

Praktijk versus theorie: stapeling bovenas

Of er nou veel theorieën zijn omtrent de stapeling van de bovenas zijn weet ik niet. Alleen die van ir. F. Stockhuyzen (Molens, tweede vermeerderde druk) is mij bekend (blijkbaar hebben anderen zich er niet aan gewaagd). Met zijn theorie meent hij de reden van de stapeling van de as te kunnen verklaren. Jammer is echter dat deze theorie niet op de praktijk gebaseerd is. Deze theorie is dan ook niet meer dan een poging de stapeling vanuit een andere hem aannemelijk voorkomende theorie te verklaren. Dit is echter een visie die bij molens nou juist niet het uitgangspunt moet zijn!

Het enig juiste uitgangspunt bij molens is daarentegen de zaken vanuit de praktijk van de werking van de molens en het werken met molens van alle dag te beschouwen. Wanneer de praktijk van alle-dag het uitgangspunt is, dan is tegelijk alles aan en van een molen niet zo moeilijk of tenminste veel gemakkelijker als vanuit een theorie te begrijpen en te verklaren. Voor de "praktijk van alle-dag" moet i.v.m. de stapeling van de bovenas als eerste aan de standaardmolens van de middeleeuwen gedacht worden. In die tijd waren er namelijk geen andersoortige molens. Het stapelen van de as is daarom bij de standaardmolens al toegepast geworden.

De theorie(en) van ir. Stockhuyzen

Het zal een ieder wel bekend zijn dat de windsnelheid met het toenemen van de hoogte ook toeneemt. Volgens Stockhuyzen krommen de windstromingen zich met het toenemen van de hoogte boven de grond naar beneden door de telkens toenemende weerstand welke de luchtmoleculen door de begroeiing en bebouwing ondervinden. Om nu het kruis haaks op deze naar beneden gekromde windstromingen te krijgen zou men de as daarom gestapeld hebben zodat de wind door deze niet haakse stand van het kruis t.o.v. de grond, beter "gevangen" zou worden.¹ Volgens het molenforum wordt deze theorie ondertussen tegenwoordig in het algemeen echter als onjuist beschouwd.

Naast deze kort weergegeven theorie omtrent de windvang geeft Stockhuyzen nog een mogelijk andere reden waarom men de as is gaan stapelen; namelijk die van het aan de onderzijde wijder zijn van een molentoren dan aan het bovineind. De cilindrische torenmolens is hij hierbij aan voorbij gegaan. Deze beide theoriën zijn echter uit de lucht gegrepen.

Uitgangspunt

Het juiste uitgangspunt aangaande molens is dat de hele molen en alles er aan door het eigen gewicht moet blijven staan of liggen, wat trouwens voor verreweg de meeste andersoortige bouwwerken net zoveel geldt. Tegenwoordig worden funderingen van o.a. windturbines en hoge schoorstenen e.d. wel zo uitgevoerd dat alles wat daarop opgericht wordt niet om zal waaien maar vroeger had men die mogelijkheid niet en dus ook bij molens niet. Vandaar dat de molens tijdens het malen en ook in stormen, door het eigen gewicht moeten blijven staan. Voor de bovenas geldt dit net zo veel; die moet ten allen tijde ook door zijn eigen gewicht (kunnen) blijven liggen. Dit gaat voor de bewegingen in het horizontale vlak, uitgezonderd de roterende, op maar evenzogoed ook voor die in verticale richting. Eveneens geldt dit voor het door zijn eigen gewicht op de heklatten kunnen blijven staan van de molenaar.

De praktijk van de stapeling

Eén reden van het stapelen van de as is gelegen in wat wij nu arbeidsomstandigheden noemen. Een ieder die wel eens bij een verticale ladder opgeklommen is heeft ondervonden dat het zwaartepunt van zijn of haar lichaam zich nogal ver buiten de voeten op de treden bevindt.² Zonder zich heel goed en daarbij zoveel mogelijk met beide handen vast te houden is niet vallen

¹ 'Molens' van Ir. F. Stockhuyzen, tweede vermeerderde druk.

² Velen noemen de 'treden' dan wel 'sporten', maar de enige 'sport' van een ladder is toch liggen en al het andere werken?

daarbij niet mogelijk. Zonder extra voorzieningen op een ladder in een nagenoeg verticale stand is dan ook nagenoeg onmogelijk. Alles wordt namelijk de zwaartekracht naar beneden, beter gezegd naar het middelpunt van de aarde, getrokken. Alleen wanneer het zwaartepunt van een object zich loodrecht boven het steunpunt op de grond of anderszins, bevindt blijft dat object staan. Voor een persoon op een ladder geldt dit evenzo. Alleen wanneer het zwaartepunt van een persoon zich recht boven zijn voeten bevindt kan iemand, zonder er extra moeite voor te hoeven doen, op een ladder blijven staan.

De arbo-regels schrijven daarom voor dat voor veilig werken op een ladder die onder een hoek van ± 72 graden t.o.v. het horizontale vlak tegen een muur of iets dergelijks moet staan. Die ± 72 graden is omdat een ladder doorgaans los staat. Het doel hiervan is dat het gewichtszwaartepunt van de ladder met de persoon die er op staat, altijd tussen de steunpunten van de ladder op de grond en boven tegen bijv. een muur blijft zodat men niet met ladder en al omkiepert. Als voorbeeld een afbeelding uit de 'Altrex handleiding-ladders-en-trappen.pdf' (afbeelding 1). De stand van 75° die Altrex voorschrijft is echter wel iets steiler dan de arbo-norm. De arbo-norm en Altrex hanteren evenwel beide de vuistregel voor controle op de juiste stand van een ladder; namelijk dat men de tenen op de lijn van de schalieren ³ (meestal trap- of ladderbomen genoemd) moet plaatsen en dan met horizontaal gestrekte armen met de vingers de schalieren aan moet kunnen raken. Wanneer die vuistregel aangehouden wordt komt de stand van een ladder t.o.v. het horizontale vlak altijd uit op een 72° tot 75° . Wanneer deze vuistregel bij een molenroede toegepast wordt dan blijkt dat een stand van 77 graden t.o.v. het horizontale vlak ook goed is (probeer maar eens).

Een molenroede heeft danwel een steilere stand van ± 77 graden dan een ladder maar kan, in tegenstelling tot een ladder, niet omkieperen. Het risico dat het eigen gewicht van de molenaar aan de verkeerde kant van zijn voeten op de heklatten komt is danook aan onachtzaamheid te wijten. Met niet meer moeite hoeven doen om op de heklatten te blijven staan dan op een ladder is het risico van uit een roede vallen omdat het gewicht van de persoon op een heklat zich aan de verkeerde kant van de voeten bevindt dan ook nagenoeg niet aanwezig. Zeil voorleggen gaat bij zo'n stapeling prima waarbij het enige gevaar van vallen schuilt in de al genoemde onachtzaamheid. Alleen al om deze reden zal de as vrij snel na het gemeengoed worden van de molens de Lage Landen een stapeling van meer dan amper gekregen hebben. De molenaars van vroeger zullen namelijk, net zoveel als nu, echt geen trek in een voortdurend risico van vallen met alle gevolgen van dien, gehad hebben.

Nou hadden de molenaars in de middeleeuwen weliswaar niet veel over een molen te zeggen doordat die eigendom van een "Heer" waren.⁴ Zo'n "Heer" zal er echter ook echt geen belang bij gehad hebben dat er om de haverklap een molenaar uit het hekwerk van zijn molen viel. Helemaal niet als het een molenaar was waar hij goed aan kon "verdienen". Van een opvolger moest zo'n "Heer" namelijk maar van afwachten wat voor vlees hij in de kuip had.

Een zeil voorleggen voor een roede-eind dat bijna te lood staat is daarentegen, zonder houden en keren hebben om niet naar beneden te vallen, niet te doen (het kan natuurlijk wel maar vraag niet met hoeveel moeite). Met nauwelijks stapeling is door het eigen gewicht op de heklatten blijven staan er dan ook niet bij. Het zwaartepunt van je lichaam bevindt zich bij amper stapeling namelijk nogal wat aan de verkeerde kant van je voeten op een heklat.

Bij het bovenstaande moet in aanmerking genomen worden dat men ten tijde van het doorontwikkelen van de eerste molens heel goed bekend was met molens waarvan de as amper stapeling had, er waren nl. geen andere. De eerste standaardmolens zullen, op grond van oude afbeeldingen (afbeelding 2-4), niet veel anders geweest zijn dan een maalwerk van een

³ De benaming 'schalieren' komt van het zagen van bomen. Als een boom dosse gezaagd wordt houden de beide buitenste delen van een boom hun ronde zijde en worden schalen genoemd. De tweede "planken" van buiten af gerekend, hebben gedeeltelijk nog de ronding van de boom en worden schaaldelen genoemd. Veel kon men niet met deze delen maar voor het maken van de "bomen" van ladders en trappen waren ze meestal nog wel geschikt zodat die delen daar vaak voor gebruikt werden. Vandaar de benaming 'schalieren'.

⁴ "Heer" wel graag zo begrijpen dat dit een persoon was die in een zodanige positie verkeerde dat hij het zich kon veroorloven zich het recht toe te eigenen en hem dat door de goedgeente ook toegekend was, dat hij een ieder van lagere "stand" en met name in "zijn gebied" **tot op het bot** uit te kunnen buiten (en de geestelijken deden minstens net zo hard mee).

waterradmolen dat in een kast welke rond een standaard kon draaien gelegd was (afbeelding 4). Het waterrad was daarbij door een windkruis vervangen en zo werd de looper gedreven. De looper werd daarbij, net zoals van een waterradmolen, van onder af gedreven omdat men daarmee goed bekend was. De afbeeldingen 2 en 3 geven er een impressie van.

De afbeeldingen zijn wel van buiten het Germaanse taalgebied. Op grond van het feit echter dat alle "uitvindingen" altijd een geheel of gedeeltelijk voortborduren, wijzigen of een aanpassen van wat er al was aan een iets ander gebruik, et cetera geweest is (en nog steeds is) zullen ook in het Germaanse taalgebied de eerste windmolens soortgelijke als van afbeelding 2-4, met de stenen boven de as, geweest zijn. De hoogte van de kast boven de as met zijn rechthoekige doorsnede omdat daar ruimte moest zijn om maalgoed in de stenen te laten en niet in de laatste plaats dat er zoveel ruimte boven de stenen moest zijn dat die voor scherpen open gelegd konden worden, liet niet toe dat de as meer dan amper gestapeld kon worden. De windzijde van de kast bleef boven de as daarvoor recht omhoog gaan. De as kon daardoor maar amper gestapeld zijn omdat de schoot van de hekkens anders in het gedrang zou komen doordat de hekkens de kast zouden raken of de schoot niet diep genoeg gemaakt kon worden.

Gezien echter het ontbreken van duidelijke afbeeldingen in het Germaanse taalgebied van windmolens met de stenen boven de as zal iemand in dit taalgebied al snel na het ontstaan van de eerste windmolens op de gedachte gekomen zijn de looper van boven af aan te drijven i.p.v. onderen af. Een spil met een rij in de steen gewerkt om de looper te dragen en tevens te drijven was er al, net zoals het kropgat om maalgoed in te laten. Het enige nodige was in wezen op de gedachte te komen de spil in tweeën te delen en het onderende van het bovenste gedeelte van een klauw welke om de rij viel te voorzien. Het gedeelte boven de looper ging daardoor alleen als maalspil werken en het gedeelte er onder als bolspil. De as met het haakse werk boven de stenen aanbrengen was dan een logisch gevolg.

Het hier geschetste is dat iemand als eerste op het idee gekomen is de spil in tweeën te delen en als gevolg daarvan de as boven de stenen te leggen. Het kan echter ook heel goed andersom gegaan zijn. Als eerste wilde men de vlucht vergroten zodat er meer met een molen geproduceerd kon worden, zonder daarbij de kast onnodig of onhandig groot en daarmee windgevoeliger en ook duur te maken. Vervolgens zal die persoon, als gevolg van het vorenstaande, op de gedachte gekomen zijn de spil in tweeën te delen. Het ene is onlosmakelijk met het andere verbonden. Hoe het echter in de praktijk ook gegaan is: doordat de stenen onder de as kwamen te liggen hoefde er boven de as geen maalgoed meer in de stenen gelaten te worden en was ook de ruimte om de stenen (boven de as) open te kunnen leggen niet meer nodig. Het gedeelte van de kast boven de as hoefde daardoor niet hoger te zijn dan voor het aswiel met vang nodig was. Vervolgens kon de stand van het voorkeuvelens met het stormschild daardoor vrij aan meer dan nauwelijks stapeling aangepast worden zodat er weer voldoende ruimte voor de schoot van de hekkens bleef. Deze beide geschetste volgorden van "uitvinden" had echter ook of net zo goed, tot gevolg dat de molenaar zich tijdens het zeilvoorleggen niet meer uit alle macht vast hoefde te houden om niet te vallen.

Een tweede reden van de stapeling is de stabiliteit van een molen. Hoe meer het gewicht van een molen rond de standaard geconcentreerd is hoe stabiel een molen staat. Het gaat hierbij niet alleen om het gewichtszwaartepunt van het totale gewicht van een kast met kruis en al het verdere, maar net zoveel om de afzonderlijke gewichten van o.a. kruis, staart, stenen en alles wat zich verder in of aan de kast bevindt. Ook voor deze afzonderlijke gewichten geldt dat die zich het beste zo dicht mogelijk bij de standaard moeten bevinden.

Een standaardmolen mag nog zo goed gebouwd zijn; de kast kan altijd t.o.v. de standaard heen en weer bewegen. Deze beweeglijkheid wordt door de sleet bij de zetel en van de stormpen boven aan de standaard met de jaren alleen maar groter.⁵ Met het kleiner worden van de afstand van de afzonderlijke gewichten van de hartlijn van de standaard zal het impulsmoment van die afzonderlijke gewichten op de standaard daarmee ook afnemen. De impulsmomenten zo klein mogelijk houden is voor de stabiliteit van alle molens al belangrijk, maar voor een standaardmolen in het bijzonder. De stenen onder de as waardoor die vlak boven de steenbalk en dicht bij de hartlijn van de standaard kwamen te liggen (de eerste molens hadden maar één

⁵ Benamingen hier volgens 'De standerdmolen' van Erik Tijman, Jan Scheirs en Dick Zweers.

koppel stenen) droeg en draagt veel bij aan de stabiliteit van een molen t.o.v. een met de stenen boven de as. Een bijkomend voordeel was dat de vlucht en daarmee het uit de wind gehaalde vermogen hierdoor eveneens kon toenemen, zonder de kast heel hoog te maken. De grootte en met name de hoogte van de kast speelt hierin nl. eveneens een niet onbelangrijke rol. Hoe lager de kast hoe kleiner het gewicht er van en daarmee tevens het impulsmoment van de kast op de standaard. De windvang is hierbij eveneens van belang. Hoe lager de kast (t.o.v. het kruis) hoe minder vat de wind er in verhouding op heeft, met weer een kleiner impulsmoment, wat vooral met harde en stormwind van belang was en is.

Een derde reden van de stapeling is het leggen van de kruisplaten op teerlingen. Van de eerste molens werd de standaard met de steekbanden gedeeltelijke en kruisplaten helemaal in de grond ingegraven (afbeelding 5 en 6). Dit was om omwaaien te voorkomen. Door ingraven van de kruisplaten met de standaard hoefde er geen rekening met het vrijlopen van het kruis van steekbanden of kruisplaten gehouden te worden. Om echter de kruisplaten op teerlingen te kunnen leggen moest de as meer dan een klein beetje gestapeld worden (zie bijv. afbeelding 5 in 'Vleugelprofiel'). Met een kleine stapeling komt het gewicht van het hele kruis te ver in de buurt van loodrecht boven een zijde of zelfs daarbuiten, van het denkbeeldige vierkant welke die kruisplaten op de teerlingen vormen. Een ander nadeel van een kleine stapeling met de kruisplaten op teerlingen was dat de kast onnodig diep moest zijn of de as moest een heel eind uit de kast steken om het kruis voldoende vrij van de teerlingen te kunnen houden. Tevens moest de staart dan in wezen ook onnodig lang en zwaar zijn om bij een flinke wind van achteren voldoende tegenwicht te bieden. De eerste molens met de kruisplaten op teerlingen waren nl. nogal kleiner dan wij nu gewend zijn. Van kleine molens is daarbij bekend dat zij verhoudingsgewijs eerder omwaaien dan grote. Om het omwaaien te voorkomen moesten de kruisplaten van die vrij kleine molens in verhouding dan ook langer zijn dan van de latere grotere molens. De spinnekoppen maken dit duidelijk. Die hebben (meestal) een groter grondvlak dan de andere soorten molens om het omwaaien te voorkomen.

Een vierde reden van de stapeling is dat voor de as eveneens geldt dat die door het eigen gewicht moet blijven liggen. Hoe minder stapeling hoe gemakkelijker de as van een malende molen door de kamdruk van de bovenwielen naar voren wil schuiven. De winddruk alleen is bij stevig malen niet voldoende om uitelkaar werken van de kammen te voorkomen. De praktijk heeft geleerd dat het naar voren schuiven van de as bij een stapeling van een 13 graden zich niet voor doet (ook bij de zwaarst belaste molens zoals pelmolens niet). Eveneens blijft de as van een staande molen bij een storm van achteren op zijn plek liggen i.p.v. door de winddruk (van achteren) naar voren te gaan schuiven. Er wordt hiervoor gewoon gebruik van het gewicht van de as en daarmee van de zwaartekracht gemaakt. De as moest namelijk toch al aanzienlijke afmetingen hebben om de kop sterk genoeg te houden voor het kunnen dragen van de doorgestoken roeden. Ook moest de askop forse afmetingen hebben om het (krachten)koppel welke de roeden via de wiggen op de as uitoefenen te kunnen weerstaan, zonder dat de wiggen door teveel druk per vierkante centimeter voortdurend indrukken en daardoor los gaan werken. Daarnaast was het nodig dat de as binnen in de molen eveneens forse afmetingen had om, ook weer, het (krachten)koppel van de as via de wiggen op de door de as gestoken kruisarmen van het aswiel op dat wiel en zo verder, over te kunnen brengen. Hoe groter de afstand tussen de wiggen, hoe kleiner de krachten daardoor op die wiggen zijn (kracht maal arm). Ook die wiggen worden daardoor dan ook niet voortdurend zoveel samengeperst dat die los komen te zitten. De as moest dus om een serie redenen van aanzienlijke afmetingen zijn, wat tegelijk inhield dat die ook een groot gewicht kreeg. Dit grote gewicht daarbij tegelijk gebruiken om te voorkomen dat hij vooruit ging schuiven is dan ook niet meer dan logisch en de meest effectieve manier geweest om het uitelkaar werken van de kammen te voorkomen. Door de as een 13 graden te stapelen voorkwam het gewicht dat hij, tegen de zwaartekracht in, schuin omhoog en daarmee naar voren ging schuiven.

Natuurlijk zullen de eerste molen(tjes), met amper stapeling, vast wel een constructie gehad hebben om te voorkomen dat de as naar voren zou gaan schuiven. Met meer dan een beetje stapeling was zo'n constructie echter niet meer nodig. En waarom moeilijk doen als het makkelijk kan? Wanneer de as om andere redenen al een zodanige stapeling moest hebben dat de as tijdens

het malen en ook bij een storm van achteren niet naar voren zou schuiven dan had zo'n constructie geen zin meer.

Een vijfde reden van de stapeling, of tenminste een groot voordeel is dat de invloed van de wanwichtigheid van het kruis op het in het horizontale vlak heen en weer bewegen van ene molen tot een zekere grens verminderd naargelang de stapeling toeneemt. Hoe groter de stapeling hoe dichter het gewichtszwaartepunt van kruis bij de hartlijn van de standaard en ook bij die van de latere molens komt. De as kan daardoor korter dan met nauwelijks stapeling, met als gevolg dat de invloed van de wanwichtigheid in het kruis ook afneemt. Als voorbeeld de krachten daarvan in het horizontale vlak. Het zwaarste roede-eind wil de kop, in het verlengde van de roede, steeds naar die kant trekken (zelfkruiging eigenlijk) waar op een zeker moment dat zwaarste eind zich bevindt. De kop wordt door die wanwichtigheid daarom eerst de ene kant op getrokken en wanneer de roede 180 ° gedraaid is de andere kant op (weer kracht maal arm). Een aan een touw rond geslingerde steen geeft hier een goede indruk van. Hoe verder je de steen van je lichaam af rondslingert hoe meer je voelt dat je arm heen en weer getrokken wordt. Hoe korter nu de as hoe kleiner de (kracht)arm is waarmee de kop door de wanwichtigheid heen en weer getrokken zal worden. Hoe kleiner daarom de krachten welke op de hele molen uitgeoefend worden hoe minder sleet er zich in de verbindingen voor zal doen en hoe langer een molen mee kan. Dit gaat niet alleen voor het horizontale vlak op, maar ook voor het verticale vlak en alles wat daar tussenin zit. Kortom: de invloed van de wanwichtigheid is in dezen omgekeerd evenredig aan de lengte van de as tot aan de hartlijn van een molen. Bij een standaardmolen wordt de hele kast continu heen en weer getrokken en bij een torenvormige molen de kop. Bij een standaardmolen moet de kast met staart die heen en weer gaande krachten opvangen waarbij staart die bewegingen moet beperken. Van een torenvormige molen moet de kop die krachten opvangen en op de toren overbrengen. En ook bij de torenvormige molens moet de staart de bewegingen in het horizontale vlak binnen aanvaardbare perken houden. Voor torenvormige molens komt hier dan nog bij dat de toren door de wanwichtigheid welks zich continu in het horizontale vlak verplaatst eerst de ene kant en daarna de andere kant op getordeerd wordt. Deze tordering moet dan weer door het muurwerk van een stenen molen of de veldkruisen van een houten molen opgevangen worden.

Meer stapeling dan een 13 graden kan echter ook weer niet. Met een stapeling van meer dan een 13 graden gaat de wanwichtigheid op een andere wijze teveel opspelen (er is geen kruis dat niet een beetje tot soms een beetje veel, wanwichtig is). Ook hiervoor is de aan een touw in het horizontale vlak rondgeslingerde steen een goed voorbeeld. Hoe horizontaler zo'n steen rond geslingerd wordt (aan te raden is dit boven je hoofd te doen) hoe meer je hand in het horizontale vlak daardoor heen en weer getrokken wordt. Voor een molen gaat dit ook op. Hoe meer stapeling, hoe groter de krachten op de kast in het horizontale vlak zijn en vervolgens hoe groter het impulsmoment van de altijd al bewegende kast op de standaard is. De kast wordt door de wanwichtigheid, waardoor het ene roede-eind zwaarder is dan het andere, door die krachten voortdurend heen en weer geschud, met de steenbalk als draaipunt. Een torenvormige molen heeft die beweeglijkheid van een kast van een standaardmolen dan wel niet maar teveel wanwichtigheid probeert wel zo'n molen in het horizontale vlak heen en weer te schudden (zoiets als een boom in de wind). Betreffende dit punt is de stapeling van een 13 graden daarom een compromis om alle hier genoemde de krachten op de gehele molen zo klein mogelijk te laten zijn.

Voordelen van de stapeling

Naast de redenen van stapeling zijn er ook nogal wat voordelen. Zonder stapeling zouden er bijvoorbeeld nooit wipmolens ontwikkeld zijn. Het vierkant van de toren van een wipmolen heeft, om niet om te waaien, op de grond ongeveer hetzelfde oppervlak als een standaardmolen met een vergelijkbare vlucht nodig. De kop van een wipmolen kan echter veel kleiner zijn en is dat ook, dan de kast van een standaardmolen. Om die verhoudingsgewijze kleine kop te kunnen realiseren was het nodig dat de as meer dan amper gestapeld werd.

Eveneens waren er zonder een stapeling van een 13 graden ook nooit torenvormige poldermolens ontwikkeld. Het gewichtszwaartepunt van het kruis van een cilindrische torenmolen bevindt zich daarvoor te ver buiten de fundering. Cilindrische torenmolens als

poldermolens kunnen dan ook alleen wanneer de grond daar voldoende draagkrachtig voor is. Poldermolens moesten evenwel in natte gebieden op eigenlijk onvoldoende draagkrachtige tot ook op slappe gronden gebouwd worden. Zelfs de uitgebreide funderingen van poldermolens zoals bijvoorbeeld in Zuid-Holland, konden nog niet voorkomen dat veel molens na verloop van tijd over gingen malen (scheef gingen staan). Poldermolens konden dan ook alleen een succes worden wanneer het gewichtszwaartepunt van het kruis zich tenminste boven of iets binnen de fundering kwam te liggen. Voor poldermolens was het daarom belangrijk dat het hele gewichtszwaartepunt van een molen zo veel als mogelijk naar de verticale hartlijn van de molen en daarmee meer naar het midden van de fundering toe kwam te liggen dan bij een cilindrische of licht conische molen. Met andere woorden: zonder een stapeling van een 13 graden waren de poldermolens nooit zo'n succes geworden als dat ze geweest zijn.

Naast de bovengenoemde voordelen is er bovendien het voordeel dat de diameter van kop door de stapeling veel kleiner kan zijn dan van een molen met weinig stapeling. De kop wordt daardoor lichter in gewicht en kan met één kruierwerk gekruid worden. Vergelijk hiervoor bijvoorbeeld de Noord-Hollandse binnenkruiers met één kruierwerk met de torenmolen van Zeddam twee kruierwerken (in zijn reusachtige kop). Eveneens werden de molens, omdat ze door de stapeling conisch gebouwd konden worden, daarmee ook goedkoper dan een cilindrische molen. Steen of hout dat niet nodig was hoefde niet aangeschaft en daarmee ook niet betaald te worden. De kop alleen al vroeg minder hout en de toren werd ook goedkoper doordat er voor een stenen molen naar boven toe steeds minder stenen nodig waren en bij een houten molen kon ook voor de toren naar boven toe met steeds korter hout volstaan worden.

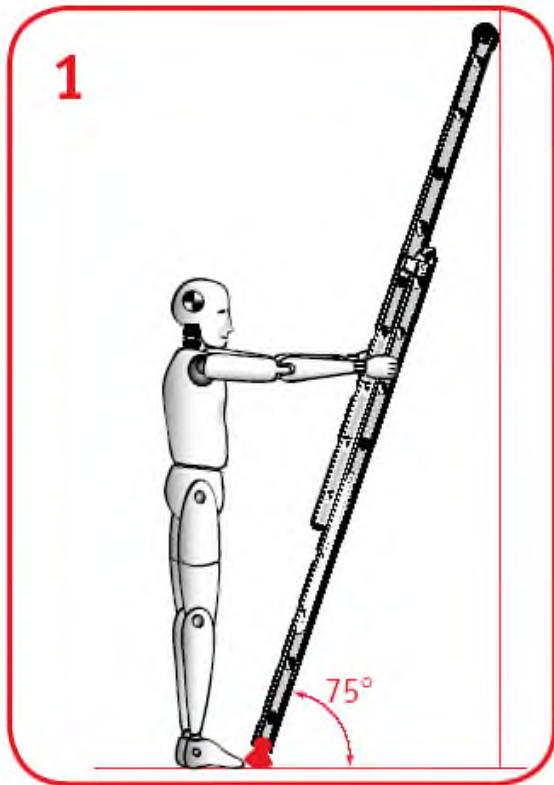
Een ander niet te onderschatten voordeel is dat een conische molen steviger is dan een cilindrische. Het gewicht van de kop drukt door de kegelvorm de toren rondom naar de hartlijn van de molen toe. Bij een cilindrische molen is dat niet het geval waardoor die daarom veel eerder uitelkaar maalt dan een conische. Het grote verschil in dikte van het muurwerk van een cilindrische t.o.v. van een conische molen wijst hier op. Deze voordelen zijn allemaal echter wel van nadat de as een grotere stapeling gekregen had dan amper.

Tot besluit

Spinnekoppen en tsjaskers vormen een uitzondering op stapeling van een 13 graden. Spinnekoppen hebben doorgaans een grotere stapeling en tsjaskers altijd. Voor een spinnekop kan dat omdat dit kleine molens zijn waardoor de wanwichtigheid daar een verhoudingsgewijs kleinere invloed op heeft dan op de grotere molens. Een tsjasker moet een grotere "stapeling" hebben omdat het kruis en de vijzel zich op één en dezelfde as bevinden. Met een stapeling van een 13 graden zou zo'n as onhandelbaar lang worden.

Voor wie dit allemaal te ver gedacht vindt: de geschiedenis leert dat alle "uitvindingen" altijd gedaan zijn om sneller en daardoor meer, maar ook gemakkelijker (in deze volgorde) te kunnen te produceren dan op een zeker moment mogelijk was. Zoals hierboven al aangegeven zijn daarbij eveneens alle "uitvindingen" altijd een geheel of gedeeltelijk voortborduren, uitbreiden, wijzigen of een aanpassen van voorgaande "uitvindingen", et cetera aan nieuwere inzichten en / of (iets) andere gebruiksdoelen geweest (en nog steeds zijn). De windmolens en de ontwikkeling ervan vormen hier geen uitzondering op.

Afbeeldingen met bijschriften



Afbeelding 1

Bron: Gebruiksaanwijzing voor ladders en trappen van de ladder- en trappenfabrikant Altrex.

Afbeelding 2

Bron:

<https://sites.google.com/site/moulinsdanjou/moulins-d-anjou/moulins-avent/moulins-turquant/fig%201%20%20Lambert%20Doomer%20Min%20turquois.jpg>

Een windmolen bij Vieillevigne (Provincie Anjou in Frankrijk). Dit is een gedeelte van een tekening welke bij het museum 'Boymans Van Beuningen' in Rotterdam in depot aanwezig is.

Deze molen heeft tot \pm halverwege de 17^e eeuw een 30 km ten zuidoosten van Nantes (Frankrijk) bij de plaats Vieillevigne gestaan. Gezien de hoogte van de kast boven de as kan het niet anders dan dat de stenen boven de as liggen. Bovendien is er vanwege ontbrekende kledhout aan het onderende van de kast, onder as niets van stenen of wat daarmee te maken heeft te zien. Gezien het ontbreken van enig kledhout verkeerde de molen blijkbaar al in zijn nadagen.





Afbeelding 3

Bron: Fotograaf Sergej Michajlovitsj Prokoedin-Gorski. De foto is omstreeks 1910 door hem genomen

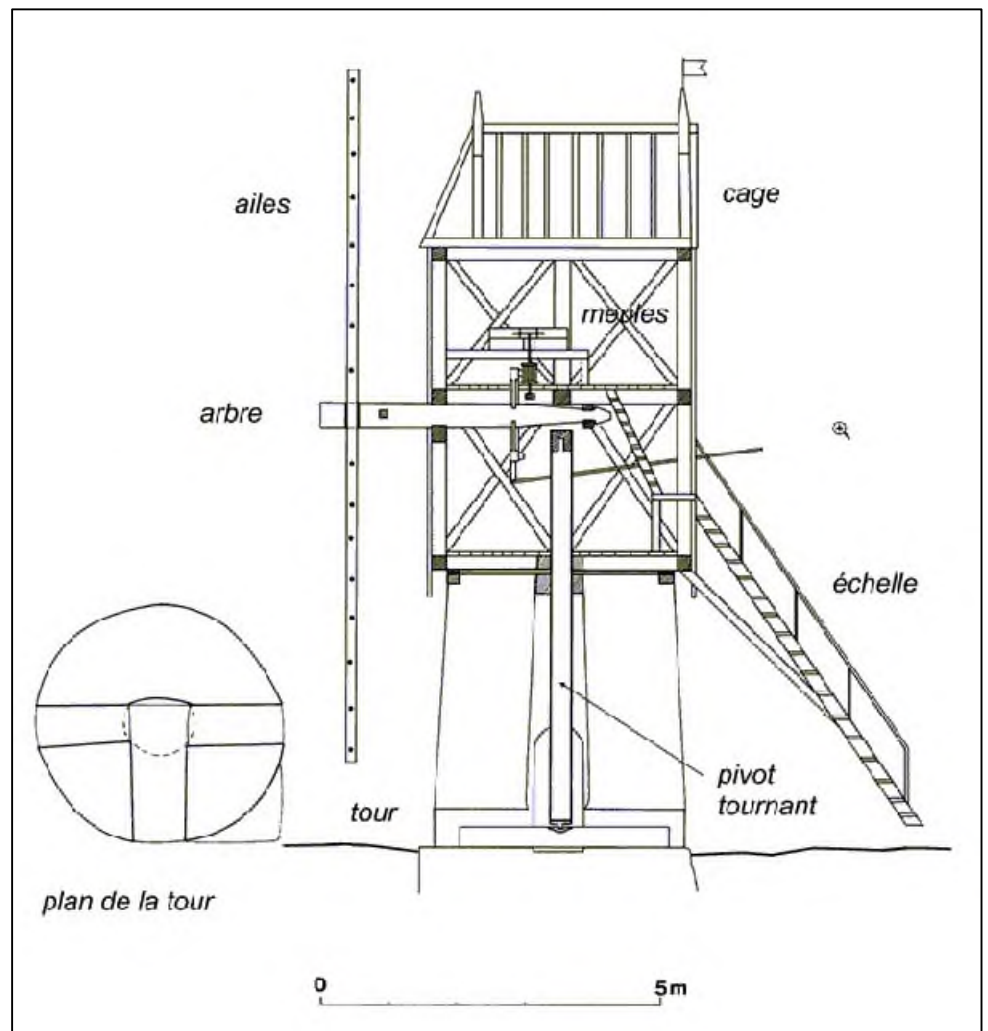
Windmolens in West-Siberië. Op deze foto zijn molentjes met de stenen boven als wel onder de as te zien.

Afbeelding 4

Bron:

<https://sites.google.com/site/moulinsdanjou/moulins-d-anjou/moulins-a-vent/moulins-turquant/Fig%201%20%20Lambert%20Doomer%20Min%20turquois.jpg>

Dit is een reconstructie-tekening van de molen bij Vieillevigne op afbeelding 2.





Afbeelding 5

Bron:

<http://medievauropeilluminated.blogspot.com/2014/10/harnessing-wind-energy-production-in.html>

Een detail van een afbeelding in een Vlaams manuscript uit 1338. Op deze afbeelding is te zien dat de standaard met de steekbanden gedeeltelijk in de grond ingegraven zijn.



Afbeelding 6

Bron: <http://medievauropeilluminated.blogspot.com/2014/10/harnessing-wind-energy-production-in.html>

Een prent uit het 'Luttrell Psalter: Psalms 87' (Lincolnshire, begin 14^e eeuw), de molenaar ontvangt graan (molen rechts op de afbeelding)