

Hoofdstuk 17 De watermolen

Inhoud	pagina
17.1 Ontwikkeling van de watermolen	3
17.1.1 Inleiding	
17.1.2 De rondgaande maalstenen	
17.1.3 De watergedreven molen	
17.1.4 Watermolens met horizontaal geplaatst waterrad	
17.1.5 Watermolens met verticaal geplaatst waterrad	
17.2 Het stuwrecht	7
17.2.1 Inleiding tot het stuwrecht	
17.2.2 Behoud van stuwrecht	
17.3 Waterraderen en turbines	8
17.3.1 Inleiding	
17.3.2 Onderslagraderen	
17.3.3 Middenslagraderen	
17.3.4 Bovenslagraderen	
17.3.5 Houten waterraderen	
17.3.6 Verbeterde waterraderen	
17.3.7 Bijzondere waterradopstellingen	
17.3.8 Waterturbines	
17.3.9 Het molenwater	
17.4 Het gaande werk	18
17.4.1 Inleiding	
17.4.2 De korenmolen	
17.4.3 Het gangwerk of gaande werk	
17.4.4 De oliemolen	
17.4.5 Van hout naar ijzer	

AANTEKENINGEN

17.1 ONTWIKKELING VAN DE WATERMOLEN

Vooraf

Dit hoofdstuk behoort niet tot de examenstof voor windmolenaars. Enige algemene kennis over watermolens wordt voor hen wel waardevol geacht, daar zij samen met de watermolenaars ambassadeurs zijn voor het molenaarsambacht.

17.1.1 Inleiding

De watergedreven molen of kortweg 'de watermolen' is heel veel ouder dan de windmolen.

De aanleiding tot het ontwikkelen van de watermolen was de totale verandering van de leefwijze van de mens waarbij werd overgegaan van een nomade- en jagersbestaan naar het leven van een akkerbouwvolk. Zolang de mens leefde van alles wat eetbaar was en wat hem toevallig voor de voeten kwam was er geen behoefte aan enig werktuig tot het verkleinen of fijn maken van allerlei soorten voedsel.

Pas na de overgang naar akkerbouw waarmee het voedsel grotendeels ging bestaan uit de zaden van allerlei grassoorten veranderde dit. Deze veelal voor directe consumptie te harde zaden moesten eerst fijngewreven worden tussen wrijfstenen of fijngestampt in stamperpotten of mortieren.

*wrijfsteen
stamperpot, mortier*

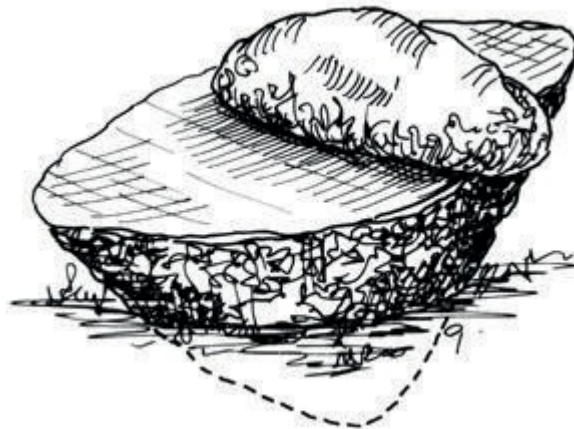


Fig. 17.1.1.1
Prehistorische wrijfsteen, een z.g. zadelsteen

Het werken met wrijfstenen werd echter in de landen rond de Middellandse Zee zeer snel overvleugeld door de steeds beter ontwikkelde en bruikbare maalstenen. De maalstenen bleven verspreid over Europa in gebruik tot in de 1^e en 2^e eeuw n. Chr. Ze werden nl. ook nog gevonden in de graven van de Germanen en Kelten die o.a. leefden op de gronden die nu vallen onder de provincie Drenthe.

17.1.2 De rondgaande maalstenen

rondgaande steen

In de ontwikkeling van het fijnwrijven van zaden werd een grote stap voorwaarts gezet toen men overging van de wrijfsteen naar de rondgaande steen. Wanneer dat gebeurde is niet bekend.

kweern

Eerste waren er de met de hand draaibare maalsteentjes, de z.g. kweerns, een voor thuisgebruik gemaakt maalkoppeltje. Deze waren allen van vlakke maalsteentjes voorzien.

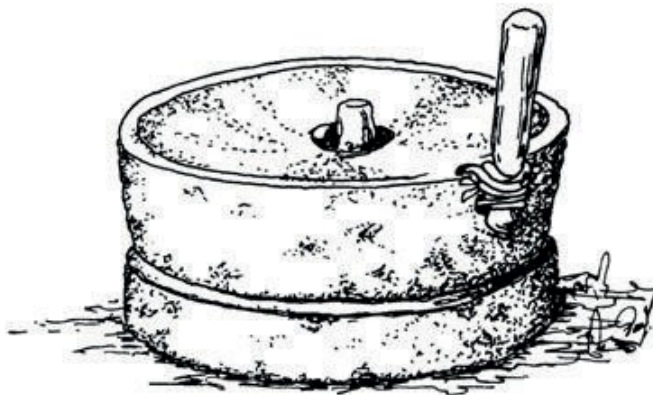


Fig. 17.1.2.1
Een rondgaand maalkoppeltje, de
z.g. kweern

De oudste betrouwbare informatie betreffende grote rondgaande maalstenen in Europa zijn de vondsten daarvan in het Italiaanse Pompeï. Deze stad werd in het jaar 79 n. Chr. door een uitbarsting van de vulkaan Vesuvius onder een dikke aslaag bedolven.

diabolo-vormige maalstenen

Tijdens opgravingen gedurende de laatste 100 jaar werd daar een complete bakkerij gevonden die beschikte over een drietal diabolo-vormig maalstenen. Het waren maalstenen aangedreven door dieren of slaven. Ze waren vervaardigd van een soort harde lavasteen.

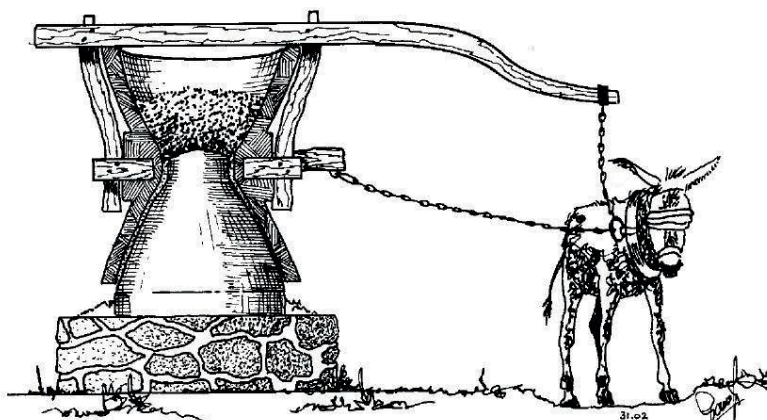


Fig. 17.1.2.2
Romeinse diabolo-vormige
maalsteen

Over een kegelvormige liggersteen draaide een diabolo-vormige lopersteen. In het midden en op de top van de kegel stond een gietijzeren astap waarop een eveneens gietijzeren plaat rustte. Deze plaat had de functie van een rijs en was voorzien van een viertal gaten. Via deze gaten liep het graan tussen de stenen. Ook vond men in Pompeï nog een aantal van deze maalstenen waarin deze rijsplaat vervangen was door een brede gietijzeren strip. Een uitvoering dus die al sterk doet denken aan de ons bekende tweetaksrijs.

kegelvormige maalsteen

In het Romeinse Rijk kwamen naast de bovenvermelde diabolo-vormige maalstenen de maalkoppels met flauw kegelvormige maalstenen veelvuldiger in gebruik. De grote maalkoppels waren bestemd voor de bakkerijen, de kleinere voor gebruik op grote landgoederen en boerderijen

vlakke maalsteen

De ontwikkeling van de maalstenen verliep van spits-kegelvormig via flauw kegelvormig naar tenslotte de vlakke maalsteen.

17.1.3 De watergedreven molen

<i>waterkracht</i>	Wanneer de mens is overgegaan tot het toepassen van waterkracht, in welke vorm dan ook, is niet bekend. Ook weten we niet wanneer men waterkracht is gaan toepassen voor het aandrijven van maalstenen.
<i>watergedreven molen</i>	De oudste vermeldingen stammen uit het oude Griekenland rond het jaar 100 v. Chr. We vinden deze vermelding in een geschrift stammende uit de tijd rond het begin van onze jaartelling. Hierin wordt een opsomming gegeven van de opmerkelijke gebouwen in het rijk van Mitridates, waaronder watergedreven molens. Dit rijk was gelegen in het uiterste noorden van het huidige Turkije en daar kende men dus al dit type molen.
<i>verticaal en horizontaal waterrad</i>	Bij de Romeinen waren watermolens bekend met twee geheel verschillende principes, nl. molens met een verticaal of met een horizontaal geplaatst waterrad. Welke van de twee de eerst ontwikkelde was zal wel nooit meer te achterhalen zijn. Gezien de uiterst simpele uitvoering van de molens met horizontaal geplaatst rad is dit hoogstwaarschijnlijk het oudste type.

17.1.4 Watermolens met horizontaal geplaatst waterrad

<i>Stockmühle</i>	In landen met een bergachtig gebied kwamen waarschijnlijk molens met horizontaal schoepenrad het meest voor. Gezien de constructie is dat ook verklaarbaar, daar dit type molen sterk afhankelijk is van zeer snelstromend water. Het principe is dat een krachtige, gerichte waterstraal wordt geleid op vlakke of lepelvormige schoepen. Deze in het bergachtige gebied onder de naam 'Stockmühle' bekendstaande molen is door zijn bouw veel eenvoudiger dan de watermolens met een verticaal geplaatst rad en heeft in principe de oervorm van de turbine. Tegenwoordig kan men dergelijke molens nog aantreffen in Noorwegen, waarvan enkele nog maalvaardig zijn.
-------------------	--

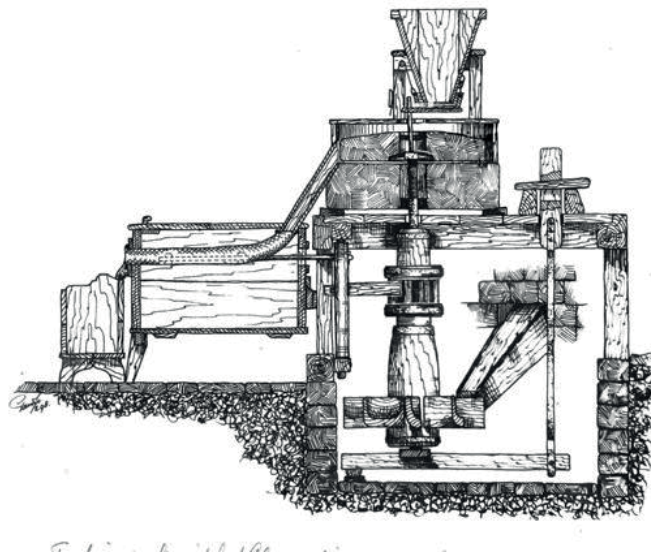


Fig. 17.1.4.1
Een voorbeeld van een complete
Stockmühle

De as waarop het schoepenrad is geplaatst heeft daar zijn lagering aan de onderzijde op een soort pasbalk (fig.17.1.4.1). Op de top van diezelfde as rust ook de lopersteen.

De schoepen zijn, al naar gelang de hoeveelheid water die beschikbaar is om de molen aan te drijven, op diverse manieren uitgevoerd.

Dit type molen is door de te geringe hoogteverschillen in ons land nimmer toegepast. Het spreidingsgebied is rond de Middellandse Zee en in het Alpengebied.

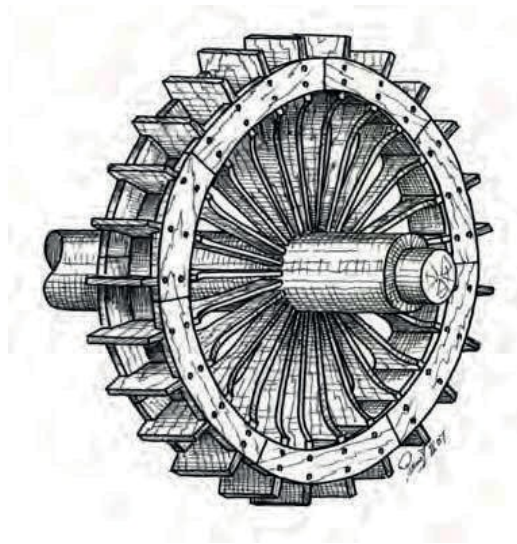
We zullen er in het kader van dit Handboek verder geen aandacht aan besteden.

17.1.5 Watermolens met verticaal geplaatst waterrad

Rond 40 n. Chr. komen we meer en duidelijker vermeldingen van watermolens tegen met een verticaal geplaatst waterrad.

Aan de hand van deze vermeldingen was het zelfs mogelijk, de vermoedelijke uitvoering te reconstrueren (fig.17.1.5.1). Het eerste tastbare bewijs van het bestaan van watermolens in het begin van onze jaartelling werd gevonden bij Venafio, in de Italiaanse provincie Compobasso. Het gevonden waterrad dateerde van ongeveer 300 n. Chr. en had een diameter van 1,85 m.

De verdere ontwikkeling van de watermolen was in wezen rond het jaar 1000 in grote lijnen voltooid.



*Fig. 17.1.5.1
Reconstructie van een
watermolenrad uit de Romeinse
tijd*

17.2 HET STUWRECHT

17.2.1 Inleiding tot het stuwrecht.

Om een watermolen te kunnen gebruiken heeft men het 'recht van stuwen' nodig. Om gedurende langere tijd met een watermolen te kunnen malen heeft men niet alleen voldoende water maar ook voldoende verval nodig, om het rad met enige kracht en snelheid rond te laten gaan.

De molenaar moet dus het recht hebben om het toestromende water tot een bepaalde hoogte te mogen opsparen d.m.v. het plaatsen van een stuw.

stuw

stuwrecht

Het recht om het water te mogen stuwen is verbonden met het stuwrecht.

De stuwrechten zijn onverbrekkelijk verbonden aan het molenrecht.

molenrecht

De wet kent in wezen het molenrecht niet en spreekt alleen van stuwrecht, dit om verwarring te voorkomen. Het recht om een molen op te richten geeft nog niet automatisch het stuwrecht, daar het molenrecht ook betrekking kan hebben op een windmolen. Andersom is dit wel het geval, als men stuwrecht heeft betreft dit ook het recht tot het oprichten van een watermolen.

De rechten gelden tegenwoordig alleen nog voor niet-bevaar- of vlotbare wateren. Het betreft dus alleen de beken met een relatief smalle breedte en geringe diepte. Dit soort beken treffen we aan in de provincies Limburg, Noord-Brabant, Gelderland en Overijssel. Hierdoor heeft de watermolenaar dan ook te maken met Provinciale Waterstaat waaraan door het Rijk het toezicht is gedelegeerd. Daarnaast ook nog met de waterschappen waaronder de desbetreffende watergang valt.

watermolenaar

Provinciale Waterstaat

waterschappen

17.2.2 Behoud van stuwrecht, bewijsrecht en instandhouding

Indien men méér over deze zaken te weten wenst te komen, is men aangewezen op de schaarse jurisprudentie betreffende dit onderwerp.

Ondanks dit probleem dient de overheid wel degelijk rekening te houden met de verleende stuwrechten. Er mag hier niet zomaar aan voorbijgegaan worden.

bewijs van stuwrecht

Bewijs van stuwrecht kan simpelweg geleverd worden aan de hand van het feit, dat er langdurig gebruik is gemaakt van dit recht zonder dat iemand ooit dit recht heeft betwist.

vervallen

vervallen verklaard

Er zijn een viertal redenen waardoor het stuwrecht vervallen kan zijn of vervallen kan worden verklaard nl.:

- er gedurende dertig jaren geen gebruik van hebben gemaakt.
- er formeel afstand van hebben gedaan
- onteigening d.m.v. de Onteigeningswet
- afkoop door het Rijk of de waterschappen

Waterstaatswet van 1900

De overheid zal in het laatstgenoemde geval de benadeelde afdoende schadeloos moeten stellen, zoals is vastgelegd in de Waterstaatswet van 1900 in art. 12a.

17.3 WATERRADEREN EN TURBINES

17.3.1 Inleiding

waterrad
boven-, midden-, onderslagmolen
turbinemolen

Watermolens worden getypeerd naar de uitvoering van het waterrad, namelijk: bovenslag-, middenslag- en onderslagmolens. Maakt de watermolen gebruik van een turbine dan wordt het een turbinemolen genoemd.

draaitap, astap

Tot in de tweede helft van de 19e eeuw waren alle waterraderen van de molens van hout en eenvoudig van constructie. Ook de assen van de molens waren van hout. Rond de draai- of astappen waren ijzeren banden aangebracht ter versteviging. De lageringsdelen zijn, net als de houten bovenassen van windmolens, voorzien van strippen, de schenen. De tappen draaien eveneens in open hardstenen lagers en worden gesmeerd met ongezoeten varkensvet. Later werden ijzeren tappen met een aanmerkelijk kleinere diameter in de houten assen aangebracht, die met stroppen werden vastgezet. De lagers bestaan dan uit een gietijzeren lagerblok met daarin een bronzen schaal.

schenen
ongezouten varkensvet
ijzeren tap

De levensduur van dergelijke houten raderen, die dagelijks in bedrijf zijn, is relatief kort en kan gemiddeld op 25 jaren worden gesteld.

gietijzeren lagerblok,
bronzenschaal

In veel molens werd nog lang de houten as gehandhaafd, zelfs na de plaatsing van een gietijzeren gangwerk of een ijzeren waterrad. Het aswiel en het waterrad hebben in het midden een grote opening, het spiegelgat genaamd, waarin de houten as wordt vastgewigd.

aswiel
spiegelgat

Rond 1900 kwamen ook gemengde constructies voor, bestaande uit een stalen as met ijzeren naven voor de houten spaken, een houten velg en plaatijzeren schoepen. Bij een aantal korenmolens werd het houten waterrad tot de jaren dertig of veertig van de 20e eeuw gehandhaafd. Thans komen deze raderen nog op slechts enkele molens voor. Bij andere molens werden zij vervangen, soms door een ijzeren waterrad maar meestal door een waterturbine.

spaak
schoep

De meeste geheel houten assen en wielen treffen we nu nog aan in Overijssel en Gelderland. In Limburg en Noord-Brabant wordt voornamelijk gietijzer toegepast voor het gaande werk.

waterturbine

17.3.2 Onderslagraderen

onderslagraderen
ark, waterleider

Bij onderslagraderen stroomt het water met grote snelheid in en door de ark of waterleider waarin het rad draait en botst daarbij tegen de onderste schoepen. Deze worden weggedrukt waardoor het rad gaat draaien. De rechte schoepen staan meestal haaks (radiaal) of soms een beetje schuin t.o.v. de velg.

Een nadeel bij veel Limburgse waterraderen was de geringe breedte en hoogte. Onderslagraderen worden gebruikt tot een verval van ruim een meter.

De meeste watermolens met eenvoudige open lagers hebben een zekere aanlooptijd nodig, waarin meer water wordt verbruikt dan onder normale bedrijfsomstandigheden. Het zwaar aanlopen kan verminderd worden door de lagers goed te smeren.

De diameter van onderslagraderen bedraagt gewoonlijk 4 tot 8 meter en het aantal schoepen 24 tot 48.

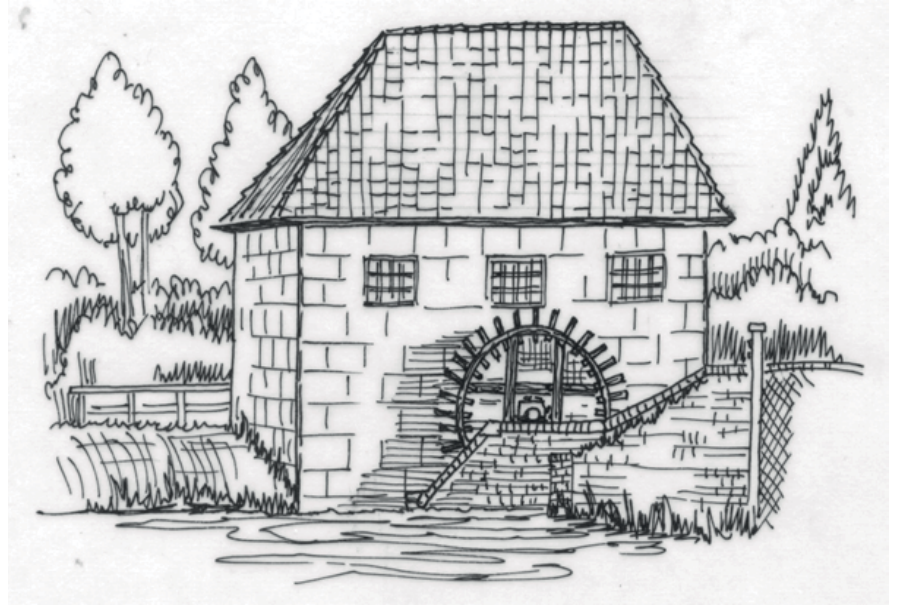


Fig. 17.3.2.1
Molen met onderslagrad

17.3.3 Middenslagraden

middenslagrad

laag-middenslagrad
hoog-middenslagrad

plaatijzeren schoepen

Bij een middenslagrad komt het water ongeveer op ashoogte op de schoepen. Stroomt het water op een veel lagere of hogere plaats binnen, zoals bij een klein of hoger verval, dan is het een laag middenslagrad of een hoog-middenslagrad. De vlakke schoepen staan soms schuin op de velg, bij een grote middellijn recht op de velg. In het midden van de 19e eeuw verschilden onderslag- en middenslagraden weinig van elkaar in vorm. Oorspronkelijk trad het water op geringe hoogte in het rad, om te voorkomen dat het over de schoepen sloeg. Bij de latere houten raderen met plaatijzeren schoepen waren de schoepen aan de binnenzijde van het rad omgezet om dit overslaan van water te verminderen.

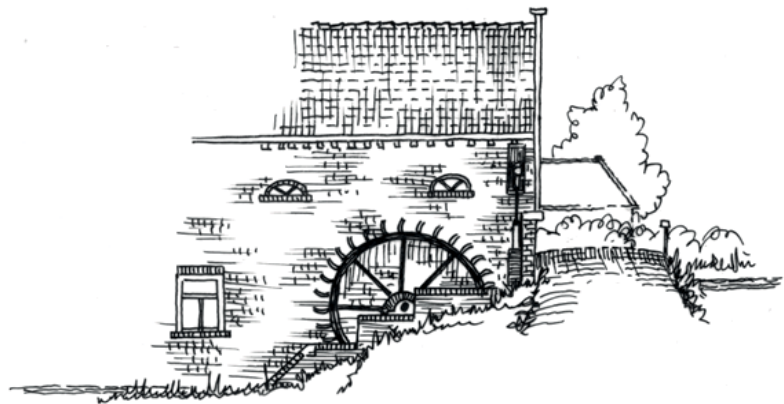


Fig. 17.3.3.1
Molen met middenslagrad

gebogen schoepen

Een middenslagrad gaat draaien onder invloed van de botsende werking van het water op de schoepen én het gewicht van het water dat in de cellen blijft staan totdat deze het laagste punt bereiken.

Eind 19^e eeuw en in het begin van de 20^e eeuw werden bij een aantal molens de houten waterraderen vervangen door geheel metalen raderen, voorzien van gebogen schoepen. Soms zijn de zijkanten van de cellen door rondgaande platen afgesloten. Middenslagraderen worden toegepast bij een verval van 1 tot ruim 3 meter.

17.3.4 Bovenslagraderen

*goot, kanjel
cellen*

Bij bovenslagraderen wordt het water met een goot of kanjel tot boven het rad gevoerd waarna het via een geopende klep in de cellen stroomt.

De zijkanten van de cellen zijn door twee houten velgen of een beplating afgesloten. Onder invloed van het gewicht van het water in de cellen gaat het rad draaien. Bovenslagraderen worden toegepast bij een verval van meer dan 2 tot 5,5 meter.

De houten cellen zijn onder een hoek van 30° op de omtrek geplaatst.

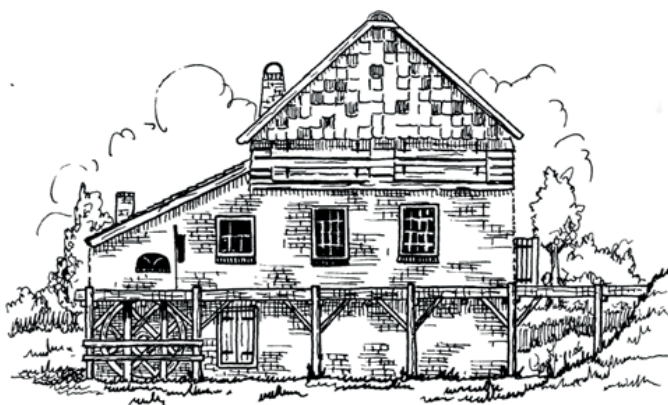


Fig. 17.3.4.1
Molen met bovenslagrad en
lange kanjel

17.3.5 Houten waterraderen

*schoepenkrans
wateras*

*radiale spaken,
kruisarmen*

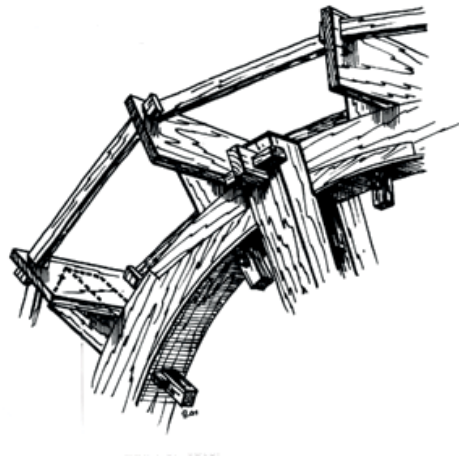
*spiegelgat
draaitappen*

In zijn eenvoudigste vorm bestond een houten waterrad uit een velg met schoepenkrans en een dubbele rij van elk vier spaken, die straalsgewijs met spieën en kepen op de wateras waren vastgezet. De spaken waren gelijkmatig over de omtrek verdeeld. De korenmolens van Swalmen had tot eind 1944 nog een dergelijk onderslagrad met radiale spaken.

De meeste bovenslagraderen waren uitgevoerd met zware houten kruisarmen, die aan de zijkanten van de schoepenkrans waren bevestigd. Deze constructie werd meestal toegepast bij waterraderen met een kleine diameter, zoals genoemde bovenslagraderen.

Ter plaatse van het spiegelgat van het waterrad en het aswiel was de wateras vierkant en verliep rond of veelhoekig naar de draaitappen.

Middenslag- en onderslagraderen waren meestal uitgevoerd met een rij van acht spaken, die in de daarvoor bestemde kepen op de achzijdige wateras zijn gestoken.

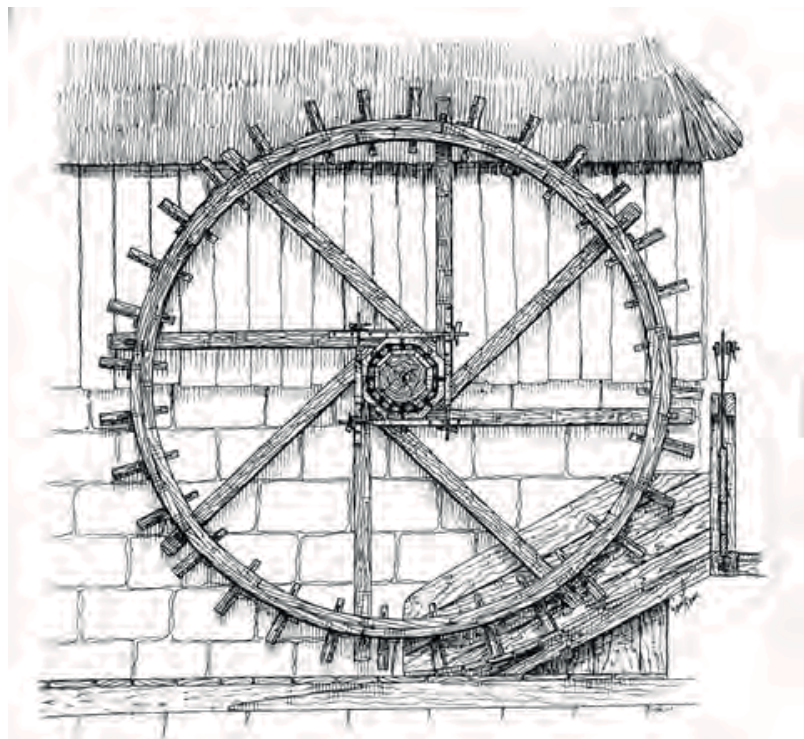


*Fig. 17.3.5.1
Opbouw van een watterrad met
ringstukken en schoepen met
staarten*

*staarten,
ringstukken*

Onderslag- en middenslagraderen zijn voorzien van één enkele zware velg waarin de staarten van de schoepen zijn gestoken. De velg bestond uit ringstukken die door liplassen onderling aan elkaar zijn verbonden.

Bovenslagraderen met een grote diameter waren ook zo uitgevoerd. Deze raderen hebben aan iedere zijde van de schoepenkrans één rij spaken.



*Fig. 17.3.5.2
Geheel houten laag- middenslag
watterrad, met radiaalspaken,
voor een middenslagmolen*

17.3.6 Verbeterde waterraderen

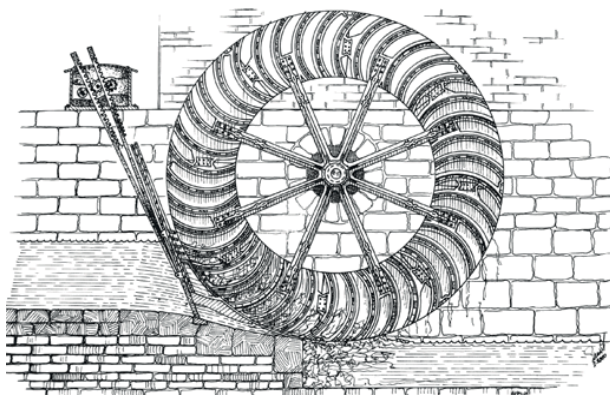
Gedurende de 19^e eeuw werd in verschillende landen onderzoek verricht en werden theorieën ontwikkeld die tot een grote verbetering van de toenmalige waterraderen leidde.

Het Ponceletrad

*Ponceletrad
gebogen schoep
grondark*

De Fransman J.V. Poncelet ontwikkelde een ijzeren waterrad, het z.g. Ponceletrad, waarbij het water vrijwel zonder botsing tegen de gebogen schoepen naar boven toe tussen de schoepen stroomt. Er werd een met de ronding van het rad meelopende grondark aangebracht. Tevens werd de schuif dicht bij de omtrek van het waterrad aangebracht. Hierdoor werd het rendement aanzienlijk verbeterd. Ook werden aan de zijkanten de cellen afgesloten door een beplating, waardoor het water opgesloten werd in de cellen. Bij een juiste uitvoering bereikte dit onderslagrad een rendement van 65 tot 70%.

Het eerste Ponceletrad in ons land werd in 1846 aangebracht aan de 'Slaanmolen' in Eijsden. Verder kan men Ponceletraderen aantreffen in Limburg op de molens in St.Pieter en Oud Vroenhoven bij Maastricht en de molens van Petrus Regout te Maastricht en op de schorsmolen in Gulpen.



*Fig. 17.3.6.1
Geheel metalen Poncelet
rad. Dit type rad werd uitsluitend
als onderslag-rad toegepast*

Het Sagebienrad

Sagebienrad

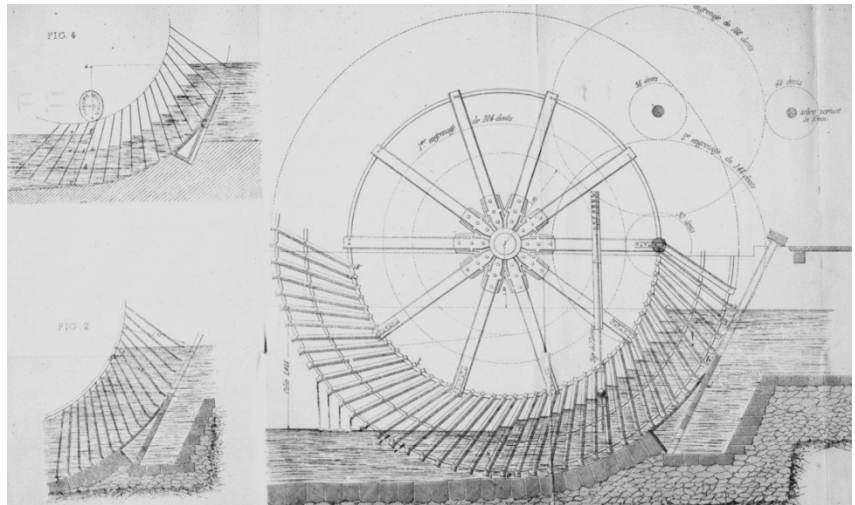
De Fransman Sagebien ontwikkelde het naar hem vernoemde Sagebienrad, een onderslagrad voor grote middellijnen met zeer veel schoepen. Het was bijzonder geschikt voor grote hoeveelheden water en het ontwikkelen van grote vermogens. Het water treedt in een dikke brede stroom langzaam in het waterrad, zodat botsingsverliezen bijna geheel worden vermeden.

Het verval wordt vrijwel uitsluitend als drukval gebruikt. Het rendement was hoog en bedroeg 85 tot 90 %. Sagebienraderen werden toegepast in Nekum (Oud Vroenhoven) bij Maastricht.

Bij de meelfabrieken in Roermond werden de oorspronkelijke Ponceletraderen vervangen door één groot Sagebienrad.

Sinds 2020 heeft de watermolen van Geijsteren weer een Sagebienrad waarmee elektriciteit wordt opgewekt.

*Fig. 17.3.6.2
Schets van een Sagebierenrad,
uitgevoerd als middenslagrad.
De constructie lijkt op een
scheprad met veel schoepen.*



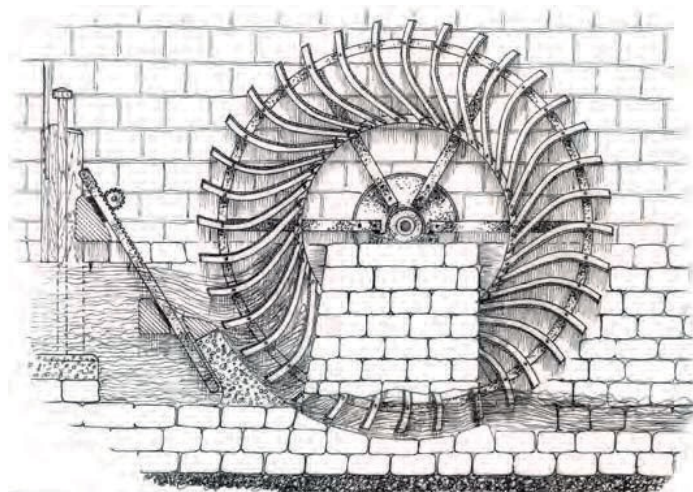
Het Zuppigerrad

Zuppigerrad

In de tweede helft van de 19^e eeuw ontwikkelde bouwkundig ingenieur W. Zuppinger het naar hem genoemde waterrad. Deze raderen vonden in Duitsland als onder- en middenslagrad veel toepassing. Bij sterk wisselend verval bereikt een Zuppigerrad nog een rendement van 75%. Het toerental is ongeveer 5 omwentelingen per minuut en het grootste vermogen hierbij verkregen 60 kW (80 PK).

Raderen met een breedte van 5 en 6 meter waren in Duitsland geen uitzondering. Zuppinger paste bij de bouw veel gietijzer toe. De schoepen werden uit houten delen samengesteld.

Watterraderen volgens het Zuppingerprincipe gebouwd vinden we nog in de Kruitmolen van Valkenburg-Houtem en aan de Bovenste Molen in Mechelen, waar het rad nog in 1978 werd aangebracht.



*Fig. 17.3.6.3
Geheel metalen Zuppigerrad
uitgevoerd als onderslagrad.
Het water stroomt via een dubbel
instelbare schuif op de schoepen*

17.3.7 Bijzondere waterradopstellingen

Het kwam in Limburg op meerdere plaatsen voor dat twee waterraderen achter elkaar in dezelfde watergeleider draaiden. Het voorste rad was meestal een middenslagrad of een onderslagrad met een groot verval, het achterste rad was dan een onderslagrad. Het achterste waterrad maakte gebruik van de snelheid van het water na het passeren van het voorste rad.

Een bijzondere opstelling van een onderslag- en een bovenslagrad naast elkaar komt in de 'Kasteelmolen' in Arcen voor. De twee boven elkaar gelegen molenassen drijven één koningsspil van het gangwerk aan.

17.3.8 Waterturbines

Ondanks diverse min of meer succesvolle verbeteringen aan de waterraderen bleken deze toch op den duur niet geheel te voldoen aan de wens om meer vermogen te halen uit het beschikbare toestromende water.

Dit was geen nieuw probleem: reeds in de 4^e tot 5^e eeuw ontwikkelde men een eenvoudige turbinemolen die toen nog geheel in hout uitgevoerd werd.

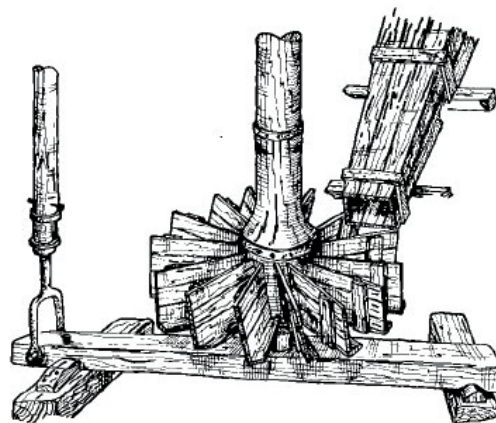


Fig. 17.3.8.1
Voorbeeld van een geheel
houten turbine van een z.g.
Stockmühle

Ontwikkeling van de hedendaagse turbine

Diverse technici beijerden zich dan ook om iets beters te maken. Het probleem dat om een oplossing vroeg was het toch nog altijd verloren gaan van te grote hoeveelheden water bij de diverse waterraderen.

De resultaten van de onderzoeken leidden uiteindelijk naar de turbinegedreven molen.

Ook in ons land werd er over nagedacht, wat blijkt uit het welbekende boek van Krook, uitgegeven in 1850. Afgebeeld zijn tekeningen van een meelfabriek uitgerust met een turbine. Of de daarin getoonde turbine ooit ergens toepassing heeft gevonden is niet bekend.

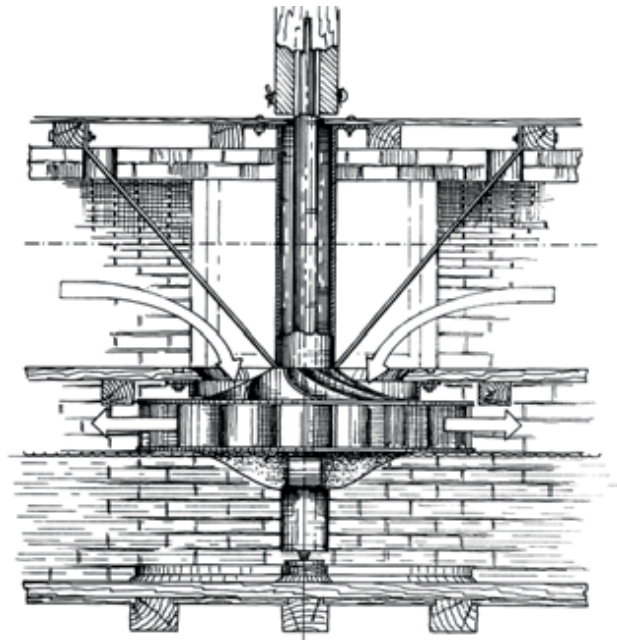


Fig. 17.3.8.2
De door Krook ontworpen turbine

- waterturbine
- schacht
- turbinehuis
- schoepenwiel
- leidschoepen
- loopwiel
- werkschoepen
- voetlager

Een waterturbine is in principe een horizontaal geplaatst wiel met kleine schoepen dat zich geheel onder water bevindt in een gemetselde of betonnen koker, de schacht; alleen de as en de bediening van de regeling van de watertoevoer in het turbinehuis komen boven de waterspiegel uit. De turbine zelf bestaat uit een rond gietijzeren turbinehuis waarin de rotor, een schoepenwiel, draait. Aan de omtrek of aan de bovenzijde van het huis zijn verstelbare schoepen aangebracht, leidschoepen genaamd. Deze schoepen leiden het water volgens een zo ideaal mogelijke stroomlijn op de schoepen van het loopwiel. Het water stroomt door de schacht naar beneden in het turbinehuis en wordt daarbij door de leidschoepen op de werkschoepen gericht. Door het gewicht en de snelheid van het toestromende water wordt de turbine in een draaiende beweging gebracht. De druk wordt door hetvoetlager opgenomen.

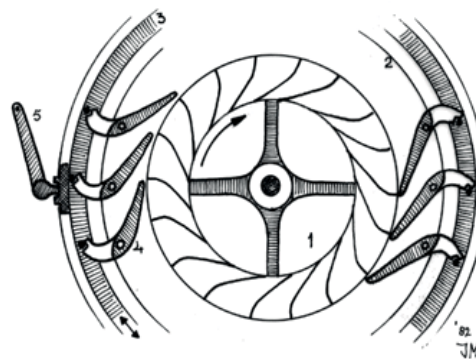
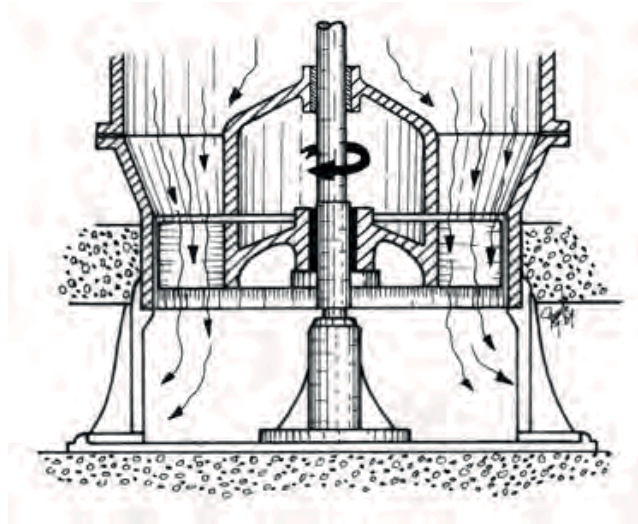


Fig. 17.3.8.3
Doorsnede van een turbine met leid- en werkschoepen

Girard-turbine

Girard-turbine

In het midden van de 19e eeuw was de kleine, eenvoudige en daardoor goedkope Girard-turbine zeer populair. Deze turbine was een sterk verbeterde uitvoering van de bestaande constructies, waarop omstreeks 1850 een aantal patenten werd verleend.



*Fig.17.3.8.4
Een doorsnede van het
turbinewiel zoals toegepast in
een Girard-turbine*

*axiale- of vrije-straalturbine
leidschoepen*

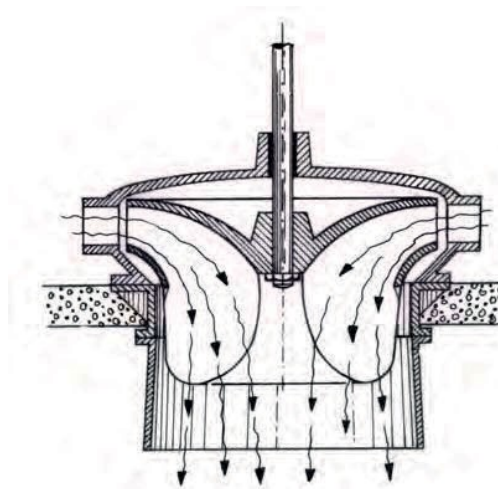
vrije-straalturbine

regelbare kleppen

De Girard-turbine is een axiale- of vrije-straalturbine. Het water stroomt geheel in verticale richting door de turbine. De leidschoepen in het turbinehuis bevinden zich boven de schoepen van het loopwiel.

Als vrije-straalturbine moet het loopwiel zich steeds boven de waterspiegel van de benedenloop bevinden. De watertoevoer naar het loopwiel is met uitneembare of regelbare kleppen of met verstelbare leidschoepen regelbaar.

Francis-turbine



*Fig. 17.3.8.5
Doorsnede van een Francis-
turbine. Aangegeven is de
stroomrichting van het water*

De Amerikaan J.B. Francis ontwikkelde in 1840 een ander type turbine. Later werd een aantal veranderingen aangebracht maar daarbij bleven de hoofdlijnen nagenoeg ongewijzigd.

<i>Francis-turbine</i>	In de verticale Francis-turbine stroomt het water aan de buitenomtrek via de leidschoepen in het turbinehuis in het loopwiel. De turbine wordt daarom ook wel radiale-turbine genoemd. De schoepen in het loopwiel hebben een tamelijk gecompliceerde vorm; in het bijzonder bij langzaam lopende turbines met een toerental van 60 tot 80 omwentelingen per minuut. Bij de intredende waterstralen hebben de schuin geplaatste schoepen een rechte vorm, welke onder in het loopwiel overgaat in een kromming.
<i>radiale-turbine</i>	
<i>zuigbuis</i>	Na het verlaten van het loopwiel stroomt het water door een enigszins conische zuigbuis die onder het turbinehuis is aangebracht. De ononderbroken waterstroom die het loopwiel verlaat wekt onder invloed van het gewicht van de uitstromende waterkolom in de zuigbuis een sterke onderdruk op.
<i>onderdruk</i>	De zuigbuis maakt het mogelijk een Francis-turbine zowel verticaal als horizontaal uit te voeren. Zowel van de verticale als de horizontale turbine kan het toerental door gebruikmaking van de zuigbuis worden verhoogd.
<i>verticale- en horizontale turbine</i>	Om het instromen van grovere waterverontreinigingen te voorkomen is aan de ingang van het toevoerkanaal een ijzeren rooster geplaatst. Daarvóór bevindt zich meestal een zwaar ijzeren hek of sparrenhek.
<i>sparrenhek</i>	In Limburg werden naast een groot aantal verticale Francis-turbines ook drie enkele horizontale turbines geplaatst. De enige dubbele horizontale Francis-turbine draait in Meerssen in de 'Oude Molen'. Turbines werden vooral in Limburg toegepast. In de andere watermolenregio's gebeurde dat veel minder of bijna niet. Ook zijn bij een aantal watermolens de turbines later weer vervangen door een waterrad.

17.3.9 Het molenwater

<i>molenwater</i>	Bij watermolens met een onder- of middenslagrad moet het z.g. molenwater dat de molen passeert vrij zijn van meegevoerd drijvend en/of zwevend vuil of andere grove verontreinigingen zodat het blokkeren van het waterrad en vernieling van schoepen wordt vermeden.
<i>blokkering</i>	Bij blokkering van het waterrad kan schade ontstaan aan het gangwerk door blokkering van de koning of wateras.

Voor waterturbines worden als gevolg van de nauwe doorlaatopeningen in het turbinehuis nog hogere eisen gesteld aan het tegenhouden en verwijderen van drijfvuil.

Immers, kleine voorwerpen die tussen het turbinerad en de leidschoepen of het turbinehuis bekneld raken zijn moeilijk te verwijderen. Dit lukt vaak pas na demontage van de veelal moeilijk bereikbare turbine.

17.4 HET GAANDE WERK

17.4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zullen we het gaande werk van de watermolen slechts summier behandelen omdat dit in grote lijnen overeenkomt met dat van de windmolen. De meeste watermolens zijn koren- of oliemolens. Enkele zijn ze als pel- of zaagmolen ingericht.

In verband met het relatief kleine deel van ons land waar we watermolens kunnen aantreffen behandelen we alleen de twee meest voorkomende molens qua inrichting.

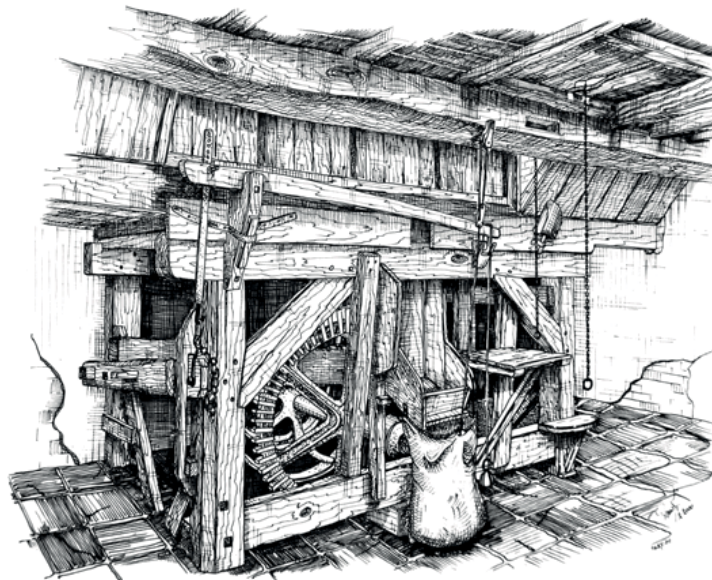
De overeenkomst tussen een water- en een windmolen is dat de wateras die onder in de molen ligt in wezen vergeleken kan worden met de bovenas van een windmolen. Verder is de aandrijving van het gaande werk in diverse gevallen te vergelijken met dat in de standerdmolen, nl. aandrijving zonder tussenkomst van een koningsspil. Al zijn er wel watermolens met een koningsspil. Dit heeft te maken met het aantal werktuigen en het al of niet voorzien zijn van een onder- of bovenaandrijving.

onder- of bovenaandrijving

17.4.2 De korenmolen

Het gaande werk van korenmolens omvat de volgende onderdelen die gelijk zijn aan die van de windmolen:

- a. het gangwerk of gaande werk.
- b. de steenspillen
- c. de steenbedding
- d. het maalkoppel
- e. de steenlicht of het lichtwerk



*Fig. 17.4.2.1
Een voorbeeld van een interieur
van een watermolen*

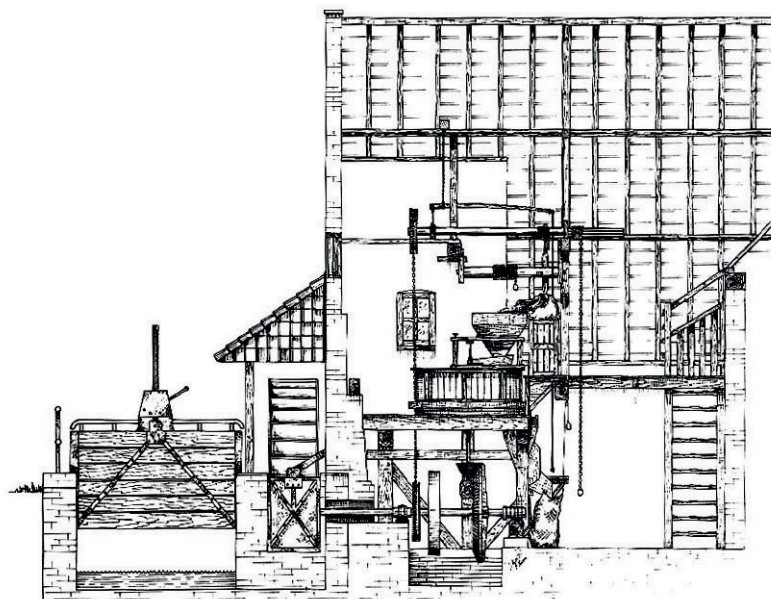
steenbedding

Er is dus weinig verschil, alleen de opstelling in de molen is geheel anders. Het maalwerk ligt nl. op een verhoging in de molen, de steenbedding. Het is een tussenzolder te vergelijken met een maalstoel. De steenbedding wordt gevormd door een aantal zware moerbalken waarover op een meter afstand de vloer- of de kinderbalken liggen, verder afgedekt met de maalfloerdelen. In sommige gevallen b.v. in de kleinere molens staan hier alleen één of twee maalkoppels opgesteld. Doch in vele gevallen is hier ook ruimte voor opslag van het nog te malen graan, gereed product en andere zaken.

17.4.3 Het gangwerk of gaande werk

*onderaandrijving
wateras*

Als voorbeeld geven we hier een tweetal inrichtingen van watermolens. De eerste is die van de kleinere molens met slechts één koppel stenen. De aandrijving in de getoonde molen is een z.g. onderaandrijving. Zowel het maalkoppel als het luiwerk wordt direct vanaf de wateras aangedreven. Dit type molen is een echte dorpsmolen die voornamelijk voor de daar gevestigde bakker maalde. Niet zelden was die bakker ook de molenaar.



*Fig. 17.4.3.1
Een klein type dorpsmolen die
hoofdzakelijk voor de plaatselijke
bakker en veeboeren maalde*

De grotere en/of uitgebreidere watermolen heeft vaak behalve meerdere koppels maalstenen ook meerdere functies, zoals boerengemaal voor veevoeder, pellen van gerst of soms een inrichting voor olieslaan uit oliehoudende zaden. In een grote watermolen met b.v. drie koppels maalstenen, aangedreven door één waterrad, bevindt het drijfwerk zich doorgaans onder de maalstoel of steenbedding. Ook hier wordt gebruik gemaakt van onderaandrijving. De molen heeft een korte koningsspil met een spoorwiel/schijfloopcombinatie. Het gaande werk is i.v.m. deze meerdere taken dan ook afwijkend t.o.v. de kleinere molens.

Dikwijls is de steenbedding gecombineerd met de meel en/of graanzolder. Het geheel wordt ondersteund door zware stijlen. Onder de steenbedding is een min of meer verdiepte kelderruimte waarin het gangwerk staat opgesteld.

aswiel

Dit gangwerk bestaat uit het aswiel, dat is vastgezet op de wateras – waarop buiten de molen het waterrad is aangebracht – een koningsspil met rondsel en spoorwiel, de steenrondsels en steenspillen.

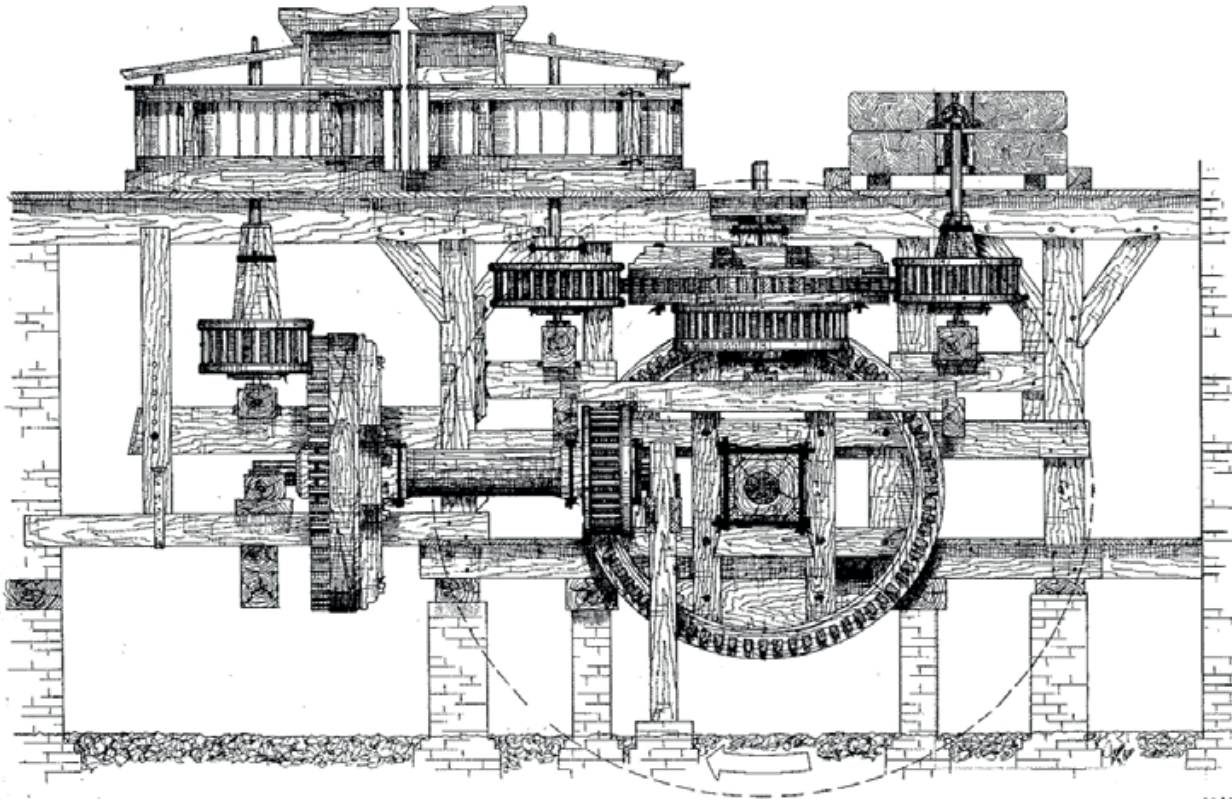


Fig.17.4.3.2

Voorbeeld van de inrichting van een grote watermolen met drie koppels maalstenen. Ze liggen opgesteld op de steenbedding.

Twee koppels worden aangedreven door het molenrad (of aswiel) via een spoorwiel/schijfloopcombinatie. Het derde koppel, links, de kreupelmolen genoemd, wordt aangedreven via een liggende as met kroonwiel en een schijfloop.

17.4.4 De oliemolen

Naast de korenmolen was de oliemolen de meest voorkomende molen. Behalve gemalen graan voor consumptie was er ook veel olie nodig voor het bereiden van voedsel en voor verlichting.

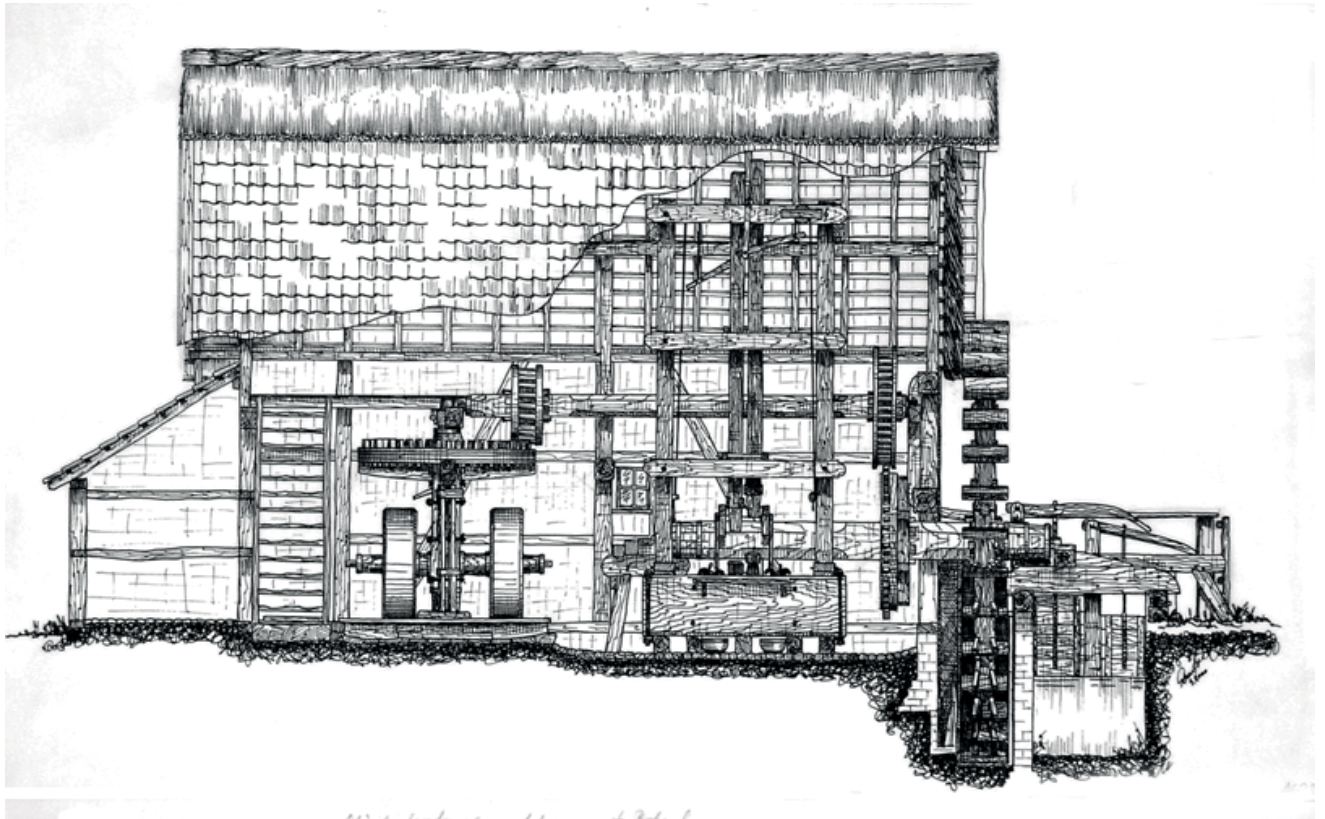
In ons land is er nog maar een zestal min of meer compleet behouden gebleven.

De inrichting van een oliemolen wijkt door het geheel andere productieproces en de werktuigen die hiervoor nodig zijn sterk af van de korenmolen.

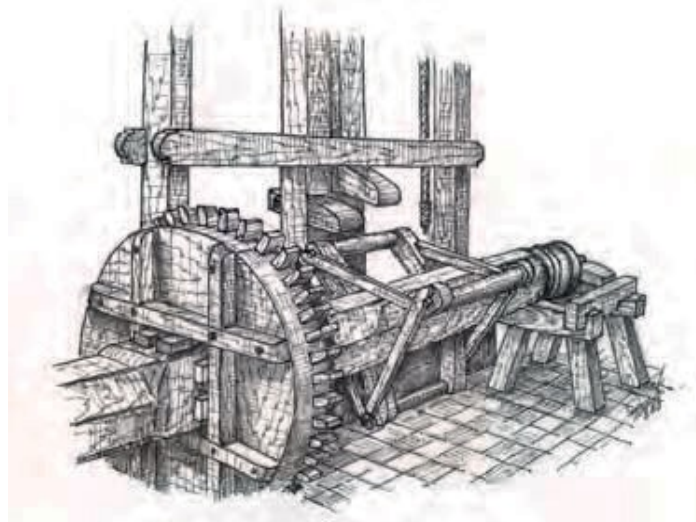
De onderdelen die men dan kan aantreffen in een oliemolen zijn:

- a. De kantstenen
- b. Het oliewerk
- c. Het gangwerk

Zie voor een uitgebreide beschrijving hoofdstuk 14, 'De Oliemolen'.



*Fig.17.4.4.1
Doorsnede van een geheel uit hout opgetrokken watergedreven oliemolen zoals er nog maar weinig zijn.*



*Fig. 17.4.4.2
Een wentelas in een oliemolen met een drievoudige heef*

De wentelas is uitgerust met een z.g. heef om de heien te lichten, dit in tegenstelling tot b.v. oliemolens in de noordelijke provincies.

17.4.5 Van hout naar ijzer

gietijzeren gangwerken

In de tweede helft van de 19^e eeuw deden de gietijzeren gangwerken hun intrede. Dat gebeurde vaak bij reparatie of vervanging; onderdelen van het al dan niet versleten houten gangwerk werden dan vervangen door giet- of smeedijzeren onderdelen.

gietijzeren kolommen

Het gangwerk staat in een hoge maalstoel die tevens de zolder ondersteunt. Deze maalstoel wordt gevormd door een aantal gietijzeren kolommen, staande op stenen voetblokken van hardsteen of metselwerk.

Een goed voorbeeld van de ontwikkeling van hout naar ijzer, is o.a. de 'St. Ursula Molen' te Nunhem. In deze molen is het gangwerk t.b.v. het graanmalen inclusief het waterraddeel vervangen door ijzer. Het oliewerk is gehandhaafd in hout, waardoor deze molen een goed voorbeeld is van de industriële voortgang.

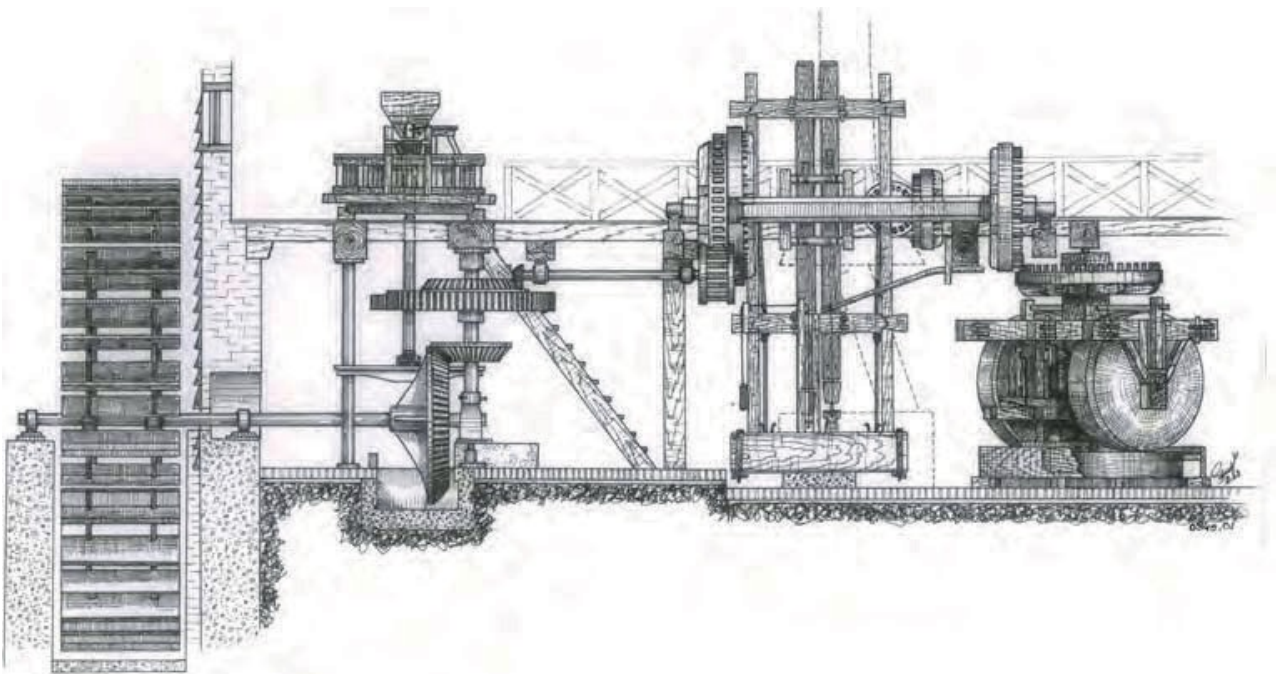


Fig. 17.4.5.1

Overzicht van de 'St. Ursulamolen' in Nunhem.

Het drijfwerk voor de korenmalen is uitgevoerd in ijzerwerk terwijl zowel de aandrijving van het oliewerk als van de kantstenen gehandhaafd zijn in hout.

Het drijfwerk voor de oliemolen is sinds 2005 gewijzigd: de stalen aandrijfas is verlengd en wordt met een kettingoverbrenging rechtstreeks aangedreven vanaf de molenas.