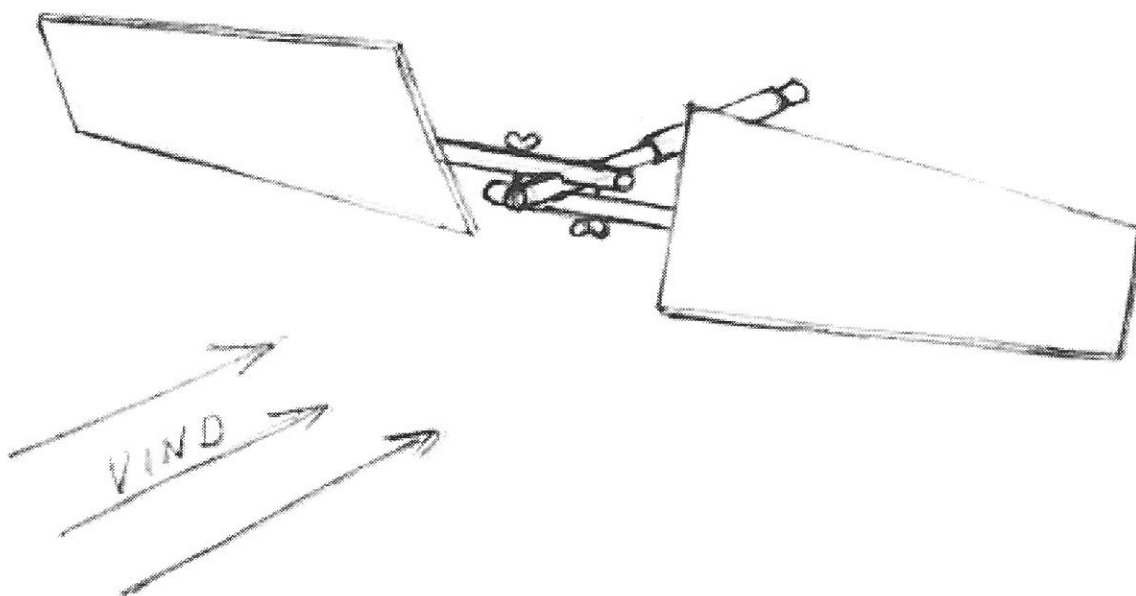
## Hvordan virker modstandsmøllen?

Når vinden rammer vingepladen på modstandsmøllen, vil den kastets tilbage som antydnet på figuren.

Blæser det tilstrækkeligt, vil vingen dreje opad.



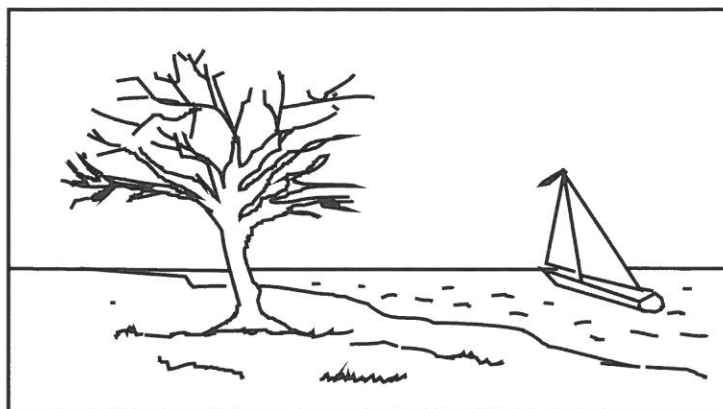
Figur 12



Vindens fart og retning vil vi angive med pile, som det ses på figurerne nedenfor.

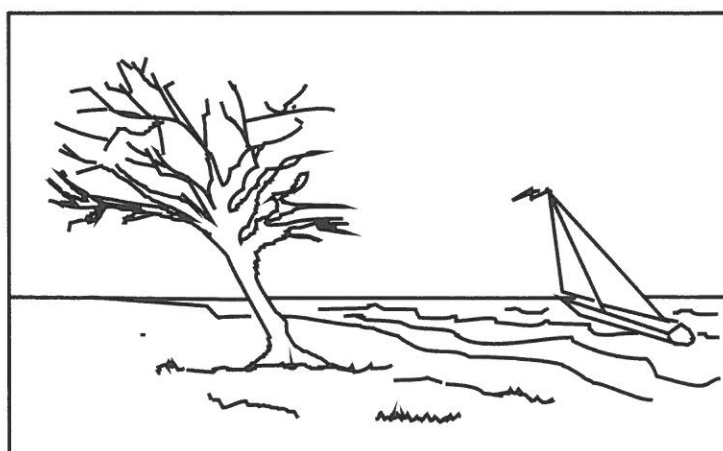
Pilens retning angiver vindens retning.

En kort pil angiver en lille vindfart.

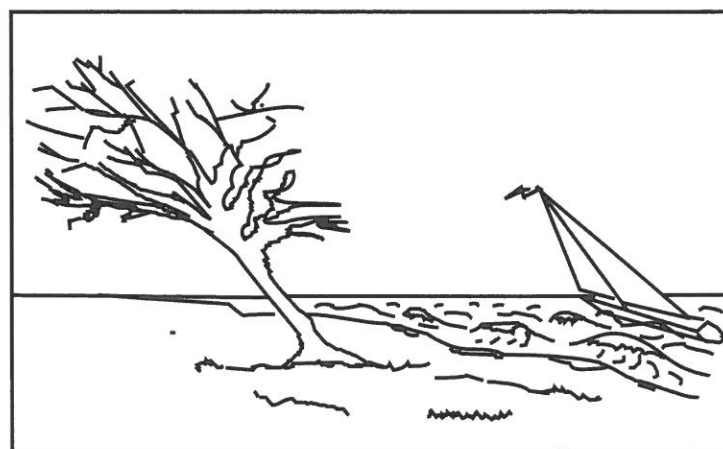


Figur 13

En længere pil angiver en stor vindfart.

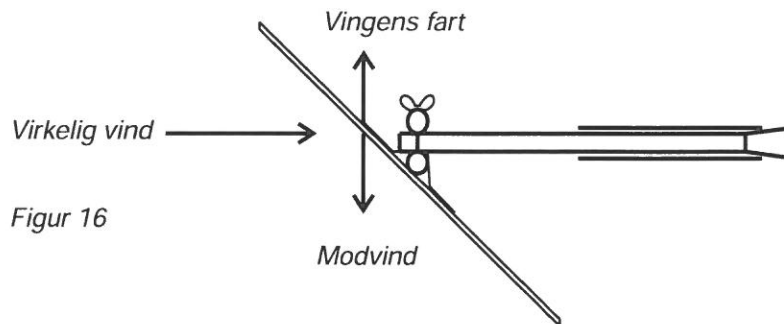


Figur 14



Figur 15

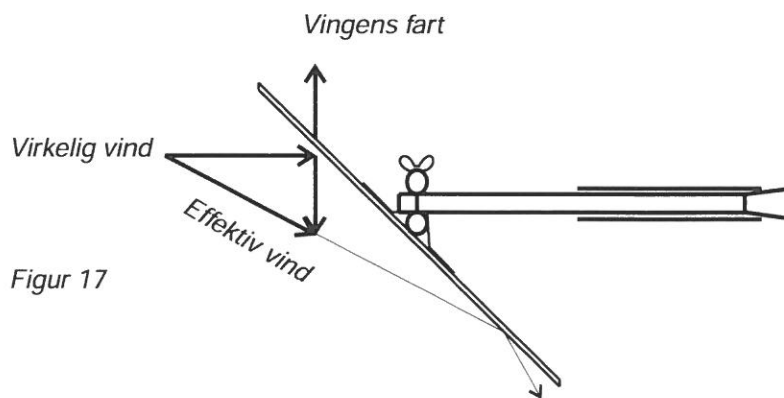
Er vingen i fart opad, vil den "føle" en modvind.  
 En pil opad angiver vingens fart.  
 En pil nedad angiver modvindens fart.



Figur 16

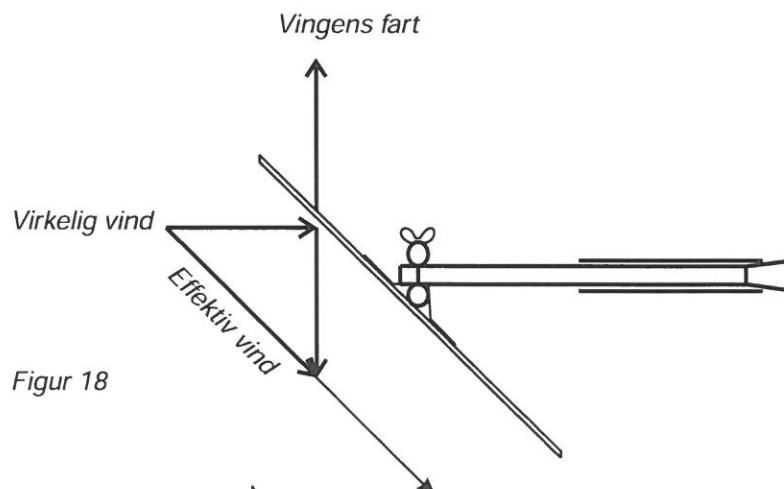
Den virkelige vind ind forfra på møllen og modvinden vil tilsammen danne en vind, som vi vil kalde den effektive vind.

I de viste situationer på figur 17 og figur 18 blæser den effektive vind skråt nedad på vingepladen, og den kastes derfor nedad, når den rammer vingen. Vingen påvirkes altså opad.



Figur 17

Når vingen får mere fart på, vil modvinden også øges.  
 Når den effektive vind derved bliver parallel med vingepladen - og altså ikke kastes nedad, vil vingen ikke mere påvirkes opad. Vingen kan nu ikke få mere fart på.



Figur 18

# VINDMØLLER GENNEM TIDERNE

Dette afsnit starter med **den græske mølle**.

Denne mølletype hedder også en sejlvinge, fordi vingerne består af trekantede sejl af lærred, som er anbragt på stokke i en stjerneformet rotor. Det frie hjørne af det trekantede sejl er tøjret let til den næste stok med et reb.

Den græske mølle, der findes i hele middelhavsområdet, giver gode muligheder for at perspektivere fra "den nære omverden" til "den fjerne omverden" og til at arbejde videre med befolkningens levevilkår før og nu.

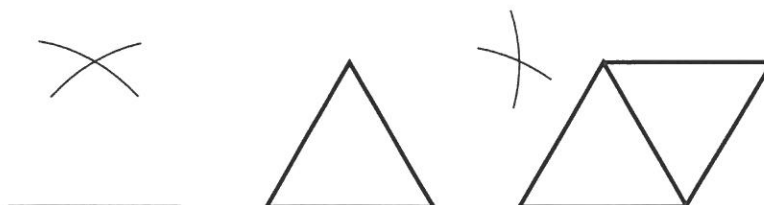
Vi præsenterer her 2 byggebeskrivelser til den græske mølle.

En lille papirmodel, som let kan laves af de yngre elever, og en lidt større sejldugsmodel, hvor vingesejlene skal sys af tøj.

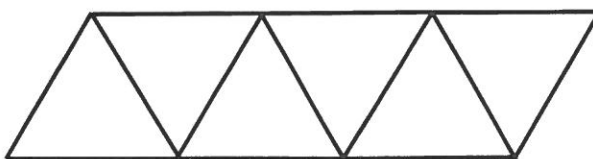
## Papirmodellen

Sejlene skal være ligesidede trekanter, som konstrueres med passer og lineal:

Figur 19



Figur 20



De 6 papirtrekantene klippes ud og limes på pindene.

Trådene fra den frie hjørnespids til den efterfølgende pind kan godt undværes, men bør medtages for at gøre modellen virkelighedstro.

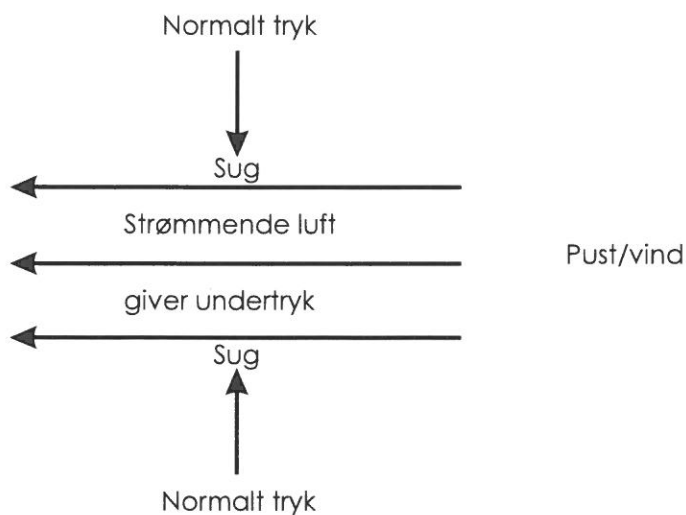
## Råd vedrørende materialer

Podepindene, som er af træ, kan fås fra firmaer, der handler med fysik-apparatur.

Til det ret brede mølletårn anvendes plakatapprør, der saves til i den rigtige længde, - bedst med en finérsav.

# FORSØG MED STRØMMENDE LUFT

Når luft strømmer afsted, bliver der undertryk på tværs af strømretningen. Dette er grundlaget for at forstå princippet i en opdriftsmølles virkemåde.



Figur 21

De fem små forsøg på elevsiderne viser fænomenet.

Vis forsøgene for eleverne eller lad dem selv prøve.

Lad eleverne komme med deres bud på en mulig forklaring på fænomenerne.

I forsøg nr. 1 vil man se bordtennisboldene blive suget ind mod hinanden i stedet for at blive pustet væk fra hinanden.

I forsøg nr. 2 vil man ligeledes se de to stykker papir blive suget ind mod hinanden, i stedet for at gå fra hinanden.

I forsøg nr. 3 vil man se strimlen løfte sig som følge af opdriften, når man puster hen over bogkanten.

I forsøg nr. 4 vil man opdage, at bordtennisbolden ikke kan pustes op af tragten, men tværtimod bliver suget fast af undertrykket.

I forsøg nr. 5 med vingeprofilen i "vindbuen" vil opdriften løfte vingen også selv om den ikke er skrånstillet.

På elevsiderne 64-65 er der en beskrivelse af, hvordan man laver vingeprofilen og hvordan man anbringer den i vindbuen.

# OM OPDRIFTSMØLLEN

## Det faglige indhold

Ved forsøg med vindbuen kan eleverne få en erfaring med fænomenet opdrift. Tværsnittet på en opdriftsmølles vinge minder meget om tværsnittet af en flyvemaskinevinge.

Vi bygger en vindbue med en vingeprofil af karton og ser, at vingen løfter sig, når vinden kommer ind forfra - *uden*, at vingen er skråtstillet.

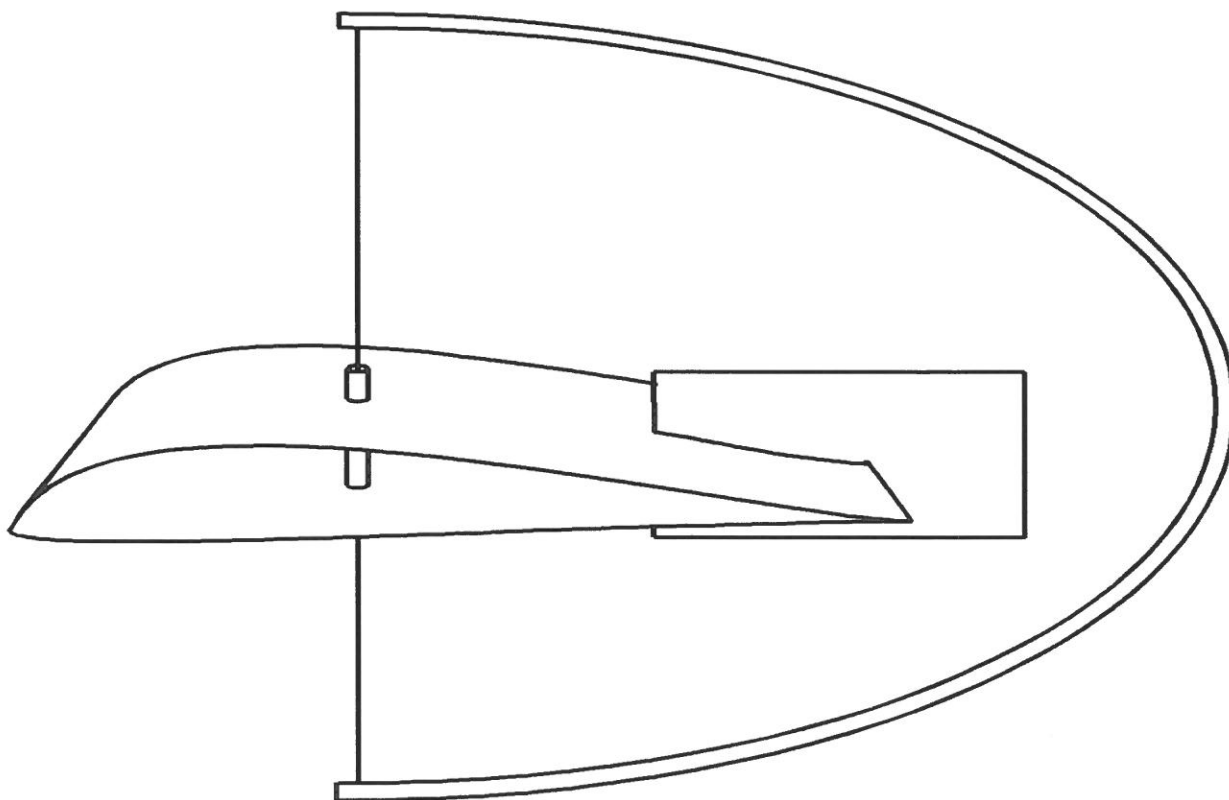
Vingen får en opdrift alene på grund af sin form, når luften strømmer forbi.

## Pædagogiske råd

Det er som altid vigtigt at foretage eksperimenter, før man fremkommer med mulige forklaringer. Med dette forsøg og de foregående småforsøg med strømmende luft, vil eleverne have fået tilegnet sig nogle erfaringer med begrebet opdrift.

Det må imidlertid afhænge af lærerens egen vurdering, om eleverne selv skal lave vindbuen eller om hun/han vil benytte et færdiglavet eksemplar til demonstration.

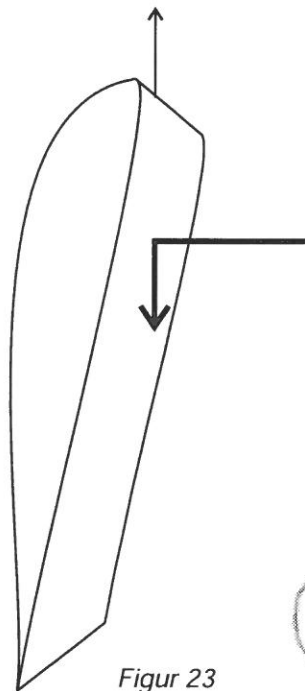
I elevmaterialet følger en beskrivelse af materialer og vejledning til bygning af en vindbue med vingeprofil:



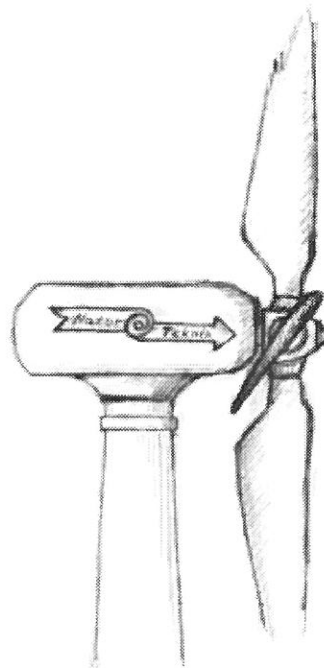
Figur 22



Vingens form på opdriftsmøllen er afgørende for udnyttelse af vindens energi. Vi har valgt at vise det ved hjælp af de små forsøg og ved at sammenligne møllevingen med en fly-vinge, hvor opdriften er i stand til at få et helt fly til at lette fra jorden, når farten er stor nok, som beskrevet i luftkaptajns artikel. Her kommer en lidt nærmere forklaring:

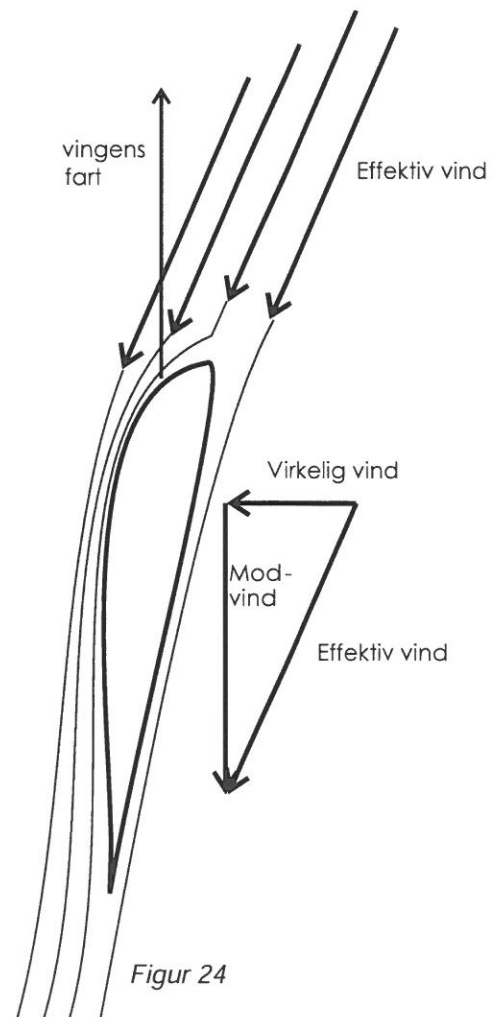


Man må tænke sig, at møllen står til venstre, og at vi kigger ind fra den yderste ende af en møllevinge. Når vinden har en fart på ca. 5 m/s vil vindpresset på den skråtstillede vingeflade få rotoren på vindmøllen til at køre rundt som modstandsmølle.



Figur 23

Når rotoren har fået fart på, vil luften strømme omkring vingen, som vist på figur 24. Møllevingen er i fart opad. Trykket bliver lavest, hvor luftstrømmens fart er størst, altså på den forreste del af bagsiden af vingen. Trykket bliver her mindre end trykket på alle andre sider af vingen. Trykforskellen vil drive rotoren rundt. Det er påvirkningen fra denne trykforskel, man kalder opdriften.



Figur 24

## En savonius-rotor (olietønde-mølle)

### Faglige og pædagogiske betragtninger

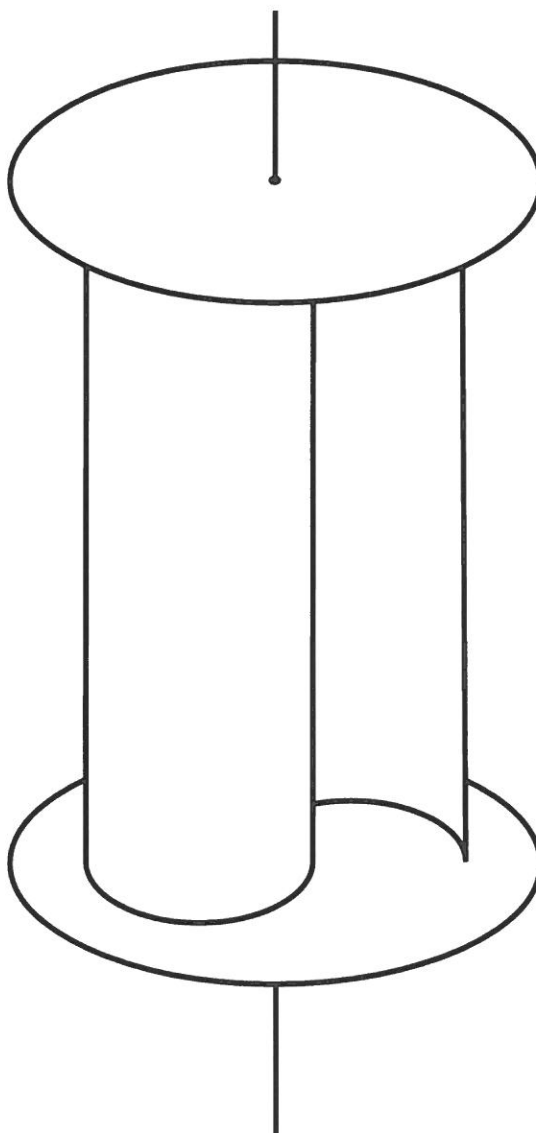
Rotortypen kan ses anvendt til reklameformål ved f.eks. tankstationer og bladkiosker.

Den virker som en kombineret modstands- og opdriftsmølle.

Når vinden får møllen til at køre rundt ved at skubbe indvendigt i halvcylindrene, er det modstandsvirkningen.

Når vinden strejfer udvendigt på halvcylindrene, trækkes rotoren den samme vej rundt. Det er opdriftsvirkningen.

Begge fænomener kan påvises ved et pust med munden.

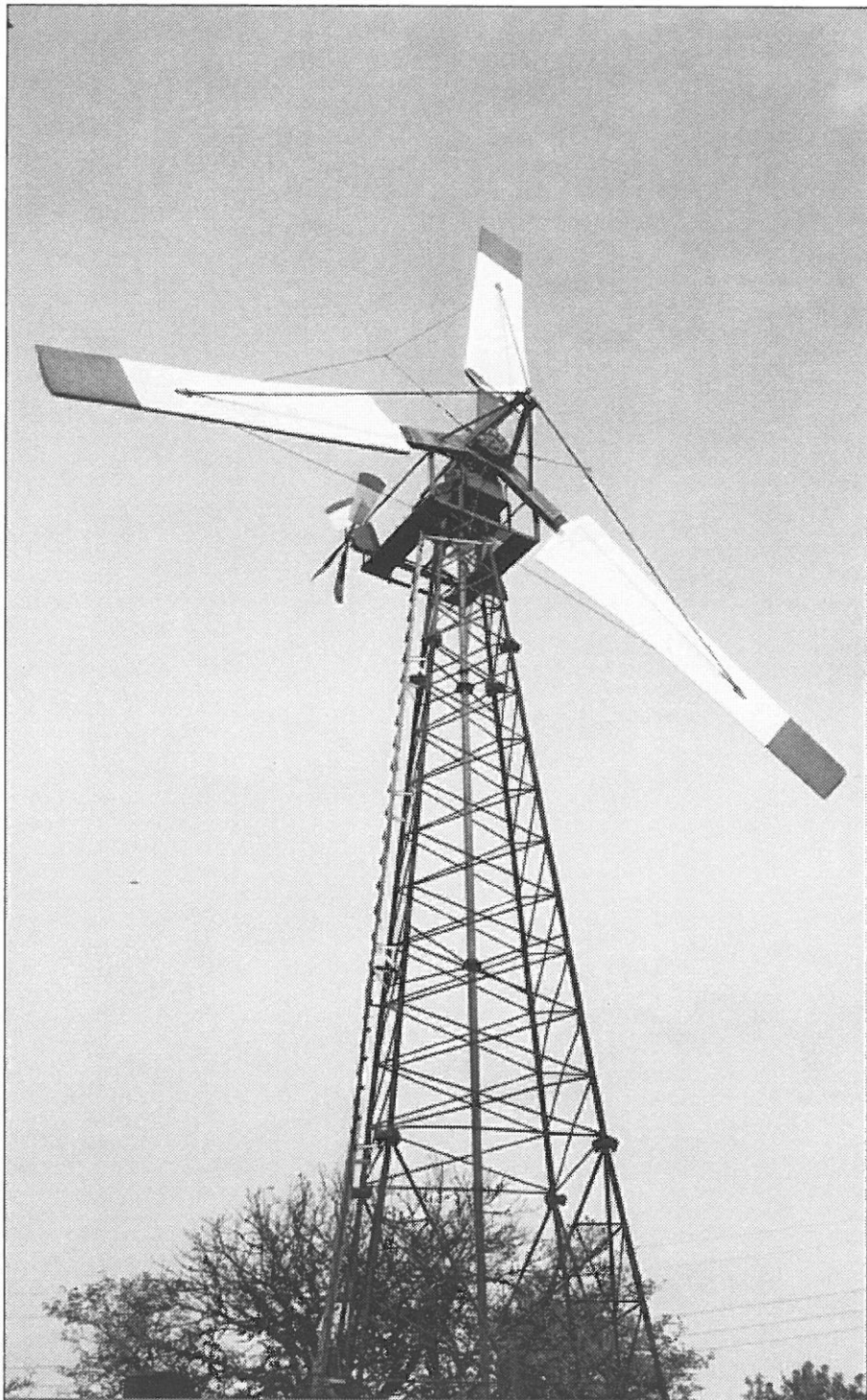


Figur 25

# FRA VIND TIL STRØM

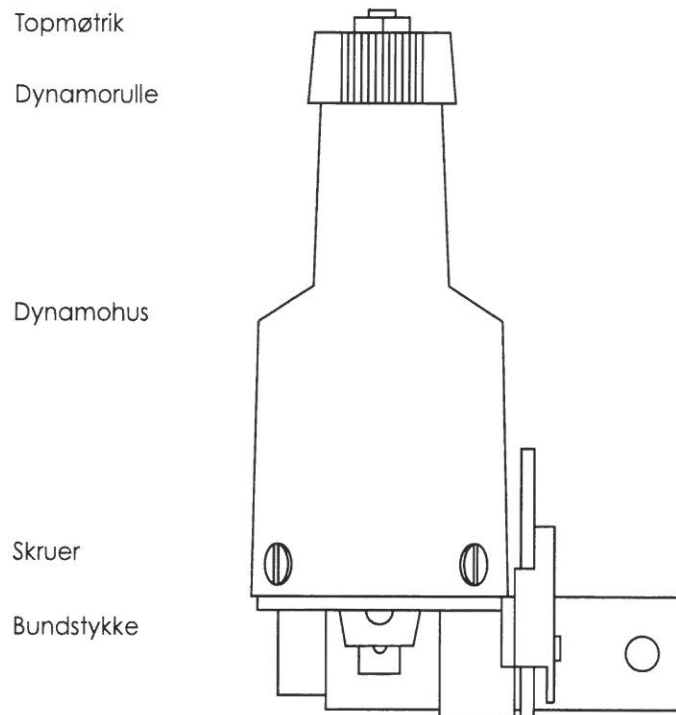
I nyere tid har vindmøllen fået en renæssance til fremstilling af elektricitet, da græsrodsgrupper og enkeltpersoner gav sig til at eksperimentere.

En af de første el-producerende møller, Risager-møllen, er opstillet på Gudenå-centralen for enden af Tange Sø. Her er indrettet et el-museum, hvor man også kan se den nyere tids møllehistorie.



## Rinderdynamoens skilles ad

Det er nødvendigt, at hele aktiviteten med at adskille dynamoen er meget lærerstyret.



Figur 26

Til opbevaring af dynamo-dele anbefales en æske med låg. Det er vigtigt at dynamodelene kan gemmes fra den ene lektion til den anden.



Figur 27

Inden eleverne påbegynder samlingen af dynamoen, skal de gøres opmærksomme på, at de 2 riller på indersiden af dynamohuset skal passe sammen med de tilsvarende udfræsninger i bundstykket. Endvidere skal den blanke ende af spoletråden have kontakt med fjederen i bundstykket.

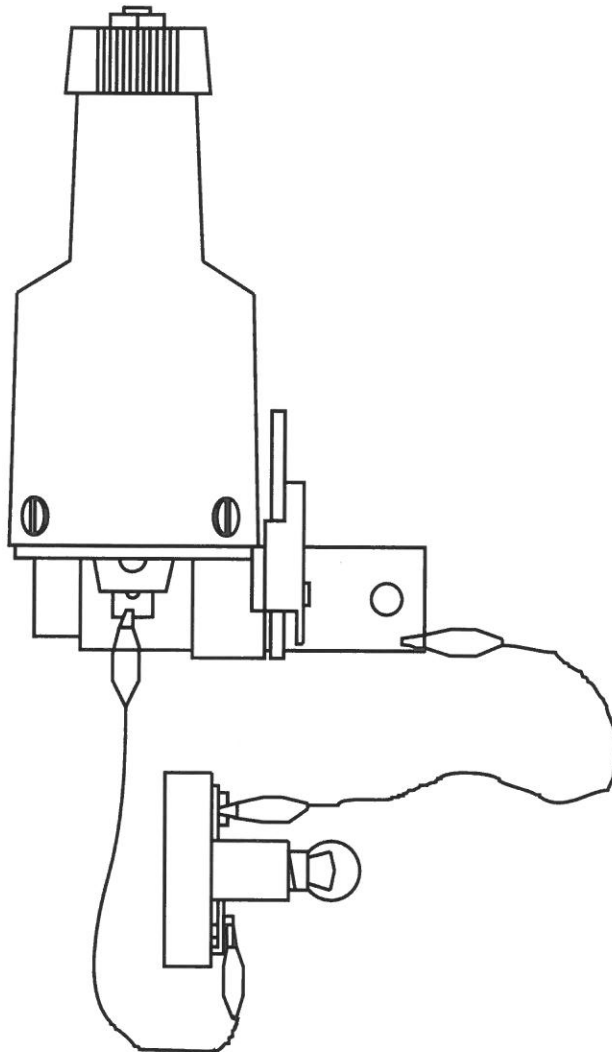
I stedet for at lade eleverne adskille dynamoen, kan læreren vælge at vise eleverne løsdele fra adskilte dynamoer.

Det er imidlertid væsentligt, at eleverne får lejlighed til at undersøge dymanomagnetens med en kompasnål som foreslået.

Til det formål er vedlagt et kopi-ark af cirkelsystemet, som eleverne kan notere egne iagttagelser på.

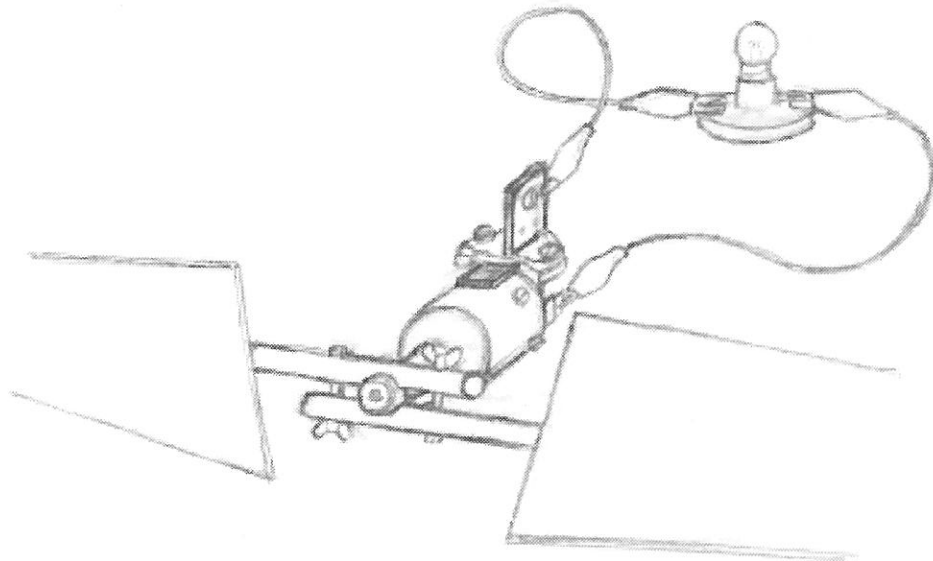
Lad eleverne komme med forslag til en forklaring på, hvordan rotationen af magneten inde i dynamoen kan give strøm ud af dynamoen.

Det er vekselstrøm, vi får fra dynamoen.



Figur 28

I elektrikersprog kaldes det induktion.  
Det er et naturfænomen, at skiftende magnetisme i nærheden af en ledning skubber til elektriske ladninger inde i ledningen.



# MATERIALER

A-4 papir	fås i kontorforsyninger
A-5 papir	"-
A-4 karton	"-
A-4 pap	"-
Nipsenåle	"-
Tegnestifter	"-
Kortnåle	"-
Tape	"-
Blyanter	"-
Maskinpap, 2,0 mm	"-
Falsæske-karton, 400g - 665 my	"-
Runde perler i forskellig størrelse, f.eks. 20mm, 10 mm, 8 mm, 6 mm	fås i hobbyforretninger
Hobbylim, hvid	fås i hobbyforretninger, byggemarkeder
Hegnstråd	fås i byggemarkeder
Metaltråd, tynd	"-
Rundstokke, 13 mm og 5 mm	"-
Maskinskruer, 3x50 mm	"-
Vingemøtrikker	"-
Stål facetskiver, Din 125 B	"-
Små søm	"-
Silikone-lim	"-
Korkpropper	indsamles el. købes dyrt hos materialisten
Papør fra køkkenrulle	indsamles
Papør fra toiletpapir	indsamles
Metalbægre fra fyrfadslys	indsamles el. købes (med lys) i supermarkeder
Kraftige sugerør	fås i supermarkeder
Elektrikerrør, 16 mm	fås hos elektriker
To-lagspap med "bølge" imellemgenbrugspap	
Sytråd	
Bordtennisbolde	fås i sportsforretninger
Cykeldymano - model Rinder	fås hos fysikapparatfirmaer
Podepinde (træ)	"-
Gummiprop 14/19 mm u hul	"-
Prøveledninger	"-
Dværglamper, 1,5 Volt	"-
Fatninger til dværglamper	"-
Skruetrækker	"-
Minikompasser	"-
Æske til opbevaring materialer	genbrug af salatbægre el. lign.
Plastikflasker	indsamles

# VÆRKTØJ

Saks, hobbykniv, skæreunderlag, passer, vinkelmåler, bidetang, fladtang, syl, skruetrækker, fastnøgle nr. 8, juniorsav el. finersav, håndboremaskine med forskellige bor.

Til den store græske mølle bliver der også brug for et strygejern og en symaskine.

# NYTTIGE ADRESSER

Dansk Mølleforening  
Sekretariatet  
Eranthisvej 20  
5000 Odense C

Danske Møllers Venner  
Sekretariatet  
Friboes Hvile  
Lyngby Hovedgade 2  
2800 Lyngby

Ved henvendelse til disse to foreninger vil man kunne få oplyst hvilke møller, der er åbne for besøgende.

Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi  
Kammergårdsvej 16  
7760 Hurup Thy  
Tlf.: 97 95 66 00

OVE  
Organisationen for Vedvarende Energi og Miljø,  
Dannebrogsgade 8 a,  
8000 Århus C  
Tlf.: 86 76 04 44

EL-Museet  
ved Tange Sø syd for Bjerringbro,  
Tlf.: 86 68 42 11

Desuden findes en række energikontorer ud over landet.  
Adressen på de nærmeste vil kunne oplyses hos OVE.

## FORHANDLERE

Nedenfor bringes en ufuldstændig og uforpligtende liste over forhandlere (med telefonnumre) af forskellige materialer, der er relevante for forsøg med vind.

Dan-Fauna, 86 81 36 52, undervisningsmaterialer.  
Fredensborg Indkøbscentral A/S, 48 48 14 44 og 75 50 92 70  
Søren Frederiksen A/S, 75 24 49 66, undervisningsmaterialer.  
Scandidact, 42 23 93 33  
Studium skolemateriel, 44 53 31 33

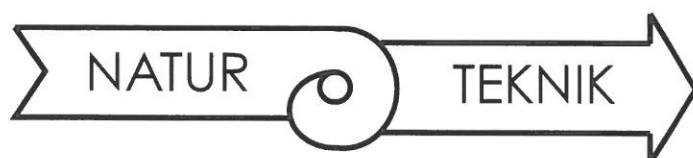
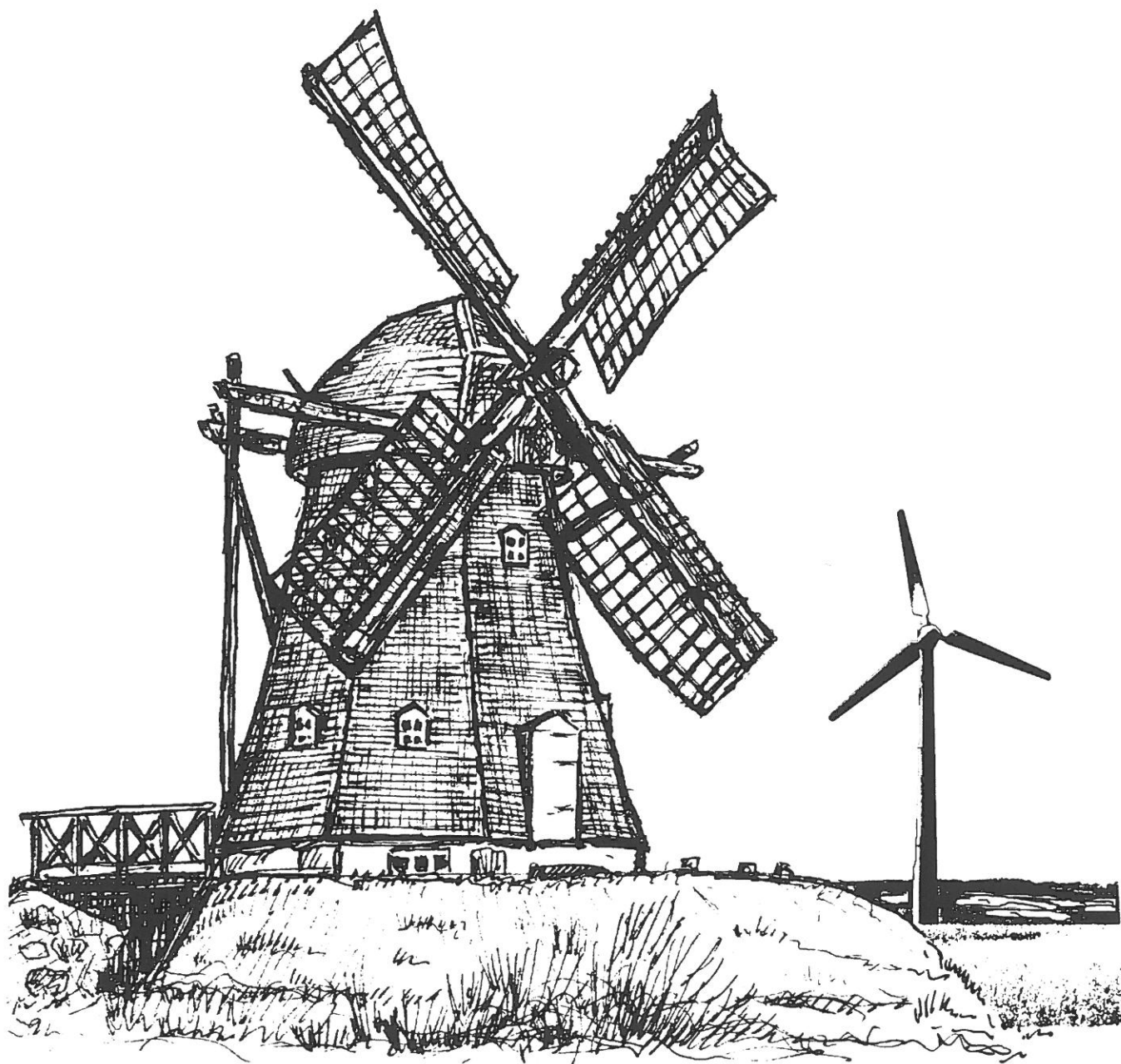




# FORSØG med VIND

Povl-Otto Nissen • Harald Oksbjerg

Elevsider



# ELEVFORORD

Vinden er et naturfænomen, der er fuld af energi.  
Gennem tiderne har mennesket fået vinden til at arbejde for sig.  
I gamle dage skulle vindmøllerne klare bestemte opgaver som f. eks. at male korn eller pumpe vand.  
De moderne møller omsætter vindens energi til elektricitet.

Dette kan foregå så længe *vinden varer ved*.

Hvad sker der med vindens energi, når den er blevet „brugt“?  
Er den pist væk eller bliver den til en anden slags energi?

Når vinden puster til en mølle, drejer den rundt.  
Nogle vindmøller kalder man for modstandsmøller.  
Andre vindmøller kalder man for opdriftsmøller.

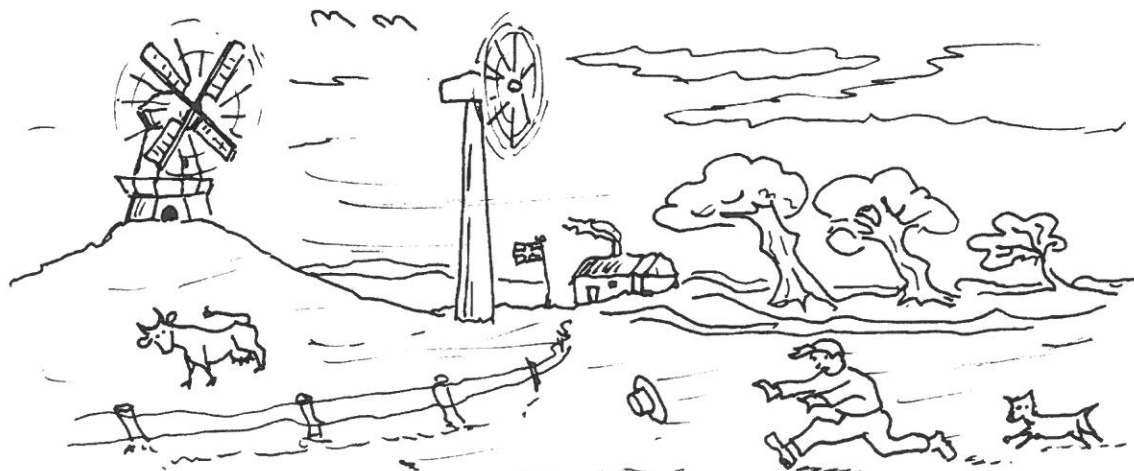
I materialet finder du forslag til mange eksperimenter.  
Der er arbejdstegninger og byggevejledninger.

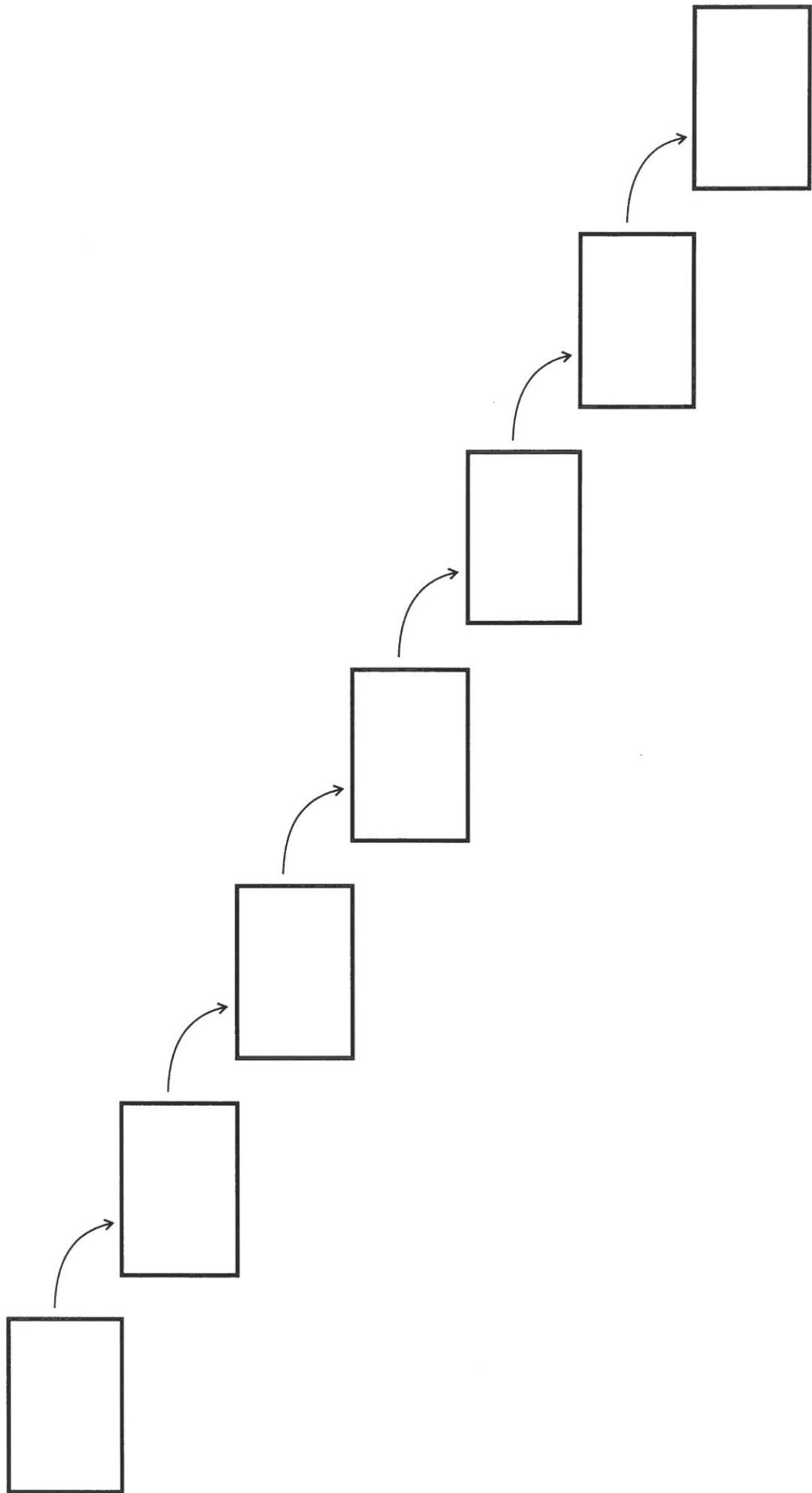
Find ud af, hvordan man bedst udnytter vindens energi.  
Man lærer bedst ved at gøre tingene selv.  
Udfør derfor selv forsøgene.

Og vinden den suser  
i Øst og i Vest.  
Nu får vi se,  
om den tjener os bedst.

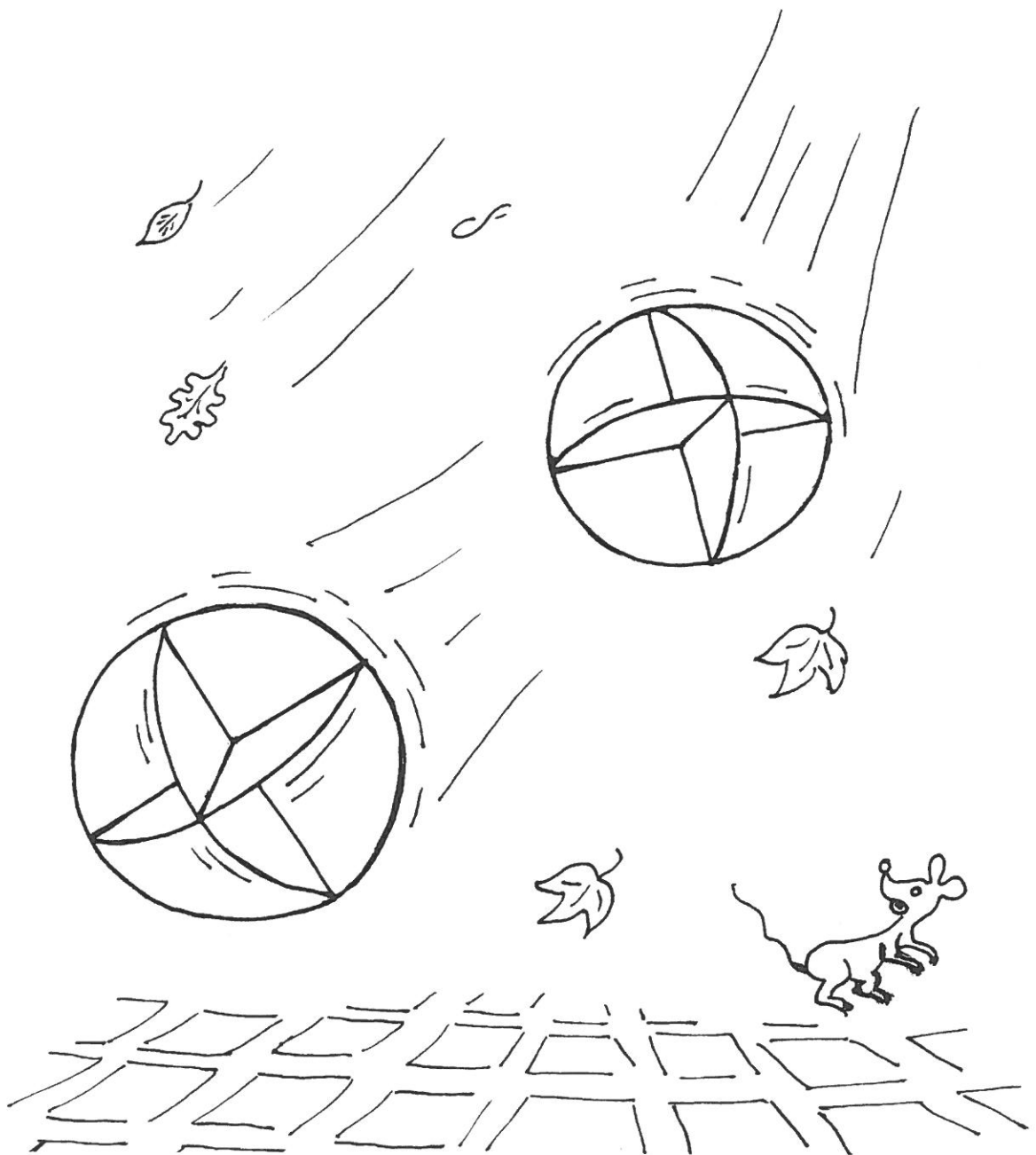
God fornøjelse.

*Povl-Otto Nissen og Harald Oksbjerg*





# LEG MED BLÆSTEN



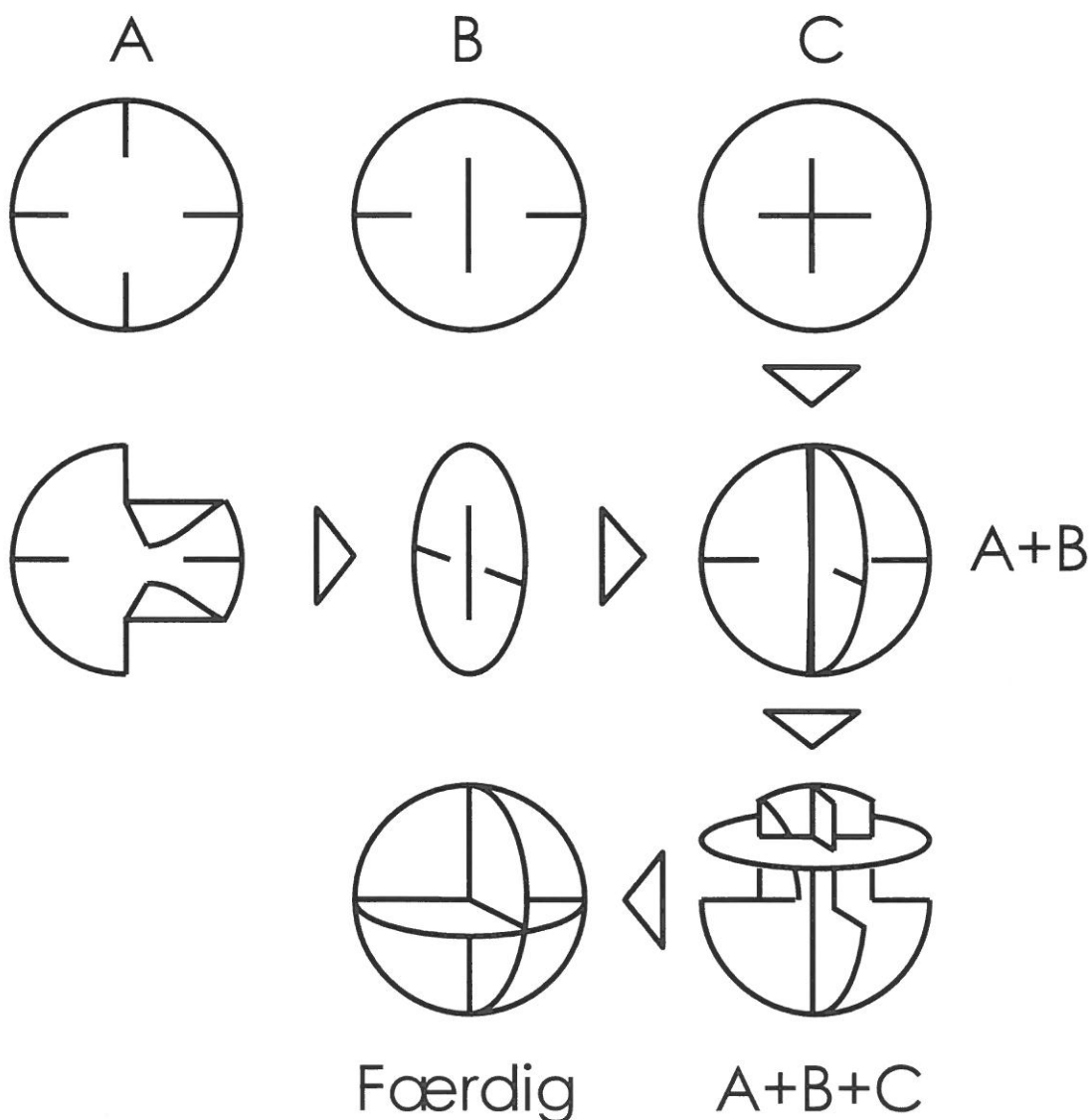
# Vindbold

**Materialer:** Papir eller tyndt karton, kopiark

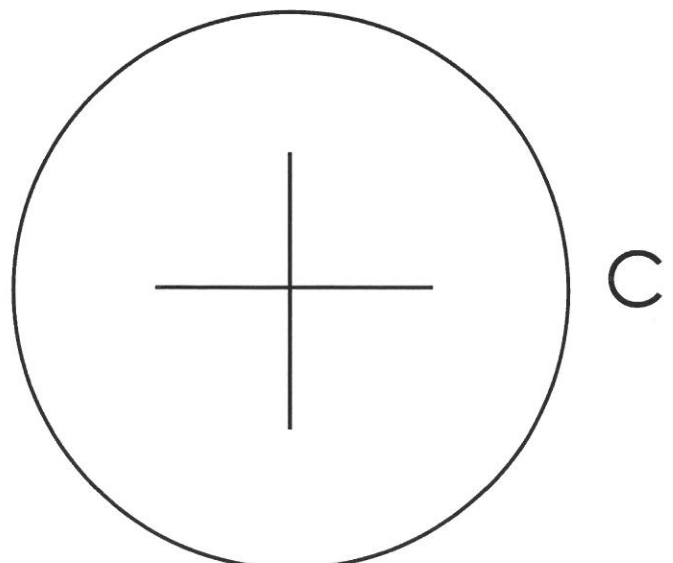
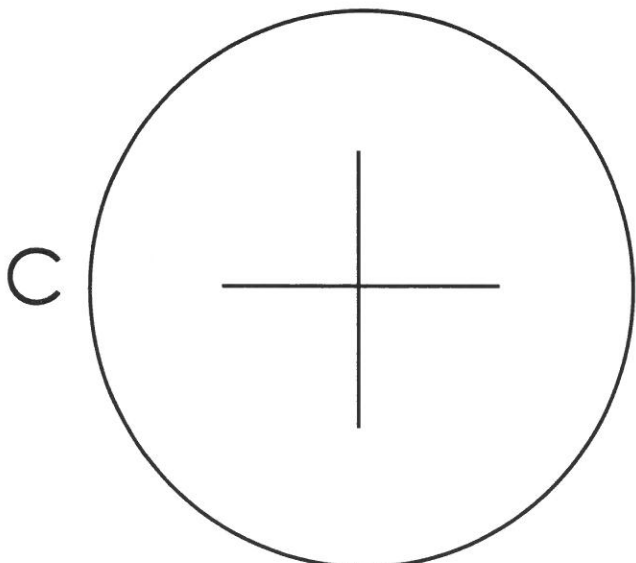
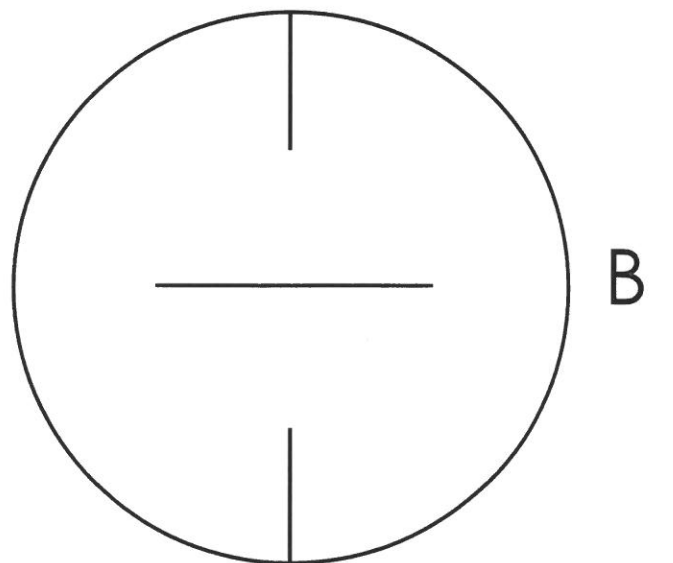
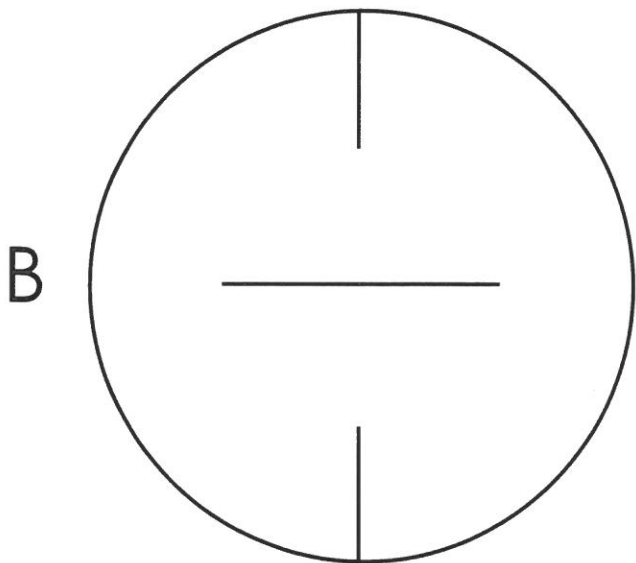
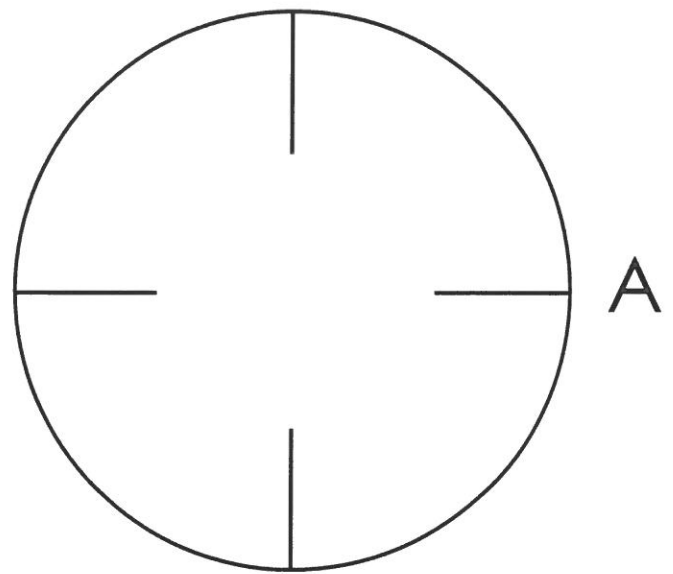
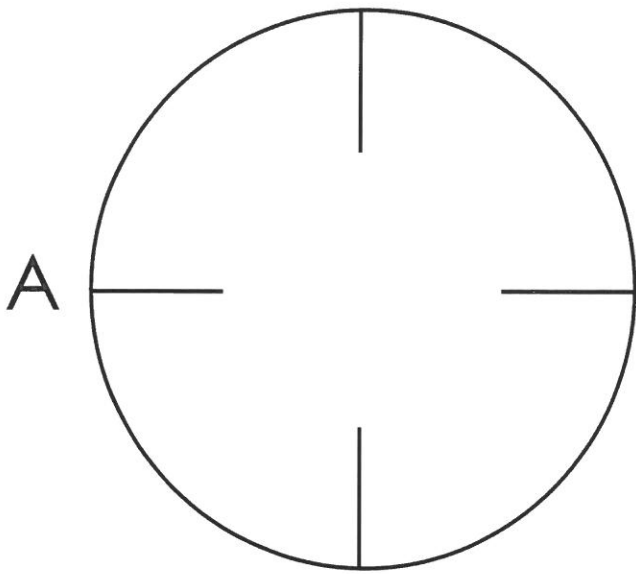
**Værktøj:** Saks

1. Klip 3 lige store skiver A, B og C og lav indsnit og udskæringer som vist på figur 1.  
Først samles A og B stykkerne.
2. To modstående flige på A bukkes om, og A stikkes ind i rillen på B.
3. Så bukkes alle fire flige foroven på de to samlede stykker, og C sættes ned over.
4. Derefter rettes fligene ud igen, og bolden er færdig.

Figur 29



Klippeark til vindbold



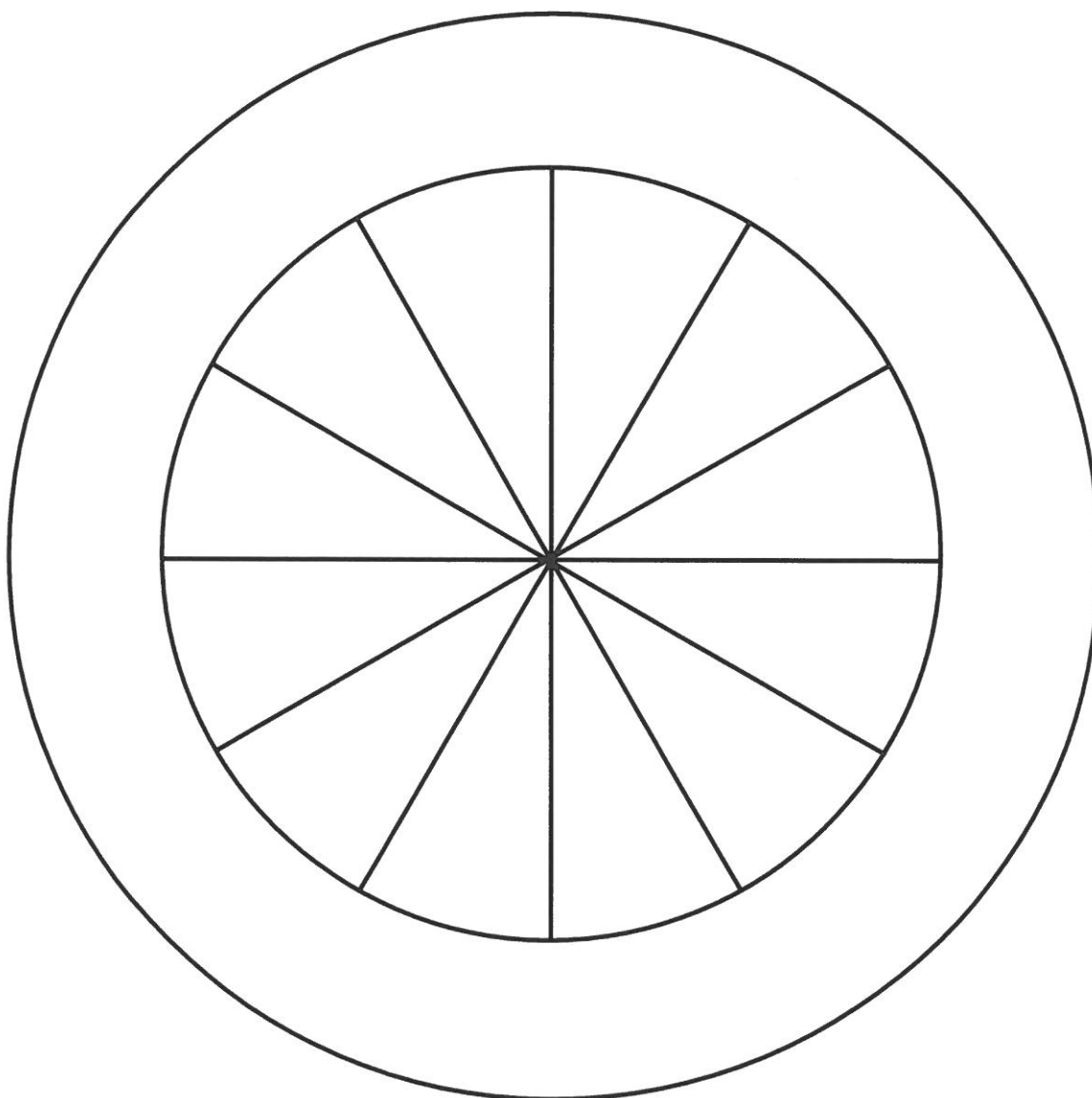
# Vindhjul

**Materialer:** Karton

**Værktøj:** Saks, hobbykniv, skære-underlag, passer, vinkelmåler

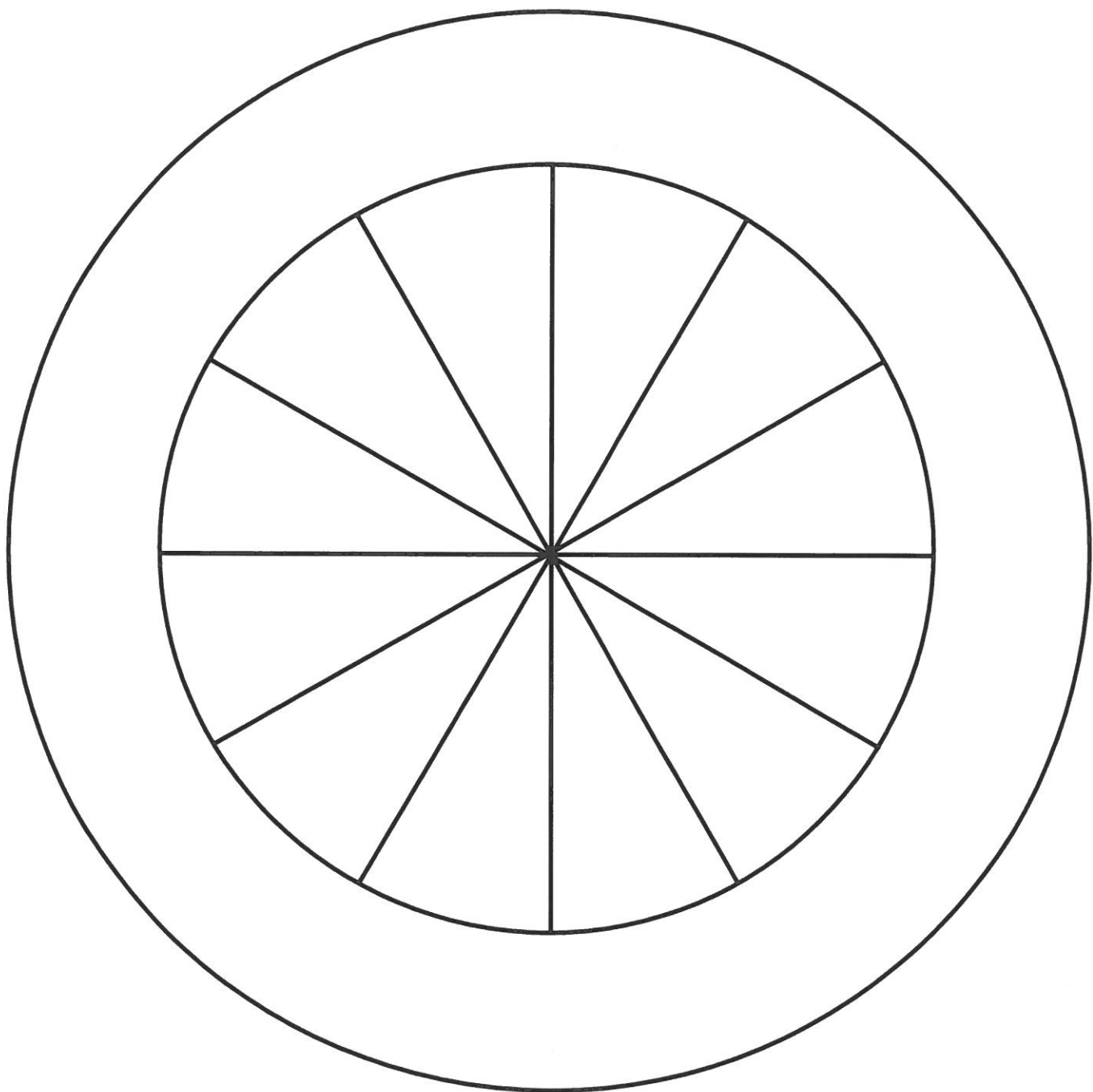
1. Tegn på karton 2 cirkler med samme centrum, se figur 30.
2. Inddel den inderste cirkel i 6, 8 eller 12 lige store cirkel-udsnit.
3. Skær med en hobbykniv langs med radierne.
4. Fold trekkanterne skiftevis til den ene og den anden side.

Figur 30



To cirkler med samme centrum og forskellig radius kaldes koncentriske cirkler. "Lagkage-stykkerne" i den inderste cirkel kaldes cirkel-udsnit.

## Klippeark til Vindhjul





## Kom ikke på tværs af trafikken

Vindbolden og vindhjulet er sjove stykker legetøj i blæsevej. Afprøv dem på et åbent sted, og de vil trille afsted, idet alle de små sideflader fanger vinden.

Vindbolden og vindhjulet løber, hvorhen vinden blæser.

Leg ikke med vindbold eller vindhjul på gade eller vej.

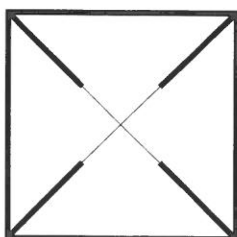
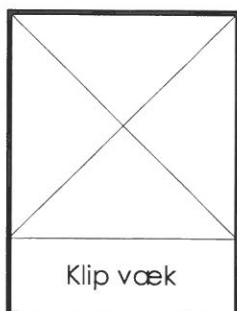
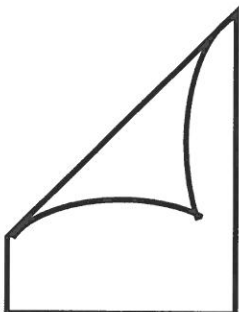
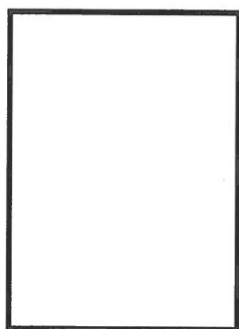


# Tivolimølle

**Materialer:** A4 karton, nipsenål, en lille rund perle, en træpind ca. 50 cm eller en korkprop, kopiark

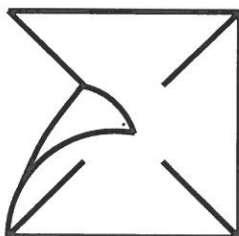
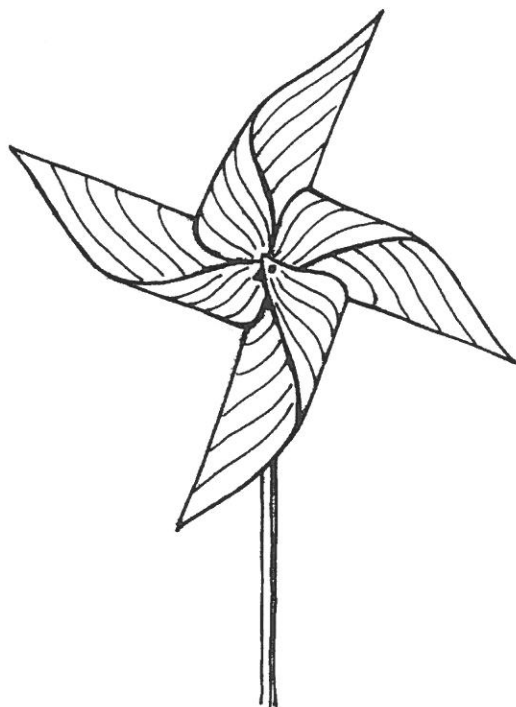
**Værktøj:** Saks

Figur 31



Tivolimøllen laves af tyndt karton.

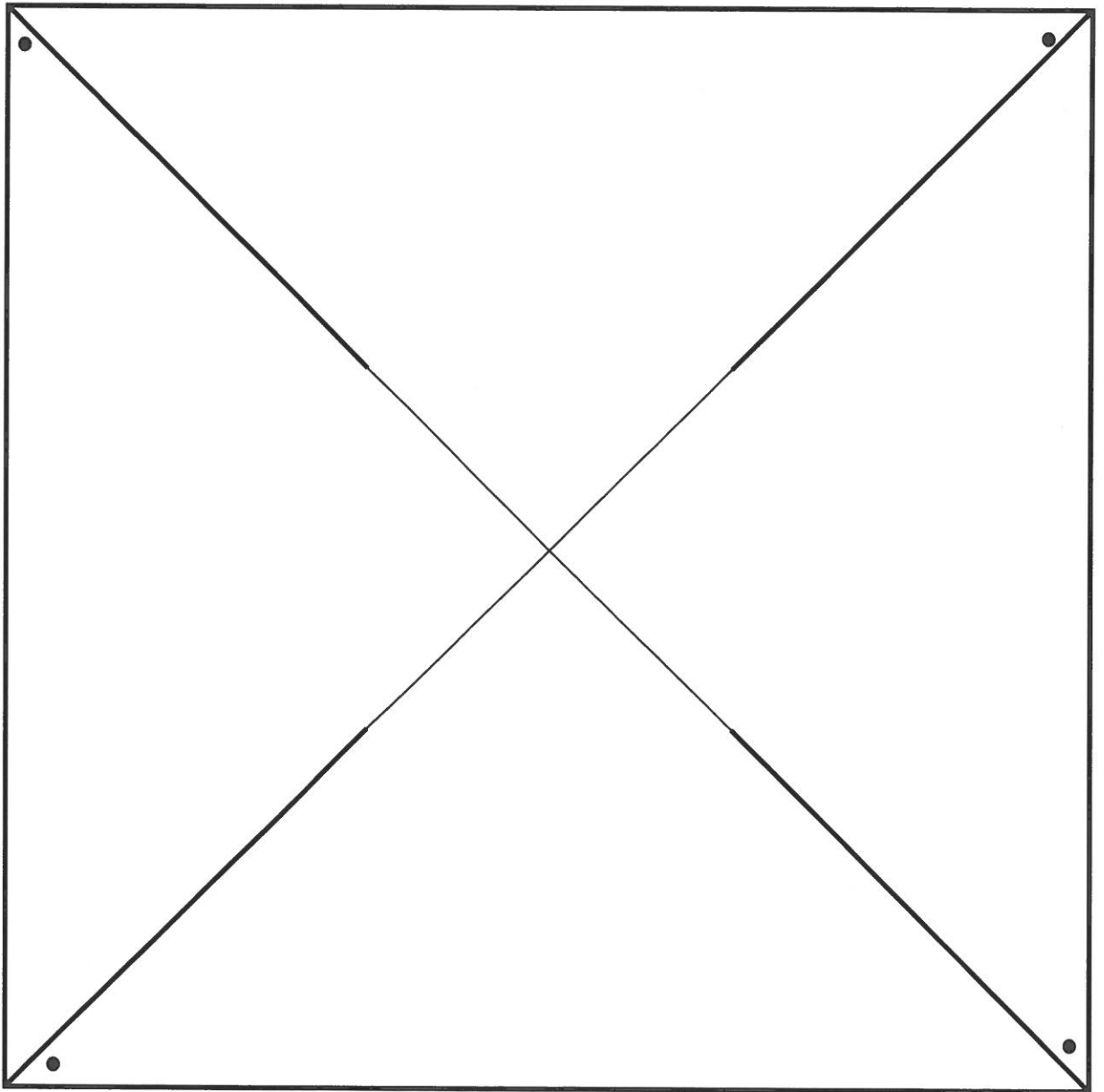
1. Fold A4 arket 2 gange, således at de korte sider kommer til at følge de lange sider. Se figur 31.
2. Klip den nederste del af A4arket bort. Se figur 31.
3. Klip fra kvadratets hjørner ind mod midten af papiret (ca. 2/3 ind):
4. Fold hveranden spids op og stik en nipsenål gennem spidserne.
5. Stik nipsenålen gennem midten af papiret og gennem en lille rund perle og til sidst ind på tværs af træpinden eller i enden på en korkprop.



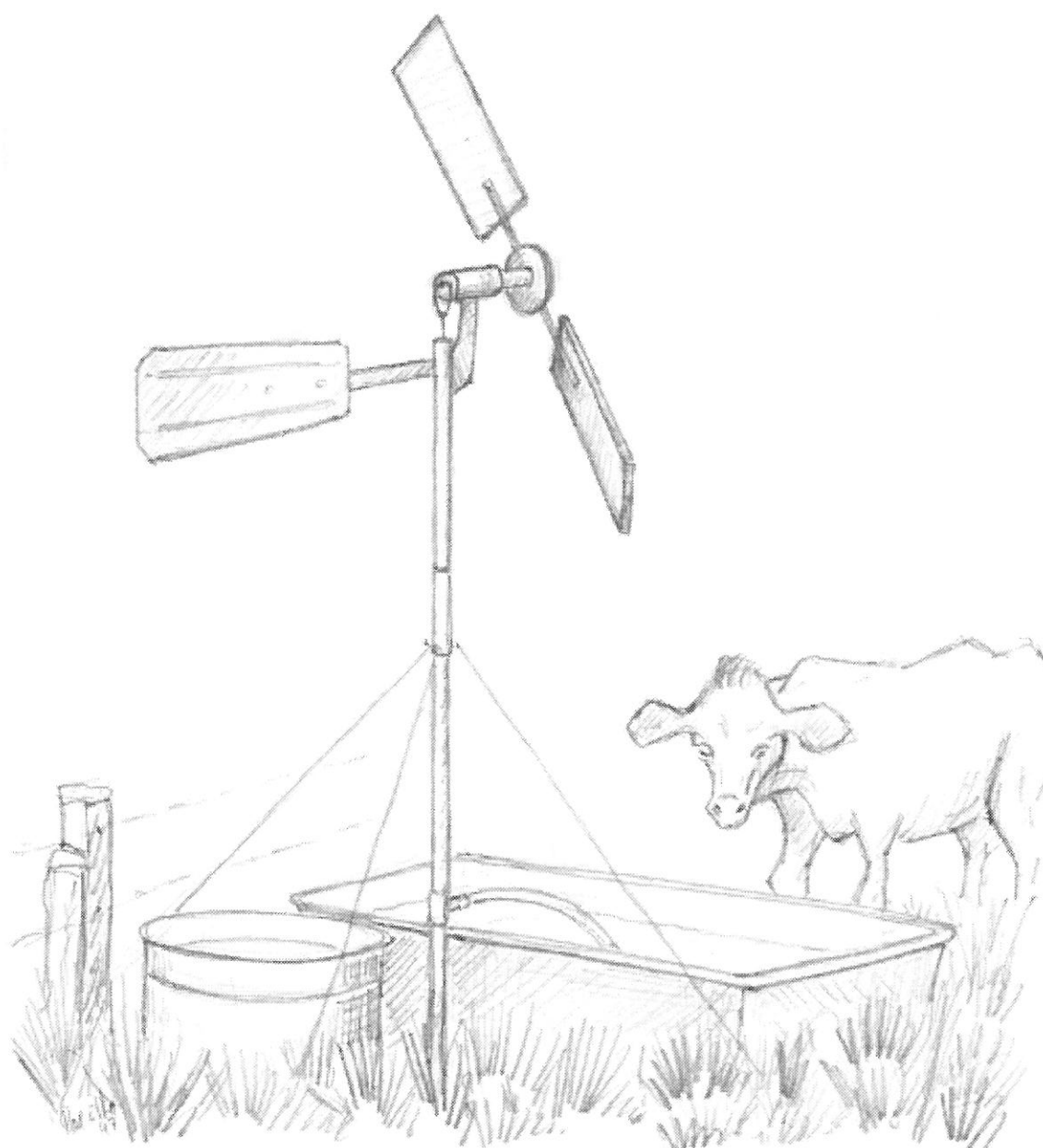
Gå en tur med møllen og få den til at køre rundt.

Hvordan kan det være, at nogle møller kører den ene vej rundt, og nogle møller kører den anden vej rundt?

## Klippeark til tivolimølle



# FORSØG MED MODSTANDSMØLLER



## En mølle med 4 vinger – og en mølle med 2 vinger

**Materialer:** Nipsenål, korkprop, karton eller kraftigt papir, lille rund perle, klippeark

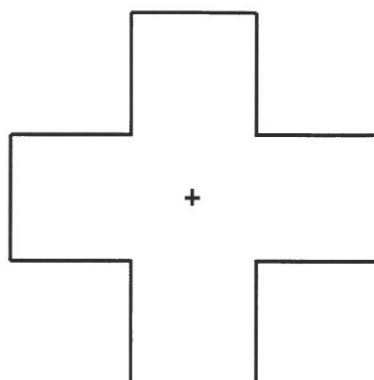
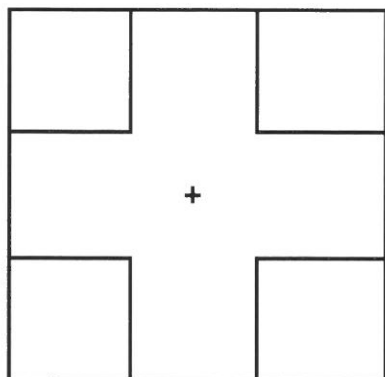
**Værktøj:** Saks

Møllerne skal laves af karton eller kraftigt papir. Få et klippeark hos læreren.

1. Klip felter bort, som vist på figurerne.
2. Stik en nipsenål gennem møllens midte, den lille runde perle og ind i en korkprop.
3. Få møllen til at køre rundt.
4. Find ud af, hvad du skal gøre for at få møllerne til at køre bedst.

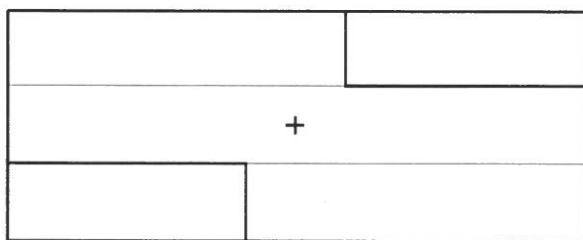
### Mølle med 4 vinger

Klip de 4 hjørne-kvadrater bort.

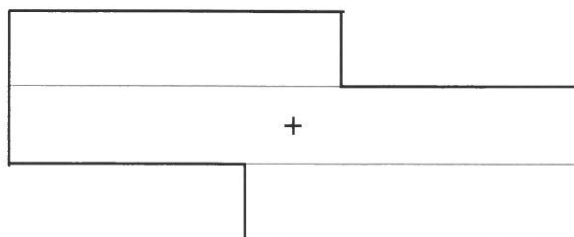


Figur 32

### Mølle med 2 vinger

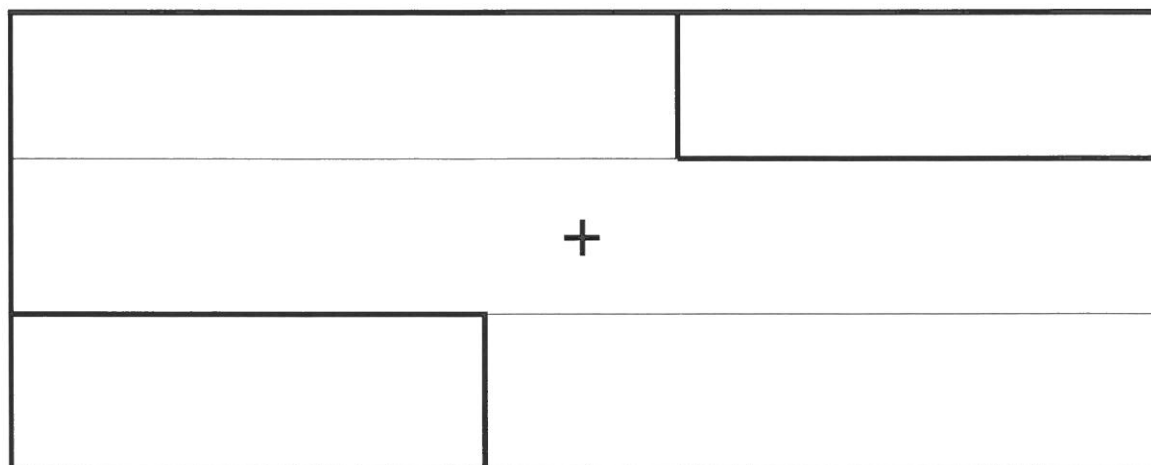
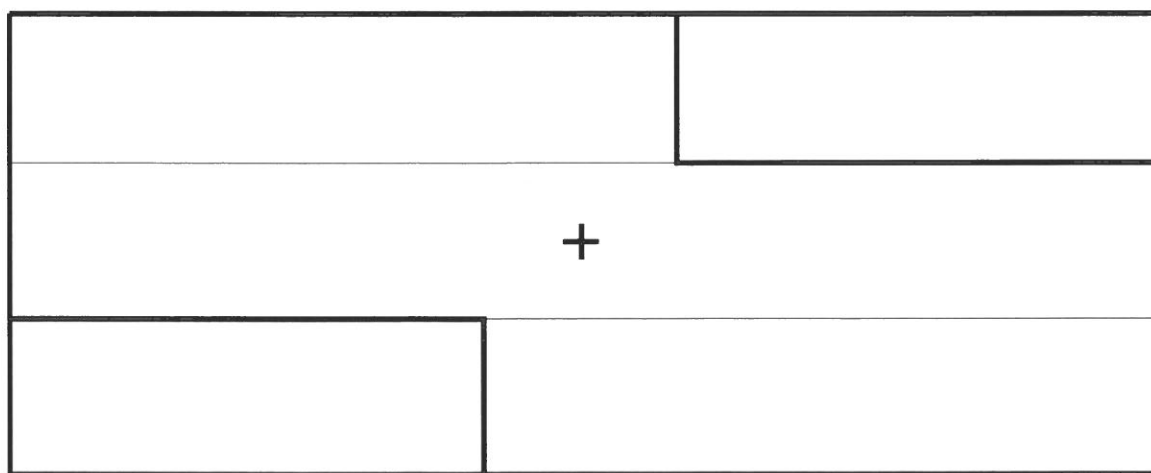
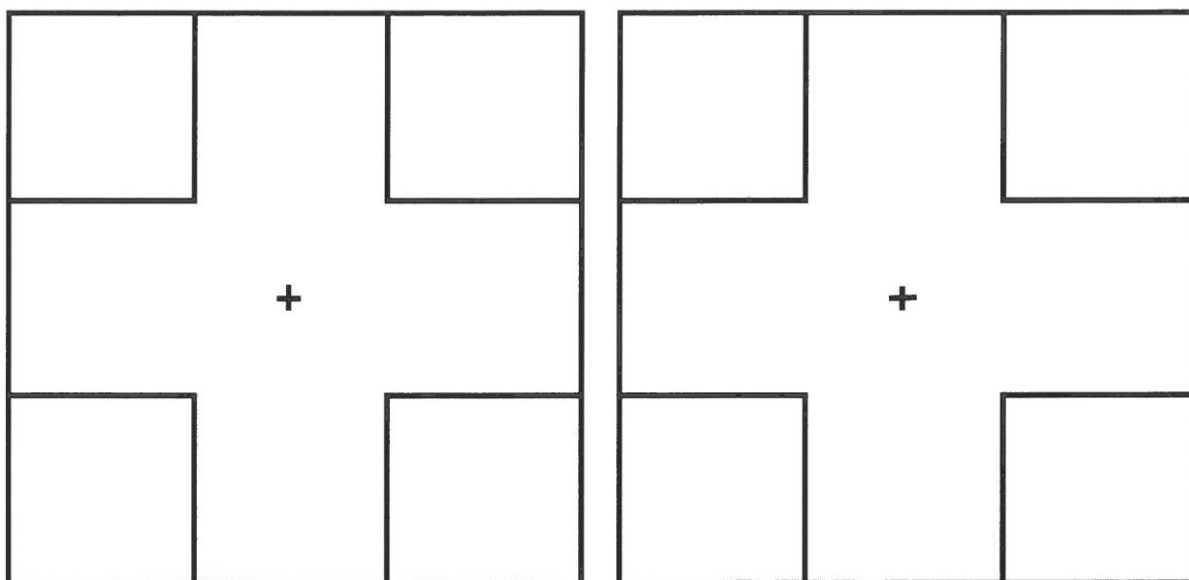


Klip de 2 hjørne-  
rektangler bort.



Figur 33

# Klippeark til mølle med 4 vinger og mølle med 2 vinger

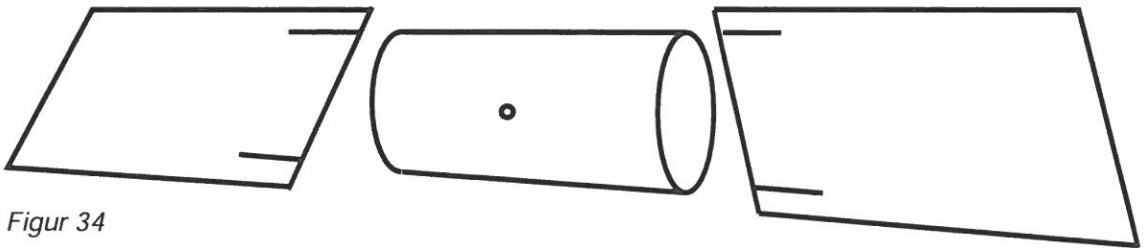


# En paprulle mølle

**Materialer:** Et paprør fra toiletpapirrulle, et paprør fra en køkkenrulle, 2 stykker pap, en rund perle og ca 30 cm hegstråd

**Værktøj:** En saks eller hobbykniv, syl, bidetang, fladtang

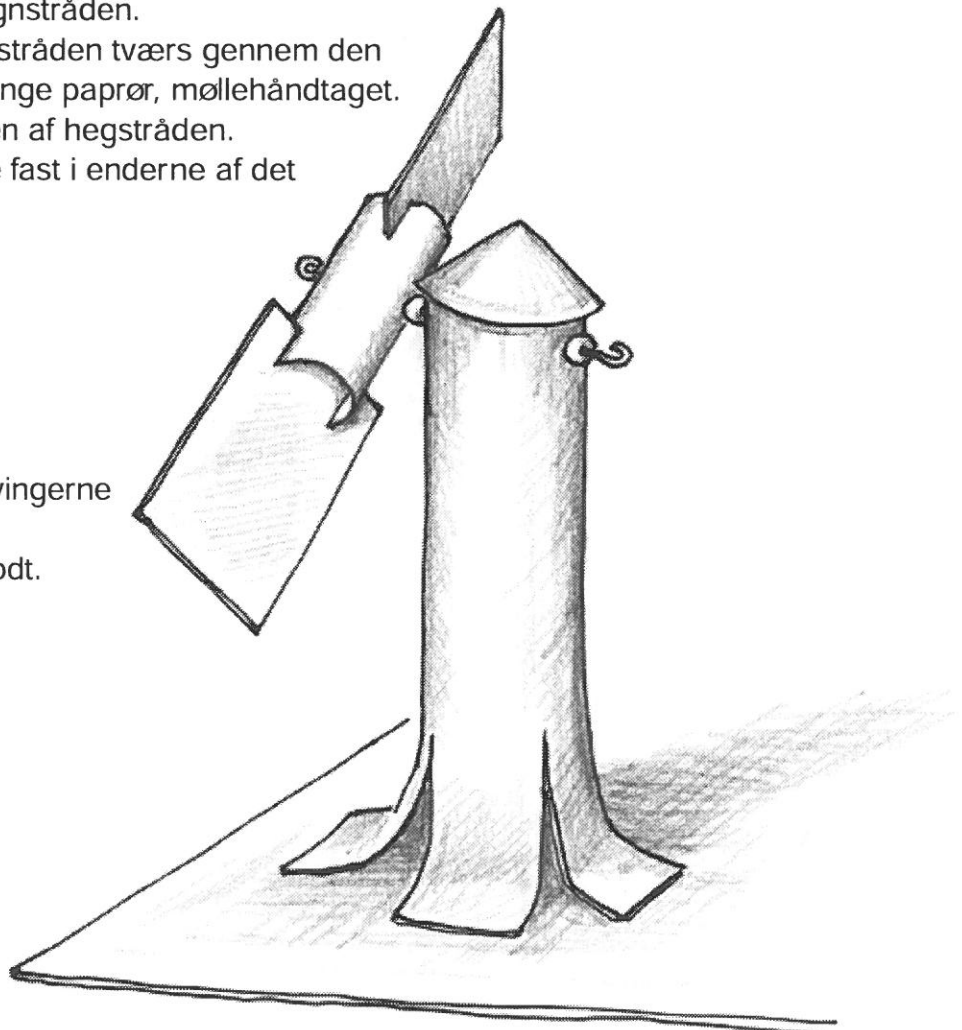
1. Skær to papstykker på hver 10 x 7 cm til vingerne, se figur 34.
2. Skær to indhak på 2-3 cm i den ene ende af hvert papstykke.  
Afstanden mellem indhakkene skal være lig paprullens diameter.



Figur 34

3. Bøj et øje på hegstråden.
4. Stik hegstråden tværs gennem midten af det korte paprør.
5. Sæt perlen på hegstråden.
6. Stik derefter hegstråden tværs gennem den ene ende af det lange paprør, møllehåndtaget.
7. Bøj et øje på enden af hegstråden.
8. Sæt papstykkerne fast i enderne af det korte paprør.

Find ud af, hvordan vingerne skal drejes, for at møllen kører godt.



# Blomstermøllen

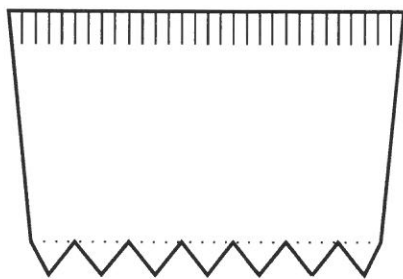
**Materialer:** 1 kopiark, hegnstråd 50 cm, tykt sugerør 5cm, 2 runde perler, hobbylim

**Værktøj:** Saks, fladtang, bidetang

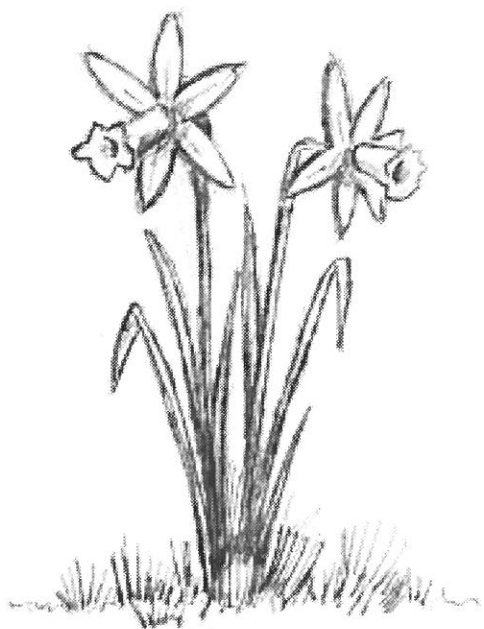
Blomstermøllen minder om den mølletype, man kalder en vindrose. Vores blomstermølle ligner bare en påskelilje.

Her er en tegning af figurene på kopiarket.

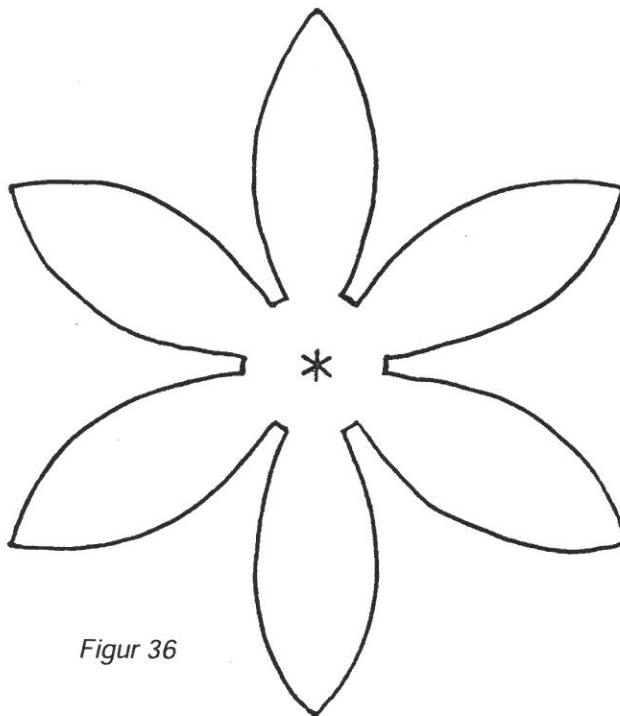
Forparti med frynser og takker



Figur 35



Blomsterblade rotor

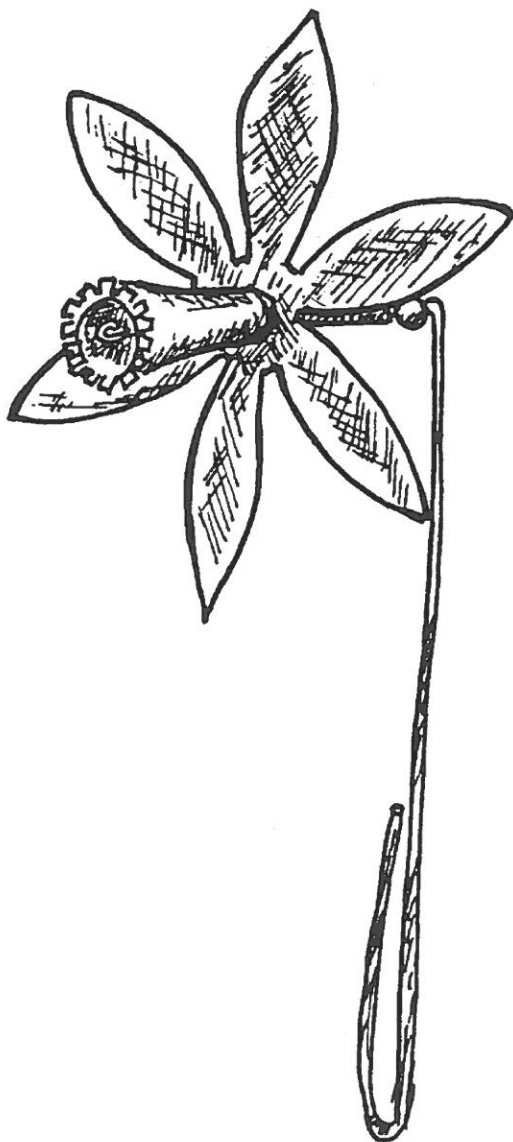


Figur 36

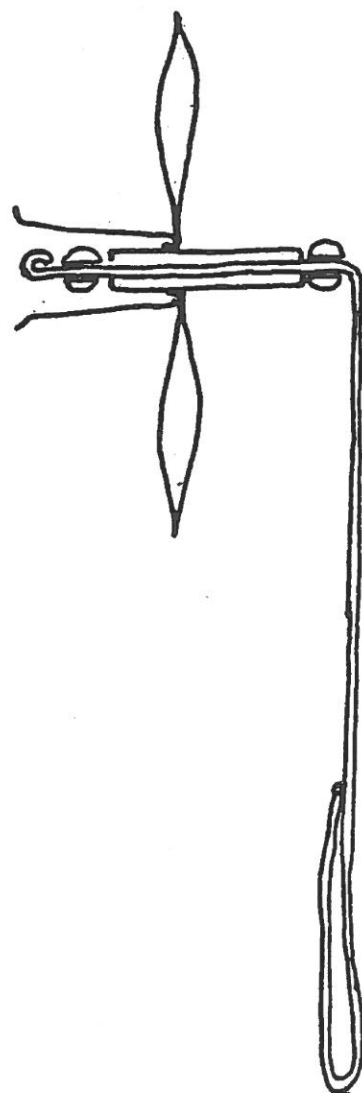


1. Klip de 2 figurer ud af klippearket.
2. Skær med hobbykniven et kryds midt i blomsterbladet - så stort, at sugerøret kan stikkes gennem hullet.
3. Fastgør blomsterbladet på sugerøret.
4. Lav ved hjælp af fladtangen et „øje" i den ene ende af hegnstråden.
5. Træk en perle, sugerøret og den anden perle på tråden. Se figur 38.
6. Bøj tråden bag den sidste perle, så den går nedad.
7. De nederste 10 cm af tråden bøjes op som håndtag.
8. Rul forpartiet og lim det sammen til et rør.  
Røret skal være tyndest i den ende med takkerne.  
Bøj de spidse takker indad og lim dem fast på blomsterbladet. Se tegningen.  
Klip frynser i den anden ende af røret og bøj dem udad.

Gå en tur med blomstermøllen og få den til at køre rundt.

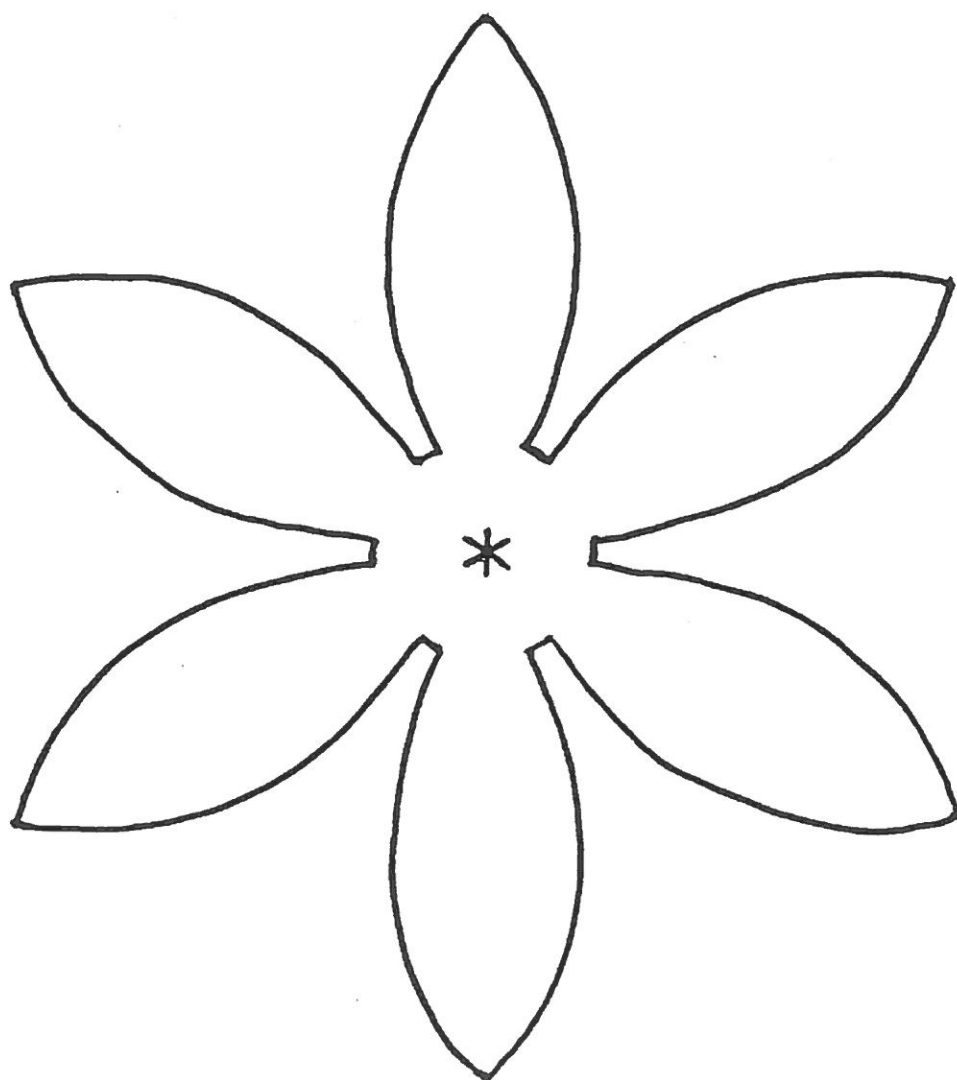
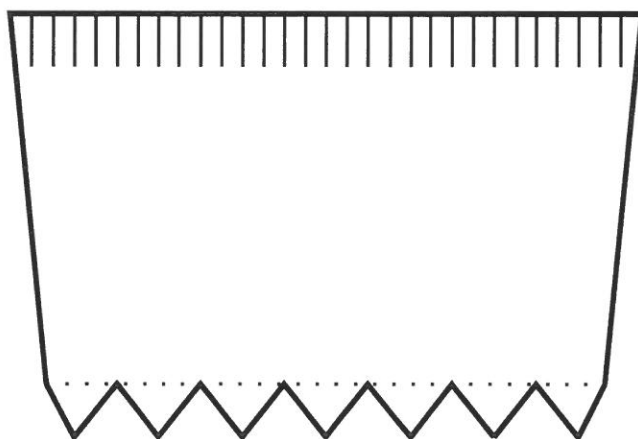


Figur 37

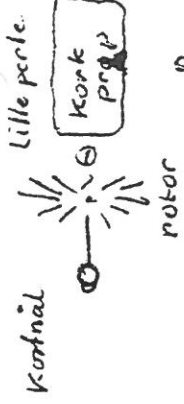


Figur 38

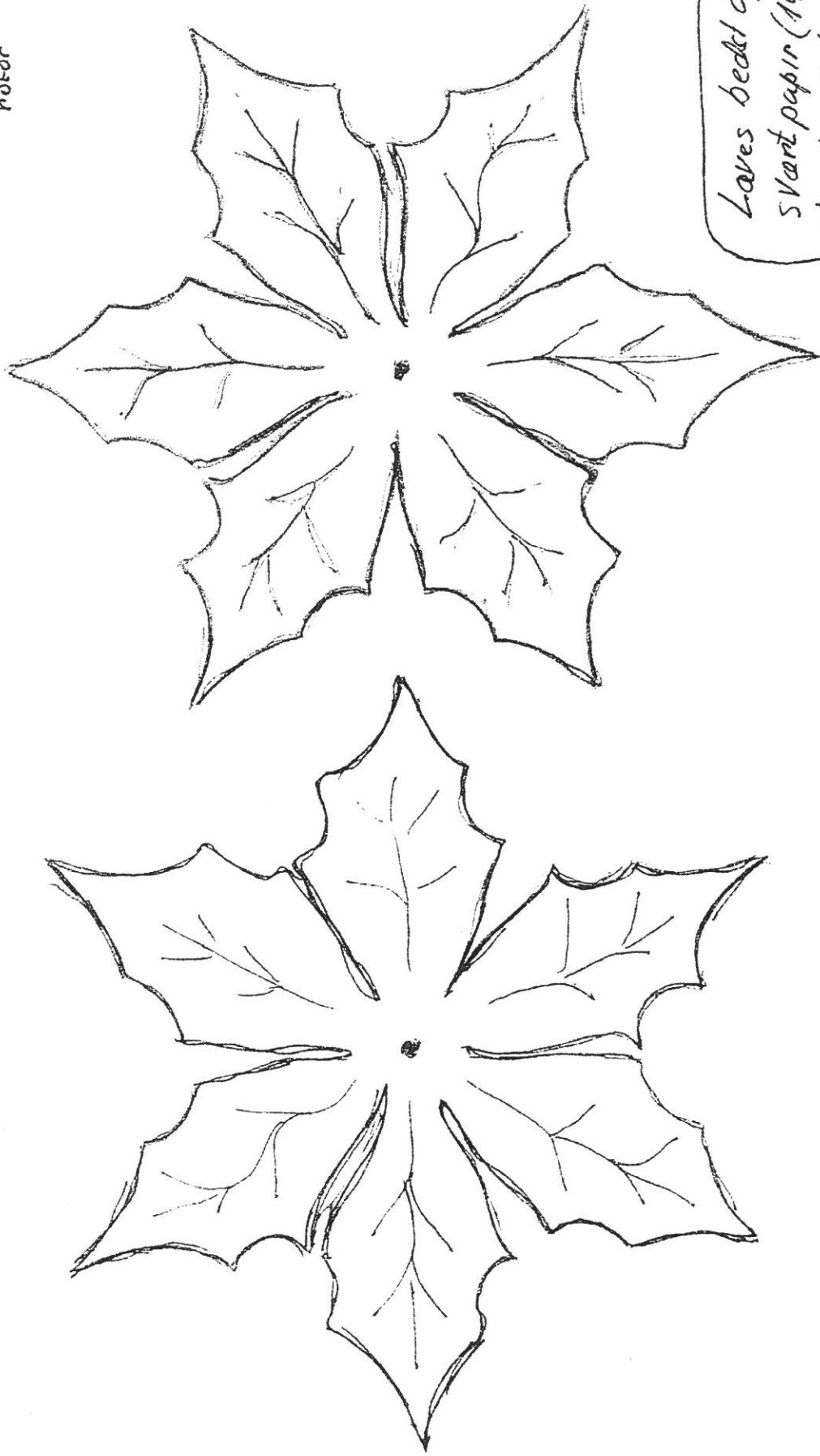
## Klippearke til blomstermølle



# Roterende julestjerne



Blomsterbånd



Laves bedst af  
Svart papir (140g)  
eller tyndt karton

Skabelon til en "Julestjerne - mobile rotor"  
En variation af "Paskeløse - mobile" i MIT-materialer "Forsøg med vind"

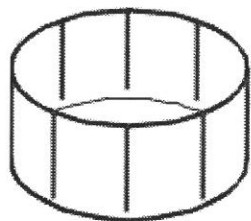
Design: Povl-Otto Nissen, november 2004

# Vindrosen

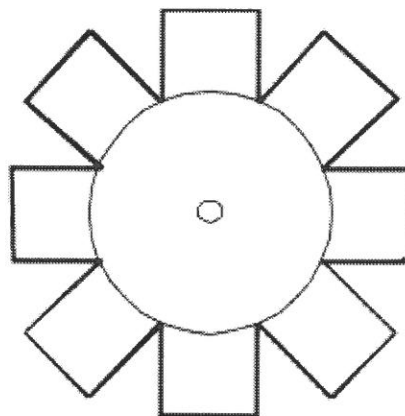
**Materialer:** Bæger fra fyrfadslys, korkprop, kraftig nipsenål, 2 runde perler, karton, hegstråd 10 cm, kraftigt sugerør

**Værktøj:** En saks og en kniv

1. Klip fra kanten ind i bægeret, således at du får 8 lige store flapper. Se figur 39
2. Bøj flapperne ud, så de danner en møllerotor. Se figur 40.

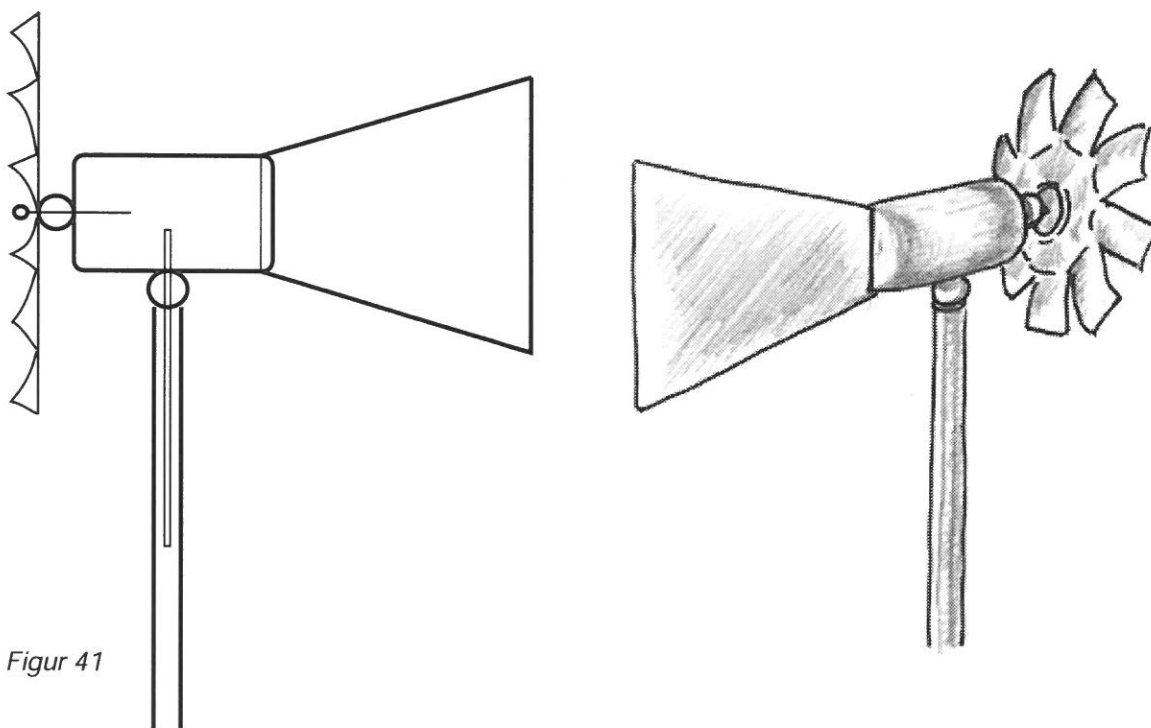


Figur 39



Figur 40

3. Stik nipsenålen gennem rotorens centrum, derefter gennem en perle og ind i den ene ende af korkproppen. Se figur 41.
4. I den anden ende af proppen skæres en revne, hvori der fastklemmes en møllehale af karton. Se figur 41.
5. Stik hegstråden ind i siden på proppen.
6. Træk perlen og sugerøret på tråden.
7. Brug sugerøret som håndtag og gå en tur med vindrosen.



Figur 41

Vindrosen er en modstandsmølle, som næsten altid kører, men den yder ikke meget. Den anvendes i mange regnfattige egne som vandpumpe.

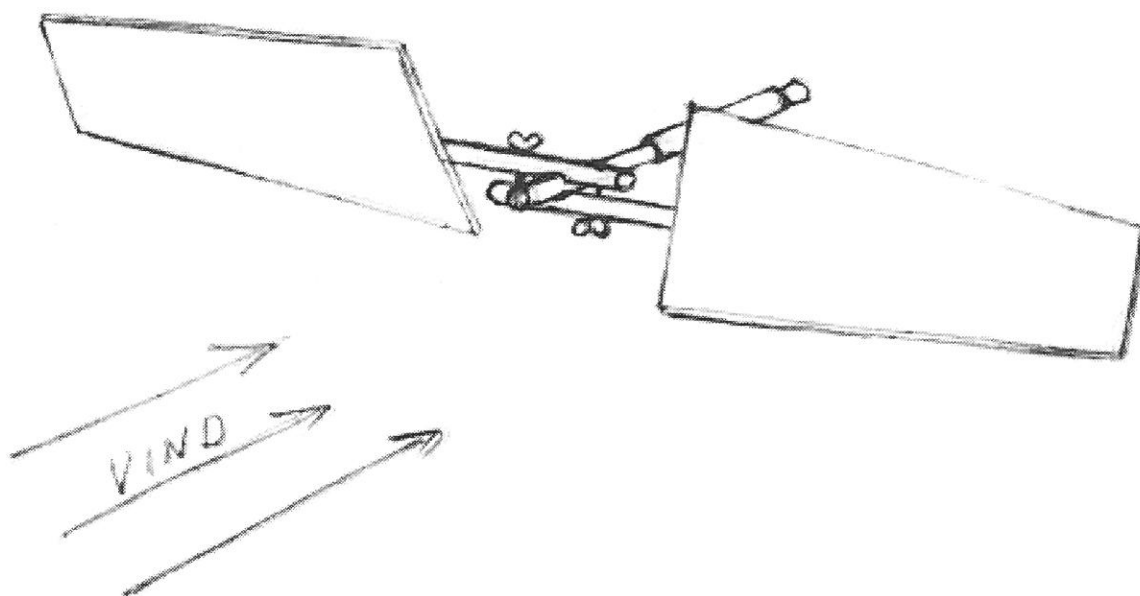
## „Den store Modstandsmølle“

**Materialer:** 2 rundstokke med skruer og vingemøtrikker - længde 35 cm, 1 rundstok til håndtag - længde 30 cm, 2 stk møllevinger af pap, 1 elektrikerør, 1 gummiprop, tegnestifter, byggesæt og arbejdstegning

Saml møllen.

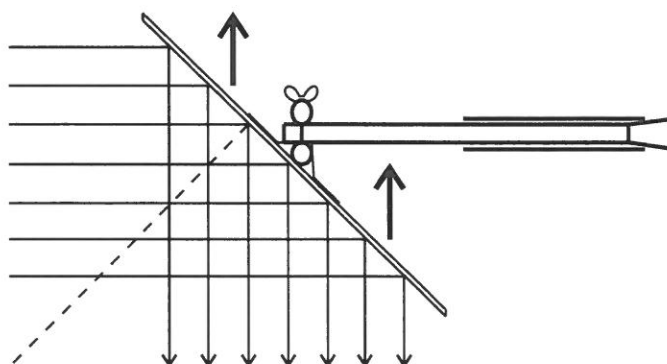
Hold møllen op i vinden og få den til at køre rundt.

For at forhindre vingerne i at ryge af, kan det være en god ide at presse et par tegnestifter igennem pappet bag på vingerne og ind i rundstokkene.



Når vinden rammer vingepladen på modstandsmøllen, vil den kastes tilbage som vist på figur 42

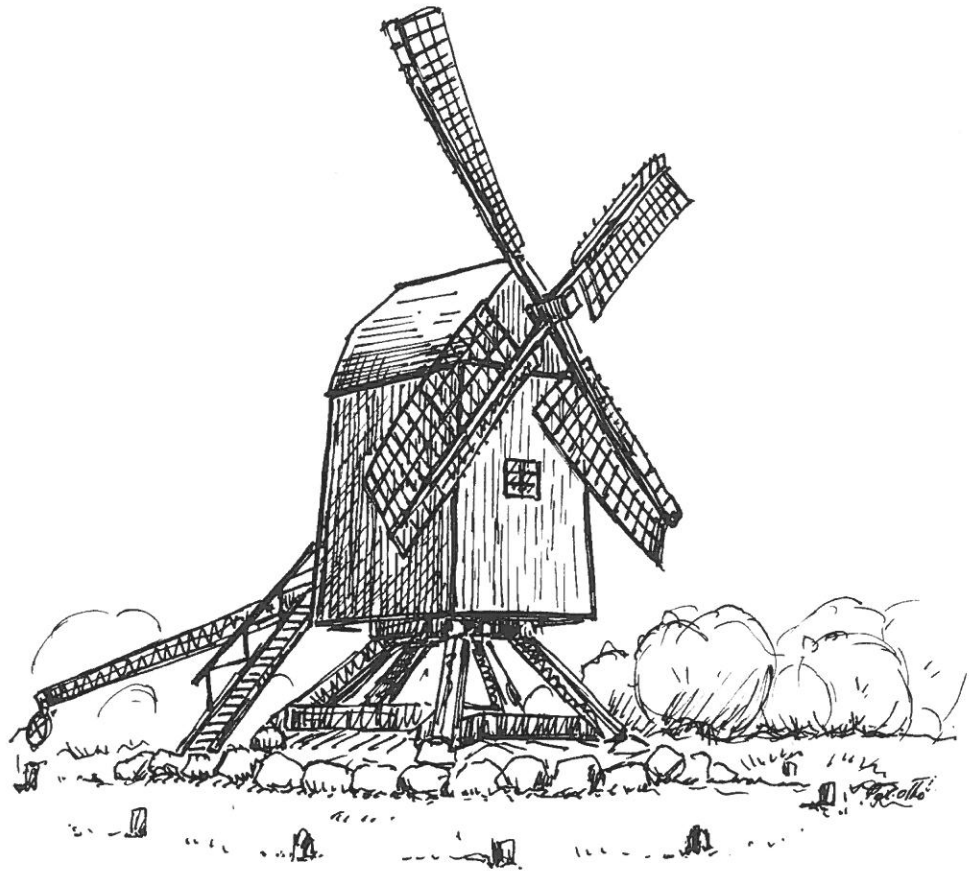
Blæser det tilstrækkeligt, vil vingen dreje opad.



Figur 42

Find ud af at indstille vingerne, så møllen kører bedst.

# VINDMØLLER GENNEM TIDERNE



# Den græske mølle - En sejlvinge

## Lille papirmodel

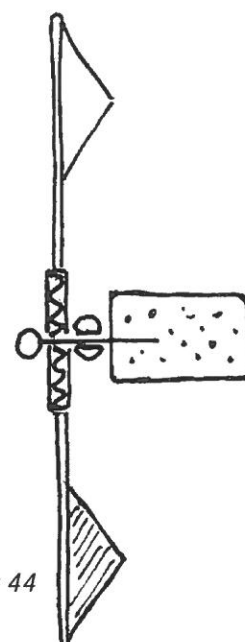
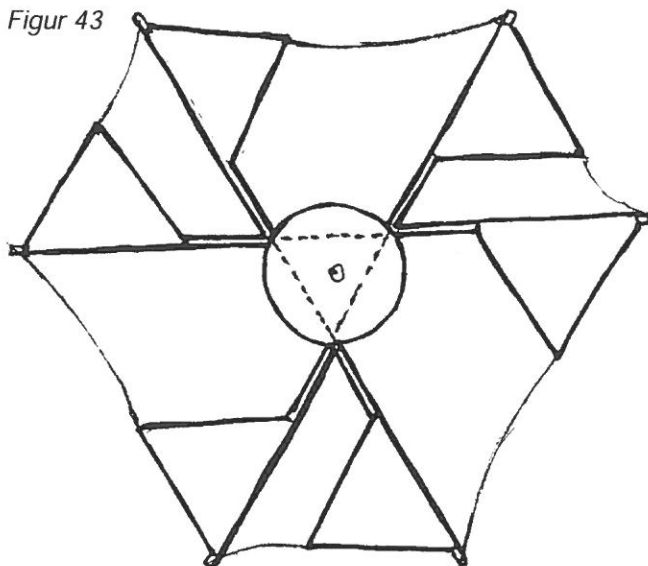
**Materialer:** 3 pødepinde, 1 stykke to-lagspap med bølgepap mellem (pap fra papkasse), 1 nipsenål, 1 rund perle, 1 korkprop, hobbylim, sytråd, papir, karton, paprør

**Værktøj:** Passer, saks, bidetang, en juniorsav el. lign.

Konstruktion af møllevingerne, møllens rotor.

1. På papstykket tegnes en cirkel med radius 1,5 cm.
2. Klip cirkelskiven ud.
3. På cirkelskiven tegnes en ligesidet trekant. Se figur 43.

Figur 43



Figur 44

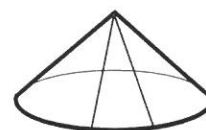
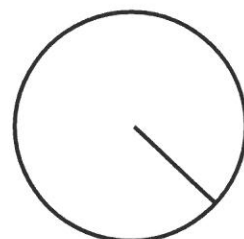
4. De 3 pødepinde stikkes ind i kanten af bølgepapskiven, så de følger hver sin side i trekanten. Pødepindene skal stikke lige langt ud til hver side. Fastgør pindene med hobbylim.
5. Møllevingernes 6 sejl skal konstrueres som ligesidede trekanter på papir. Siden i hver trekant skal være lig med  $\frac{2}{3}$  af den frie ende af en pødepind. Udmål sidelængden og konstruer de 6 trekanter.
6. De 6 sejl klippes ud og limes yderst på hver pind, så de alle vender i samme retning.
7. Fra den frie hjørnespids til den efterfølgende pindespids limes et stykke sytråd. Tråden skal have så rigelig en længde, at papvingen kan bøjes lidt bagud.
8. Stik en nipsenål gennem papstykkets centrum, igennem en perle og ind i korkproppen.

## Konstruktion af mølletårnet

**Materialer:** Et stykke plakat-papør, et stykke karton eller kraftigt papir, hobbylim

**Værktøj:** Passer, saks, en juniorsav el. lign.

1. Paprørets højde skal være 3 cm længere end rotors radius.  
Sav paprøret til, så det passer.
2. Fastgør rotoren på paprøret, . Se figur 45.
3. Mål paprørets radius og tegn på kartonen en cirkel med en radius, der er 2 cm længere end paprørets radius.
4. Klip cirkelfladen ud.
5. Klip langs en vilkårlig radius ind til cirkelns centrum.
6. Lim karton-cirklen sammen til en kegle.
7. Lim keglen fast til tårnet.



Den græske mølle regnes for verdens ældste mølletype. Den græske mølle stammer oprindelig fra Lille-Asien. De første græske møller blev bygget i Europa omkring år 1100.

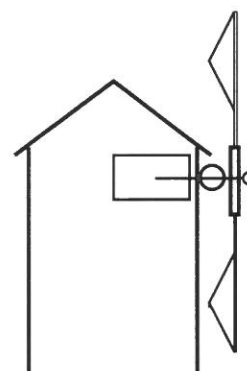
Mølletårnet var forholdsvis lavt og kraftigt og var bygget af sten.

Vingerne var syet af sejl og udspændt på et primitivt træskelet.

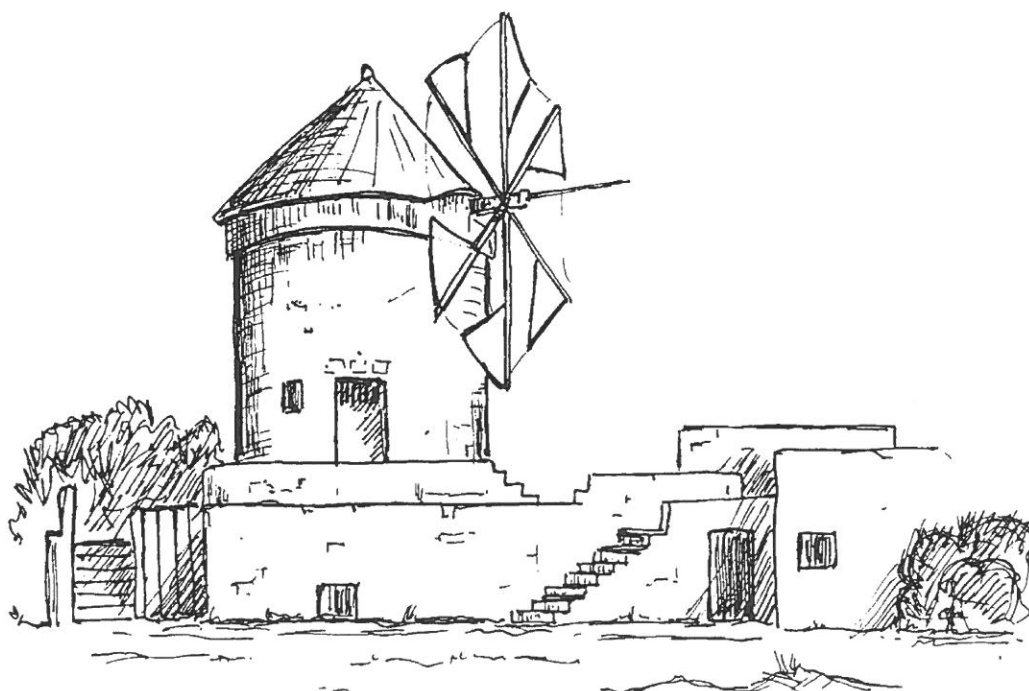
Man kan stadig se græske møller i funktion i landene ved Middelhavet. Man byggede ofte flere møller tæt ved hinanden.

De enkelte møllers vinger pegede i forskellige retninger.

Man kunne således sætte sejl på den mølle, der passede til dagens vindretning.



Figur 45





# Den store græske mølle, sejlvingen

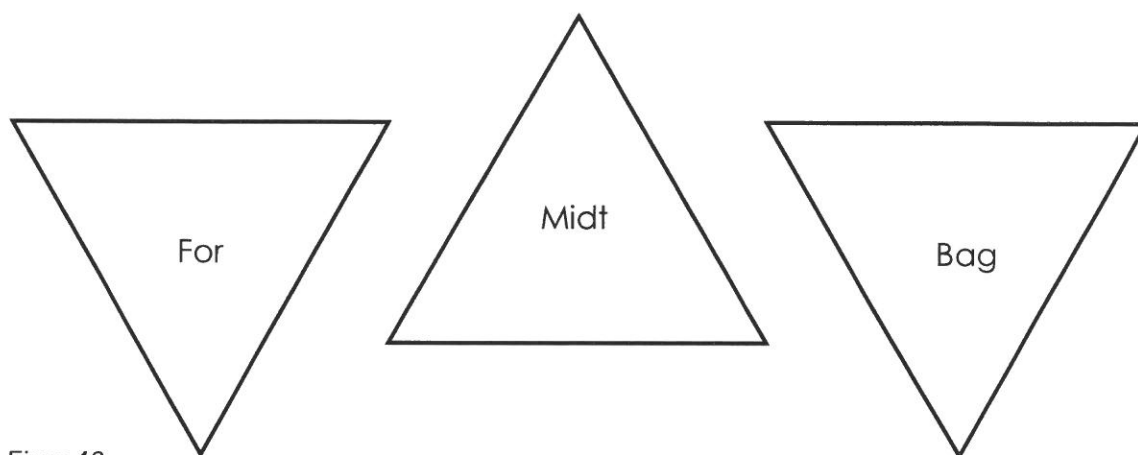
Møllens rotor har en diameter på ca. 63 cm, og vingesejlene er lavet af rigtigt stof.

**Materialer:** 3 rundstokke (63 cm, Ø 6 mm), 9 mm krydsfinér, lærred, sejlgarn, sytråd, hegnstråd, elastikker, lim

**Værktøj:** Saks, målebånd, synål, symaskine, boremaskine, et 2,5 mm bor, finérsav, bidetang

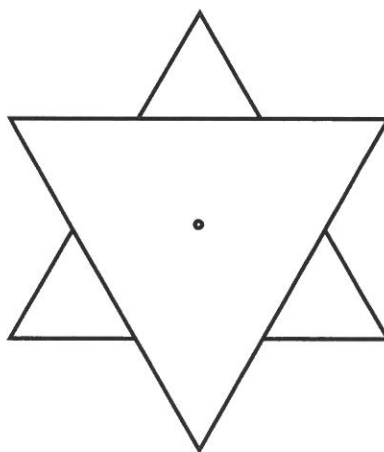
## Konstruktion

1. Rotorens centerparti udsaves af krydsfinér som tre ligesidede trekanter med sidelængden 5 cm.



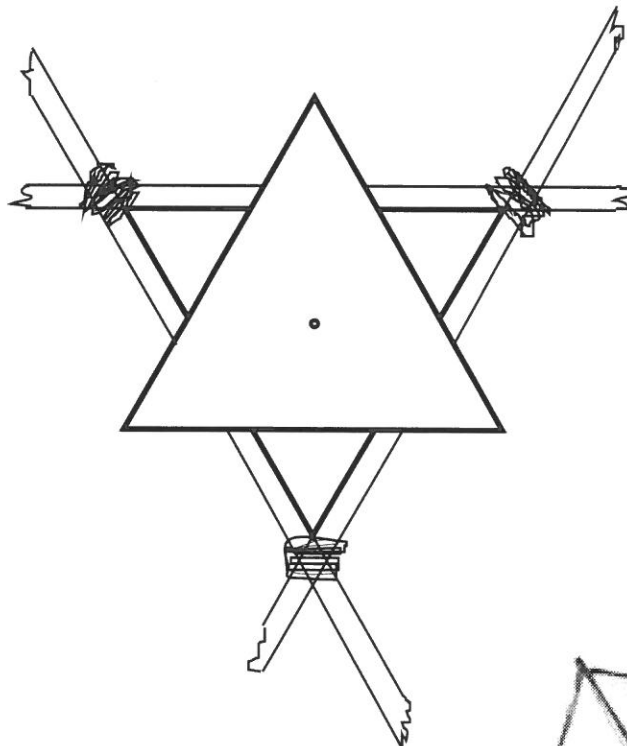
Figur 46

2. De tre ligesidede trekanter limes sammen flade mod flade, så de ligner en stjerne.
3. Når limen er tør bores et hul midt gennem de sammenlimerede trekanter.



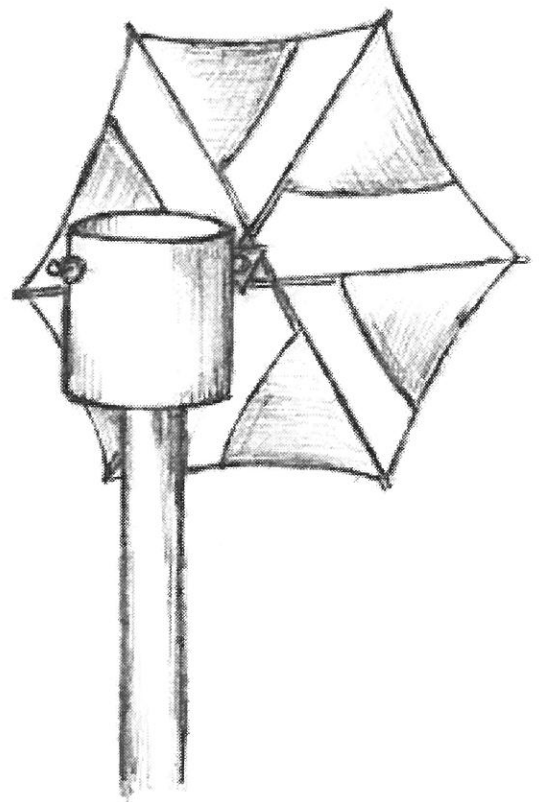
Figur 47

4. Rundstokkene placeres i trekant - "over" den ene og "under" den anden.
5. Et par elastikker vikles nu nogle gange rundt om stokkene to og to, hvor de krydser hinanden.  
Elastikkerne må ikke være strammere, end at de stadig kan flyttes.
6. Rotorcentret placeres i midten af rundstoktrekanten.  
Elastikkerne forskydes mod midten, indtil stokkene ligger stramt mod den midterste trekants sider. De seks rundstok-ender skal stikke lige langt ud.
7. Sammebindingen af rundstokkene kan sikres med lim og sejlgarn.



Figur 48

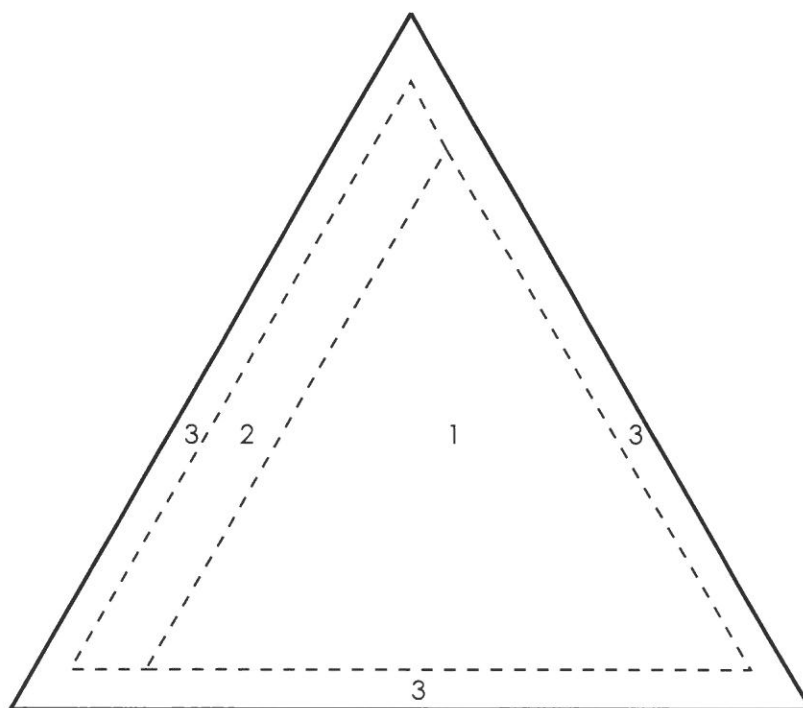
8. Akslen af hegnsstråd stikkes gennem hullet i det stjerneformede rotorcenter og ombøjes foran. Den anden ende stikkes gennem mølletårnet, lidt skråt nedad bagtil, så vingerne kan gå fri af tårnet. Brug runde perler på akslen til at nedsætte gnidningen.
9. Som mølletårn bruges en marmeladespand eller malerbøtte af plastik. Den sømmes fast med papsøm på en kraftig rundstok eller pæl.



## Vingesejlene

De seks vingesejl skal sys af stofstykker, som også er ligesidede trekanter. Stofstykkerne skal sømmes op og have en løbegang til at trække på stokkene. Sidelængden skal være halvdelen af længden af stokkenes frie ende.

1. Tegn en papirskabelon af den ligesidede trekant (1), se figur 49.
2. Løbegangen (2) indtegnes langs den ene af trekantens sider. Bredden skal være 25-30 mm afhængigt af rundstokkenes omkreds og stoftykkelse.
3. Klippelinierne (3) tegnes til sømrum 10 mm udenfor de tre udvendige sider.
4. Papirtrekanten klippes ud lægges på stoffet, og seks stoftrekanter klippes ud.
5. Sømmene ombukkes og stryges, før de sys på symaskine. I siden med løbegangen bukkes sømmen med ind i løbegangen. Det kan være nødvendigt at klippe lidt stof af i hjørnerne.
6. Når stoftrekanterne er færdige, trækkes de på stokkene. De frie snipper bindes med en løs snor til den yderste ende af den efterfølgende vingestok.



Figur 49

## Fra stubmøllen til den moderne vindmølle

STUBMØLLEN blev indført til Danmark ca. år 1400.

Stubmøllen er bygget op på en træ-stub, hvorom hele møllen kan drejes, når vinden skifter retning.

På Frilandsmuseet Hjerl Hede i Vestjylland kan man se en velbevaret stubmølle.



I DEN HOLLANDSKE MØLLE kan kun møllehatten med vinger drejes op i vinden, mens den øvrige del af møllen står stille.

De første hollandske møller blev bygget i Danmark ca. år 1800.

I Holland skulle møllerne pumpe vand fra markerne til kanalerne.

I Danmark havde hver landsby sin mølle, som maledede korn til mel.



*Damgårds Mølle ved Hovslund.*

Møllersvenden måtte arbejde hårdt, når der var blæsevej. Inde i møllen var der mange tandhjul og roterende dele, så arbejdet i møllen har været farligt.



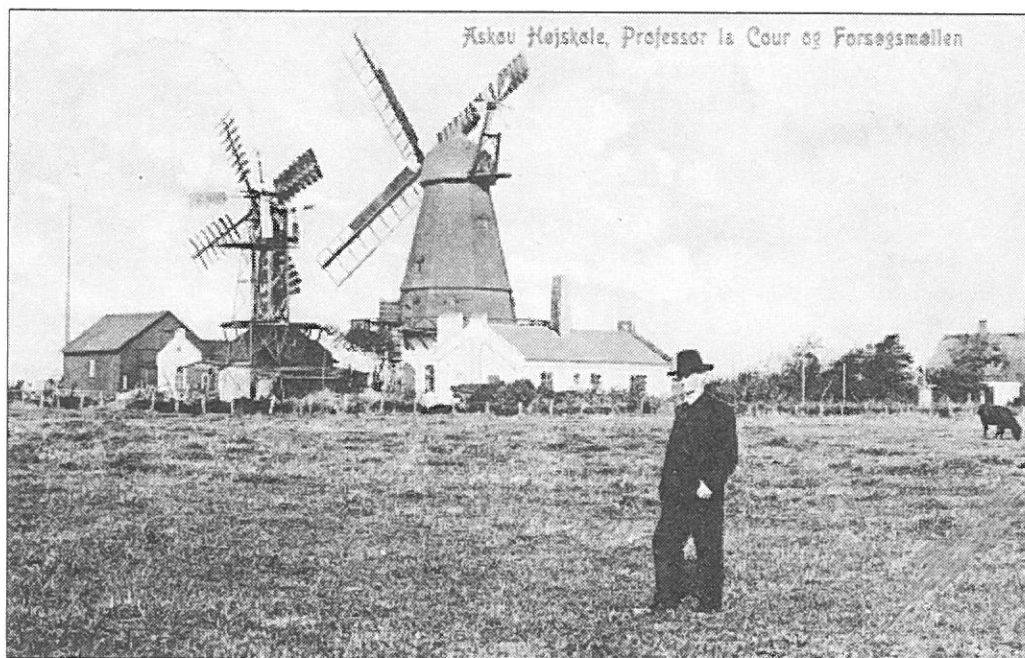
*Billedet er fra det indre af Damgårds Mølle.*

Følgende vers findes på et opslag i Dybbøl Mølle, som er Danmarks berømteste hollandske mølle:

I Guds Varetægt du stå.  
Mølle trygt din Vinge ile.  
Kværnen løbe, Grubben gaa.  
Liden Ro og Silden Hvile  
Maleværk og Svende saa.  
Giv, o Gud, vort Virke Held  
Hvermand her ske Ret og Skel.

KLAPSEJLEREN blev udviklet af Poul la Cour på Askov Højskole ca. år 1900. Klapsejleren fandt især anvendelse i landbruget.

Klapsejleren producerede elektricitet, som blev anvendt til trækraft for gårdens tærskværk, langhalmsmaskine, gruttekværn, hakkelsesmaskine, havreknuser, båndsav, rundsav, ajlepumpe, kagebrækker og hejseværk for kornsække. Endvidere leverede klapsejleren elektrisk lys til gårdens bygninger.

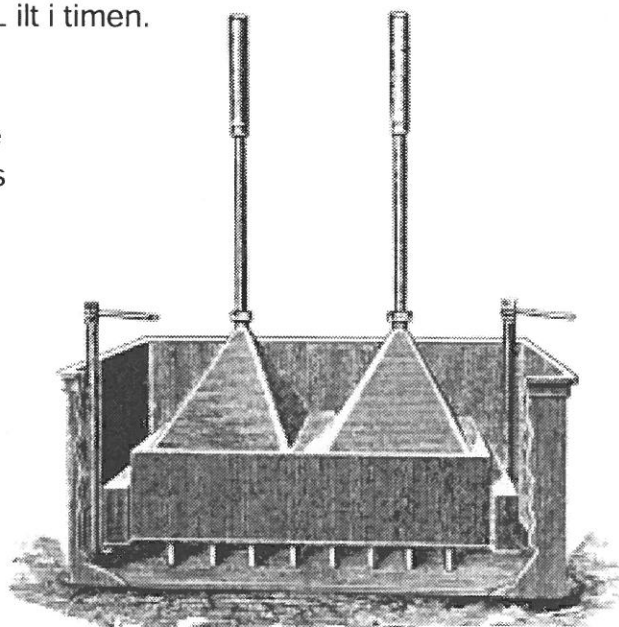


*Billedet stammer fra et postkort. Det er klapsejleren til venstre.*

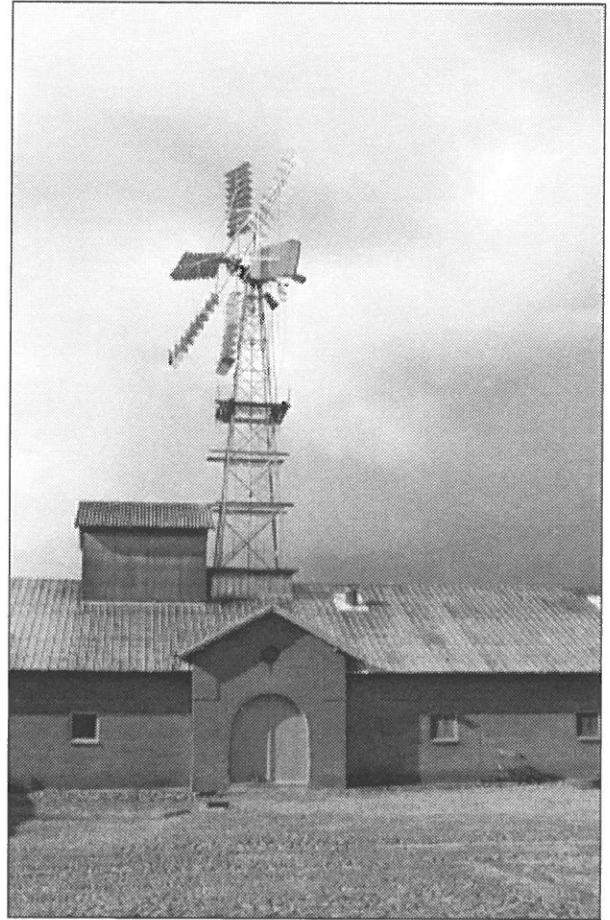
Forsøgsmøllen i Askov omdannede vindens energi til elektrisk energi. Elektriciteten blev anvendt til at adskille vand i ilt og brint. Brinten blev så brugt som belysningsgas på højskolen. På et tidspunkt var man oppe på at kunne lave 1000 L brint og 500 L ilt i timen.

Det var ikke helt ufarligt. Man skulle passe på ikke at blande de to luftarter, så der kom knaldgas ud af det.

*Tegningen stammer fra bogen "Forsøgsmøllen", Poul la Cour, 1900.*



*Klapsejler på Niels og Kirsten Riis's gård,  
Søe, Sejerslev på Mors.*



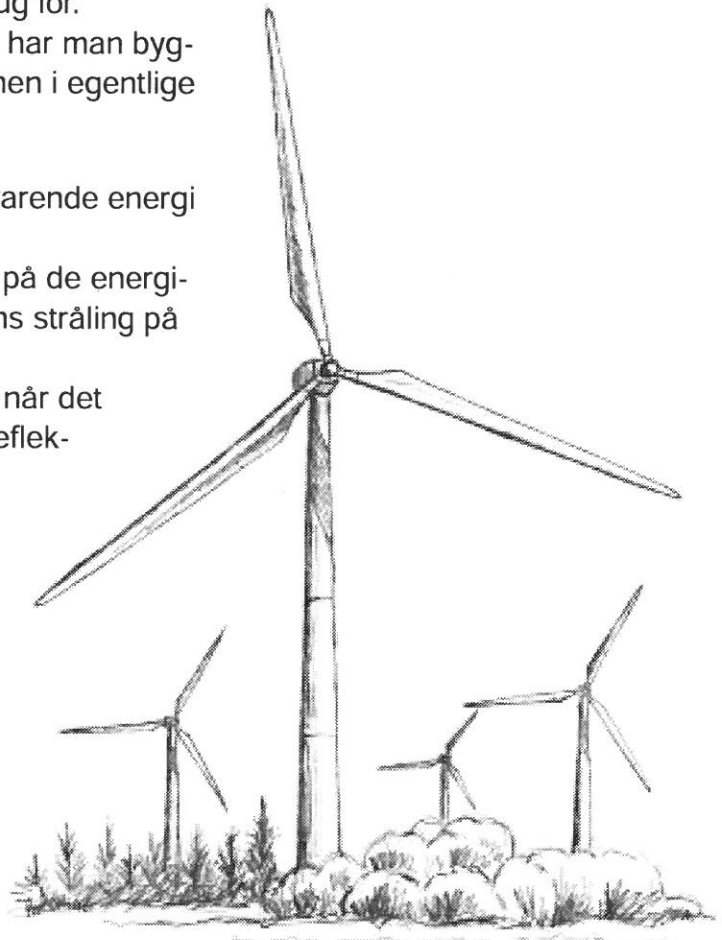
DE MODERNE VINDMØLLER producerer elektricitet, som vi alle har brug for. I en del områder i landskabet har man bygget flere vindmøller tæt sammen i egentlige vindmølleparker.

Vindmøllerne omdanner vedvarende energi til en anvendelig form.

Vedvarende energi er navnet på de energikilder, som stammer fra Solens stråling på Jorden.

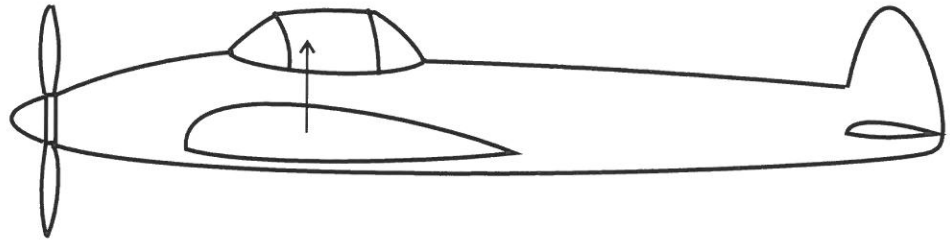
Sollyset omdannes til varme, når det rammer noget uden at blive reflekteret. Derved opvarmes Jorden og atmosfæren, og der opstår trykforskelle, som sætter luften i bevægelse.

Vinden sætter bølger på havet, rusker i træer og får vindmøller til at rotere.



# OPDRIFTSMØLLER

Den moderne vindmølle kalder man for opdriftsmølle.  
Tværsnittet på en møllevinge minder meget om tværsnittet på en flyvinge.  
se figur 50.



Figur 50

Når en flyvemaskine bevæger sig fremad, vil trykket være større under vingen end over vingen.

Påvirkningen fra trykforskellen kalder man opdriften.

Flyvemaskinen letter først fra startbanen, når maskinens fart er tilstrækkelig stor.



## Nogle eksperimenter med strømmende luft

For at forstå, hvordan en tung flyvemaskine kan lette fra jorden, og hvordan smalle mølevinger kan dreje rundt, vil vi udføre nogle forsøg med strømmende luft.

### Forsøg nr. 1

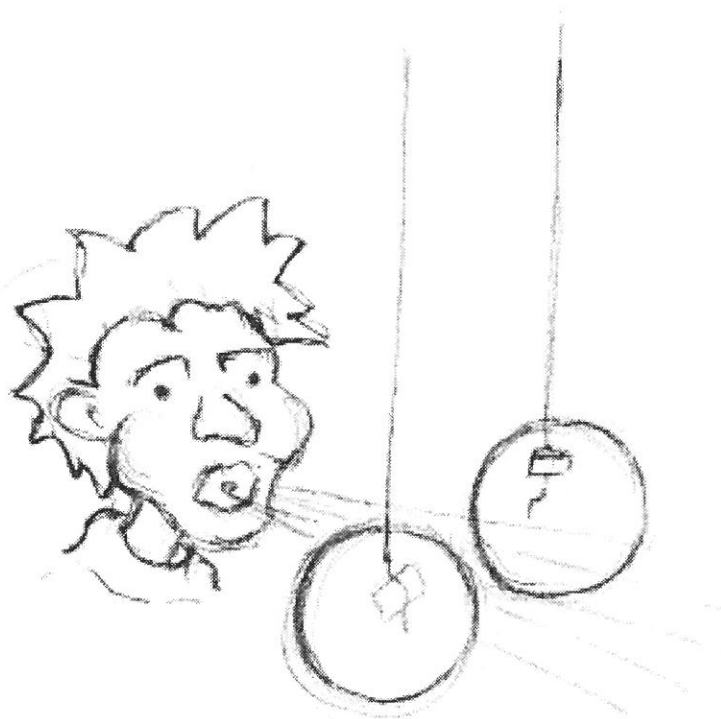
**Materialer:** To bordtennisbolde, sytråd, tape

Hæng de to bordtennisbolde op i sytråd med en afstand på 8-10 cm, som vist på figur 50.

Sytråden kan fæstnes på boldene med tape.

Pust kraftigt ind mellem bordtennisboldene.

Figur 51

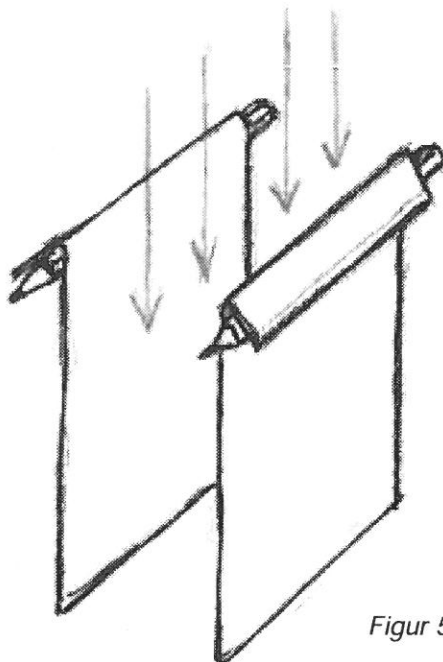


Hvor er trykket størst, udenfor kuglerne eller mellem kuglerne i den strømmende luft?

## Forsøg nr. 2

**Materialer:** To blyanter, to stykker A5 papir

Hæng de to stykker A5 papir (halveret A4) over to blyanter, som vist på figur 52. Pust kraftigt ned mellem de to stykker papir.

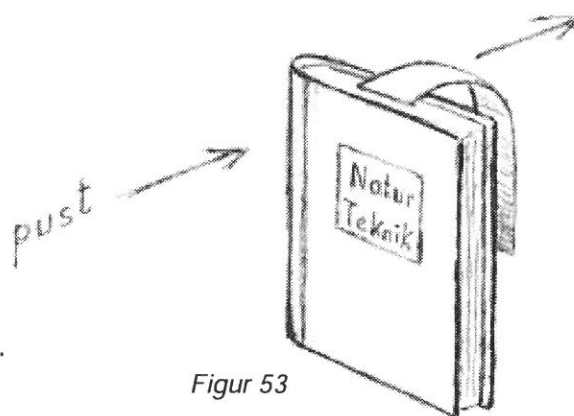


Figur 52

Hvor er trykket størst, i den strømmende luft mellem papirstykkerne eller udenfor papirstykkerne?

## Forsøg nr. 3

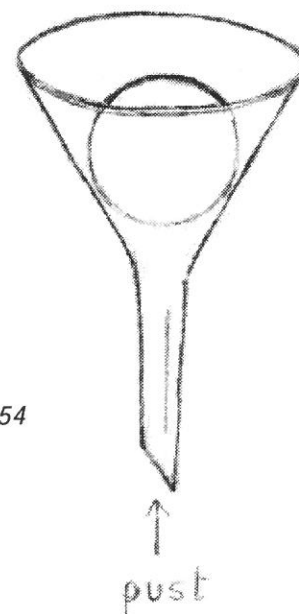
Sæt 1½-2 cm af den ene ende af en papirstrimmel (f.eks. 21 cm lang) i klemme i en bog på højkant, så strimlen hænger ned bag bogen. Pust kraftigt forfra hen over bogkanten. Hvad sker der med strimlen?



Figur 53

## Forsøg nr. 4

Læg en bordtennisbold ned i en tragt. Forsøg at få bolden op ved at puste kraftigt op gennem tragten. Hvad sker?



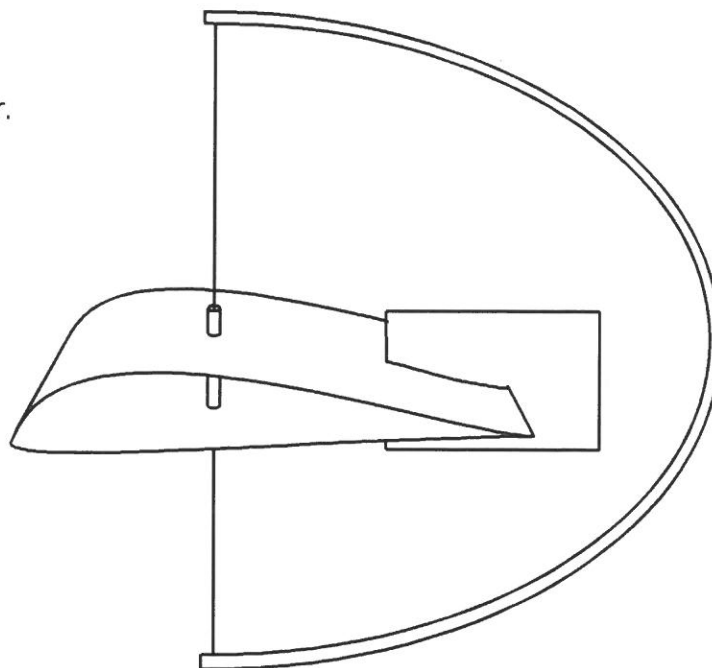
Figur 54

## Forsøg nr. 5

Luftstrøm forbi et bæreplan

**Materialer:** Karton, sugerør, tape, metaltråd, elektriker-rør

Konstruer en vindbue, følg byggevejledningen, som findes på de næste sider.

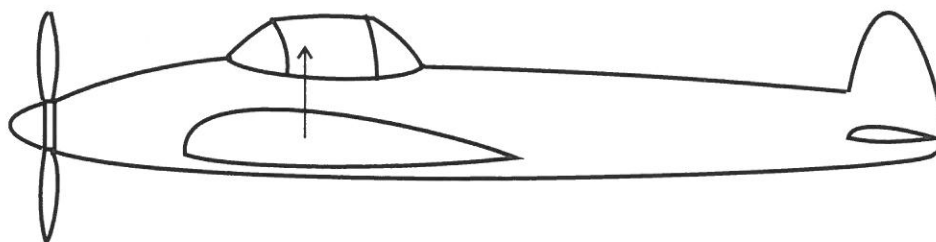


Figur 55

Når man holder vindbuen op i blæsten eller bevæger den hurtigt fremad, vil „bæreplanet“ bevæge sig opad.

Luften over bæreplanet har mere fart på end luften under bæreplanet.

Hvor er trykket størst, ovenpå bæreplanet eller under bæreplanet? Påvirkningen fra trykforskellen kalder vi opdriften.



Figur 56

## Byggevejledning til vindbue med vingeprofil

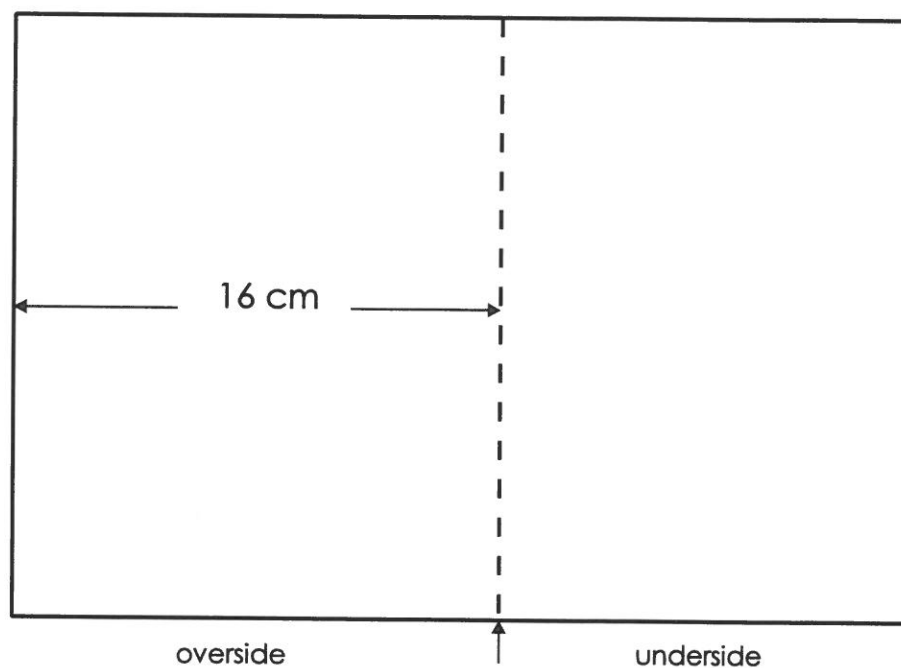
**Materialer:** A4-karton, 1 elektrikerør længde 135 cm, 16 mm Ø ,  
1m metaltråd, 7 cm kraftigt sugerør, tape

**Værktøj:** Saks, syl, hobbykniv

Byg vindbuen som vist på figurerne 57, 58, 59 og 60

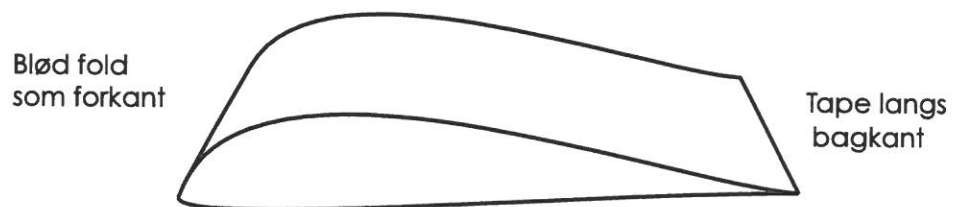
Hold vindbuen med forkanten mod vinden og se, hvad der sker.

Det kan være en fordel at forsyne vingen med et halerør, så den ikke svinger rundt.



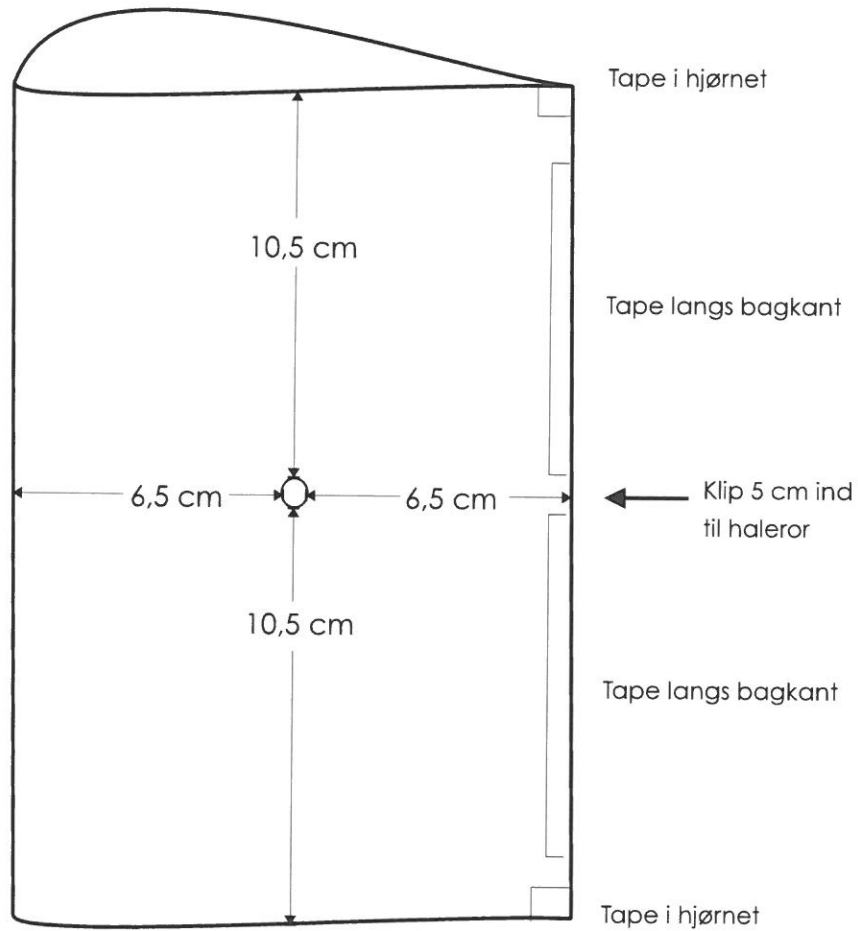
Figur 57

Blød fold

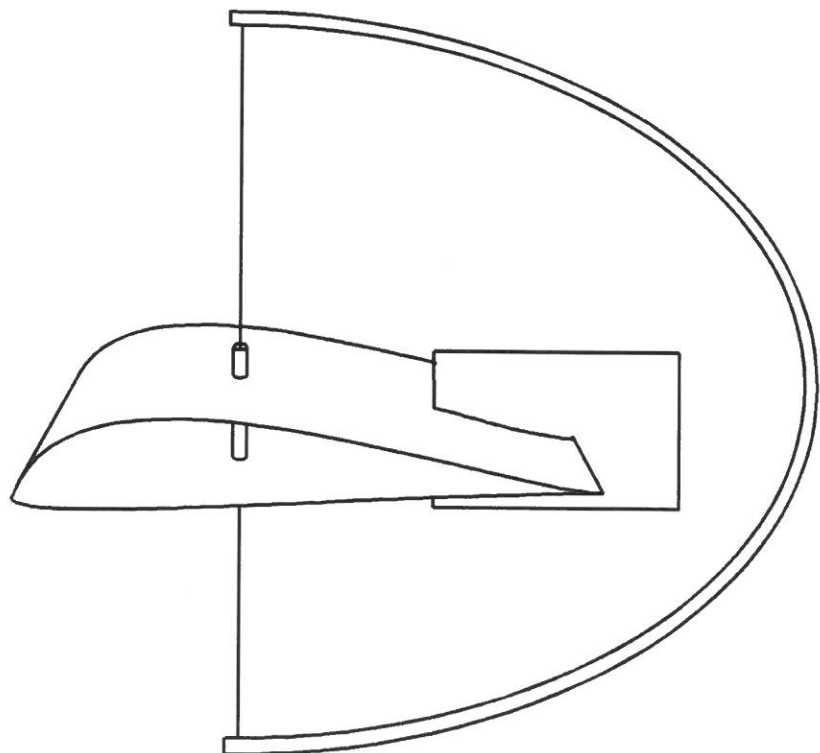


Figur 58

Her er vingestykket vist fra undersiden.  
 Det kraftige sugerør skal presses fast i hullet i midten.  
 Halerøret kan have målene 6 x 9 cm.  
 Metaltråden trækkes igennem sugerøret og fæstnes i hver ende til det bøjede elektrikerør.



Figur 59



Figur 60

# Svævetur uden motor

*I 600 meters højde kan flyet svæve ti kilometer*

Blandt luftkaptajner taler man kun om flystyrt, når en flyvemaskine simpelt hen eksploderer og falder til jorden. Ellers kan et fly næsten altid fortsætte med at svæve, og der er derfor oftere tale om mere eller mindre vellykkede forsøg på nødlanding end om styrt.

- Når motoren stopper, så falder vi altså ikke ud af himlen. At styrte ned er kun, når flyet eksploderer. Ellers har vi som regel gode muligheder for at styre. Det må du godt hilse og sige, fortæller luftkaptajn i SAS, Mogens Hansen, der har været pilot i 20 år.

Ved den rigtige hastighed kan et moderne passagerfly tilbagelægge 15 til 20 meter fremefter, for hver meter det taber i højde. Og det alene på grund af sin facon - og altså uden motorkraft. Et decideret svævefly kan til sammenligning komme op til 60 meter fremefter for hver meters tabt højde.

- Flyets glideevne er ikke noget, fabrikken opgiver i tal, men man taler om, at et DC-9 har et glidetetal på 1:18 eller 1:19, altså at det kan glide 18-19 meter fremefter for hver meter, det taber i højde. Ved nødlandingen i Sverige har kaptajnen med en flyvehøjde på 600 meter altså antagelig kunnet glide



henved 10 kilometer. En DC-10 og en jumbo har et lidt mindre glidetetal, fortæller Mogens Hansen.

Den endelige svæveevne afhænger af flyets vægt, vingens form og flyets hastighed. Ved ulykken i går, hvor kaptajnen havde 600 meters højde at omsætte i fremdrift, var hastigheden dog ikke ideel og glidetallet derfor noget mindre.

Når flyvemaskiner overhovedet kan komme i luften og flyve, skyldes det, at vingens form tvinger luftstrømmene til at passere oversiden af vingen hurtigere end undersiden. Det skaber populært sagt et undertryk på oversiden af vingen og et overtryk under vingen. Dels bæres et fly af luftstrømmen under vingerne, dels suges det opad af undertrykket over vingerne.

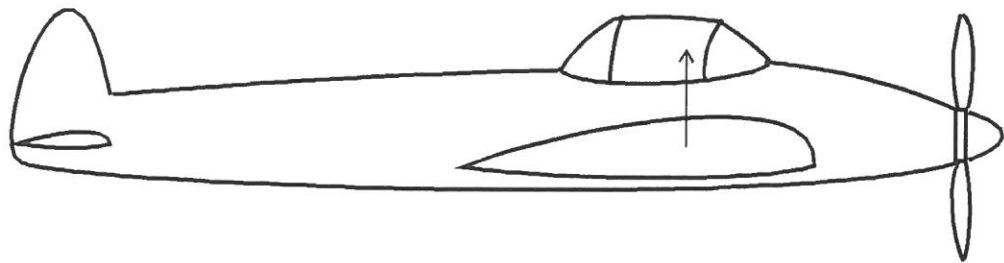
- Vingen er udformet, så luftpartiklerne farer hurtigere hen over vingens over-

side end under dens underside. Derfor skabes der undertryk over vingen. Man benævner den samlede kraft opdrift. Og man kan sige, at undertrykket på vingens overside bidrager med 60 til 80 procent af opdriften, siger Mogens Hansen.

- Luften skal strømme uhindret, uden turbulens hen over vingen. Bliver hastigheden for lille, taber man højde. Normalt, når vi letter, flyver vi med en hastighed, der er 30 procent større end dette punkt. Og ved normal flyvehastighed med 200 procent større hastighed, siger han.

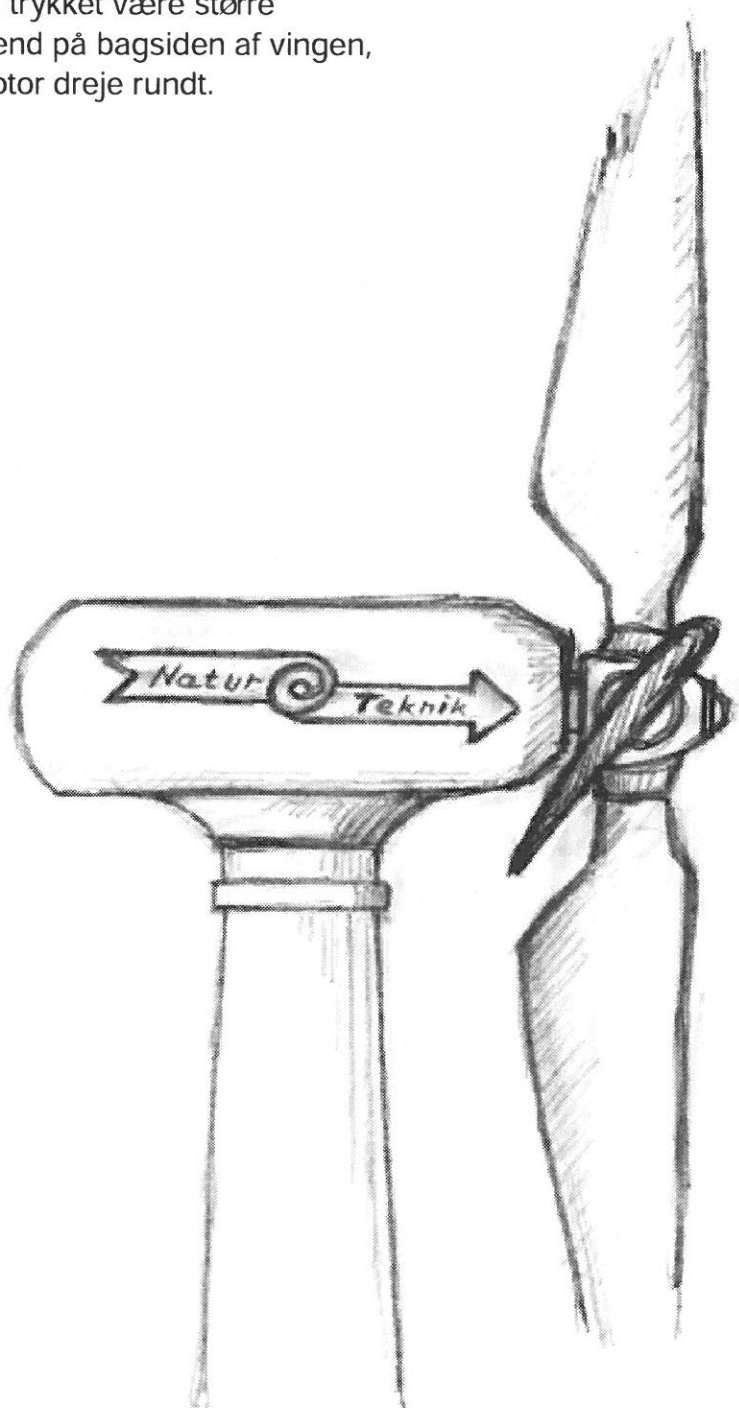
Også flyets krop bidrager til opdriften på samme måde som vingerne, men med noget mindre effekt, da den jo ikke først og fremmest er udformet ud fra hensynet til størst mulig opdrift.

*Artiklen er gengivet med tilladelse fra Politiken og luftkaptajn Mogens Hansen. Den var første gang offentliggjort i Politiken den 28. december 1991.*



Figur 61

Når en moderne vindmølles vinge drejer rundt i luften, vil trykket være større på forsiden af vingen end på bagsiden af vingen, og derfor vil møllens rotor dreje rundt.



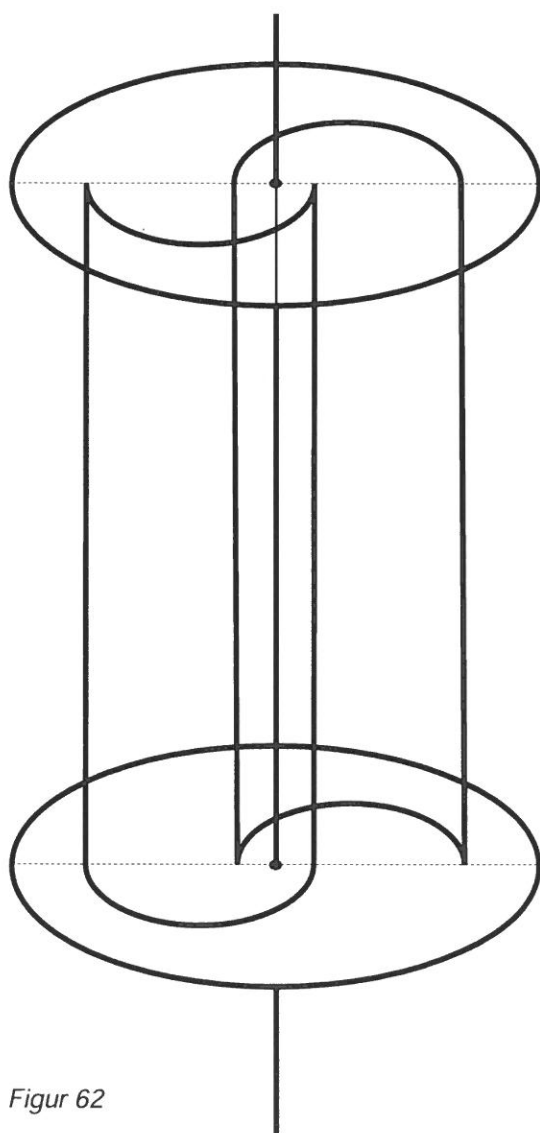
## En savonius-rotor (olietønde-mølle)

**Materialer:** Paprør fra en toiletpapirrulle eller 10-11 cm af et plakatrør, 10x20 cm pap, 30-40 cm hegnstråd, to runde træperler, hvid skolelim

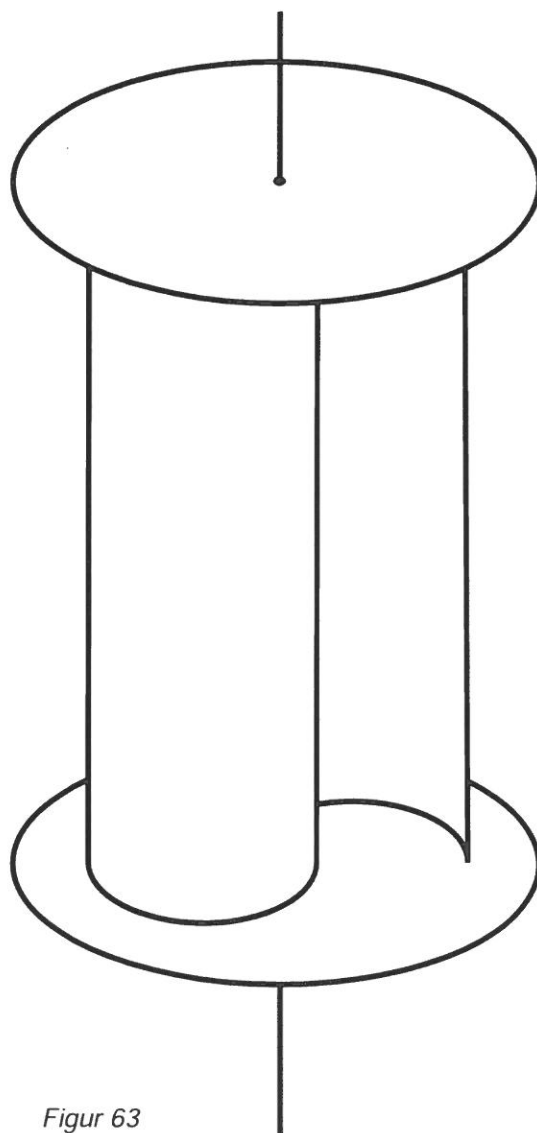
**Værktøj:** Hobbykniv, saks, syl, fladtang/bidetang, passer

### Konstruktion

1. Paprøret skæres igennem på langs til to lige store halvcyindre.
2. To cirkelflader af pap udskæres med diameter 8-10 cm.
3. Med sylen prikkes hul i cirkelfladernes centre.
4. De to halvcyindre limes på cirkelfladerne – forskudt for hinanden, se figur 62.
5. Når limen er tør, trækkes pap og perler på hegnstråden.
6. Hegnstråden bukket hensigtsmæssigt.



Figur 62



Figur 63



# FRA VIND TIL STRØM

Energikrisen i 1970'erne satte gang i nye eksperimenter med at udnytte vindenergien til fremstilling af elektricitet.



*En af de første brugbare møller til det formål var Risager-møllen.  
Den kan nu ses på EI-museet ved Tange Sø.*

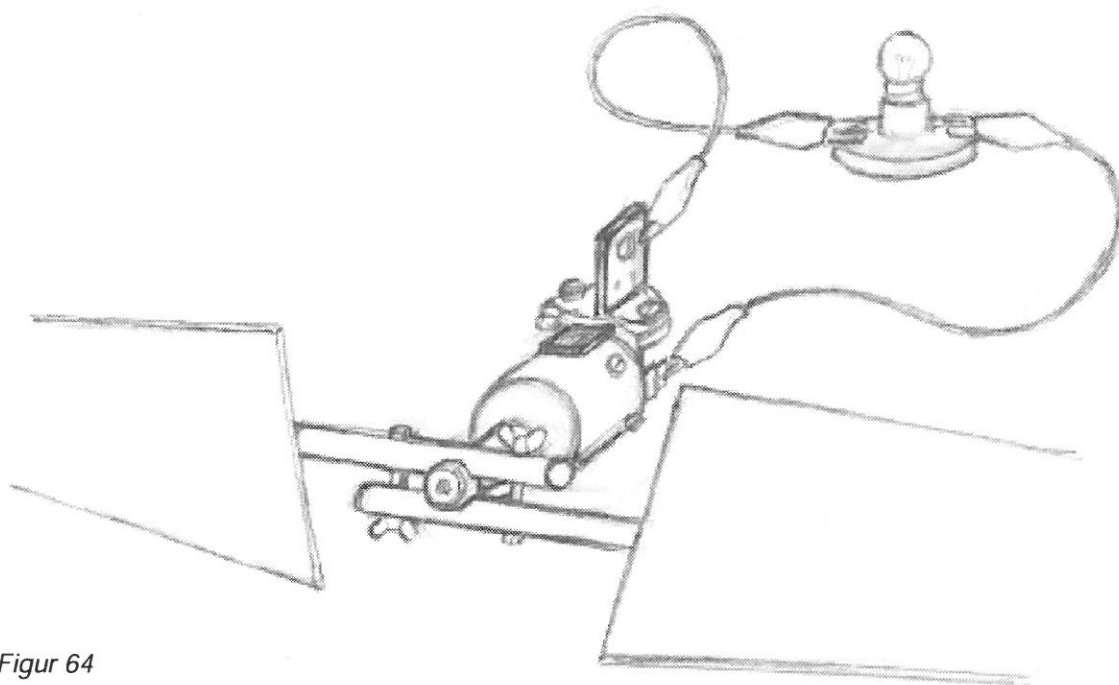
## Fra vind til strøm

**Materialer:** Den store modstandsmølle, en cykeldynamo (Rinder),  
2 prøve-ledninger, en pærefatning, en pære 1,5V.

**Værktøj:** Skruetrækker, fladtang

### Saml modstandsmøllen

I stedet for håndtaget fastspændes en rinderdynamo mellem rundstokkene.  
Se figur 64.



Figur 64

Skru en pære i fatningen og sæt 2 ledninger fast på fatningens skruer.

Den ene ledning forbindes med klemmen i bunden af dynamoen, den anden ledning klemmes på dynamobeslaget.

Hold møllen op i blæsten og prøv at få pæren til at lyse.

Blæsten får vindmøllen til at dreje rundt. Blæsten er **ENERGIKILDE** og dynamoen er **ENERGIMODTAGER**. Det at dynamo-akslen drejer rundt er **TEGN PÅ ENERGIOVERFØRSEL**.

Når dynamoen drejer hurtig rundt, kan den få pæren til at lyse. Det, at pæren lyser, er tegn på energioverførsel.

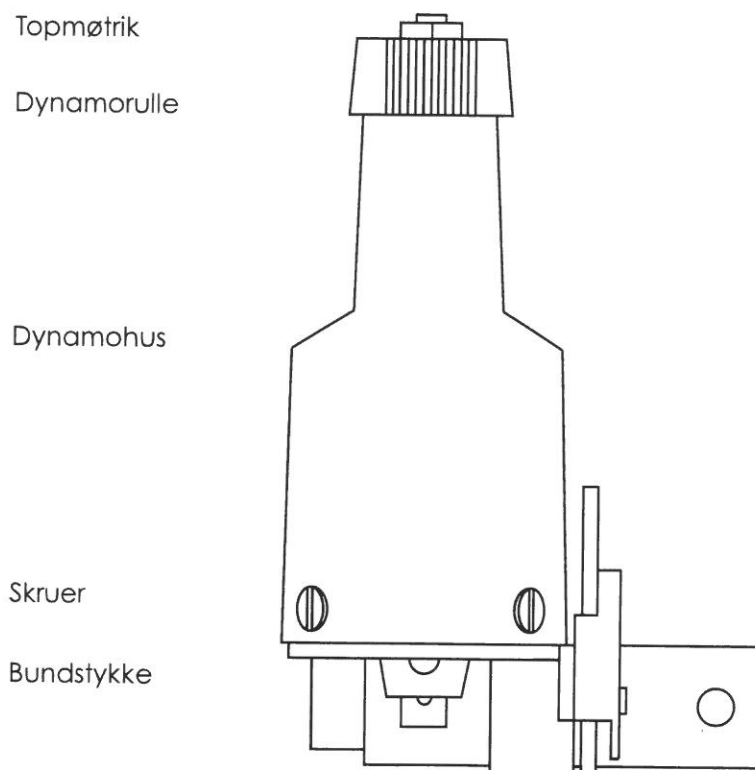
Hvad kan man kalde dynamoen?

Hvad kan man kalde pæren?

Hvor mon blæsten får sin energi fra?

## Rinderdynamoens skilles ad

**Materialer:** 1 rinderdynamo, 1 æske til opbevaring af dynamodelene  
**Værktøj:** 1 skruetrækker, 1 fastnøgle nr. 8



Figur 65

1. Skru topmøtrikken af, - læg den i æsken.
2. Skru dynamorullen af, - læg rullen og den lille fjeder i æsken.
3. Udtag dækskiven og den koniske bøsning, læg dem i æsken.



Figur 66

4. Skru de 4 skruer på siden af dynamohuset ud, - læg dem i æsken.
5. Træk bundstykket ud.  
Bemærk, at der i midten af bundstykket er fastgjort et metalbånd og i den ene side en fjeder, der holder en metalklemme på plads.  
Bundstykket må ikke skilles ad, læg det helt i æsken.
6. Tryk for oven på akslen med en skruetrækker, således at spolen og dynamo-magneten kommer ud, - læg dem begge i æsken.  
På akslen ved magneten sidder der endnu en konisk bøsning, lad bøsningen blive siddende.  
I dynamohuset kan man se 2 kuglelejer, som dynamoakslen roterer i.  
Lad kuglelejerne blive siddende på deres pladser.

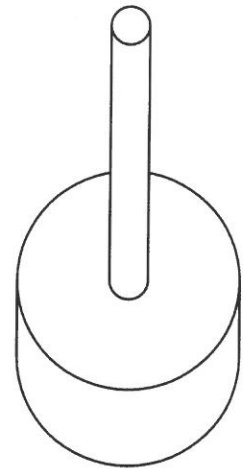
## Dynamomagnetens undersøgelse

**Materialer:** Dynamomagnet, minikompasser, små søm

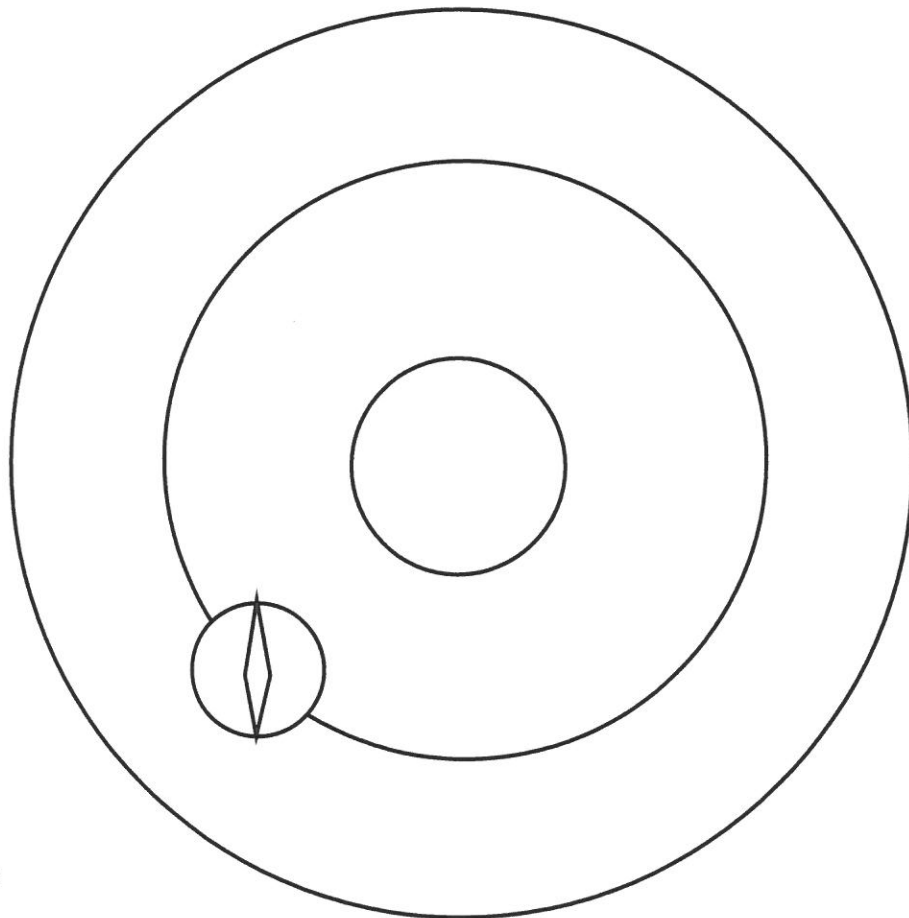
Du husker nok:

- at en magnet kan tiltrække jern,
- at to ens magnetpoler frastøder hinanden,
- at to forskellige magnetpoler tiltrækker hinanden.

Dynamomagnetens er en cylinder på en aksel. Den sidder ovenpå en spole omgivet af tappe. Tag dynamomagnetens ud fra tappene og anbring den indenfor den midterste cirkel, se figur 68. Bevæg et lille kompas langsomt rundt på en af de store cirkler og se på nålen.



Figur 67

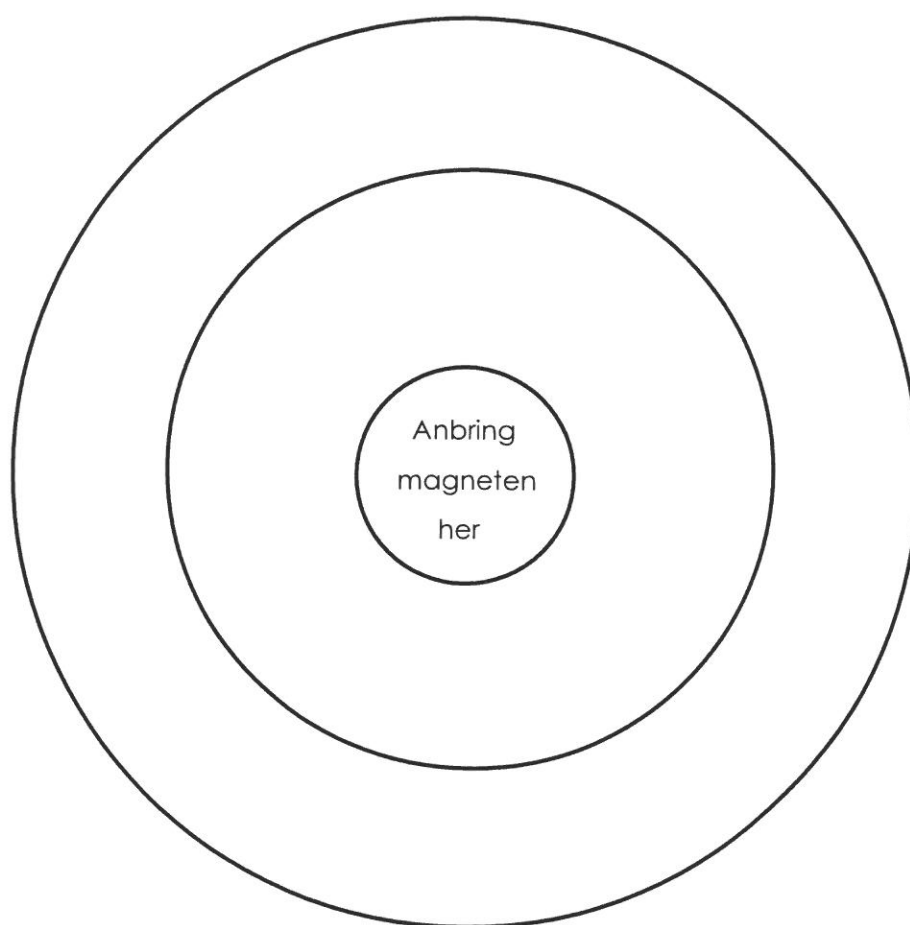


Figur 68

Hvor mange poler har dynamomagnetens?  
Skriv dem på den inderste cirkel.

Hvor mange jerntappe drejer dynamomagnetens forbi, når den kører rundt?

## Arbejdsark



Flyt et kompas langs med cirklerne.  
Tegn de forskellige retninger, som kompasnålen stiller sig i, før du svarer på spørgsmålene på foregående side.

## Rinderdynamoen samles

**Materialer:** Dynamodele i æske, 1 skruetrækker, 1 fastnøgle nr. 8, 2 prøveledninger, 1 pære 1,5V, 1 pærefatning  
**Værktøj:** 1 skruetrækker, 1 fastnøgle nr. 8, 1 flattang

Bemærk, at de 2 riller på indersiden af dynamohuset skal passe sammen med de 2 udfræsninger i bundstykket.

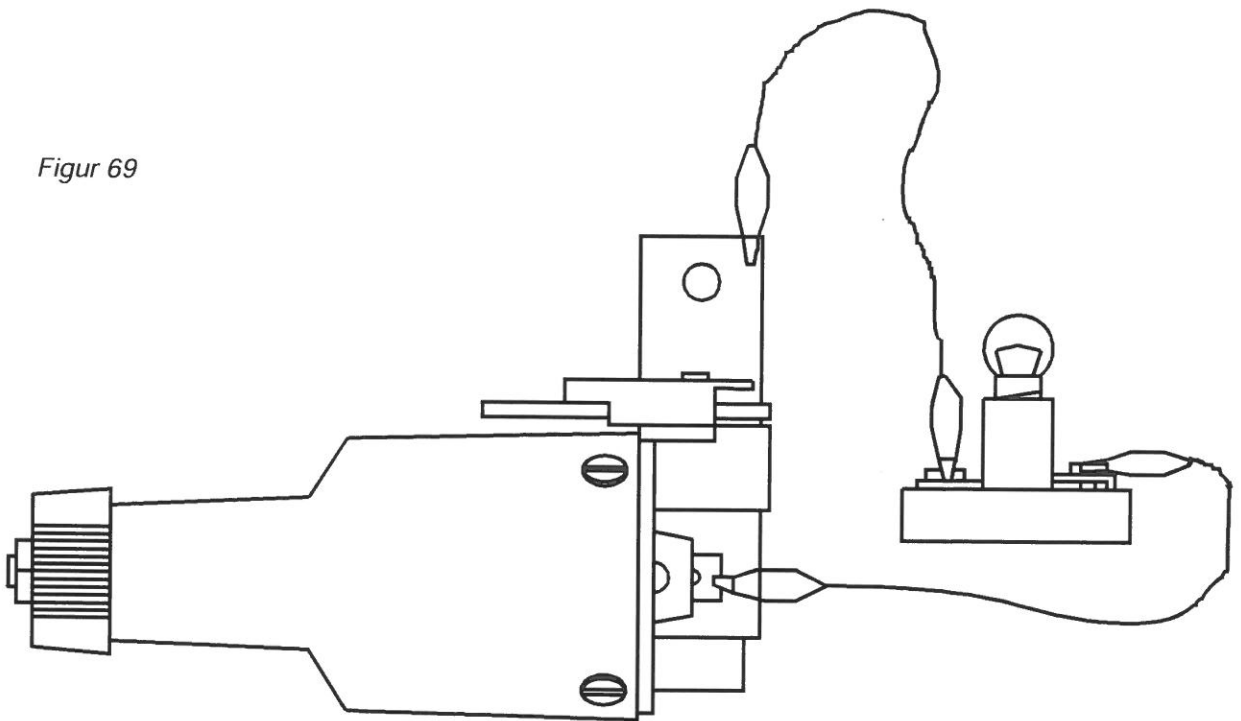
Anbring først magneten på spolen mellem tappene og sæt det hele ned i bundstykket, så fjederen har kontakt med den ene spole-ende.

Når dynamoen er samlet, skal den afprøves.

Lav opstillingen, som vist på figur 69.

Drej dynamorullen rundt med fingrene og få pæren til at lyse.

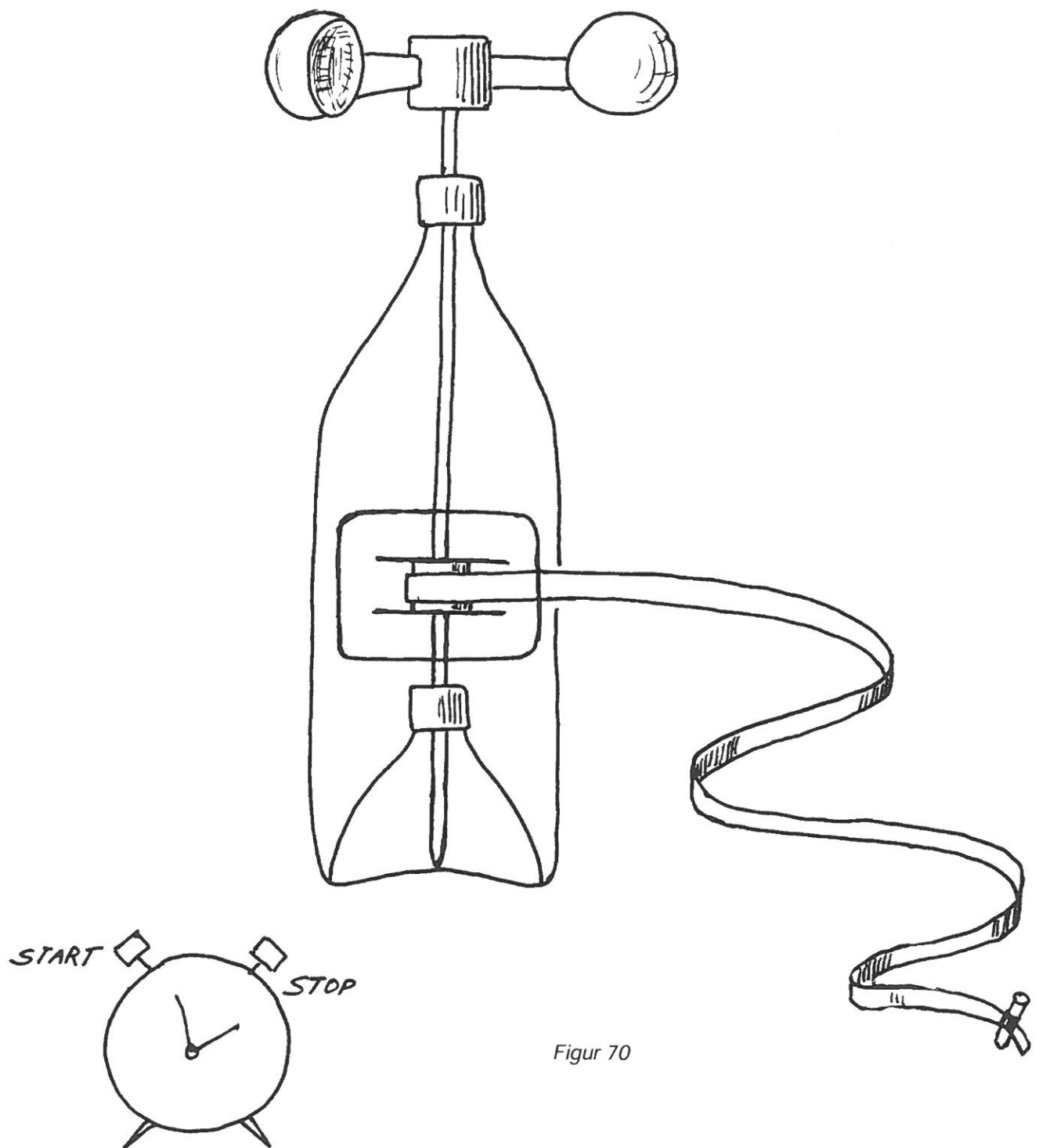
Figur 69



Hvordan kan du få pæren til at lyse kraftigt?  
Hvordan kan du få pæren til at lyse i lang tid?

# VINDMÅLER (kop-anemometer)

**Princip:** Hvor lang en strimmel kan vindes ind på hvor kort tid



## En vindmåler (kop-anemometer)

- Princip:** Hvor lang en strimmel kan vindes ind på hvor kort tid.
- Materialer:** To plastikflasker med skrueprop, 3 eller 5 kaffemåls-skeer, en blomsterpind, to stykker rundstok fra kosteskafte el. lign. (Ø 2,5 - 3 cm), lidt pap, en flad pastikstrimmel, et stopur
- Værktøj:** Hobbykniv, boremaskine m. bor, sav, siliconelim, hvid trælím

### Fremstilling

Der skæres et pænt rektangulært hul midt på den ene plastikflaske. (Se figur 70). Toppen af den anden plastikflaske skæres af og limes ind i bunden på den første med siliconelim. Sørg for, at den ikke står skævt.

Der bores et hul midt i de to skruepropper, så blomsterpinden løber let. Den nederste ende af pinden tilspidses og afrundes, så berøringen mod bunden er mindst mulig.

Rotorcenteret og spolen er begge ca. 2 cm rundstok.

Der bores hul igennem på langs af rundstok-stykkerne, så de lige akkurat kan presses ind på blomsterpinden.

Rotorcentret slides i kanten med den rette vinkelafstand, og måleskeerne limes i sliderne efter at være kortet op, så rotorens radius ikke bliver for stor.

Spolecenteret forsynes med to cirkulære papskiver til styring af målestrimlen.

Den ene ende af målestrimlen fæstnes på spolen.

Spolen anbringes på pinden ind gennem hullet under monteringen.

Strimlen føres ud gennem en slids i siden af flasken på højde med spolen.

Det er vigtigt, at strimlen er flad, så spoleradien ikke ændrer sig væsentligt, når den vindes op.

### Fremgangsmåde ved måling

1. Strimlen trækkes ud til en kendt længde og holdes.
2. Måleflasken holdes op i vinden, strimlen slippes og stopuret startes samtidigt.
3. Når strimlen er spolet op stoppes uret.
4. Strimlens længde divideret med tiden giver farten i kanten af spolen.
5. Hvis man vil finde måleskeernes fart, må man dividere med spoleradius og gange med rotorradius.
6. Den aktuelle vindfart er sikkert større, da måleskeerne vil slæbe bagefter på grund af gnidningsmodstanden. En kalibrering er derfor nødvendig, enten ved hjælp af en anden vindmåler eller ved i vindstille at måle, mens man holder den op gennem soltaget på en bil ved forskellig fart.

På grund af modstanden egner vindmåleren sig bedst til kraftig blæst.

I stedet for kaffemåls-skeer kan man bruge halve bordtennisbolde eller engangs-bægre, som limes på en arm.

Man kan få en mere nøjagtig og letløbende vindmåler ved at bruge Rinder-dynamoen som udgangspunkt. (Litt. henv. "Vindmøller i Skolen", lærer-vejledningen).



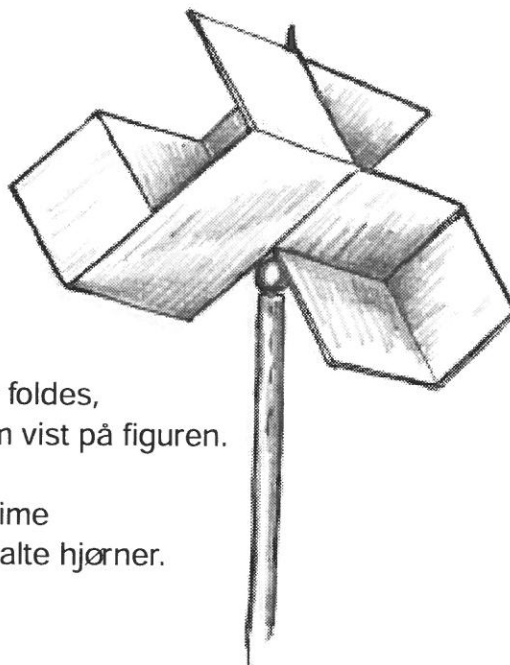
# KASSEROTOREN

**Materiale:** Karton eller kraftigt papir, kopiarket, lim, 15-20 cm træpind eller hegnstråd, en rund perle, et kraftigt sugerør

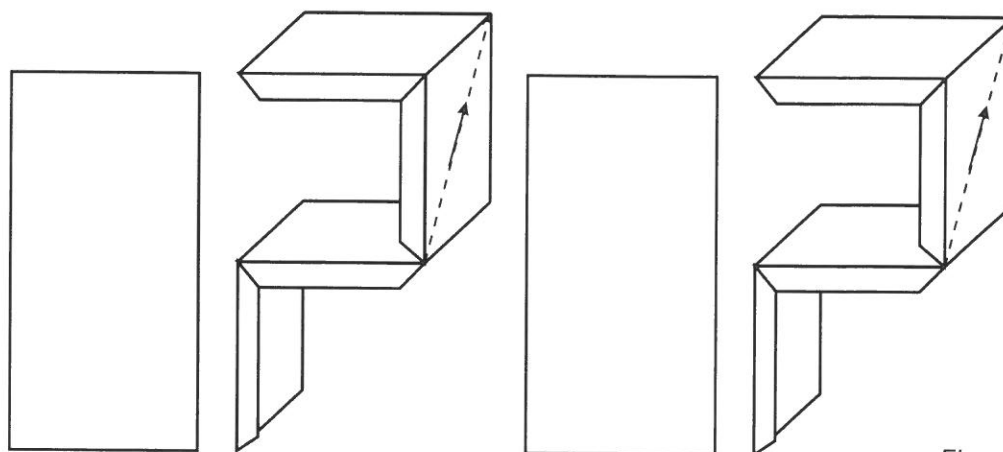
**Værktøj:** En saks

Kasserotoren er i princippet 4 hjørner, som vinden efter tur kan komme til at puste i under rotationen.

Figurerne klippes ud af klippearket, så man får to lange baner bestående af 4 kvadrater med limflige på række samt 2 rektangler, der er halvt så lange som de lange baner.



Begge de to lange baner med de 4 kvadrater foldes, så de kommer til at ligne spørgsmålstegn som vist på figuren. Begge baner skal foldes ens. Limfligene bukkes om som vist, så man kan lime rektanglerne på som den tredje side i de omtalte hjørner.



Figur 71

Det ene af de to ens sæt vendes nu modsat, så kvadraterne med de punkterede linier vender mod hinanden. Sættene drejes 90 grader i forhold til hinanden, så de punkterede linier følges ad lodret med pilene i samme retning. Akslen (pind eller hegnstråd) lægges langs de punkterede linier og de to flader limes sammen om akslen.

Den runde perle skydes op på akslen, som stikkes ned i sugerøret, der fungerer som håndtag eller mølletårn.

# Klippeark til kasseratoren

