

Datum
2018-07-05

Vattenmöllan i Mölle

Vattenbyggnadstekniska förutsättningar

SAMMANFATTNING

Driften av vattenmöllan i Mölle avslutades år 1897 på grund av vattenbrist samt konkurrens från vindmøllor. Kvarndammen samt Hållledammen fylldes igen och maskineriet revs ut. Efter ett omfattande renoveringsarbete kommer möllan att åter tas i drift år 2020. Möllan kommer då att vara utrustad med ett nytt vattenhjul, nya kvarnstenar samt en ny kvarndamm. Mjöl kommer att kunna malas, dock endast i demonstrationssyfte för besökare.

Redan när möllan togs i drift år 1758 hade den ont om vatten eftersom vatteninsamlingsområdet var litet, endast ca 4 km². Vattenbristen förvärrades i slutet av 1800-talet då marken uppströms möllan dikades ut vilket fick till följd att en del av vattnet som tidigare rann till möllan istället leddes andra vägar till Öresund.

Efter nedläggningen har ytterligare avledningar skett. Under vintern kommer vid nuvarande förhållanden ca en tredjedel av det ursprungliga flödet till vattenmöllan medan tillrinningen under övriga året utgör ca två tredjedelar av den ursprungliga.

Följande ungefärliga tillrinningar i m³/s har beräknats för tiden före utdikningarna i slutet av 1800-talet samt vid nuvarande förhållanden:

Period	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
<1897	0,052	0,054	0,042	0,022	0,014	0,011	0,019	0,015	0,012	0,010	0,022	0,035	0,026
>2017	0,017	0,018	0,014	0,015	0,009	0,007	0,012	0,010	0,008	0,007	0,015	0,023	0,013

Tillrinningar i m³/s till vattenmöllan före och efter utdikningar och avledningar.

Erforderlig tillrinning för att driva möllan har beräknats till ca 0,15 m³/s (=150 l/s).

Som framgår av ovanstående tabell var de genomsnittliga månadstillrinningarna alltid för låga för att driva möllan kontinuerligt redan före utdikningarna, därför samlades tillrinningarna upp i tre reservoarer som tömdes när möllan skulle mala.

Reservoar	Längd*bredd (m)	Amplitud (m)	Volym (m ³)
Björkeröds mosse	230*170	0,5	20 000
Hållledammen	50*50	0,3	750
Kvarndammen	20*30	0,3	180

Vattenmöllans reservoarer före nedläggningen.

I första hand utnyttjades de nu igenfyllda dammarna Hållledammen och Kvarndammen för att samla upp tillrinningarna. När möllan kördes tömdes dessa, därefter stoppades driften medan dammarna återfylldes. Följande drift- och återfyllningstider har beräknats vid regleringsvolymen 930 m³ (Hållledammen och Kvarndammen)

Månad	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Drift (tim)	2,64	2,69	2,39	2,02	1,90	1,86	1,97	1,91	1,87	1,85	2,02	2,25
Återf. (tim)	4,97	4,78	6,15	11,74	18,45	23,48	13,60	17,22	21,53	25,83	11,74	7,38

Drift och återfyllningstider före nedläggningen, regleringsvolym 930 m³.

Drifttiderna var korta och malning bör främst ha skett under vintern då tillrinningarna var högst och återfyllningstiderna därmed kortast. Björkeröds mosse var troligen svår att reglera och ingår inte i ovanstående tabell men den hade en stor reservkapacitet. Dess

vattenvolym räckte för att driva möllan under ca 40 timmar. Tillrinningen till mossen medgav att den kunde tömmas och återfyllas 2-3 ggr per år.

Drift- och återfyllnadstider för den renoverade möllan har beräknats för nuvarande tillrinningar samt med en ny kvarndamm med samma volym som den gamla, dvs ca 180 m³.

Månad	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Drift (tim)	0,38	0,38	0,37	0,37	0,35	0,35	0,36	0,36	0,35	0,35	0,37	0,39
Återf. (tim)	2,94	2,78	3,57	3,33	5,56	7,14	4,17	5,00	6,25	7,14	3,33	2,17

Drift och återfyllningstider med nuvarande tillrinningar, regleringsvolym 180 m³.

Den renoverade möllan kommer att kunna mala mjöl under ca 0,35-0,39 timmar, dvs under drygt 20 minuter. Därefter måste kvarndammen återfyllas vilket kommer att ta 5-7 timmar under sommaren och 2-3 timmar under vintern. Vattnet från Björkeröds mosse är inte längre tillgängligt för vattenmöllans drift vid nuvarande förhållanden.

En slutsats av beräkningarna är att det är framförallt regleringsvolymen i den nya kvarndammen som avgör hur länge som mjöl kan malas utan avbrott. Eftersom den erforderliga tillrinningen för att driva möllan är ca 0,15 m³/s är det av marginell betydelse för driftperiodens längd om den naturliga tillrinningen är 0,01 eller 0,04 m³/s. Tillrinningens storlek har däremot stor betydelse för återfyllningstiden och därmed möllans dygnkapacitet. Det går att köra fler driftpass per dygn vid höga tillrinningar än vid låga.

Vid ursprungliga förhållanden och reservoarvolymen 930 m³ kunde möllan köras under ca 1,8 timmar då tillrinningen var 0,01 m³/s och under ca 2,3 timmar då tillrinningen var 0,04 m³/s. Med samma tillrinningar kan den renoverade möllan köras under ca 0,36 respektive ca 0,45 timmar (21 respektive 27 minuter) då reservoarvolymen har minskat till 180 m³.

Det är således viktigt att kvarndammen görs så stor som möjligt.

Observera att ovanstående drifttider och återfyllnadstider är beräknade utan hänsyn till eventuella mintappningskrav förbi möllan som länsstyrelsen kan ställa eftersom kvarndammen kan komma att betraktas som ett vandringshinder för havsöring.

Förutom det ovan beskrivna Alternativ 1 där möllan drivs av den naturliga tillrinningen, vilket innebär korta drifttider, presenteras i denna studie två pumpalternativ. Pumpalternativen innebär att möllan kan köras med obegränsad drifttid.

- Alternativ 2 med en stor pump innebär att flödet ca 0,15 m³/s pumpas runt i ett slutet system. Från en pumpsump nedanför möllan pumpas vatten upp till kvarndammen varifrån det rinner med självfall över vattenhjulet och åter ner i pumpsumpen för att därefter pumpas upp till kvarndammen igen o.s.v. Möllan kan köras och mjöl kan malas när som helst och hur länge som helst med detta alternativ.
- Alternativ 3 med en liten pump är i princip samma som Alternativ 2 men pumpen är betydligt mindre. Den pumpar endast så mycket vatten att vattenhjulet roterar, ca 0,02 m³/s. Detta flöde ger inte vattenhjulet sådan kraft att mjöl kan malas. Mjöl kan dock malas om kvarnstenarna drivs med en separat elmotor.

Fördelar med Alternativ 1 är att möllan "körs på riktigt" och att driften är gratis, dessutom skapar en stor kvarndamm en vacker och stämningsfull vattenyta ovanför möllan. Nackdelar är de korta drifttiderna och de långa återfyllnadstiderna av kvarndammen, särskilt under sommaren då möllan ska visas för besökare. Dessutom föreligger det en risk för att

länsstyrelsen kan betrakta dammen som ett vandringshinder för havsöring vilket skulle innebära att en fisktrappa eller ett omlöp måste anläggas. Om länsstyrelsen kräver att en fisktrappa eller ett omlöp byggs så kommer dessa att kräva vatten vilket ytterligare förlänger återfyllnadstiden för kvarndammen. Besökarna kan således få vänta många timmar eller t.o.m. dygn om de vill se möllan idrift om de råkar komma när ett drygt 20 minuter långt driftpass just har avslutats.

Alternativ 2 med en stor pump bedöms vara det bästa förslaget om ingen hänsyn behöver tas till ekonomin, möllan kan köras när som helst och hur länge som helst och mjöl kan malas. Varken fisktrappa eller omlöp erfordras. Nackdelen är kostnaderna för en pumpstation och ny el som måste dras till pumpen. En dränkbar pump som pumpar ca 75-200 l/s kostar ca 625 000 kr inkl. moms och pumpstation. Till detta kommer kostnaden för att iordningsställa en grop där pumpstationen placeras samt kostnaden för att dra fram el.

Alternativ 3 med en liten pump är en lösning som blir billigare än Alternativ 2. En dränkbar pump som pumpar ca 20 l/s kostar ca 250 000 kr inkl. pumpstation och moms. Till detta kommer kostnaden för att iordningsställa en grop där pumpstationen placeras samt kostnaden för att dra fram el. Dessutom behövs en elmotor med växel som driver kvarnstenarna.

Ett 4:e alternativ som ännu inte studerats utformas i princip som Alternativ 3 men utan pump. Om det bedöms att den naturliga tillrinningen är tillräcklig för att driva enbart vattenhjulet under t.ex. 90% av tiden under besöksäsongen juni-september behövs det endast en elmotor som driver kvarnstenarna. I detta alternativ kvarstår liksom i huvudalternativet problemet med fisktrappa alternativt omlöp. Om kvarndammen anläggs vid sidan av bäcken och bäcken leds in i kvarndammen endast under de timmar som möllan ska visas för besökare är det dock tänkbart att länsstyrelsen skulle kunna ge dispens från kravet på fisktrappa eller omlöp.

Kostnader som anges i denna studie bygger på ungefärliga kostnadsuppskattningar från Xylem AB (f.d. Flygts pumpar), se bifogad mailkonversation.

Fortsatta studier och kostnadsanalyser kommer att visa vilket alternativ som ska väljas.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INTRODUKTION	6
2	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	7
2.1	Erforderlig vattenåtgång	7
2.2	Regleringsmagasin	7
2.2.1	Magasin före nedläggningen	7
2.2.2	Magasin vid återupptagen drift	7
3	VATTENMÖLLANS HYDROLOGI.....	8
3.1	Grundmaterial.....	8
3.2	Vattentillgång före utdikningar.....	8
3.3	Vattentillgång vid nuvarande förhållanden 2017	9
3.4	Sammanställning av tillrinningar före och efter utdikningar och avledningar.....	11
4	DRIFT AV VATTENMÖLLAN.....	12
4.1	Drift före utdikningarna.....	12
4.2	Drift efter utdikningarna, nuvarande förhållanden	13
4.3	Jämförelser före och efter utdikningar och avledningar	13
4.3.1	Gemensamt.....	13
4.3.2	Drift av vattenmöllan före utdikningar och avledningar	13
4.3.3	Drift av vattenmöllan vid nuvarande förhållanden	14
4.4	Slutsats	14
5	ALTERNATIVA DRIVMETODER FÖR VATTENMÖLLAN	15
5.1	Förutsättningar	15
5.2	Alternativ 1 med naturlig vattenföring	15
5.3	Alternativ 2 med stor pump.....	16
5.4	Alternativ 3 med liten pump.....	18
5.5	Alternativ 4 med naturlig vattenföring	18
6	KOSTNADER FÖR PUMPUTRUSTNING	19
6.1	Alternativ 1	19
6.2	Alternativ 2	19
6.3	Alternativ 3	19
6.4	Alternativ 4	19
7	DRIFTKOSTNADER	19
8	JÄMFÖRELSE MED ANDRA VATTENMÖLLOR	20

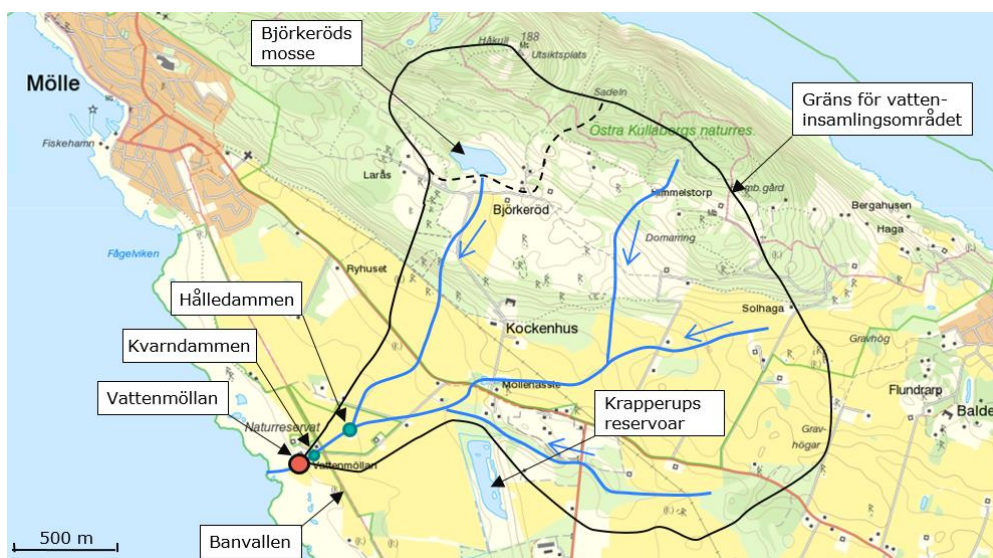
Bilaga 1: Mailkonversation med kostnadsuppskattning för pumpar från Xylem inc AB

1 INTRODUKTION

Driften av vattenmöllan i Mölle avslutades år 1897, främst på grund av vattenbrist. Efter nedläggningen revs maskineriet ut och reservoarerna Kvarndammen och Hålleddammen fylldes igen. Efter ett omfattande renoveringsarbete kommer möllan åter att mala mjöl år 2020, dock enbart i demonstrationssyfte för besökare.

Orsaken till den uppkomna vattenbristen var att Krapperups gods som äger marken uppströms möllan hade dränerat åkrarna genom utdikningar vilket fick till följd att en del av vattnet som tidigare rann till möllan leddes andra vägar till Öresund. Ytterligare en anledning till nedläggningen var konkurrensen från vindmøllor. Eftersom det blåser mycket i Mölle har en vindmølla goda förutsättningar att mala säd under hela året. En vattenmølla som är beroende av vattentillgången kan däremot tvingas att stå stilla under långa perioder på grund av torr väderlek, särskilt under sommaren.

Före utdikningarna drevs möllan med vatten från ett ca 4 km² stort vatteninsamlingsområde som sträckte sig upp till Björkeröds mosse, Håkull, Himmelstorp, Solhaga och Bränneslyckan, se Figur 1:1.



Figur 1:1. Vattenmøllans vatteninsamlingsområde före nedläggningen.

Redan före utdikningarna var den naturliga vattenföringen otillräcklig för kontinuerlig drift. Därför samlades tillrinningarna upp i tre reservoarer som tömdes när möllan skulle mala, främst utnyttjades Hålleddammen och Kvarndammen, ibland även Björkeröds mosse.

Krapperups reservoar i figur 1:1 har tillkommit efter möllans nedläggning och används för bevattning av Krapperups åkrar.

När driften av möllan återupptas har de hydrologiska förutsättningarna försämrats ytterligare. Vattnet från Björkeröds mosse (avrinningsområde 1 enligt fig. 3:1) som förut leddes till vattenmøllan leds nu genom ett dike till ett utlopp i Öresund några 100 m norr om möllan. Vattnet från den södra delen av det ursprungliga vatteninsamlingsområdet (avrinningsområde 3 enligt fig. 3:1) leds under vintern till Krapperups reservoar, under sommaren leds dock detta vatten förbi reservoaren till

möllan som förr i tiden. Under vintern beräknas tillrinningarna till möllan vara ca 1/3 av de ursprungliga och under resten av året ca 2/3 av de ursprungliga.

Eftersom Kvarndammen och Hållledammen båda är igenfyllda och Björkeröds mosse inte längre är tillgänglig för vattenreglering kommer en ny kvarndamm att byggas i ungefär samma läge som den ursprungliga.

I denna utredning studeras först under vilka hydrologiska förutsättningar som möllan drevs före nedläggningen, därefter studeras tre olika alternativ för att driva möllan med dagens hydrologiska förutsättningar. I det första alternativet utnyttjas enbart den naturliga tillrinningen, i de två andra alternativen installeras en pump som återbördar vattnet från kvarnens utlopp till kvarndammen.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Erforderlig vattenåtgång

Erforderlig tillrinning för att driva vattenmöllan i Mölle har beräknats till ca 0,15 m³/s med utgångspunkt från Blåherremöllas vattenmölla, se rapporten "Blåherremölla, beräkning av erforderligt vattenflöde för att driva möllan" daterad 2016-08-25.

Blåherremöllas kvarnhjul har diametern 4,0 m vilket är samma diameter som planeras för kvarnhjulet i Mölles vattenmölla. Vattenbehoven bör därför vara desamma.

Det bör observeras att Blåherremölla har betydligt bättre hydrologiska förutsättningar än Mölles vattenmölla eftersom dess vatteninsamlingsområde är ca 40 km² vilket är tio gånger större än Mölles vattenmöllas ursprungliga som var ca 4,0 km². Efter utdikningarna och avledningen till Krapperups reservoar har vatteninsamlingsområdet minskat till ca 1,7 km² under vintern och till 2,7 km² under övriga året.

2.2 Regleringsmagasin

2.2.1 Magasin före nedläggningen

Följande magasin utnyttjades för att driva vattenmöllan:

Reservoar	Längd*bredd (m)	Amplitud (m)	Volym (m ³)
Björkeröds mosse	230*170	0,5	20 000
Hållledammen	50*50	0,3	750
Kvarndammen	20*30	0,3	180

Tabell 2:1. Vattenmöllans reservoarer före nedläggningen

2.2.2 Magasin vid återupptagen drift

När driften återupptas kommer en ny kvarndamm med samma dimensioner och volym som den ursprungliga att byggas.

3 VATTENMÖLLANS HYDROLOGI

3.1 Grundmaterial

De hydrologiska beräkningarna baseras på SMHI:s beräknade flödesdata för nordvästra Kullahalvön, se SMHI:s SUBID 467 ([Vattenwebb - Modelldata per område](#)).

Flödena till vattenmöllan före och efter utdikningarna och avledningen till Krapperups reservoar antas vara direkt proportionella mot de medverkande vatteninsamlingsareorna.

3.2 Vattentillgång före utdikningar

Årsmedelflödet till vattenmöllan före utdikningar och avledningen till Krapperups reservoar har beräknats till 0,026 m³/s med följande månadsfördelningar:

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
0,052	0,054	0,042	0,022	0,014	0,011	0,019	0,015	0,012	0,010	0,022	0,035	0,026

Tabell 3:1. Vattentillgång före nedläggningen av vattenmöllan.

Tillrinningarna var högst under vintern. Under sommaren var de betydligt lägre.

Tillrinningarnas variationer under varje månad beskrivs med varaktighetskurvor. Under t.ex. februari då månadsmedeltillrinningen var ca 0,054 m³/s beräknas dygnstillrinningen ha varierat mellan ca 0,01 upp till ca 0,30 m³/s, se Figur 3:1.

Nedanstående varaktighetskurvor visar hur flödena varierat under årets månader:

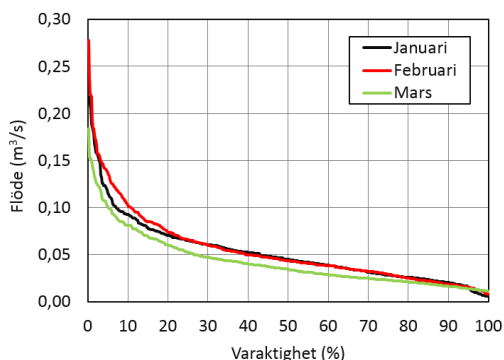


Diagram 3:1. Varaktighet flöden, jan-mar

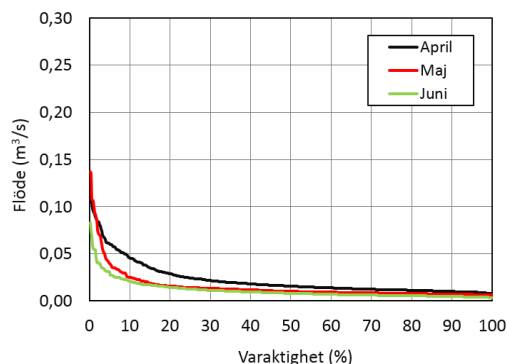


Diagram 3:2. Varaktighet flöden, apr-jun

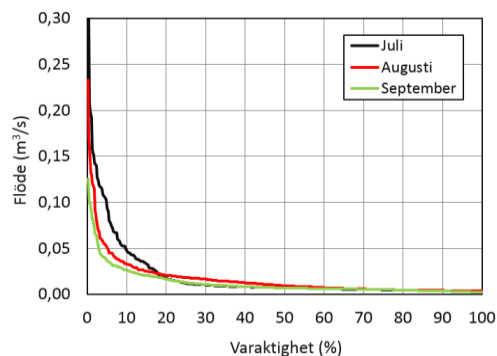


Diagram 3:3. Varaktighet flöden, jul-sep

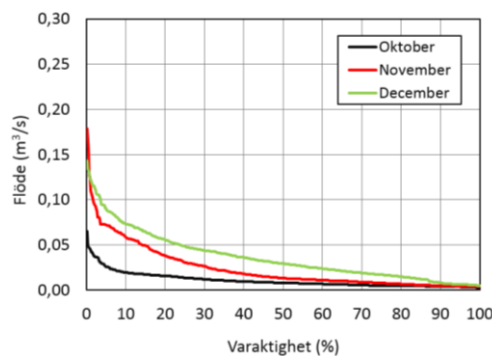
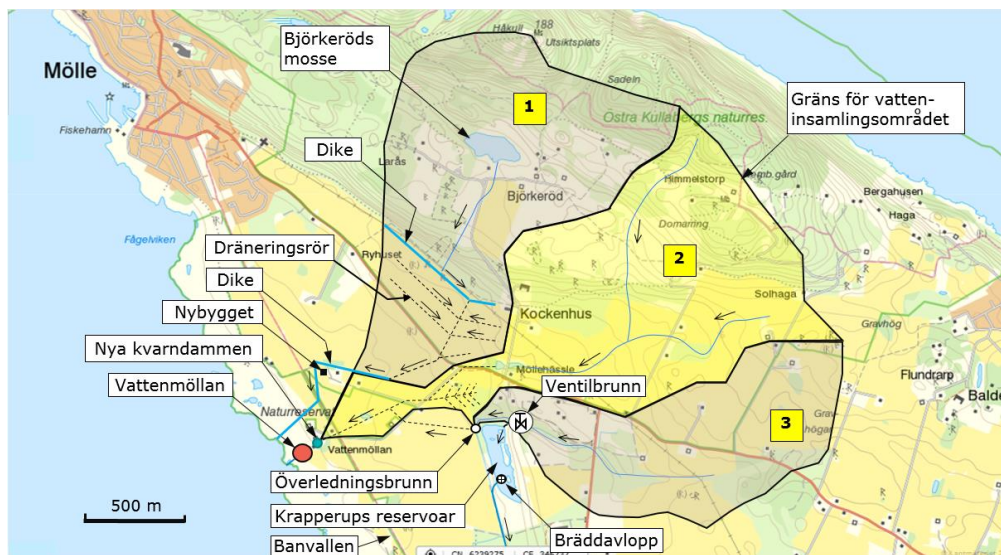


Diagram 3:4. Varaktighet flöden, okt-dec

Som framgår av varaktighetskurvorna var det sällan som den naturliga tillrinningen till vattenmöllan översteg den erforderliga drivvattenföringen 0,15 m³/s. Under januari och februari översteg tillrinningen erforderliga drivvattenföringen under ca 3% av tiden eller under ca 20 timmar per månad. Under april till juni översteg tillrinningen aldrig 0,15 m³/s och under juli till september översteg den 0,15 m³/s under ca 1% av tiden, dvs under ca 7 timmar per månad. För att det skulle vara möjligt att mala under längre tid var det nödvändigt att samla vatten i framförallt Hälledammen och Kvarndammen för att sedan tappa ur detta vatten när mjöl skulle malas.

3.3 Vattentillgång vid nuvarande förhållanden 2017

Före utdikningarna bestod vattenmöllans vatteninsamlingsområde av områdena 1, 2 och 3 i figur 3:1, totalt ca 4 km².



Figur 3:1. Nuvarande avrinningsområde för vattenmöllan

Vid utdikningarna av åkrarna uppströms vattenmöllan grävdes både öppna diken och täckta diken med dräneringsrör. Detta fick till följd att allt vatten från avrinningsområde 1 nu leds till ett öppet dike som rundar "Nybygget" innan det fortsätter ut i Öresund ca 100 m norr om vattenmöllan. Tidigare ledde detta flöde till vattenmöllan.

Krapperups reservoar som används för konstbevattning av Krapperups åkrar byggdes efter vattenmöllans nedläggning. Under vintern styrs vattnet från område 3 med en ventilbrunn till reservoaren medan det fortsätter till vattenmöllan under det övriga året. När reservoaren är full leds dess tillrinning genom ett bräddavlopp ut i Öresund vid Lerhamn ca 1,2 km söder om vattenmöllan.

Utdikningar, täckdikningar samt avledningen till Krapperups reservoar har fått till följd att tillrinningen till vattenmöllan under vintern har minskat till ca 1/3 av den ursprungliga. Endast vatten från område 2 kommer då till möllan. Under övriga året kommer allt vatten från områdena 2 och 3 till möllan, dvs ca 2/3 av den ursprungliga tillrinningen. I det följande förutsätts att månaderna januari, februari och mars utgör vintern.

Vatteninsamlingsområdets storlek under vintern är ca 1,3 km² medan det är ca 2,7 km² under resten av året.

Med antagandet att tillrinningen från område 3 avleds till reservoaren under vintern har följande månadsmedeltillrinningar i m³/s beräknats till vattenmöllan under nuvarande förhållanden:

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
0,017	0,018	0,014	0,015	0,009	0,007	0,012	0,010	0,008	0,007	0,015	0,023	0,013

Tabell 3:2. Vattentillgång vid nuvarande förhållanden..

Beräknade varaktighetskurvor för dagens situation, dvs efter utdikningar och avledning till Krapperups reservoar, visas i följande figurer:

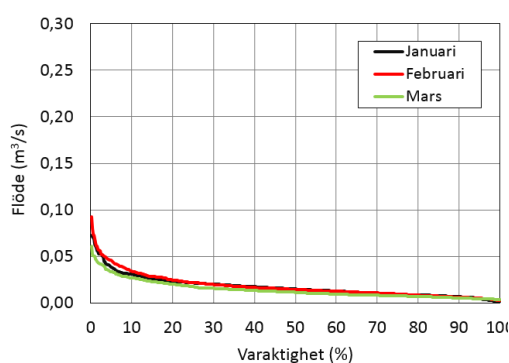


Diagram 3:5. Flöden, jan-mar. Efter utdikning.

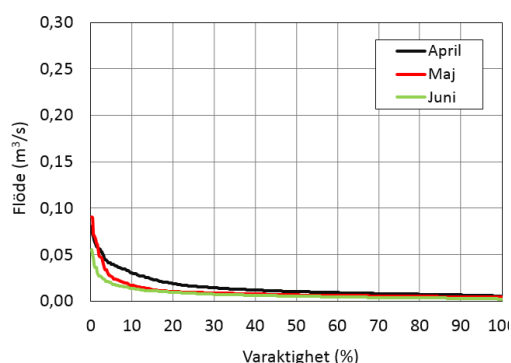


Diagram 3:6. Flöden, apr-jun. Efter utdikning.

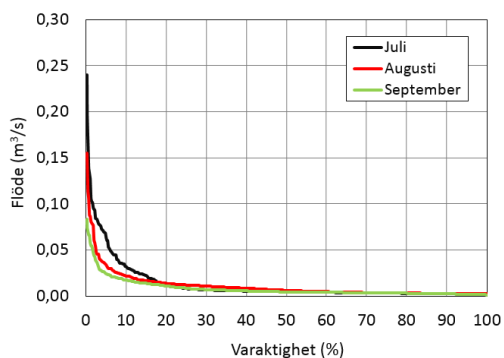


Diagram 3:7. Flöden, jul-sep. Efter utdikning.

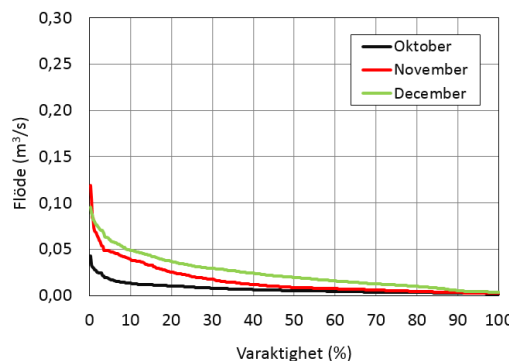


Diagram 3:8. Flöden, okt-dec. Efter utdikning.

Av varaktighetskurvorna framgår att vid nuvarande förhållanden är det bara under ca 0,5% av tiden i juli (totalt ca 4 timmar) som flödet överstiger 0,15 m³/s vilket är den tillrinning som krävs för att köra möllan utan bidrag från en kvarndamm. Under all övrig tid under året krävs det alltid tillskott från en reservoar.

3.4 Sammanställning av tillrinningar före och efter utdikningar och avledningar

Följande tillrinningar i m³/s har beräknats för tiden före utdikningarna i slutet av 1800-talet samt för nuvarande förhållanden:

Period	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
<1897	0,052	0,054	0,042	0,022	0,014	0,011	0,019	0,015	0,012	0,010	0,022	0,035	0,026
>2017	0,017	0,018	0,014	0,015	0,009	0,007	0,012	0,010	0,008	0,007	0,015	0,023	0,013

Tabell 3:3. Tillrinningar i m³/s till vattenmöllan före och efter utdikningar och avledningar.

Tabell 3:3 redovisas även i diagramform:

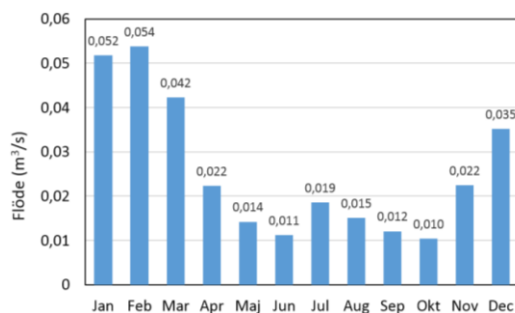


Diagram 3:9. Tillrinningar i m³/s före utdikningar och avledningar.

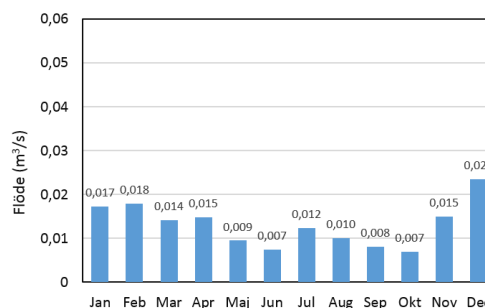


Diagram 3:10. Tillrinningar i m³/s efter utdikningar och avledningar.

Tabell 3:3 samt diagrammen 3:9 och 3:10 visar hur tillrinningarna har minskat, under vintermånaderna januari t.o.m. mars är minskningarna betydande.

Eftersom möllan före nedläggningen troligen utnyttjades främst under vintern på grund av den dåliga vattentillgången under resten av året innebär de därefter utförda utdikningarna och avledningarna att det idag skulle vara omöjligt driva möllan ens med de lönsamhetskrav som förelåg i slutet av 1800-talet.

4 DRIFT AV VATTENMÖLLAN

4.1 Drift före utdikningarna

I tabell 4:1 har en sammanställning utförts som visar hur lång tid t_{drift} som möllan kunde köras vid olika tillrinningar samt vilka återfyllningstider $t_{\text{återf.}}$ som krävdes. I samtliga alternativ förutsätts att erforderlig vattentillförsel till vattenmöllan är $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ samt att den totala reglerbara volymen i hålledammen och kvarndammen var 930 m^3 .

Beräkningarna har utförts på följande sätt för tillrinningen $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$:

När Hålledammen och Kvarndammen är fulla rymmer de 930 m^3 . Drifftiden t_{drift} bestäms av hur länge vattnet i Hålledammen och Kvarndammen räcker för att komplettera den naturliga tillrinningen $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ med $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ så att det totala flödet till möllan blir $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$. Återfyllnadstiden $t_{\text{återf.}}$ beräknas som hur lång tid det tar att återfylla dammarna med 930 m^3 vid tillrinningen $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ när inget vatten släpps till möllan.

$$t_{\text{drift}} = 930/0,12 = 7\,750 \text{ sek} = 2,15 \text{ timmar}$$

$$t_{\text{återf.}} = 930/0,03 = 31\,000 \text{ sek} = 8,61 \text{ timmar}$$

Drift- och återfyllnadstider för övriga tillrinningar mellan $0,01$ och $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ har beräknats på motsvarande sätt.

Tillrinning (m^3/s)	Drifftid (timmar)	Återfyllning (tim)
0,01	1,85	25,83
0,02	1,99	12,92
0,03	2,15	8,61
0,04	2,35	6,46
0,05	2,58	5,17

Tillrinning (m^3/s)	Drifftid (timmar)	Återfyllning (tim)
0,07	3,23	3,69
0,09	4,31	2,87
0,11	6,46	2,35
0,13	12,92	1,99
0,15	∞	-

Tabell 4:1. Drift- och återfyllnadstider vid reservoarvolymen 930 m^3 .

Ytterligare en reservoar som kunde användas var Björkeröds mosse. Mossen vattenyta är ca $40\,000 \text{ m}^2$. Med antagandet att regleringsamplituden var $0,5 \text{ m}$ var regleringsvolymen $20\,000 \text{ m}^3$. Om mossen tappades ur med ett jämnt flöde om $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$ i oktober då den övriga tillrinningen var $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ räckte mossens vatten till att driva vattenmöllan under $20\,000/0,14/3600=39,7$ timmar. Det bör observeras att det måste ha varit svårt att ställa in rätt tappning från mossens utskovslucka, troligen tappade man för mycket och då tog vattnet slut fortare än $39,7$ timmar. Dessutom infiltrerade en del av mossens vatten till grundvattnet på vägen till vattenmöllan vilket minskade drifftiden ytterligare.

Mölle mosses vatteninsamlingsområde är endast ca $0,5 \text{ km}^2$ och återfyllnadstiden var därför lång. Enligt Figur 3:9 är tillrinningen under november och december:

$$0,5/4*(30*24*3600*0,022 + 31*24*3600*0,035) = 18\,845 \text{ m}^3$$

Eftersom flödena är höga även under januari, februari och mars kunde mossen tappas ur 2-3 gånger varje vinter.

4.2 Drift efter utdikningarna, nuvarande förhållanden

När vattenmöllan åter tas idrift kommer reservoarvolymen att ha minskat till ca 180 m³.

Drift- och återfyllnadstider för tillrinningar mellan 0,01 och 0,15 m³/s, drivvattenförlingen 0,15 m³/s samt reservoarvolymen 180 m³ beräknas på samma sätt som enligt pkt 4.1:

Tillrinning (m ³ /s)	Drifttid (timmar)	Återfyllning (tim)
0,01	0,36	5,00
0,02	0,38	2,50
0,03	0,42	1,67
0,04	0,45	1,25
0,05	0,50	1,00

Tillrinning (m ³ /s)	Drifttid (timmar)	Återfyllning (tim)
0,07	0,63	0,71
0,09	0,83	0,56
0,11	1,25	0,45
0,13	2,50	0,38
0,15	∞	-

Tabell 4.2. Drift- och återfyllnadstider vid reservoarvolymen 180 m³.

4.3 Jämförelser före och efter utdikningar och avledningar

4.3.1 Gemensamt

I det följande beräknas månadsvisa drift- och återfyllnadstider med medeltillrinningar före och efter utdikningar och avledningar enligt tabell 3:3. Vid beräkningarna före utdikningar och avledningar förutsätts det att regleringsvolymen är 930 m³, dvs både Håledammen och Kvarndammen utnyttjas.

Vid beräkningar av drift- och återfyllnadstider vid nuvarande förhållanden förutsätts att enbart den planerade kvarndammen med volymen 180 m³ utnyttjas. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till att länsstyrelsen kan kräva en mintappning från den nya kvarndammen eftersom den kommer att utgöra ett vandringshinder för havsöring.

4.3.2 Drift av vattenmöllan före utdikningar och avledningar

Reservoarvolym: 930 m³.

Månad	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Tillr. (m ³ /s)	0,052	0,054	0,042	0,022	0,014	0,011	0,019	0,015	0,012	0,010	0,022	0,035
Drift (tim)	2,64	2,69	2,39	2,02	1,90	1,86	1,97	1,91	1,87	1,85	2,02	2,25
Återf. (tim)	4,97	4,78	6,15	11,74	18,45	23,48	13,60	17,22	21,53	25,83	11,74	7,38

Tabell 4:3. Driftförhållanden före utdikningar och avledning till Krapperups reservoar.

Beräkningarna visar att möllan under sommaren i medeltal kunde mala mjöl under knappt 2 timmar per dygn. Därefter stoppades möllan så att Håledammen och Kvarndammen kunde återfyllas under ca 14-23 timmar. Möllan kunde köras ett pass à knappt 2 timmar per dygn under juni, augusti och september.

Under vintermånaderna januari-mars kunde möllan köras drygt 2,5 timmar varefter dammarna återfylldes under 5-6 timmar. Under vintern kunde möllan köras 3 pass à ca 2,5 timmar per dygn.

Vid tillfällena med hög arbetsbelastning kunde även Björkeröds mosses vatten utnyttjas. Mossens vatten räckte för att driva möllan under ca 40 timmar. Tillrinningen till mossen tillät att den tappades ur ca 2-3 gånger varje vinter.

4.3.3 Drift av vattenmöllan vid nuvarande förhållanden

Reservoarvolym: 180 m³.

Månad	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Tillr. (m ³ /s)	0,017	0,018	0,014	0,015	0,009	0,007	0,012	0,010	0,008	0,007	0,015	0,023
Drift (tim)	0,38	0,38	0,37	0,37	0,35	0,35	0,36	0,36	0,35	0,35	0,37	0,39
Återf. (tim)	2,94	2,78	3,57	3,33	5,56	7,14	4,17	5,00	6,25	7,14	3,33	2,17

Tabell 4:4. Driftförhållanden med nuvarande tillrinningar och reservoarvolymen 180 m³.

När möllan åter tas idrift kommer den att kunna mala mjöl under ca 0,35-0,39 timmar, dvs ca 22-23 minuter. Därefter måste kvarndammen återfyllas vilket kommer att ta 5-7 timmar under sommaren och ca 3 timmar under vintern. Vattnet från Björkeröds mosse är inte längre tillgängligt för vattenmöllans drift vid nuvarande förhållanden.

Ovanstående återfyllningstider gäller vid månadsmedelvattenföringar. Under juli och augusti då möllan ska visas för turister är dessa 0,012 respektive 0,010 m³/s vilket innebär att det i medeltal tar 4,2 respektive 5,0 timmar att fylla en kvarndamm med volymen 180 m³.

Som framgår av varaktighetsdiagrammet 3:7 är dock tillrinningarna under juli och augusti mindre än 0,006 m³/s under 50 % av tiden vilket innebär att återfyllningstiden under halva månaderna då är längre än 8,3 timmar. Av diagrammet framgår också att under 25 % av tiden i juli och augusti är tillrinningen mindre än 0,003 m³/s vilket innebär att återfyllningstiden under drygt en vecka under dessa månader är längre än 16,6 timmar.

Vid höga tillrinningar går det att köra flera driftpass per dygn medan det vid låga tillrinningar endast går att köra enstaka driftpass per dygn.

4.4 Slutsats

En slutsats av beräkningarna är att det är framförallt den tillgängliga regleringsvolymen i den nya kvarndammen som avgör hur länge som mjöl kan malas utan avbrott. Eftersom den erforderliga tillrinningen för att driva möllan är ca 0,15 m³/s är det av marginell betydelse om den naturliga tillrinningen är 0,01 eller 0,04 m³/s.

Vid ursprungliga förhållanden och reservoarvolymen 930 m³ kunde möllan köras under 1,9 timmar då tillrinningen var 0,01 m³/s och under 2,4 timmar då tillrinningen var 0,04 m³/s. Med samma tillrinningar kan den renoverade möllan köras under 0,36 respektive 0,45 timmar då reservoarvolymen har minskat till 180 m³.

Det är således viktigt att kvarndammen görs så stor som möjligt.

5 ALTERNATIVA DRIVMETODER FÖR VATTENMÖLLAN

5.1 Förutsättningar

Som framgår av pkt 3.4 är den nuvarande vattentillgången vid vattenmöllan betydligt mindre än vad den var före täckdikningen. Det bör då beaktas att även före täckdikningen var tillrinningen till möllan mycket låg under en stor del av året.

Tre alternativa drivmetoder av vattenmöllan studeras:

- Möllan återställs enligt huvudförslaget vilket innebär att den naturliga tillrinningen samlas upp i en ny kvarndamm. När dammen är full tappas vattnet över vattenhjulet som driver kvarnstenen. I detta alternativ kan mjöl malas i möllan, dock endast under korta perioder eftersom kvarndammen töms snabbt.
- I Pumpalternativ 1 installeras en pump nedströms möllan. Pumpen som sitter i en pumpsump pumpar upp vattnet i sumpen till en liten kvarndamm varifrån vattnet rinner över kvarnhjulet tillbaka till sumpen. Det är således samma vatten som pumpas runt varv efter varv och möllan är oberoende av den naturliga tillrinningen. Med en tillräckligt kraftig pump kan så mycket vatten pumpas att kvarnstenen kan rotera och mjöl kan malas.
- I Pumpalternativ 2 installeras en liten pump nedströms möllan. Den har betydligt lägre kapacitet än i Pumpalternativ 1 och flödet räcker enbart till för att vattenhjulet ska rotera, flödet räcker inte till för att även driva kvarnstenen. Inget mjöl kan således malas i detta alternativ med vattenkraft. Mjöl kan däremot malas om kvarnstenarna drivs av en elmotor.

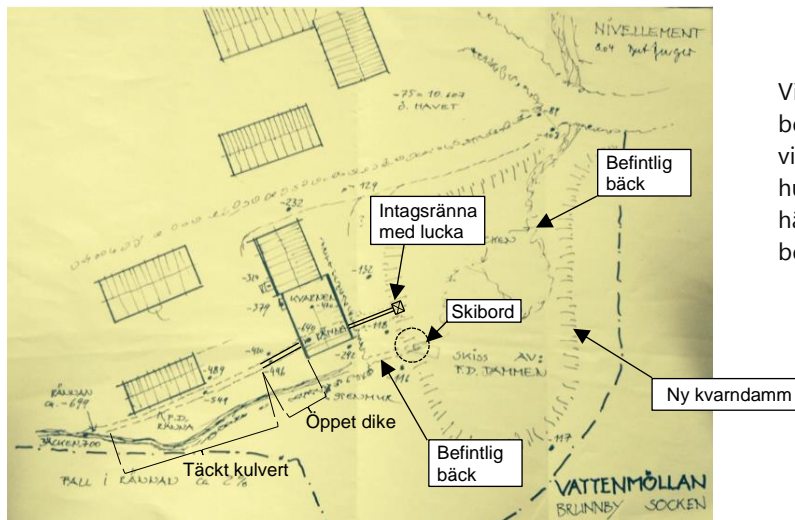
En komplikation med huvudalternativet, förutom den låga vattenföringen, är att den nya kvarndammen kommer att utgöra ett vandringshinder för havsöring. Det innebär att det kan bli nödvändigt att bygga en fisktrappa för att länsstyrelsen ska bevilja byggnadstillstånd för dammen.

5.2 Alternativ 1 med naturlig vattenföring

Enligt huvudförslaget ska den ursprungliga kvarndammen restaureras. Den gamla hålledammen ligger utanför vattenmöllans område och kan därför inte restaureras. Inte heller Björkeröds mosse kan utnyttjas eftersom dess vatten leds till ett dike som mynnar i Öresund ca 100 m norr om vattenmöllan.

Den nya kvarndammens ungefärliga mått förväntas bli ca 20 x 30 m och dess vattendjup ca 2 m. Regleringsamplituden kan troligen inte vara större än ca 0,3 m med hänsyn till utformningen av intagsrännan och intagsluckan. Med denna amplitud blir den reglerbara volymen ca 180 m³. Med sommartillrinningen ca 0,01 m³/s går det då att driva vattenmöllan och att mala mjöl under $180 / (0,15 - 0,01) / 3600 = 0,36$ timmar, dvs under 21 minuter. Därefter tar vattnet slut, återfyllnaden av dammen beräknas ta ca 5

timmar. Under perioder då det inte regnat på länge kan återfyllnaden ta betydligt längre tid, kanske ett dygn eller två.



Vidstående karta över den befintliga anläggningen, vilken utgör grund för huvudalternativet, har hämtats från Berth Burgers beskrivning av möllan.

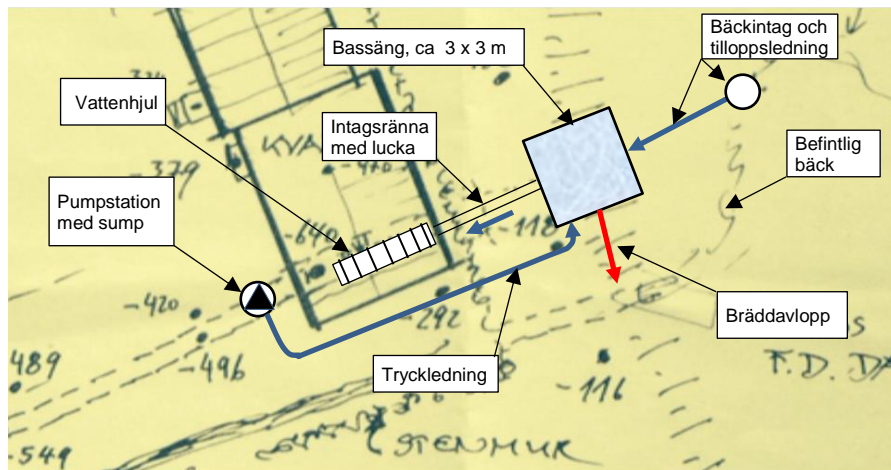
Figur 5:1. Situationsplan, huvudalternativet

Vattenytans nivå i den restaurerade dammen ska regleras med ett skibord över vilket vattnet rinner till den nuvarande bäckfåran. Vid tillfällen då vattenmöllan ska köras leds vattnet via en intagsränna med en avstängningslucka in i kvarnhuset till vattenhjulet och därifrån genom ett ca 5 m långt öppet dike till en täckt kulvert som mynnar i den befintliga bäcken. När kvarnen körs och då dammens återfylls torrlägg bäckfåran mellan kvarndammen och den täckta kulvertens utlopp.

Den nya dammen kommer att utgöra ett vandringshinder för fisk varför länsstyrelsen i Malmö kan komma att kräva att en fisktrappa anläggs bredvid skibordet. Det föreligger även risk för att länsstyrelsen kan kräva en mintappning till den ca 50 m långa bäckfåran som annars torrlägg då kvarndammens vatten leds in i möllan samt då kvarndammen fylls. Ett alternativ till att bygga en fisktrappa är att anlägga ett s.k. omlöp där fiskarna kan vandra förbi dammen. Det alternativet är troligen dyrare än att bygga en fisktrappa.

5.3 Alternativ 2 med stor pump

I Alternativ 2 med stor pump utformas hela vattenmöllan som ett slutet system där vattnet pumpas runt över kvarnhjulet från en pumpstation i utloppsdiket upp till en liten intagsbassäng. Till skillnad mot huvudalternativet kan då möllan köras när som helst och hur länge som helst. Enligt ett preliminärt besked från länsstyrelsen i Malmöhus län kommer naturvårdsenheten inte att ha några synpunkter på en sådan anläggning eftersom den inte kommer att ha någon inverkan på havsöringens vandringsförhållanden i den befintliga bäcken.



Figur 5.2. Situationsplan, pumpalternativet

En täckt pumpstation med en dränkt pump anläggs omedelbart nedströms vattenmöllan. Pumpsumpens bottenivå ska ligga lägre än -640 så att vattenrännan inne i möllan är torr när möllan inte är i drift. Från pumpsumpen lyfts vattnet ca 5,5 m genom en tryckledning till en liten bassäng med dimensionen ca 3 * 3 m och med vattenytan på nivån ca -118. Från bassängen rinner vattnet till vattenhjulet genom en intagsränna. När vattnet passerat vattenhjulet leds det åter till pumpsumpen genom vattenrännan i möllans golv varefter det pumpas upp till bassängen.

Pumpen som ska användas måste vara en frekvensreglerad pump där kapaciteten kan varieras mellan ca 0,10 till 0,20 m³/s eftersom beräkningen av erforderlig vattenåtgång måste bli ungefärlig och en viss säkerhetsmarginal måste finnas. Det är dessutom lättare att få en jämn drift av vattenhjulet om pumpens kapacitet kan varieras.

En fördel med att anlägga pumpstationen omedelbart nedströms möllans huvudbyggnad är att då behöver det inte som i huvudalternativet finnas något öppet dike där barn kan ramla ner. Dikets djup måste vara minst 2 m om vattnet inne i möllans ränna ska kunna rinna ut.

Bassängen fylls en gång per säsong genom att vatten från bäcken leds in genom en tilloppsledning från ett bäckintag i en punkt som ligger någon decimeter högre än bassängen.

För att undvika översvämning i bassängen vid fyllning och att vatten rinner ner mot vattenmöllan bör det finnas ett bräddavlopp från bassängen till bäcken. Vid tillfällen då inläckande grundvatten till möllan ska pumpas bort startas pumpen en kort stund samtidigt som bräddavloppet öppnas.

Det bör dessutom finnas ett bottenavlopp så att bassängen kan tömmas och rengöras om det kommit in mycket slam. Alternativt kan en billig länsypump från Biltema (t.ex. artikelnr 17-565) installeras för detta ändamål.

Med utformning enligt detta alternativ kommer flödet över vattenhjulet att bli så stort att mjöl kan malas i kvarnen.

5.4 Alternativ 3 med liten pump

Alternativ 3 med en liten pump utformas på i princip samma sätt som Alternativ 2 men med en betydligt mindre pump. Vattenflödet ska enbart räcka till för att rotera vattenhjulet. Uppskattningsvis krävs ett flöde av 0,02 m³/s.

Det kommer således inte gå att mala något mjöl i detta alternativ med vattenkraft. Mjöl kan dock malas om kvarnstenarna drivs med en elmotor.

En besökare av möllan kommer troligen inte att se någon skillnad på detta alternativ och Pumpalternativ 1. Vatten kommer att rinna över vattenhjulet och det kommer att knirra och knarra och skvalpa och hela kraftöverföringen till kvarnstenarna kommer att röra sig på samma sätt som om de drev runt stenarna. Att kraftöverföringen från vattenhjulet inte är kopplad till stenarna och att det istället är en elmotor som får dem att rotera kommer inte att märkas.

I den informationsbroschyr som kommer att finnas om möllan bör det påpekas och förklaras varför möllan drivs på detta inte helt autentiska sätt.

5.5 Alternativ 4 med naturlig vattenföring

Ett 4:e alternativ som ännu inte studerats utformas i princip som Alternativ 3 men utan pump. Om det bedöms att den naturliga tillrinningen är tillräcklig för att driva enbart vattenhjulet under t.ex. 90% av tiden under besökssäsongen juni-september behövs det endast en elmotor som driver kvarnstenarna. I detta alternativ kvarstår liksom i huvudalternativet problemet med fisktrappa alternativt omlöp. Om kvarndammen anläggs vid sidan av bäcken och bäcken leds in i kvarndammen endast under de timmar som möllan ska visas för besökare är det dock tänkbart att länsstyrelsen skulle kunna ge dispens från kravet på fisktrappa eller omlöp.

(Jag tror att vattenhjulet i Pålsjö mölla drivs på detta sätt med den naturliga vattenföringen i Pålsjöbäcken som har ett betydligt större avrinningsområde än vår mölla. Någon elmotor för att driva kvarnstenarna har de dock inte.)

6 KOSTNADER FÖR PUMPUTRUSTNING

6.1 Alternativ 1

I huvudalternativet behövs ingen pump. En fisktrappa eller ett omlöp måste dock anläggas.

6.2 Alternativ 2

En dränkbar pump som pumpar 75-200 l/s kostar ca 625 000 kr inkl. moms och pumpstation. Till detta kommer kostnaden för att iordningsställa en grop där pumpstationen placeras samt kostnaden för att dra fram el. Se Bilaga 1.

6.3 Alternativ 3

En dränkbar pump som pumpar ca 20 l/s kostar ca 250 000 kr inkl. pumpstation och moms. Till detta kommer kostnaden för att iordningsställa en grop där pumpstationen placeras samt kostnaden för att dra fram el. Dessutom behövs en elmotor med växel som driver kvarnstenarna. Se Bilaga 1.

6.4 Alternativ 4

I Alternativ 4 behövs ingen pump, däremot behövs en motor för att driva kvarnstenen. Troligen behövs ingen fisktrappa eller omlöp.

7 DRIFTKOSTNADER

Kostnaden för att lyfta vattnet ca 5,5 m från pumphumpen upp till bassängen beror på vilket flöde som krävs för att driva vattenhjulet och kvarnen. I det följande beräknas kostnaden per timme för flödena 150 och 20 l/s. Energipriset antas vara 1,50 kr/kWh. Pumpens verkningsgrad sätts till 70 %.

$$E = 1/\eta * g * h * Q * t$$

där

E = energiåtgången i kWh per timme

η = verkningsgraden

g = 9,81 m/s²

h = lyfthöjd, i detta fall 5,5 m

Q = flödet i m³/s

t = tid som det ska pumpas, i detta fall 1 timma

Vid flödet 150 l/s (=Pumpalternativ 1) blir energiförbrukningen och kostnaden per timma:

$$E = 1/0,7 * 9,81 * 5,5 * 0,15 * 1 = 11,6 \text{ kWh}$$

$$\text{Driftkostnad ca } 11,6 * 1,50 = 17,3 \text{ kr/tim}$$

Vid flödet 20 l/s (=Pumpalternativ 2) blir energiförbrukningen och kostnaden per timma:

$$E = 1/0,7 * 9,81 * 5,5 * 0,02 * 1 = 1,54 \text{ kWh}$$

$$\text{Driftkostnad ca } 1,54 * 1,50 = 2,3 \text{ kr/tim}$$

8 JÄMFÖRELSE MED ANDRA VATTENMÖLLOR

Föreningen Vattenmöllans vänner har besökt bl.a. följande möllor:

- Huseby kvarn
- Krubbemölla vattenkvarn
- Hallamölla Christinehof
- Bjärsgård
- Blåherremölla
- Ruveröds mölla

Möllornas hydrologiska data har sammanställts i nedanstående tabell.

Anläggning	Area (km ²)	Q _{medel} (m ³ /s)	Nederbörd (mm/år)	Avdunstning (mm/år)	Avrinning (mm/år)
Huseby kvarn	2061	19,7	784	481	303
Krubbemölla vattenkvarn	10,5	0,090	772	501	271
Hallamölla Christinehof	109	1,20	856	510	346
Bjärsgård	50	0,62	899	505	394
Blåherremölla	40	0,36	773	481	292
Ruveröds mölla	65	0,94	901	445	456
Mölles vattenmölla	4	0,026 ^c	727	537	190

^c) Före nedläggningen

Tabell 8:1. Sammanställning av hydrologiska data.

Tabellen ger en uppfattning om varför det kan bli nödvändigt att installera en pump för att driva Mölles vattenmölla. Som framgår av tabellen hade möllan det minsta vatteninsamlingsområdet redan före dräneringsarbetena i slutet av 1800-talet. Efter dräneringsarbetena är vatteninsamlingsområdet ännu mindre. Medelflödet före nedläggningen var i särklass lägst.

Även nederbörden i mm/år är lägst, trots detta är avdunstningen i mm/år högst och följaktligen är avrinningen i mm/år betydligt lägre än vid någon av de andra möllorna.

Många av de andra möllornas vatteninsamlingsområden är höglänt belägna på Söderåsens och andra åsars höjder där det regnar betydligt mer än vid havsytans nivå där Mölle ligger. Den höga avdunstningen beror på att det alltid blåser kraftigt i Mölle. I inlandet blåser det betydligt mindre.

(Uppgifter om nederbörd, avdunstning och avrinning har hämtats från SMHI:s vattenwebb med data för de aktuella vatteninsamlingsområdena)