Bevattning och växtnäringsutnyttjande

JORDBRUKS VERKET

Jordbruksinformation 5 – 2007

Innehåll

INLEDNING 3

VATTNETS KRETSLOPP - GRUNDEN FÖR BEVATTNING 4
Vattnet i marken 5
Vattnet i luften och i växten 7

BEVATTNING OCH VÄXTNÄRING 10
Bevattning och bevattningens effekter 10
Bevattningsmängder 12
Bevattning av olika grödor 14
Metoder för bestämning av bevattningstidpunkt 16
Bevattningsteknik 19
Bevattningskapacitet 25

BEVATTNINGSVATTEN – TILLGÅNG, LAGRING OCH KVALITÉ . 28
Vattentillgångar 28
Lagring av bevattningsvatten 28
Krav på bevattningsvattnets kvalité 29

LAGAR OCH REGLER FÖR BEVATTNING 31
Tillstånd för uttag av bevattningsvatten 31
Regler vid vattenbrist 33
Tillsyn 33
Vattendirektivet och miljömålen 33

REFERENSER 35

© Greppa Näringen 2006

Text Peter Malm, Hushållningssällskapet Kristianstad
Peter Berglund, Hushållningssällskapet Kristianstad

Redaktör Håkan Sandin, Jordbruksverket

Layout & illustrationer Colloco Grafisk Form

Tryck Prinfo Team Offset & Media

Omslagsbilder
Hög precision vid tillförsel av vatten borgar för en bättre vatten-hushållning och mindre övergödning. Foto Håkan Sandin.
Vattendroppe, Digital Vision.

Sjutton goda bevattningsråd

Innan bevattningssäsongen

- **Kartlägg ditt bevattningsbehov** med utgångspunkt från torrår. När högvärdesgrödorna behöver vatten måste du kunna vattna hela arealen.
- **Undersök dina vattentillgångar** med avseende på kvantitet och kvalitet.
- **Planera dina investeringar över tid**. Ta de mest lönsamma investeringarna först.
- **Planera dina stamledningar och hydranter** så att det går snabbt och enkelt att flytta bevattningsmaskinerna.
- Planera så att du har kunnig arbetskraft tillgänglig när det är dags att **flytta bevattningsmaskiner**.
- **Odla inte större ytor** med högvärdesgrödor än du har bevattningskapacitet till.
- **Planera för raka fält** med hela bevattningsdrag och med gott om utrymme på vändtegarna.
- **Ta jordprover** så du lär känna din jord. Beräkna jordens vattenhållande förmåga både i matjord och alv.
- Om möjligt **använd rampbevattning** eftersom den ger noggrannare spridning än bevattningskanon.

Under bevattningssäsongen

- **Starta bevattningen i tid** på våren och i varje bevattnings-omgång.
- **Var extra noggrann med bevattningsintervallen** under grödans etableringsfas. Undvik stora givor under denna period.
- **Anpassa bevattningen efter grödans utveckling**, dvs större givor efter hand.
- **Använd bevattningsprognoser**.
- Se upp med att stora bevattningsgivor och bevattning **i samband med regn** ökar risken för växtnäringsläckage.
- **Var observant** på att bevattningsbehovet efter regn kommer snabbare än du tror.
- **Sluta inte bevattna för tidigt på hösten**. Håll grödan frisk!
- **Gräv i marken** och undersök om det är torrt.

Kväve- och fosföröverskott orsakar övergödning i slutrecipienten. Kusthaven är slutrecipient för sådana överskott. (Foto Håkan Sandin)

Inledning

Bevattning är vanligt på lätta jordar där man odlar så kallade högvärdesgrödor. Bevattningsbehovet beror på att avdunstningen under växtsäsongen är större än nederbörden under ett normalår. Att ge grödan rätt mängd vatten, vid rätt tidpunkt är emellertid svårt. Det beror på en mängd faktorer som markens och grödans egenskaper, vädret, bevattningssystemets utformning och kapacitet. Undersökningar visar dock att rätt utförd bevattning ger högre skörd och bättre kvalité samt minskad utlakning av växtnäringsämnen.

Rätt utförd bevattning leder till ökad skörd, bättre kvalité och minskad växtnäringsutlakning.

För att förbättra vattenhanteringen inom det svenska jordbruket och på så sätt reducera växtnäringsförlusterna och öka produktiviteten krävs ökade kunskaper om bevattning. I denna skrift behandlas frågor om vatten och bevattning, lagar och regler, grödors vattenbehov, kopplingen mellan bevattning och växtnäringsutnyttjande samt när och hur man ska bevattna. Exempel är hämtade från potatis- och grönsaksodling.

Skriften är huvudsakligen uppdelad i fyra kapitel:

- Vattnets kretslopp – grunden för bevattning
- Bevattning och växtnäring
- Bevattningsvatten – tillgång, lagring och kvalité
- Lagar och regler för bevattning

Bevattningen i Sverige

Ungefär 100 000 hektar mark bevattnas i Sverige under ett torrår och det motsvarar ett bevattningsuttag på minst 100 miljoner kubikmeter vatten. Bevattningsuttagen sker under perioder när den naturliga vattentillgången är låg, vilket kan leda till konflikter mellan olika intressen. En förbättrad vattenhantering inom jordbruket kan mildra dessa konflikter.

Vattnets kretslopp – grunden för bevattning

Definition

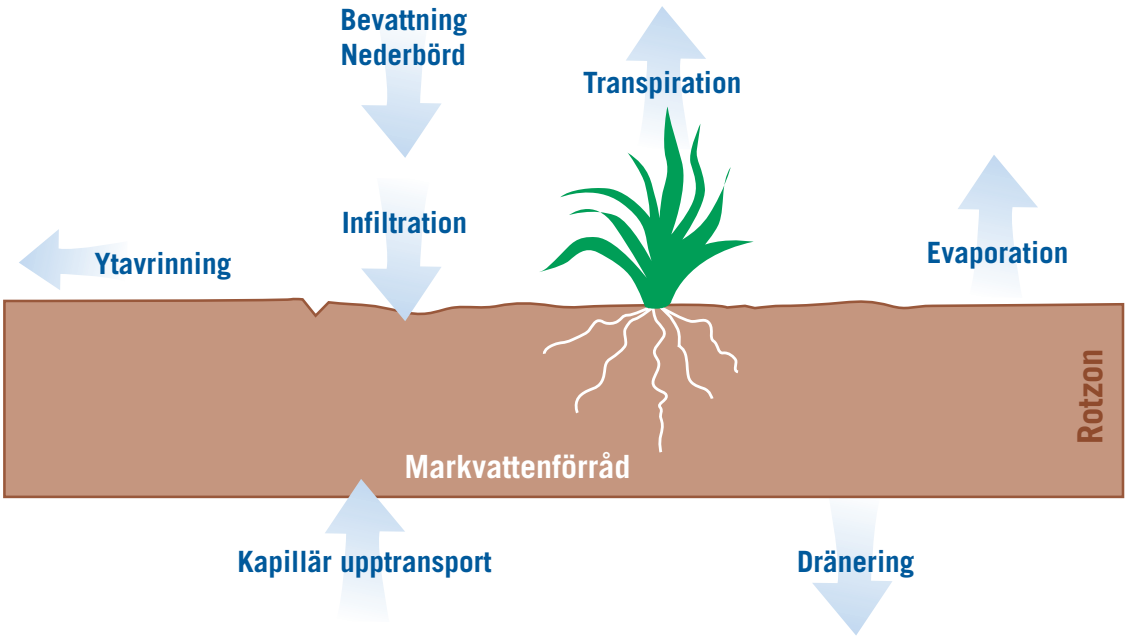
Por: hålrum i marken mellan jordpartiklar som kan fyllas med växtdelar, luft, vatten m m.
Porvolym: den andel av en viss jord som består av hålrum. Beräknas i procent (%).
Fältkapacitet: ett mått på hur mycket vatten en markprofil maximalt kan hålla.

De växtnäringsämnen, som inte tas upp av växten riskerar att utlakas till grundvatten och omgivande vattendrag. Hög och intensiv nederbörd och felaktig bevattning kan leda till växtnäringsläckage.

Vattnet som kommer i form av nederbörd eller bevattning fyller markens porer. Från dessa porer kan sedan växterna suga upp vatten som till stor del återgår till atmosfären genom växtens transpiration. I markens vatten finns det lösta näringsämnen som genom växtens transpiration tas upp av växten. Dessa växtnäringsämnen, vatten och luftens koldioxid används sedan av växten för att bygga upp celler och lagra energi. Alla dessa komponenter och vattnets kretslopp är därför nödvändiga för växtens tillväxt och överlevnad. Näringsämnen, som växten inte tillgodogör sig, riskerar emellertid att utlakas till grundvatten och omgivande vattendrag.

Om mängden vatten överstiger markens vattenhållande förmåga påskyndas växtnäringsläckaget. Väl avvägd bevattning förbättrar växtnäringsutnyttjandet och reducerar utlakningen, men för en effektiv bevattning krävs kunskap om markförhållandena, grödans utvecklingsfaser och vattenflöden till och från rotzonen. Samspelet mellan vattnet (nederbörd/bevattning), marken, växten och växtnäringen kommer därför att behandlas i detta inledande kapitel. Figur 1 visar de olika vattenflödena till och från rotzonen och använda fackuttryck inom bevattning.

Figur 1. Vattenflöden till och från marken.



Vattnet i marken

Infiltration och infiltrationshastighet

Vattnets nedträngande genom markytan kallas infiltration. Infiltrationshastigheten anger den hastighet som vattnet sjunker genom jorden med. Infiltrationshastigheten hos en jord är hög direkt i början men sjunker fort för att sedan avta långsamt med tiden.

Infiltrationshastigheten varierar mycket mellan olika jordar och mellan olika skikt. Den aktuella strukturen hos jorden och markytans jämnhet har stor inverkan på infiltrationshastigheten. Riskjordar är de som är svårgenomsläppliga och som lätt blir tillslammade i ytan. Hit kan räknas mjälajordar, mo- och mjälarika leror och ibland även moränleror. Ett svårgenomsläppligt skikt kan få stort inflytande på infiltrationshastigheten.

Infiltrationshastigheten har betydelse för bevattningsintensiteten. En jord med låg infiltration kan bara "svälja" små mängder vatten innan ytavrinning sker.

Kapillär upptransport

Kapillär upptransport av vatten till rotzonen förekommer på nästan alla jordar och beror på vattnets ytspänning (kohesion) och attraktionskrafter mellan vattnet och fasta ytor (adhesion). Det är i regel endast hos finmo- och grovmjälajordar som kapillär upptransport har någon betydelse för markens vattenhalt ovan grundvattenytan. På våren när grundvattenytan ligger högt kan dock kapillär upptransport ha betydelse även på sand- och grovmojordar.

I vissa markprofiler finns ett så kallat kapillärbrytande skikt. Det innebär att i profilen finns det ett lager som innehåller en jordart med låg kapillär förmåga. Detta hindrar transport av vatten till övre delar i markprofilen.

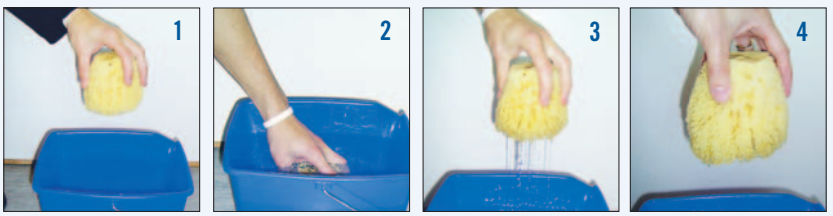
Inom bevattning har kapillariteten en relativt liten betydelse, men bör beaktas på finmo- och grovmjälajordar och vid hög grundvattenyta.

Fältkapacitet

Vid bevattning eller nederbörd fylls markens porer med vatten. Hur mycket vatten marken kan hålla, innan dränering sker, beror på markens vattenhållande förmåga eller fältkapacitet. Markens fältkapacitet är beroende av jordart, mullhalt och grundvattendjup. En lerjord kan exempelvis hålla betydligt mer vatten än en sandjord som också benämns *lätt jord*.

En markprofils fältkapacitet är avhängigt jordarten, mullhalten och höjden över grundvattenytan.

Fältkapacitet



Torka | Regn | Dränering | Fältkapacitet

1. Marken när den är torr.
2. Vid nederbörd eller bevattning vattenfylls markens porer.
3. Om vattentillskottet är rikligt och överstiger den mängd som marken kan hålla bildas dräneringsvatten.
4. Dräneringen avtar men marken innehåller fortfarande stora mängder vatten. Detta är markens fältkapacitet d v s den mängd vatten som marken kan hålla efter avslutad dränering.

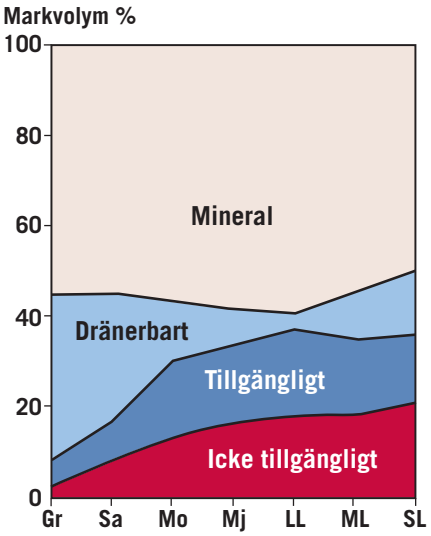
Tabell 1. Markens vattenhållande förmåga (fältkapacitet) vid 1 meter grundvattenyta. (Modifierad från SLU, 2005)

Jordart	mm vatten per dm jord
Sand	15
Mo	30
Mjäla	30
Lättlera	35
Mellanlera	30
Styv lera	35

Definition

Växttillgängligt vatten: fältkapacitet minus vissningsgräns i rotzonen.

Rotzon: den del av marken som växtens rötter befinner sig i. Mäts från markytan och neråt.



Figur 2. Visar olika mineraljordars förmåga att hålla vatten och andelen växttillgängligt vatten. (SLU, 2005)

Mullhalten inverkar också på markens fältkapacitet. En mullrik moig sandjord kan hålla 2-3 gånger så mycket vatten som en mullfattig sand. Till sist så inverkar även grundvattendjupet på markens fältkapacitet. Om grundvattenytan förändras ändras även markens fältkapacitet.

Fältkapacitet är följaktligen ett mått på hur mycket vatten en jord kan hålla eller lagra. Om mer vatten tillförs marken än dess fältkapacitet finns risk för ytavrinning eller dränering av vatten från rotzonen. Dränering innebär att vattnet transporteras genom marken förbi rotzonen till grundvattnet.

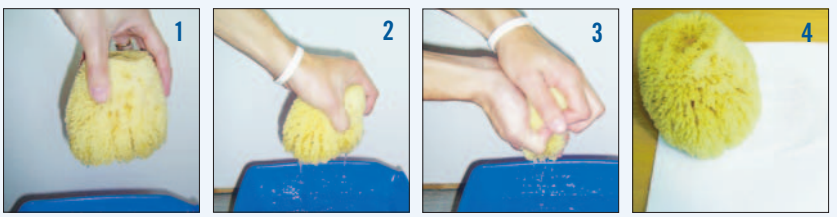
Växttillgängligt vatten

Växttillgängligt vatten används för att beskriva hur mycket av markens vatten som är tillgängligt för växterna. Begreppet skiljer sig därmed mot fältkapacitet som endast beskriver en jords vattenhållande förmåga under specifika förhållanden. Det växttillgängliga vattnet definieras därför som markens fältkapacitet minus vissningsgränsen. Vissningsgräns motsvarar således det vatten i markprofilen som inte är växttillgängligt. Figur 2 visar olika mineraljordars vattenhållande förmåga och mängden växttillgängligt vatten. En sandjord kan hålla ca 10 mm växttillgängligt vatten per decimeter jord. På dessa typer av jordar, där rotdjupet är begränsat till matjorden, blir mängden växttillgängligt vatten endast omkring 30 mm. På finmojordar och på lerjordar i fin struktur kan 150-200 mm utnyttjas av grödor med stort rotdjup. På lätt- och mellanleror kan det växttillgängliga vattnet uppgå till ca 200 mm. Det återstår dock 150 mm vatten i dessa jordarter som växterna inte kan tillgodogöra sig.

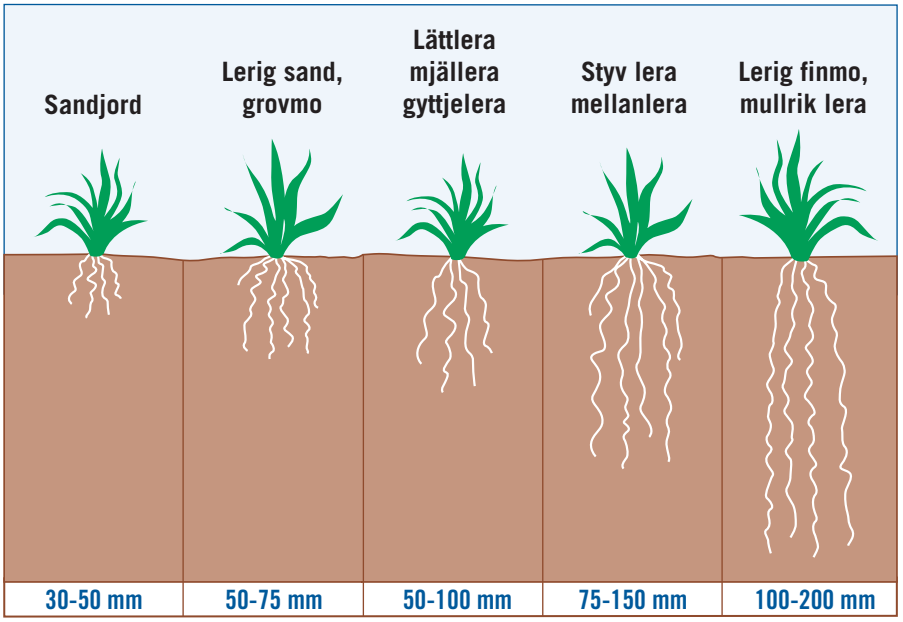
Den mängd vatten som kan lagras i marken och ställas till grödans förfogande under växtperioden bestäms därför av jordarten, mullhalten, grundvattennivån och rotdjupet. Efter avslutad dränering på våren finns, i de flesta typer av jordar, mellan 50 och 200 mm växttillgängligt vatten lagrat i den del av marken som växtrötterna kan penetrera.

Tillväxten hämmas dock redan innan vissningsgränsen uppnåtts. För många grödor inträffar det redan när hälften av det växttillgängliga vattnet förbrukats. Figur 3 illustrerar skillnader i vattenhållande förmåga hos olika mineraljordar med olika rotdjup.

Växttillgängligt vatten



1. Marken vid fältkapacitet.
2. Vattnet sugs upp av rötterna när växten börjar transpirera. Vattnet försvinner från rotzonen.
3. Stor kraft behövs för att suga upp resterande vatten och med tiden uppnås vissningsgränsen, dvs då växten inte kan tillgodogöra sig vattnet som finns kvar i marken.
4. Marken innehåller fortfarande vatten men det är inte växttillgängligt.



Figur 3. Växttillgängligt vattenmagasin i millimeter på olika typer av jordar. (Linnér m fl, 2006)

Vattnet i luften och i växten

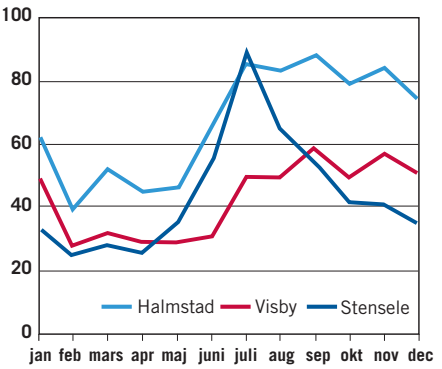
Nederbörd och begreppet avdunstning

I Sverige varierar årsmedelnederbörden mellan 400 och 900 mm per år. Nederbörden skiftar kraftigt under året se figur 4 som visar normal månadsnederbörd från tre platser i Sverige.

Under sommaren och hösten är nederbörden som störst och sjunker sedan successivt till februari. Minst nederbörd kommer det under februari månad. Även om nederbörden stiger ganska kraftigt under våren och försommaren är den ändå lägre än de flesta grödors vattenbehov. Nederbördsunderskottet uppgår normalt till 50-200 mm under växtsäsongen. För t ex potatis så ligger behovet av vatten någonstans mellan 300 och 350 mm per växtsäsong samtidigt som medelnederbörden under samma period ligger mellan 170 och 250 mm. Figur 5 visar den årliga vattenbalansen från Uppsala.

Det så kallade nederbördsunderskottet beror på att avdunstningen (vattenavgången) från grödan och marken är större än nederbörden. Avdunstningen kan delas upp i två delar; evaporation och transpiration. Evaporationen är det vatten som avgår från en mark- eller vattenyta, från våta växtdelar eller snö. Transpirationen är det vatten som avgår från växterna.

Samlingsnamnet för evaporation och transpiration är evapo-transpiration (ET) och är då vattenavgången från både grödan och marken under grödan och kan därmed likställas med begreppet avdunstning. Avdunstningen från ett växande bestånd varierar kraftigt och styrs av markfuktighet, lufttemperatur, solinstrålning, luftfuktighet, vindhastighet och grödans utseende. Det är svårt att mäta den verkliga avdunstningen från ett växande bestånd så ofta används *potentiell avdunstning* för att beräkna den verkliga avdunstningen. Potentiell avdunstning är den maximala avdunstningen från en mark som är så fuktig att transporten av vattenånga från marken och vegetationen inte är begränsad. Den potentiella avdunstningen styrs annars av samma faktorer som den verkliga avdunstningen och kan uppgå till 7 mm eller mer en varm sommar-

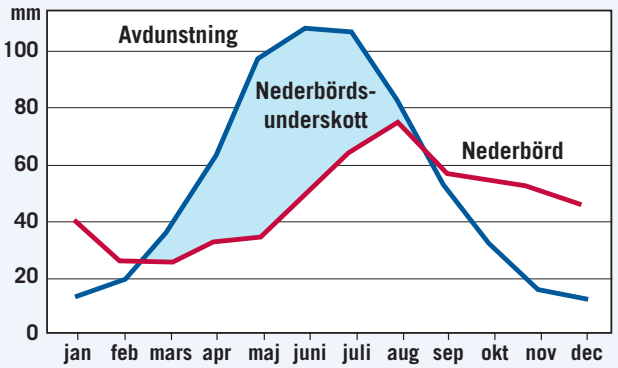


Figur 4. Normal månadsnederbörd för tre platser i Sverige under åren 1960-1991. (Divkovic, 2002).

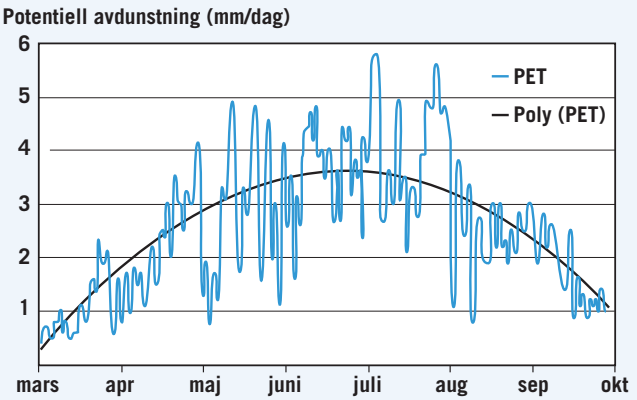
Definition

Evapo-transpiration (ET): är den totala avdunstningen från mark och gröda och påverkar grödans vattenbehov.

Potentiell avdunstning (PET): är den maximala avdunstningen från en mark som är så fuktig att transporten av vattenånga från marken och vegetationen inte är begränsad.



Figur 5. Årlig vattenbalans för Uppsala. Medeltal 1931-1960.



Figur 6. Den potentiella avdunstningens (PET) variation under en växtsäsong i Uppsala. (Linnér, 2003)

Vid regn eller bevattning fastnar en del av vattnet i grödan. Vanligen är det högst 0,5 - 1 mm som vid varje nederbördstillfälle inte når marken. Detta kallas interception.

Avdunstningen varierar kraftigt under sommaren och kan enskilda dagar uppgå till 7 mm eller mer.

dag. Figur 6 visar den potentiella avdunstningen (PET) under en växtsäsong i Uppsala.

Det finns även avdunstningsmätare som är kalibrerade efter en speciell gröda, exempelvis Anderssons evaporimeter. Detta instrument kan mäta avdunstning från ett slutet bestånd av potatis.

Växten

Vatten fyller fyra huvuduppgifter i växten:

- Vatten deltar i en rad kemiska processer i växten t ex fotosyntesen.
- Vatten utgör lösnings- och transportmedel för mineralämnen, kolhydrater och andra substanser i växten.
- Vattnet används för att upprätthålla trycket i växten så att den inte slokar (förstyvningsmedel).
- Avkylning genom transpiration.

Vatten kan tas upp av olika delar av växten. Vanligtvis tas nästan allt vatten upp av de yngsta rotdelarna. Det som gör att vattnet sugs upp i växten och sedan transporteras genom växten är det undertryck som bildas när vatten används i växtens transpiration och dess fotosyntes. Detta kallas för passiv vattenupptagning och transport. Många arter kan även ta upp vatten genom osmotiska krafter i roten (aktiv vattenupptagning).

Alla ovanjordiska delar av växten kan förlora vatten. Transpirationen från bladen genom klyvöppningarna utgör hos de flesta växter i vårt klimat mer än 95% av växtens totala vattenanvändning. Nästan allt vatten avges som vattenånga vid transpirationen. De flesta växter utnyttjar mindre än en procent av det upptagna vattnet för sin fotosyntes och därmed för inbyggnad i växten. Växten fungerar som en pump och ledning för att föra vatten från jorden till luften. Transpirationsströmmen är nödvändig för transport av växtnäring till bladen och för att hålla nere temperaturen i bladen under soliga dagar. Avdunstning verkar kylande eftersom det vid förångning av vatten tas värme från plantan. En potatisplanta som lider av vattenbrist och nedsatt transpiration kan ha flera grader högre temperatur än den omgivande luften. Nedsatt transpiration reducerar tillväxten på grund av att närings- och koldioxidupptaget hämmas.

Definition

Vattenavförande tryck: Det tryck (sug) som rötterna försöker suga åt sig vattnet i markporerna med.

Växtens beroende av vattentillgången

Vattentillståndet i växten styrs av transpirationshastigheten och av det vattenbindande trycket i markvattnet vid rötterna. Det vill säga hur fort vattnet transporteras genom växten till klyvöppningarna och vilket tryck (sug) rötterna måste anlägga för att ta upp vatten ur marken.

När transpirationen överstiger den vattenmängd som rötterna tar upp minskar vatteninnehållet i växten och vattnets undertryck (tensionen) ökar. Därigenom minskar växtens saftspänning eller turgortryck. När turgortrycket sjunker stängs klyvöppningarna helt eller delvis mekaniskt varigenom transpirationen reduceras. Slokning är det första synliga tecknet på denna vattenbrist. Slokning inträffar oftast mitt på dagen. Men om det inte tillförs mer vatten når växten ett tillstånd då den slokar även på natten. Vattenhalten i rotzonen har därmed sänkts till vissningsgränsen.

När växten utsätts för vattenstress omvandlas även mer stärkelse till socker än normalt och utvecklingen av blommor och frukter hämmas.

Växterna kan överleva en tids vissning genom att utnyttja sina näringsreserver, men torrsubstansproduktionen minskar av varje slokning och vissningsperiod. För att ett kilo torrsubstans ska bildas åtgår det i vårt klimat 300-700 liter vatten. En frisk gröda kan producera över 10 000 kg torrsubstans per hektar. För detta åtgår 3-7 miljoner liter vatten. En gröda som lider av näringsbrist eller sjukdom, förbrukar nästan lika mycket vatten som en frisk gröda. Det innebär att vattenförbrukningen per kilo torrsubstans då blir nästan dubbelt så stor. Ett effektivt utnyttjande av vattnet förutsätter därför att alla tillväxtfaktorer är väl tillgodosedda och att grödan är fri från sjukdomsangrepp.

Grödan kan växa optimalt tills ca 50% av det växttillgängliga vattnet förbrukats.

För ett kilo torrsubstans ska bildas åtgår det i vårt klimat 300-700 liter vatten

Ett effektivt utnyttjande av vattnet förutsätter att alla tillväxtfaktorer är väl tillgodosedda och att grödan är fri från sjukdomsangrepp.

Samspelet mellan marken, växten och atmosfären

Vi utgår från luft- och markförhållanden i en vanlig produktionssituation, med en relativ luftfuktighet på 80 procent, vilket innebär att luften har en hundra gånger högre vattenpotential än marken. Luften utanför plantan drar till sig avdunstande svällningsvatten från cellerna innanför klyvöppningar. Dessa celler kompenserar denna förlust genom att dra till sig vatten från cellernas vakuoler och därmed sjunker trycket i cellen, turgortrycket. Detta återverkar i sin tur på innanför liggande celler och växten framkallar en låg vattenpotential i sina ledningsbanor.

Denna låga vattenpotential påverkar cellerna i rotvävnaderna. Cellerna i roten tvingas avge vatten till ledningsbanorna. En vattenpotentialgradient, ett undertryck, uppstår. Växten suger vatten genom rothåren och en transpirationsström av vatten och näring har kommit igång.

Kalium är det makronäringsämne som har större betydelse än andra för växtens vattenupptagande förmåga. Kaliumjonen är en av de viktigaste komponenterna i cellsaften och bidrar mer än några andra oorganiska joner till att ge cellsaften dess osmotiska potenial, d v s dess förmåga suga till sig vatten. Vid kaliumbrist får växtcellerna därför ofta ett lägre turgottryck och hela växtens vattenhushållning rubbas. Kaliumjonerna påverkar förövrigt också cellmembranernas genomtränglighet genom att vidga porerna.

Markens egenskaper, temperaturen, syretillgången och ljuset är alla yttre faktorer som påverkar upptagningen av näringsämnen. Näringsupptagningen genom roten sker både passivt och aktivt. Transporten av näringsämnena från roten till växtens ovanjordiska delar sker med hjälp av transpirationsströmmen och under vissa speciella förhållanden också med hjälp av ett rottryck.

Definition

Vattenpotential: Kan sägas ange ett systems mättnadsgrad med avseende på vatten. Vattenpotentialen är därmed en storhet som anger mängden energi per volym, något som emellertid blir detsamma som tryck.

Vattenpotentialgradient: Det är skillnader i tryck, vattenpotentialgradient, som driver transpirationsströmmen.

Bevattning och växtnäring

Bevattning och bevattningens effekter

Många undersökningar visar att grödor som har god vattenförsörjning också utnyttjar växtnäringen i marken effektivare.

Bevattningens effekter är i hög grad beroende av när och hur bevattningen utförs. Det är viktigt att bevattningsmängder och bevattningstidpunkter anpassas till grödans behov, till jordens egenskaper och till väderleken.

För yrkesmässig odling av potatis och grönsaker är bevattning en nödvändig förutsättning för höga och jämna skördar av god kvalitet. Nederbördsunderskottet under växtperioden är normalt 50-200 mm och på vissa jordar är en förlust på 20 mm av det växttillgängliga vattnet tillräckligt för att känsliga grödor ska få tillväxten nedsatt på grund av vattenbrist. Bevattningsförsök med olika grad av uttorkning visar att en tydlig reduktion av tillväxten sker när omkring hälften av det växttillgängliga vattnet i rotzonen utnyttjats. Ju högre avdunstningen är desto tidigare reduceras tillväxten.

Bevattningens effekter är i hög grad beroende av när och hur bevattningen utförs. Det är viktigt att bevattningsmängder och bevattningstidpunkter anpassas till grödans behov, till jordens egenskaper och till väderleken. Ett bra resultat av bevattningen förutsätter därför kunskaper om olika grödors behov av vatten under olika utvecklingsstadier, om jordarnas vattenhållande egenskaper och om rotdjupet. Det är också viktigt för avkastning, kvalitet och näringsutnyttjande att man använder en bevattningsteknik som sprider vattnet jämnt över fälten.

När grödan visar symptom på vattenbrist såsom tillfällig slokning mitt på dagen, mörknande bladfärg eller gulnande blad är det alltför sent att påbörja bevattningen. Innan sådana symptom visar sig har tillväxten varit nedsatt under flera dagar. I regel bör man därför börja bevattna innan synliga torksymptom uppträder. Vid varje bevattningsomgång är det viktigt att påbörja bevattningen så tidigt att man hinner bevattna hela arealen innan torkskador uppstår på de fält som bevattnas sist.

Det är en vanlig uppfattning att bevattning begränsar rotutvecklingen. Uppfattningen bygger på att om växten får lida en del av torka så utvecklar den rötter som går på djupet i sin jakt på vatten och att växten sedan har nytta av dessa djupa rötter för sin vattenförsörjning. Studier som gjorts i svenska försök har emellertid visat att väl utförd bevattning nästan alltid leder till att rotsystemet blir kraftigare och djupare. Särskilt på jordar med dålig struktur kan bevattning öka rötternas möjlighet att växa på djupet. Grödan kan därigenom utnyttja mer vatten och växtnäring i alven. Rottillväxten kan dock begränsas av vattenöverskott (syrebrist) på grund av bristfällig dränering på jordar med låg genomsläpplighet eller på grund av alltför riklig bevattning eller nederbörd.

Bevattning leder nästan alltid till att rotsystemet blir kraftigare och djupare.

Dränering

Bevattnade jordar kräver en väl fungerande dränering. Vid bevattning fyller man rotzonen med vatten, kommer det sedan ett häftigt regn strax efter är risken stor för syrebrist, rötskador och igenslamning om dräneringen inte fun-

gerar. Liknande problem kan uppstå om jorden är packad och har dålig genomsläpplighet.

Befuktningsmotstånd

Vid bevattning av starkt uttorkade sand- och mulljordar kan det ibland uppstå problem med befuktningen. Vattnet vill inte rinna igenom markytan utan samlas i små svackor, rinner ner i fårorna i potatisfält etc. Marken blir ojämnt uppfuktad. Inne i potatiskuporna kan det finnas torra områden trots riklig bevattning. Bilden nedan visar vattnets transport i en kraftigt uttorkad sandjord.

Låt inte ytskiktet torka ut för långt – det är det bästa sättet att undvika befuktningsmotstånd hos jorden.

Istället för kupning är det numera möjligt att bäddodla potatis. Bäddar blir lättare genomfuktade än kupor och det blir även en bättre vattenfördelning i markprofilen. Det innebär att växtnäringsläckaget blir lägre samtidigt som skördarna påverkas positivt. Det finns därför anledning att utveckla bäddodlingen i Sverige för ett bättre växtnäringsutnyttjande. Befuktningsmotstånd kan dock uppträda även i bäddodling och till och med på plan mark.

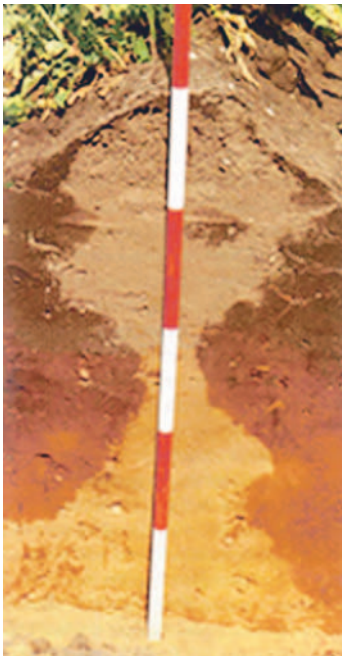


Bild 1. På bilden syns tydligt hur vattnet inte når potatisens huvudsakliga rotsystem. Vattnet kan inte tränga in till grödans rötter på grund av det så kallade befuktningsmotståndet. Vattnet lägger sig runt rotsystemet på grund av kupningen. Detta fenomen kan uppstå vid kraftig uttorkning. I detta försök användes en bevattningskanon och givan låg på 50 mm vatten. (de Jonge, m fl, 1999)

Kväveutlakning vid potatis- och grönsaksodling

I vårt klimat är risken för utlakning i regel mycket större efter skörden än under växtperioden. Faktorer som bidrar till risken för stor kväveutlakning vid potatis- och grönsaksodling är;

- Odlingen sker ofta på jordar med hög genomsläpplighet och liten vattenhållande förmåga.
- Det finns ofta stora mängder kväve i omlopp.
- En del av grödorna kräver god tillgång på kväve ända fram till skörd för att få rätt kvalitet.
- Mängden kväve i de kvarlämnade skörderesterna är ofta stor, speciellt om tillväxten avbryts innan blast eller andra skörderester får börja vissna naturligt.
- Många grödor skördas tidigt. Då är marken fortfarande varm och kväve frigörs under lång tid från markens kväveförråd och från nedbrytningen av skörderester.

Läs mer i skriften ”Kväveutnyttjande i potatis- och grönsaksodling”.

Bild 2. Bäddodling av sallat. Bilden visar bevattning med ramp där överskottsvatten samlas i spåren mellan bäddarna. Det är viktigt att dessa ytor inte är gödslade. (Foto Håkan Sandin)

Åkermarkens innehåll av N, P och K

Matjorden (0-30 cm) innehåller ofta stora förråd av växtnäring, även om bara en liten del är tillgänglig för växterna vid ett och samma tillfälle. I exemplet nedan är räknat efter ”klass 3” för fosfor och kalium. En jord i klass 5 innehåller minst dubbelt så mycket P och K.

	Växttillgängligt/ha	Förråd/ha
N	10-200 kg N	6000-8000 kg N
P	160-320 kg P	1600-2400 kg P
K	320-640 kg K	4000-8000 kg K

- Intensiv bearbetning av jorden i samband med plantering/sättning, ogräsbekämpning och upptagningen stimulerar kvävefrigörelsen från markens förråd.
- Potatisen, men även vissa grönsaker, gödslas ofta med stallgödsel vilket bidrar till att kväve ofta frigörs även utanför växtperioden.

Frilandsodlade grönsaker karakteriseras av en mångfald olika kulturer med vitt skiftande kvävebehov och utvecklingstid. Grödor med stort kvävebehov, såsom vitkål, kan ta upp 350 kg N/ha under en odlingssäsong. En betydande del lämnas kvar på fältet som skörderester. Kväve som frigörs under hösten från markens humusförråd och från nerbrukade färska skörderester är i de flesta fall den i särklass viktigaste källan till utlakat kväve och kan uppgå till 100-150 kg/ha och år. Gödslingsintensiteten har en tydlig inverkan på skörderesternas mängd och kväveinnehåll, vilket starkt påverkar hur stor frigörelsen av kväve blir senare på hösten. Risken att gödselkväve finns kvar efter skörd är störst efter korta kulturer som, av bl a kvalitetsskäl, skördas medan växten fortfarande befinner sig i kraftig tillväxt, t ex isbergssallat och tidig färskpotatis.

På vissa jordar är en förlust av 20 mm av det växttillgängliga vattnet tillräckligt för att känsliga grödor som sallad ska få tillväxten nersatt p g a vattenbrist.

Bevattningsmängder

På de flesta jordar är betingelserna för vegetativ tillväxt bäst när vatteninnehållet i rotzonen ligger strax under fältkapaciteten. Från praktisk synpunkt är det inte möjligt att vattna med så små mängder och så ofta som det krävs för att ständigt bibehålla så hög markfuktighet. I princip skulle detta innebära daglig bevattning och det blir för dyrt och opraktiskt att vattna så ofta förutom om man använder droppbevattning. Vattenmängden vid bevattning bör normalt avpassas så att marken fylls på till strax under fältkapaciteten så att avrinning från rotzonen undviks. För mycket vatten kan leda till syrebrist, ökad risk för skadeangrepp, risk för utlakning av växtnäringsämnen och minskad tillväxt. Är bevattningsgivan för liten blir inte hela rotzonen genomfuktad vilket kan leda till minskad rottillväxt och rotdöd.

Tabell 2. Lämpliga bevattningsmängder för olika jordar och rotdjup

Jordart i matjorden	Bevattning mm per gång
Mullfattig sand	15
Lerig sand-grovmo	20
Lättlera	25
Mellanlera, styv lera	30

Var försiktig med att bevattna upp till fältkapacitet på tunga jordar. De kan bli oframkomliga om det skulle komma ett häftigt regn.

Vilken som är den optimala bevattningsmängden avgörs av:
- Jordens vattenhållande förmåga
- Rotdjup
- Grödans utvecklingsstadium
- Bevattningsutrustningen (se kapitlet spridningsteknik)

Olika bevattningsmängder för olika jordar

Lätta jordar där rotdjupet ofta begränsas till matjorden, liksom grunt rotade grödor på andra jordar bör bevattnas med högst 15-20 mm per gång. På bättre vattenhållande jordar och vid större rotdjup är det lämpligt med givor på 25-30 mm. Mulljordar kan i allmänhet hålla stora mängder vatten men man bör ändå inte vänta alltför länge med bevattningen. Om mulljordar blir starkt uttorkade utvecklas ett befuktningsmotstånd som gör att de blir svåra att genomfukta. I tabell 2 anges lämpliga bevattningsmängder för olika jordar. Utgångspunkten på lätta jordar är att bevattna när cirka hälften av det växttillgängliga vattnet i rotzonen förbrukats.

Vid bevattning av jord med sprickor i kan det vara bra med låg tillförselintensitet eller bevattning i två omgångar med någon dags mellanrum för att minska avrinningsförlusterna till grundvatten och dränering.

Var noga med bevattningen i början av odlingssäsongen eftersom behovet är relativt litet. Det beror på grödans begränsade transpiration och rotdjup. Vattna om möjligt ofta och med anpassad låg giva.

Grödans utvecklingsstadium

Använd små givor på max 10 mm för etableringsbevattning före sådd eller efter plantering och för vinderosionskontroll. Små givor ökar emellertid det totala vattenbehovet eftersom markytan hålls fuktig och mer vatten kan evaporera till luften jämfört med större givor mer sällan.

I grödans tidigaste utveckling är inte kravet så stort på markfukt, men ändå är tillräcklig fukt väsentlig för att rotutvecklingen ska bli den bästa. I fuktig jord har rötterna möjlighet att få större volym och kan senare få tillgång till mer växtnäring och vatten. Eftersom rotdjupet är litet i början och därmed mängden växttillgängligt vatten får man minska på bevattningsgivan. Mindre givor än 10 millimeter är det dock sällan aktuellt att ge. När sedan växten och rötterna vuxit till sig går man upp till ordinarie bevattningsgiva.

En annan anledning till att minska bevattningsgivan i början av växtsäsongen är att en växt har en mindre transpiration i de tidiga utvecklingsstadierna (växtkoefficient). Se vidare under kapitlen potatis och grönsaker.

Många grödor behöver god tillgång på kväve i början av sin växtlighet. De små plantorna växer bättre om de har en hög kvävekoncentration. För att rötterna ska få tillgång till kväve behövs god markfukt och därmed ofta tidiga bevattningar.

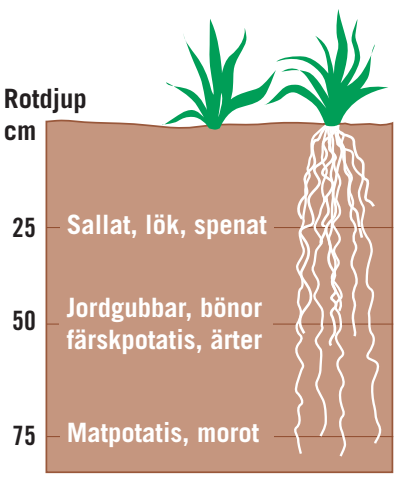
Grödans rotdjup inverkar på bevattningen

Rotutvecklingen avgör hur stort vattenmagasin grödan kan utnyttja. Därför styr rotdjupet mängden växttillgängligt vatten och därmed behovet av bevattning.

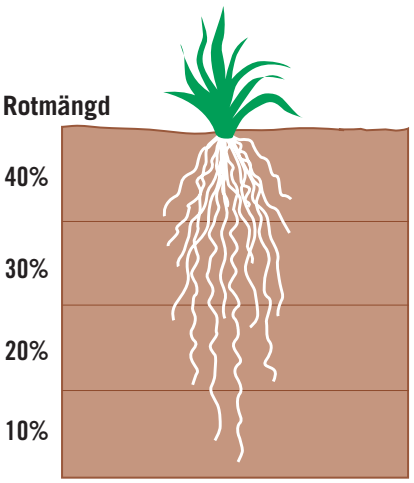
Redan när hälften av det växttillgängliga vattnet förbrukats i hela rotzonen är matjorden ofta uttorkad till vissningsgränsen. Detta leder till försämrad växtnäringsupptagning även om grödan kan hämta upp vatten från djupare lager.

Olika grödor har genetiskt betingade skillnader i rotutveckling (se figur 7). Det är emellertid mycket vanligt att rotutvecklingen begränsas av andra faktorer än genetiska. Rotdjupet kan begränsas av mekaniskt motstånd vilket är vanligt på sandjordar, på lerjordar med dålig struktur och på packningsskadade jordar. Syrebrist kan begränsa rotutvecklingen på dåligt dränerade jordar och på packningsskadade jordar. På gyttjejordar och vissa mulljordar

Rotdjupet avgör hur stort vattenmagasin grödan kan utnyttja.



Figur 7. Effektivt rotdjup på jordar där rötterna kan utvecklas obehindrat.
(Efter Aslyng, 1984)



Figur 8. Fördelningen av rotmängden i rotzonen.
(Linnér, m fl 2006)

kan lågt pH begränsa rotutvecklingen. Begränsad rotutveckling minskar den tillgängliga mängden vatten och ökar behovet av bevattning. I allmänhet avtar rottätheten med djupet. På större djup kan rötterna inte utnyttja allt det växttillgängliga vattnet.

Ofta finns hälften av rötterna i den övre fjärdedelen av rotdjupet (se figur 8). Fuktighetsförhållandena i matjorden är därför särskilt viktiga. Den övre delen av rotzonen torkar ut först. Redan när hälften av det växttillgängliga vattnet förbrukats i hela rotzonen är matjorden ofta uttorkad till vissningsgränsen. Detta leder till försämrad växtnäringsupptagning även om grödan kan hämta upp vatten från djupare lager. Med hänsyn till detta bör bevattning sättas in redan innan hälften av det växttillgängliga vattnet utnyttjats.

Med bevattning ökar odlingssäkerheten betydligt. För grundrotade grödor som färskpotatis och sallad odlade på en lätt jord går det i stort sett att få samma skörd varje år om det finns tillgång till bevattning.

Bevattning av olika grödor

Olika grödor har olika krav på vattentillgång. En del grödor har utvecklingsstadier då vattentillgången är särskilt avgörande för avkastning och kvalitet. Andra grödor har inte lika utpräglade torkkänsliga perioder (se figur 10).

Bevattningsförsök utförda i Sverige visar att under ett normalår ger bevattning en skördeökning i storleksordningen 20-25% i flera grödor. Torra år blir effekten större och fuktiga år mindre. Naturligtvis har jordarten stor betydelse för effekten. Som nämnts tidigare kan lätta jordar lagra en mindre mängd vatten i rotzonen jämfört med styva och mullrika jordar. Djuprotade grödor som kålrot, morot, vitkål m fl får tillgång till mer markvatten än mer grundrotade kulturer som dill, lök och sallat (se figur 7).

Med bevattning ökar odlingssäkerheten betydligt. För grundrotade grödor som färskpotatis och sallad odlade på en lätt jord går det i stort sett att få samma skörd varje år om det finns tillgång till bevattning. Förutom att skörden ökar underlättas odlingsplaneringen betydligt. Kvalitetsmässigt erbjuder bevattningen stora möjligheter. Styrning av växtnäringsutnyttjande och storleksfördelning samt kontroll av skorv i potatis är exempel på detta. Bevattning av potatis är nästan alltid lönsamt och detsamma gäller för de flesta grönsaksgrödor.

Potatis

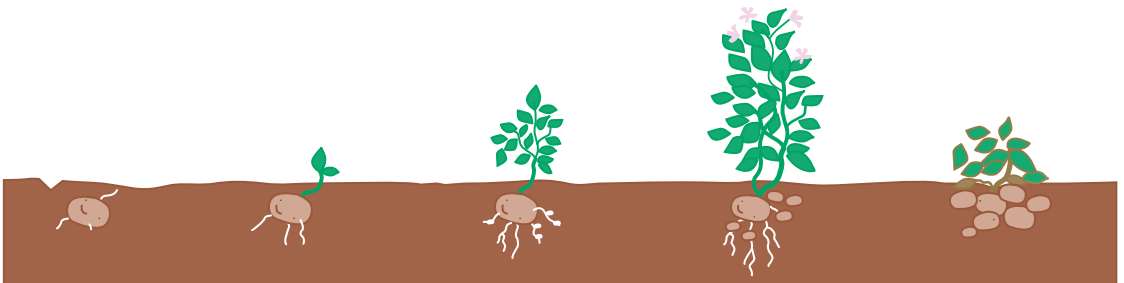
Väl anpassad bevattning ökar inte bara avkastningen utan förbättrar även kväveutnyttjandet och därmed minskar risken för kväveläckage från rotzonen. Generellt har kväveupptagningen i potatisförsök som bevattnats och skötts väl varit minst lika stor som kvävegödslingen.

Matpotatis kräver jämn markfuktighet under hela växtperioden. Det gäller dock att vara försiktig med bevattning mot slutet av säsongen så att inte torrsubstanshalten blir för låg och kokkvalitetén blir dålig.

Om potatis ska vattnas eller inte direkt vid uppkomst diskuteras. Tidigare sades det att potatisen inte ska bevattnas direkt efter uppkomst. Därför att en för tidig start av bevattningen påskyndar blastens utveckling och leder till att växten avslutas något för tidigt. Idag säger många att potatisen behöver god markfukt direkt vid uppkomst annars blir inte stolon- och rotutvecklingen optimal. Men klart är att en för sen start av bevattningen försenar potatisens utveckling och kan ge sämre knölbildning. Rekommenderad bevattningsstart är 7-14 dagar efter uppkomst. Forskning pågår om detta varierar för olika sorters potatis. Är det väldigt torrt kan potatisen behöva vatten innan uppkomst också.

Alltför riklig bevattning kan, särskilt i kombination med dålig dränering, öka risken för sjukdomsangrepp.

Potatisens avkastning och kvalitet påverkas särskilt av vattentillgången under knölbildningen och under knöltillväxten. Hög markfuktighet under



Groning 3-4 veckor	Stolonbildning efter ca 5-7 veckor	Knölbildning efter ca 7-12 veckor	Knöltillväxt efter ca 3-4 månader	Mognad efter ca 4 månader
Bevattning enbart vid torka	**Bevattning vid låg markfuktighet**	**Hög markfuktighet önskvärd**	**Hög markfuktighet önskvärd**	**Ingen bevattning**
Startar potatisens utveckling	Påskyndar blad- och rotutveckling	Ökar antalet knölar. Minskar risk för vanlig skorv	Ökar kvantitet, storlek och diverse kvalitetsegenskaper	Risk för låg ts-halt och sönderkokning

Figur 9. Bevattning under en potatissäsong med utvecklingsstadier, vattenbehov och vad vattnet främjar.

knölbildningen ökar knölantalet. Bevattning under knöltillväxten ger den största merskörden.

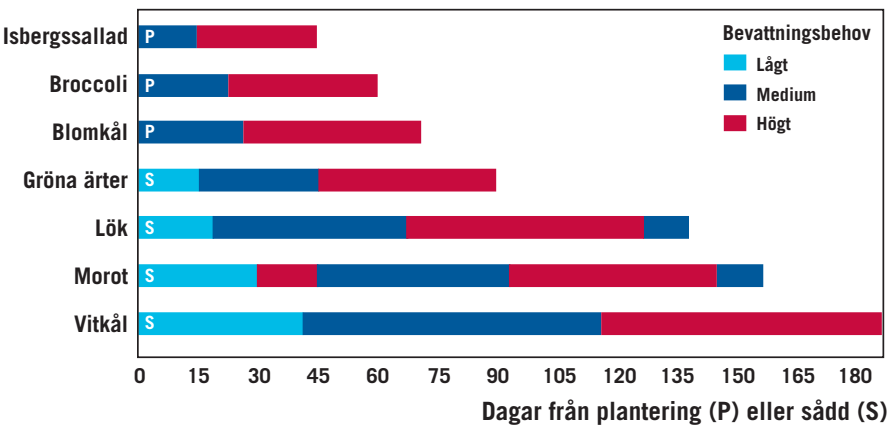
Matpotatis kräver jämn markfuktighet under hela växtperioden. Hög och jämn markfukt ger fler och mindre knölar vilket ökar mängden säljbar vara. Torrare förhållanden mot slutet av säsongen ger dock högre torrsubstanshalt och gynnar kokkvalitetén.

Avdunstningen varierar för en potatisodling väsentligt beroende på vilket utvecklingsstadium plantorna befinner sig i. Avdunstningen skiljer mellan en faktor (växtkoefficient) 0,5 gånger potentiell avdunstning vid sättning till 1,2 gånger potentiell avdunstningen när plantan är fullväxt.

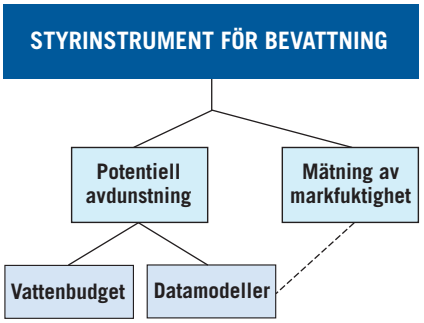
Grönsaker

Många grönsaker som sallat, lök, morötter, rödbetor, kål och bönor är beroende av god vattentillgång för att ge hög avkastning och bra kvalitet. Många av dessa grödor har utvecklingsstadier då de är särskilt känsliga för torka. Det finns också situationer då måttlig torka exempelvis tidigt på säsongen kan vara positiv för grödans utveckling. Orsaken kan vara att marken värms upp snabbare. Om marken är fuktig går det mesta av den instrålade energin åt till att avdunsta vatten och uppvärmningen av marken tar längre tid. Enligt tysk rådgivning varierar avdunstningen för en odling väsentligt beroende på vilket utvecklingsstadium plantorna befinner sig i. Exempelvis för blomkål skiljer det mellan en faktor 0,5 gånger potentiell avdunstning vid plantering till 1,4 gånger potentiell avdunstning när plantorna är fullväxta.

Läs mer om de tyska råden för grönsaksbevattning på http://fh-web1.informatik.fhwiesbaden.de/go.cfm/ fb/103/ lpid/16/sprachid/1/sid/45.html. Ytterligare information om grönsaksbevattning finns i Sanders 1997.



Figur 10. Bevattningsbehovet varierar i olika grödor vid olika utvecklingsstadier. Denna bild är sammanställd av Jörn Nygaard Sörensen, Dansk jordbrugsforskning, från bevattningsförsök i ett antal länder.



Figur 11. Uppdelning av styrsystem för bevattning. De olika metoder som använder **potentiell avdunstning** för beräkning av markfuktigheten kan delas upp i två kategorier; vattenbudget och datamodeller. **Mätning av markfuktighet** syftar på instrument eller sensorer som mäter markens vattenhalt eller vattenpotential. Det finns även ett fåtal instrument som kombinerar de bägge metoderna. (Berglund, 2005)

Bild 3. Anderssons evaporimeter. Avdunstningsmätare som mäter den dagliga avdunstningen från grödan.

Metoder för bestämning av bevattningstidpunkt

Väl anpassad eller optimerad bevattning innebär att huvuddelen av det tillförda vattnet tas upp av växternas rötter, transporteras genom växten och via klyvöppningarna avges som vattenånga till atmosfären. Bevattning vid olämpliga tidpunkter, ojämn bevattning eller alltför riklig bevattning kan ge ökad avrinning och därmed ökad risk för näringsförluster.

Det är emellertid svårt för att korrekt bedöma när bevattning ska ske för att undvika vattenstress hos grödorna. Idag finns det därför olika former av tekniska hjälpmedel eller styrinstrument som kan understödja odlaren och ge denne bra bevattningsdirektiv. Ett bra styrsystem för bevattning ger odlaren korrekt information så att rätt mängd vatten appliceras vid rätt tillfälle.

De styrinstrument för bevattning som idag finns kan i princip uppdelas i två delar. Den ena bygger på direkta mätningar av markfuktighet och den andra på beräkningar eller uppskattningar av den potentiella avdunstningen (se figur 11).

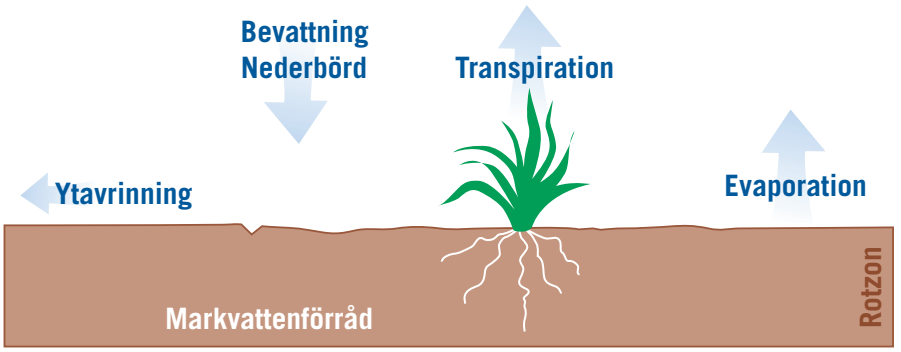
Vattenbudget

Att upprätta en vattenbudget är i teorin enkelt. Det gäller att manuellt registrera inflödet av vatten till, och utflödet av vatten från, marken. Figur 12 visar olika vattenflöden till och från marken.

Med hjälp av uppgifter om nederbörd och avdunstning kan man enkelt och relativt noggrant beräkna när det är lämpligt att bevattna. Den potentiella evaporationen kan beräknas med hjälp av klimatdata eller mätas med en avdunstningsmätare. En avdunstningsmätare som används för bevattningsstyrning i Sverige är Anderssons evaporimeter. Den har utformats så att vattenavgången stämmer väl överens med evapo-transpirationen från ett slutet bestånd av potatis som är välförsörjt med vatten.

Datamodeller

Istället för att mäta eller uppskatta markfuktigheten finns det numera databaserade bevattningsmodeller som beräknar markens växttillgängliga vatten. Vissa modeller kan användas av den enskilda odlaren medan vissa kräver specialistkunskaper. Här kan rådgivare inom lantbruksnäringen fylla en viktig funktion. Genom SMS eller WAP-teknik kan rådgivaren förmedla aktuell information om bevattningsbehov.



Figur 12. Begrepp i en vattenbudget. Inflödet består av nederbörd och bevattning och utflödet består av avdunstning (evaporation plus transpiration).

Exempel

Exempel på vattenbudget

Vattenförbrukning (avdunstning från gröda och mark)		**5 mm/dygn**
Växttillgängligt vatten		**30 mm**
Bevattning sätts in då 50% av det växttillgängliga vattnet är förbrukat	0,5*30 mm	**15 mm**
Bevattning sätts in då 15 mm är förbrukade	15 mm/5 mm/dygn	**Efter 3 dygn**
Det regnar		
Det regnar 15 mm två dagar efter bevattningen	15 mm/5 mm/dygn	**Räcker 3 dygn**
Nästföljande bevattning sätts in	3+3 dygn	**Efter 6 dygn**

Väl anpassad bevattning innebär att huvuddelen av det tillförda vattnet tas upp av växternas rötter, transporteras genom växten och via klyvöppningarna avges som vattenånga till atmosfären.

Ett bra styrsystem för bevattning ger odlaren korrekt information så att rätt mängd vatten appliceras vid rätt tillfälle.

De flesta bevattningsmodeller gör beräkningar av markfuktigheten kontinuerligt och indikerar när bevattning bör ske. Problemet med modeller är huruvida de inmatade värdena stämmer överens med verkligheten. Felaktiga värden ger missvisande bevattningsdirektiv. Det är ofta möjligt att korrigera sina bevattningsdirektiv med hjälp av avdunstnings/nederbördsmätare eller andra instrument. Två bevattningsmodeller beskrivs nedan:

Avdunstningen varierar kraftigt under växtsäsongen. Under svala, fuktiga perioder kan avdunstningen uppgå till 1-2 mm. Under varma, torra perioder kan avdunstningen stiga till 6-8 mm per dag.

Pl@nteinfo

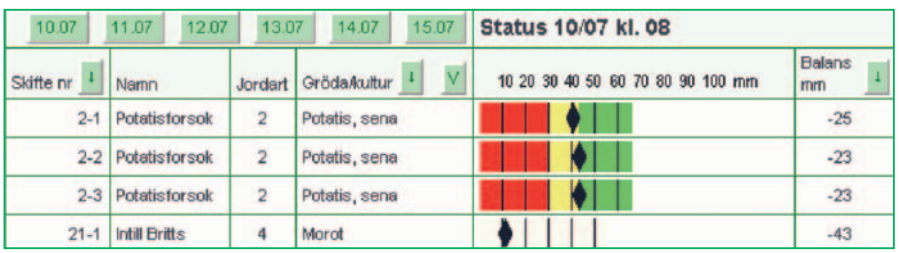
Pl@nteinfo är en interaktiv internetbaserad modell som automatiskt importerar väderdata (regn, avdunstning) från nationella klimatstationer/SMHI. Brukaren matar in gröda, rotdjup, jordart, växtperiod och bevattningsgivor. Modellen beräknar sedan markfuktigheten och indikerar när bevattning bör ske. Modellen ger även veckolånga bevattningsprognoser som tar hänsyn till kommande nederbörd och avdunstning. Det är möjligt att justera nederbördsmängden och avdunstning om modellen visar felaktiga värden.

Pl@nteinfo är PC-baserad och kan därför användas av den enskilde odlaren. För att använda modellen krävs internetuppkoppling och kontinuerliga uppdateringar av bevattningsgivor. Figuren nedan visar en grafisk bild från programmet Pl@nteinfo. Exemplet som visas gäller potatis och morötter.

Pl@nteinfo är ett av många system som idag används i vår omvärld och det system som är mest aktuellt i Sverige.

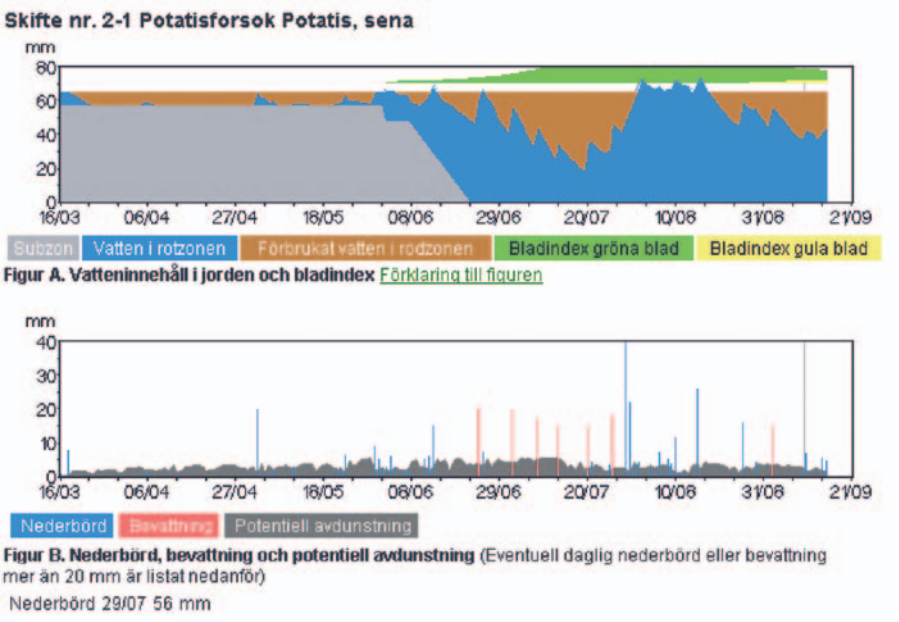
För mer information se kapitlet "Vandning" på www.pl@nteinfo.dk.

Bevattningsprognoser från Pl@nteinfo



Figur 13. Grafer från bevattningsprogrammet Pl@nteinfo. Den svarta markeringen visar markens vattenstatus. När den svarta markeringen befinner sig på det gröna fältet är vattentillgången relativt god, men när markeringen når det gula området är det dags att vattna. Bevattning ska ske innan markeringen hamnar på rött område. Till höger på bilden visas skiftenas aktuella vattenbalans som varierar från -23 mm till -43 mm.

Figur 14. Grafer från bevattningsprogrammet Pl@nteinfo. Grafen överst illustrerar hur vattnet i rotzonen varierar över tid. Det bruna området visar på vattenförbrukningen. Grafen nederst visar de olika nederbörds- och bevattningstillfällen under växtsäsongen samt den potentiella avdunstningen.



AIMM

Ett annat bevattningsprogram som används i delar av Kanada är AIMM. AIMM som betyder "Alberta Irrigation Management Model" är utvecklat för individuella gårdar. Programmet har funnits från år 2001 och ska fungera som ett beslutstödssystem för bevattning, men kan även simulera näringsläckage och halterna av NPK i marken. Modellen simulerar tillväxt och evapo-transpiration för 52 stycken olika grödor.

Programmet fungerar inte bara som ett hjälpverktyg för att förbättra vattenhanteringen utan också som ett träningsredskap för att öka kunskapen om vatten och vattenhantering.

Värdena från modellen visas i graf- och tabellform. Från varje fält fås data om markfuktighet, evapo-transpiration, bevattningsmängder och avrinning. AIMM är kopplad till nationella klimatstationer där väderdata kan hämtas via väderfiler. Det går även att välja klimatstationer som är tillgängliga via Internet. Bevattningsmodellen kan kopplas till Internet och automatiskt inhämta färska klimatvärden därifrån. Det går även att göra detta manuellt. Modellen kan ge upp till 14-dagars bevattningsprognoser.

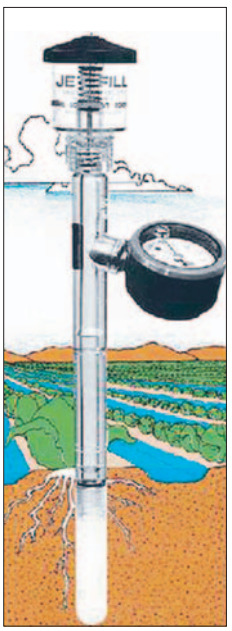


Bild 4. Tensiometer

Mätningar av markfuktighet

De mätinstrument som finns för att läsa av markfuktigheten kan delas upp i tre kategorier:

- **Suginstrument:** Dessa instrument mäter hur hårt vattnet är bundet i marken. Ett sådant instrument är tensiometern (bild 4) som består av ett poröst medium som grävs ned i marken. I detta medium kan vattnet röra sig fritt. När marken börjar torka ut bildas ett undertryck som används för att indikera när bevattning bör ske.

- **Elektrisk ledningsförmåga:** Det finns två typer av instrument som använder sig av denna teknik: TDR (Time Domain Reflectometry) och FDR (Frequency Domain Reflectometry). Instrumenten mäter jordens elektriska ledningsför-

måga med hjälp av elektromagnetiska vågor. Hög vattenhalt ger en hög ledningsförmåga. Både TDR och FDR kan därför indikera när bevattning bör ske.

- **Neutronmätare:** Dessa instrument mäter mängden väte (”antalet” vattenmolekyler) i marken. Neutronmätare har ofta en hög exakthet, men de höga kostnaderna och den radioaktiva strålningen ställer till problem för användaren. Används framför allt i forskningssyfte.

Det finns ett antal problem med direkta mätningar av markfuktighet. En begränsning är den lilla mätarean. Neutronmätare har ett mätområde (radie) av ca 15-30 cm beroende på jordart, medan TDR-mätningar är ännu mer begränsade (ca 0-3 cm radie). Detta gör att instrumenten måste placeras på representativa platser, vilket kan kräva specialistkunskaper. Det finns emellertid numera nya typer av mätinstrument som grävs ner längs med grödan och som då registrerar fuktigheten längs en sträcka. Mätinstrument i fält kan dock försvåra bearbetningen av marken. En av fördelarna med mätningar av markfuktighet är att instrumenten på ett direkt sätt kan visa markens vattenstatus.

Bild 5. TDR-mätare

Ny teknik

Även elektromagnetisk strålning kan användas, i specifika våglängder, för att mäta grödans temperatur och på så sätt bestämma bevattningstidpunkt. Fjärranalyser av växtens temperatur kan göras via satellit, flyg eller med hjälp av andra redskap. I ett system (AgIIS) som testades i USA användes infraröda termometrar som var applicerade på en bevattningsramp (bild 6). Sensorerna läste kontinuerligt av grödans temperatur och bevattningsrampen eller bevattningsmaskinen tillsatte sedan lämplig mängd vatten på områden där vattenstress uppstått.

Bild 6. Visar AgIIS-systemet som består av en bevattningsramp med sensorer som mäter grödans yttemperatur för att avgöra bevattningstillfälle. (Foto U.S. Water Conservatory Laboratory, 2005)

Kontroll av bevattningsmängd och av markens uppfuktning

Oberoende av vilken metod man använder för att räkna ut när det är dags att vattna bör man emellanåt sätta spaden i marken och kontrollera fuktigheten i marken, rotdjupet och vattnets nedträngning efter bevattning. Observera att det kan det ta 1-2 dygn innan nedsjunkningen och omfördelningen av vatten är klar på en lätt jord. Kontrollera också emellanåt bevattningsmängden och spridningsjämnheten med regnmätare i det fält som bevattnas. Mät när det är lugnt och med minst tre regnmätare.

När bevattning ska ske styrs av grödans rotdjup, markens fältkapacitet och vissningsgräns samt aktuell avdunstning/nederbörd.

Bevattningsteknik

Pumpar

Det är viktigt att ha sådan kapacitet/storlek på sin pump att den täcker behovet. Kapaciteten hos pumpen är direkt avgörande för hela bevattningsanläggningens kapacitet. Bevattningspumpens storlek kan du räkna ut med formeln:

Effekten (kW) = önskad vattenmängd (kubikmeter per timme) * önskat tryck (mvp)/3,67 * pumpens verkningsgrad

1 meter vattenpelare (mvp) motsvarar 0,1 kp/cm^2, 0,1 bar eller 10 kPa. 1 meters sughöjd eller om man måste trycka vattnet 1 meter uppåt är lika med en 1 mvp.

Exempel

Beräkning av bevattningspumpens storlek

Den önskade vattenmängden	50 m³/tim
Pumpen ska suga	5 meter
Spridaren står högre än pumpen	5 meter
Tryckförluster i ledningar	10 mvp
Tryckförlusten i bevattningsmaskin	20 mvp
Det önskade spridartrycket	60 mvp
Summa	**100 mvp (1000 kPa)**

Vi antar pumpens verkningsgrad till 60%
Effekten = 50 *100/3,67 * 60 =22,7 kW

Bild 7. Med frekvensstyrda elpumpar går det att sänka elförbrukningen. (Foto RMV)

Det tryck som pumpen ska ge är alltså summan av:

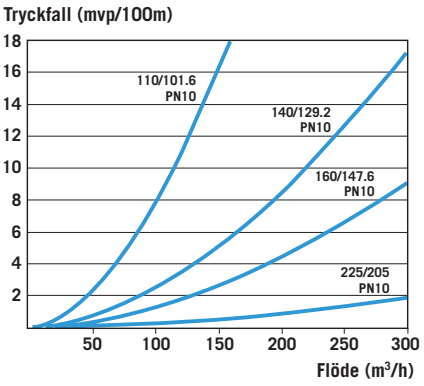
- Sughöjd från vattenyta till pump
- Höjdskillnad mellan pump och spridare
- Tryckförluster i sug- och tryckledningar
- Tryckförlust i bevattningsmaskin
- Önskat spridartryck

Allt eftersom elpriset stiger har det blivit intressant att få ned elkostnaden. Dagens pumpar går oftast på samma effekt oavsett hur mycket vatten de pumpar upp och därför monteras allt oftare frekvensstyrning vid nyinstallationer av pumpar. Därigenom går det att sänka den effekt pumpen går på om du t ex kör med en ramp istället för bevattningskanonen eller om du kör med färre bevattningsmaskiner än vad pumpen klarar av.

En detalj som också gör det lättare att bevattna är att det idag går att starta pumpen via mobiltelefon.

Stamledningar

Planera stamledningar och hydranter så att det blir lätt att vattna. Om det går lätt att vattna ökar drivkraften till att komma ut i tid och vattna. En välplanerad placering av hydranterna minskar flyttiderna av bevattningsmaskinerna. Kapaciteten hos stamledningen är direkt avgörande för hela anläggningens kapacitet. Stamledningar behöver inte alltid grävas ner det går även att lägga ytliga stamledningar av polyeten. För beräkning av dimensionen på stamledning av plaströr (PVC) se figur 15.



Figur 15. Diagram över tryckförluster i stamledningar av plaströr (PVC). Genom att sätta in aktuellt flöde och det tryckfall du kan tolerera får du vilken ledningsdimension du behöver i stamledningen. (RMV)

Spridningsteknik

Ramp eller bevattningskanon?

Bevattningsmaskiner med bevattningskanon är den dominerande tekniken för bevattning i Sverige. En stor nackdel med denna teknik är att spridningen av vattnet blir ojämn även vid måttlig vind. Ojämn spridning av vattnet innebär ojämn avkastning och ojämn kvalitet på grödan. Att delar av fältet får för mycket vatten kan leda till utlakning av näring. Flyttavståndet är därför viktigt för att få en jämn bevattningsgiva mellan spridningsdragen. Men det är svårt att i praktiken ändra på bevattningsdragen under säsongen.

Om bevattningskanonen ersätts med en ramp med småspridare eller dysor blir spridningen jämnare även vid relativt stark vind. Det erforderliga arbets-

Bild 8. Bevattningskanoner är mycket känsliga för vindavdrift. (Foto Håkan Sandin)

trycket är lägre än för en bevattningskanon vilket innebär lägre energibehov. Nackdelen med ramper är att arbetsbehovet vid flyttning ökar och att bevattningsintensiteten är hög vilket leder till ytavrinning på kuperade fält. Problem uppstår också på oregelbundna fält och vid fälthinder.

Används rampbevattning på plana åkrar där infiltrationskapaciteten är hög kan en maximal bevattningsgiva vara 25 mm. Vid rampbevattning på kuperade fält med relativt låg infiltrationskapacitet, kan bevattningsgivan behöva sänkas till 10-15 mm för att ytavrinning inte ska ske. På kraftigt lutande fält är rampbevattning olämplig ifall man inte gör smådammar i fårorna. Dammarna görs med paddelhjul (dikers) som samlar ihop jord i fåran och skapar vallar. Jorden släpps ut med runt 1 meters intervall. Paddelhjulen går antingen att köra separat eller ihop med kupaggregatet.

Bild 9, vänster. Ytavrinning vid rampbevattning uppstår redan i svag lutning. Ytavrinningen blir större om markytan är packad efter traktorkörning. (Foto Peter Malm)

Bild 10, nedan. Smådammar i potatisfårorna minskar ytavrinningen vid bevattning. Redskapet kallas dikers eller paddelhjul. (Foto Abraham Joel)

Ramp eller bevattningskanon?

Rampens fördelar
- Bättre vid blåst
- Ger skonsammare droppar
- Bättre på att sprida jämnt
- Kräver mindre energi (lägre tryck)
- Mindre vattenförbrukning (10-20%)
- Möjliggör växtnäringsinblandning

Bevattningskanonens fördelar
- Billigast i inköp
- Har högre kapacitet (ha/dygn)
- Bättre vid oregelbundna fält
- Bättre när det finns fälthinder
- Lägre underhållskostnad
- Ger mindre risk för ytavrinning
- Kan lägga större givor
- Lägre arbetsinsats (25-50%)

Det är viktigt att ha rätt munstycksstorlek i förhållande till trycket på bevattningskanonen. Ett för stort munstycke och därmed för lågt spridartryck ger kortare kastlängd, ojämn vattenfördelning och stora droppar.
Ett för litet munstycke som ger upphov till för högt spridartryck ger upphov till finare droppar och risken för vindavdrift ökar.

Spridartrycket är viktigt på bevattningskanoner

Trycket vid bevattningskanonen påverkar bl a kastlängd, vattenfördelning, droppstorlek och vindkänslighet. Det är viktigt att ha rätt munstycksstorlek i förhållande till trycket på bevattningskanonen. Ett allt för lågt spridartryck ger kortare kastlängd, ojämn vattenfördelning och stora droppar. Kan man inte med befintlig utrustning uppnå ett tillräckligt högt tryck, måste man byta till ett mindre munstycke och därmed minska vattenmängden och tryckförlusterna i ledningarna. Vid ett alltför högt spridartryck blir dropparna mindre och därigenom ökar vindkänsligheten, vattenfördelningen blir ojämn och spridningsförlusterna ökar på grund av att vindavdriften blir större än normalt.

Om du byter till ett större munstycke ger det upphov till större droppar om trycket bibehålls. Ökas spridartrycket ger munstycket ett större flöde vilket leder till en högre bevattningsintensitet. En hög spridningsintensitet kan vara negativt på jordar med dålig genomsläpplighet. I känsliga kulturer som t ex sallat och salladskål kan bevattning med hög intensitet och stora droppar också leda till sönderslagning av grödan samt jordstänk in i bladrosetterna med efterföljande problem då huvudena ska knyta sig. Stora droppar kan leda till igenslamning av jorden.

Undersök om munstycket till bevattningskanonen är slitet. Slitna munstycke ger ojämn spridning.

Småspridare

För bevattning av mindre arealer och arealer med oregelbunden form kan småspridare passa bättre än bevattningsmaskin. Småspridarna är oftast av slagpendeltyp och monterade på flyttbara aluminiumrör. Men det finns också en typ av roterande spridare som monteras på polyetenslang. Bevattning med småspridare är arbetsintensivt.

Droppbevattning

Droppbevattning är den metod som ger de bästa möjligheterna att optimera vattentillförseln med minimal arbetsinsats och effektivt vattenutnyttjande. Droppbevattning kräver lågt arbetstryck, liten arbetsinsats, har god spridningsprecision och är lätt att automatisera. Systemet används främst i radodlade grödor och vid frukt- och bärodling där ledningarna kan ligga kvar mellan säsongerna. Nackdelen är arbetet med att rulla ut och in ledningarna. Maskiner för hantering av ledningarna som möjliggör användning i ettåriga grödor har utvecklats. Kostnaderna blir emellertid höga i grödor med korta

omloppstider t ex sallad. Danska undersökningar i potatis visar på att skörden måste öka med 12-20% för att det ska vara lönsamt att ersätta bevattningskanonen med droppbevattning.

Droppbevattning är ingen ny teknik men det nya är att det kommit slangar av engångstyp som kan bevattna 200 m långa rader med 0,5 bar (50 kPa) tryck. Detta tryck krävs för att få jämn spridning på plan mark. Kuperad mark kräver dyrare utrustning.

Droppbevattning har sina fördelar i:
+ Jämn fördelning av vattnet
+ Låga pumptryck
+ Vattensnålt tack vare låg avdunstning
+ Flytande växtnäring kan tillsättas
+ Högre marktemperatur eftersom man inte blöter hela markytan och därmed minskar avdunstningen
+ Jämnare fuktighet är bra mot skorv i potatisodling
+ Bättre kontroll på växtnäringsutnyttjandet och risken för läckage

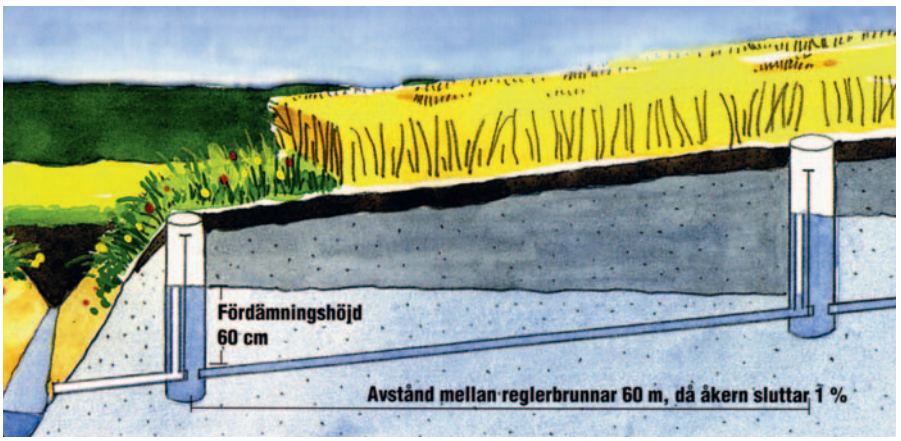
Nackdelar med droppbevattning:
- Arbete med att lägga ut och ta in slangar
- Kräver vatten utan partiklar i (stopp i droppställena)

Bild 12. Droppbevattning i en melonodling. Bevattningen är installerad under plasttäckning och tillför både näring och vatten. (Foto Håkan Sandin)

Underbevattning

Ett sätt att förse grödorna med vatten är underbevattning genom dräneringssystemet. Det bygger på att man håller uppe grundvattenytan. Det gör man genom att reglera utloppshöjden i dräneringsbrunnarna eller att dämma utloppet ur systemet. Detta kallas för reglerad eller kontrollerad dränering. Om inte dräneringsvattnet i dräneringssystemet räcker kan man under växtsäsongen pumpa in vatten i dräneringssystemet s k underbevattning.

För att underbevattning ska fungera krävs plana fält annars går det åt för många regleringsbrunnar. Dessutom behöver marken vara genomsläpplig så att vattnet kommer till dräneringsrören. För att grundvattenytan ska hållas kvar och inte sjunka vidare ner i marken behövs relativt tät jord under dräneringsledningarna (1 meter och därunder). Rötterna får tag i vattnet antingen genom att växa ner till grundvattnet eller att vattnet stiger från grundvattenytan upptill rötterna med kapillaritet. Det sistnämnda ställer krav på att jorden inte är för lätt (grovsand och grus) för i de jordarterna är kapillariteten svag.



Figur 16. Reglerad dränering.
(Finlands Jord- och skogsbruksministerie)

Vid rampbevattning är bevattningsintensiteten betydligt större än vid bevattning med bevattningskanon. Sänk bevattningsgivan vid rampbevattning om du har problem med ytavrinning.

Bevattningsgivan vid spridning med bevattningskanon bör vara ca 15% större än den avdunstning som bevattningen ska kompensera, eftersom det alltid uppstår en del spridningsförluster. Spridningsförlusternas storlek varierar beroende på använd spridningsteknik och väderförhållandena. Tillför dock inte större vattenmängder än vad rotzonen kan lagra (fältkapaciteten) eftersom en alltför stor tillförsel leder till onödig avrinning och förluster av växtnäring genom utlakning.

Tabell 3. Vatteneffektivitet för olika bevattningssystem. Förlusterna blir större än i tabellen om spridningen är ojämn och bevattningen dåligt anpassad till bevattningsbehovet. (Omarbetad efter Linnér, 2003 och Linnér m fl 2006)

Bevattningssystem	Vatteneffektivitet (andel av vattnet som utnyttjas av grödan)
Droppbevattning	85-95%
Bevattningsmaskin med ramp	85-90%
Bevattningsmaskin med bevattningskanon	80-90%

Bevattningsintensitet

Vid bevattning vill vi undvika att det bildas ytvatten och att detta ytvatten rinner iväg. Tillförseln av vatten bör därför inte ske snabbare än att vattnet hinner sjunka ner genom markytan.

Med begreppet bevattningsintensitet menas mängden vatten per tidsenhet vanligen mm/timme, dvs ett mått för hur snabbt bevattningsmaskinen sprider ut bevattningsgivan på en enskild plats. Ju större intensiteten är ju snabbare får den enskilda platsen den önskade givan. När bevattningsvattnet sprids ut för snabbt hinner inte vattnet tränga ner i marken (infiltrera) utan det rinner ovanpå. Därför är det bra om bevattningsgivan sprids ut över så lång tid som möjligt så att vattnet hinner tränga ner i marken.

Intensiteten ska inte överstiga 27 mm/timme enligt det tyska försöksinstitutet FAL i Braunschweig. Vid 27 mm/timme går gränsen för att risken för ytavrinning ska bli för stor. Detta värde får ses som ett riktvärde eftersom risken för ytavrinning är olika på olika jordarter och risken är störst om fältet är kuperat.

En ramp sprider ut samma giva på en enskild plats på mellan en fjärdedel och hälften av den tid som en bevattningskanon.

Genom att låta bevattningskanonen gå hela varvet runt minskas spridningsintensiteten till hälften jämfört med när den bara sprider 180 grader.

Spridningsförluster

Det blir alltid en del förluster vid spridningen. Dessa är av tre slag:

- Direkta spridningsförluster. Vid bevattning med spridare förloras en del av vattnet genom avdunstning från vattendropparna och vindavdrift redan innan vattnet når marken.
- En del av vattnet förloras genom avdunstning från den fuktiga markytan (evaporation) särskilt i början av växtperioden när marktäckningen är liten.
- Om man bevattnar mer än vad som kan hållas kvar i rotzonen förloras vatten genom dräneringssystemet eller till grundvattnet. Denna typ av förluster uppstår om man bevattnar med alltför stora givor, om det kommer ett rejält regn efter bevattningen eller om bevattningen är ojämn på grund av vind, ytavrinning eller tekniska brister.

Förlusterna vid spridning blir större ju större andel små droppar det finns i strålen från spridaren. Därför ökar spridningsförlusterna när trycket vid spridaren höjs och när munstyckets storlek minskas. Att öka bevattningsgivan vid spridning med bevattningskanon är ett sätt för att kompensera sig för spridningsförlusterna.

Förlusterna genom ojämn spridning kan bli stora. När det blåser mer än 3 m/s blir spridningen med bevattningskanon nästan alltid mycket ojämn även om spridaren är rätt inställd, spridartrycket lämpligt och flyttavståndet måttligt. Man bör inte vattna med bevattningskanon när det blåser mer än 3 m/s. Om det finns möjlighet kan du genom att variera flyttavståndet öka spridningsjämnheten vid blåst.

Natt eller dag?

Ska jag vattna på natten eller på dagen? Det är ofta mindre blåsigt på natten vilket minskar spridningsförlusterna. Spridningsförlusterna vid bevattning under vindstilla förhållanden nattetid är obefintliga. Vid bevattning dagtid ökar avdunstningen från vattendropparna innan de når marken. Vid bevattning med bevattningskanon en vindstilla normal dag är spridningsförlusten under 5%. Är vädret varmt, soligt och vindstilla ligger spridningsförlusten mellan 5-10% vid spridning med bevattningskanon.

Vattna på natten om du kan eftersom det oftast blåser mindre då. Att vattna med bevattningskanon en vindstilla dag med solsken innebär 5-10% större spridningsförluster.

Ny teknik

Många nya bevattningsmaskiner är försedda med en dator som ser till att indragningshastigheten är konstant under hela bevattningsdraget. Utan denna funktion blir indragningshastigheten lägre i början och högre mot slutet av bevattningsdraget. För varje lager slang som är upprullad på maskinen ökar indragningshastigheten eftersom det går fler meter slang per varv - omkretsen ökar men varvtalet är konstant. Dessa datorer går också att ställa så att det går att lägga olika givor under samma bevattningsdrag. Det går också att ställa in datorn så att det dröjer ett tag innan maskinen börjar dra in slangen. Detta för att ytterområdet ska bli ordentligt vattnat.

En teknik som är på gång är användning av GPS. På samma sätt som odlaren kan precisionsgödsla är det nu möjligt att även precisionsbevattna. Olika skiften eller områden behöver olika mängder vatten och genom markanalyser är det möjligt att kartlägga marken från bevattningssynpunkt. Med hjälp av GPS kan sedan bevattningsmaskinen känna var på fältet den är och sprida den önskade givan.

Tester utförs med att ersätta spridarna på bevattningsrampen med släpslangar. Detta ger en bevattning med stor precision direkt på marken utan att grödan blir blöt. I salladsodling är släpslangarna intressanta eftersom problemen med salladsbladmögel förmodas minska, vattenförbrukningen minskar, vindkänsligheten är obefintlig och att det går att skörda salladen tidigare efter sista bevattningen. Tekniken utvärderas för tillfället hos skånska salladsodlare. Utvärdering pågår också av de försök som utförts i potatis. Vad forskarna sett hittills är det problem med att flödet blir för högt och marken inte hinner infiltrera vattnet. Det har också uppmärksammats att på sandiga jordar (låg kapillaritet) är det problem med att få jorden att transportera vattnet in i potatiskupan.

Släpslangar används bl a i England när man har ett vatten med sämre kvalité och vill undvika direkt kontakt mellan vatten och gröda. Det finns både styva och flata släpslangar.

Bevattningskapacitet

Det är de torraste åren som tillgång till bevattning ger bäst utdelning. Det är därför viktigt att ha tillräcklig bevattningskapacitet för de torraste åren. A och O när det gäller bevattningskapacitet är att ha tillräckligt med vatten. Börja därför med en beräkning av ditt årsbehov av vatten.

Årligt vattenbehov

Tabell 4 visar det genomsnittliga årliga bevattningsbehovet hos potatis i olika delar av Sverige. Vattenbehoven i tabellen är nettovärden och tar inte hänsyn

Tabell 4. Det genomsnittliga årliga bevattningsbehovet för potatis i olika delar av Sverige. (Linnér, m fl 2006)

Årligt bevattningsbehov för potatis	
Kristianstad	85 mm
Halmstad	75 mm
Visby	130 mm
Skara	75 mm
Uppsala	95 mm
Umeå	75 mm
Haparanda	65 mm

En bevattningsgiva på en mm är detsamma som 10 m³/ha.

För ekonomi i bevattning se Håkan Rosenqvists arbete och hans skrift ”Miljöekonomi i potatis- och grönsaksodling”.

till spridningsförluster under bevattningen. De inkluderar däremot avdunstningen före uppkomst och efter skörd. Potatisen skördas i mitten av september. Under våta år är vattenbehovet hos potatis som bevattnas 0,7-0,8 gånger medelvärdena i tabellen, under torra år är det 1,3-1,5 gånger medelvärdena.

Som framgår av tabellen är det stora mängder vatten som behövs vid bevattning. När man planerar för en bevattningsanläggning brukar man normalt beräkna bevattningsbehovet till 100-150 mm per år, motsvarande 1000-1500 kubikmeter per år och hektar. Detta innebär att om du har 20 hektar bevattnade grödor som behöver 150 mm bevattningsvatten så behöver du en vattentillgång som är på 20 ha * 1500 m³ = 30 000 m³.

En bevattning på 20 mm innebär ett vattenbehov av: 0,02 m * 10 000 kvadratmeter/hektar = 200 kubikmeter/hektar. Vilket innebär att vattentillgången ovan på 30 000 m³ räcker till bevattning av 150 hektar med 20 mm.

Dagligt vattenbehov

För värdefulla grödor på lätta jordar behöver bevattningsanläggningen dimensioneras så att den har kapacitet att ge minst 5 mm per dygn. Det innebär att i genomsnitt ska den areal som bevattnas kunna få 50 kubikmeter vatten per hektar och dygn. För mindre värdefulla grödor och på något mer vattenhållande jordar kan det räcka med en kapacitet på 3-4 mm per dygn.

Storleken på bevattningsmaskiner varierar från en kapacitet på ca 0,5 ha per dygn upp till ca 8 ha. Vattenbehovet varierar då mellan 5 och 80 m³ per timme. Arbetstiden för att flytta en bevattningsmaskin med bevattningskanon ligger på runt 30 minuter. För en ramp ligger flyttiden runt 45 minuter.

På grund av blåst kan det under vissa perioder vara svårt att komma till att vattna. När väl vinden mojnar kan det vara bra att kunna utnyttja möjligheten att vattna med många bevattningsmaskiner på samma gång. Denna bevattningstaktik är bra ur effektivitetssynpunkt men kräver hög kapacitet i form av pump, ledningar och bevattningsmaskiner.

Bevattningsplan

Att upprätta en bevattningsplan är ett sätt att koppla ett helhetsgrepp på odlingen, produkterna, vattenbehovet, bevattningsanläggningen, vattentillgången och ekonomin. Tänk i följande steg (fritt efter RMV).

1. **Grödor.** Vilka grödor passar på min gård? Intresse, jordart, lönsamhet, befintliga byggnader och maskiner m m.
2. **Produktionsplan.** Vilka kvaliteter och kvantiteter ska jag odla? Bedöm hur mycket du kan odla och sälja av de olika grödorna. Fundera också på vilka kvalitéer du ska satsa på.
3. **Vattenbehov**. Hur mycket vatten behöver du för bevattning? Klimat, jordtyp, gröda. Bor du i ett torrt område? Har du jordar med litet vattenmagasin? Kräver dina grödor mycket vatten och när under året behöver de vattnas?
4. **Vattentillgång.** Hur mycket vatten har du tillgång till? Kommer vattnet från sjö, å, grundvatten eller damm. Varierar tillgången över året?
5. **Säkring av vattenförsörjning.** Kommer du i konflikt med grannar om vattnet. Kan du drabbas av bevattningsförbud? Behöver du tillstånd för vattenuttag (vattendom).

6. **Utgångsläge.** Hur ser dina förutsättningar ut? Vad har du för bevattningsanläggning idag?
7. **Plan för utveckling av bevattning och ekonomisk analys.** Gör upp en plan för hur du ska utveckla din bevattningsanläggning. Gör samtidigt en ekonomisk analys och se om det håller ekonomiskt?
8. **Växtnäringsläckage.** Gör en bedömning om din bevattningsplan kommer att leda till minskat växtnäringsläckage.

Exempel

Hur stor bevattningsanläggning behöver jag?

Du odlar matpotatis, morötter och lök på 20 hektar sandjord. Du ska kunna bevattna 5 mm/dygn.

0,05 m/dygn * 10 000 m^2/ha = 50 m^3/dygn och ha
20 ha * 50 m^3/dygn och ha = 1 000 m^3/dygn
I normalt fall klarar man av att vattna mellan 15 och 20 timmar per dygn.

1 000 m^3/dygn / 15 timmar/dygn = 67 m^3/timme
1 000 m^3/dygn / 20 timmar/dygn = 50 m^3/timme

Observera att din bevattningskapacitet inte bara är beroende av pumpens och ledningarnas kapacitet utan också av hur många bevattningsmaskiner du har, hur snabb du är på flytta dem och hur många timmar på dygnet de går.

Hinner du med att bevattna?

Vi bygger vidare på exemplet ovan;

Pumpen ger 50 m^3 per timme. Du hinner inte flytta mer än en gång per dygn eftersom du har djur och helst vill vattna på natten. De flesta av dina bevattningsdrag är 420 m långa. Bevattningskapaciteten för din bevattningsmaskin är 50 m^3/timme. Normalt flyttavstånd är 72 meter och du vill ha 20 mm. Du vattnar med 23 mm för att ta hänsyn till 15% avdunstningsförlust. 23 mm är 230 m^3/ha. Ett bevattningsdrag är 72 m * 420 m = 30 000 m^2 stort dvs 3,0 ha.

3,0 ha * 230 m^3/ha	= 690 m^3 bevattningsdrag
690 m^3 / 50 m^3/timme	= 13,8 timmar per bevattningsdrag
1 maskin klarar ett drag/dygn	= 3,0 ha/dygn
20 mm/5 mm avdunstning per dygn	= 4 dygn mellan bevattningstillfällena
4 dygn * 3,0 ha/dygn	= 12,0 ha

Du hinner alltså inte. 12 hektar är mindre än de 20 hektar jag odlar med bevattningsgrödor.

Vad gör jag?

Vi har ovan räknat ut att du måste återkomma med bevattningen var fjärde dag.

20 ha/4 dygn	= 5 ha/dygn
5 ha/dygn * 230 m^3/ha	= 1 150 m^3/dygn
1 150 m^3/dygn / 50 m^3/timme	= 23 timme7/dygn

Du har en timme per dygn på dig att flytta anläggningen, resterande del av dygnet måste bevattningsmaskinen gå. Ett annat alternativ är att öka anläggningens kapacitet med en bevattningsmaskin till, öka pumpkapaciteten och öka stamledningarnas dimension.

Bevattningsvatten – tillgång, lagring och kvalité

Detta kapitel tar upp var du kan få bevattningsvatten ifrån, hur du kan lagra det och vilken kvalité som behövs på vattnet.

Vattentillgångar

Vatten till bevattningen kan antingen hämtas ur ytvatten, d v s bevattningsmagasin, vattendrag och sjöar, grundvatten eller dräneringsvatten. Uttag från små ytvattendrag är det mest konfliktfyllda med bevarandet av naturmiljön som motstående intresse. Grundvattentillgången är ojämnt fördelad över landet. Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, kan med informationen i ”brunnsarkivet” ge råd om de geologiska förutsättningarna och lämpligheten för brunnsborrning. SGU har även information om grundvattenkvaliteten. Grundvatten är det renaste vattnet eftersom det filtreras när det sjunker genom markprofilen.

Dräneringsvatten är det vatten som samlats upp i dräneringssystem. Insamling av dräneringsvatten från ett hektar per år räcker till ca 2 hektar bevattning. Beräkningen bygger på att ca 200 mm nederbörd hamnar i dräneringssystemet på ett år och att det vid bevattning går åt ca 100 mm vatten till ett hektar. Detta är en teoretisk beräkning som inte tar hänsyn till avdunstningen från vattenytan. Dräneringsvatten och dräneringssystem kan användas även för underbevattning läs mer om detta i kapitlet spridningsteknik.

Finns det inte tillräckligt med vatten på den egna fastigheten finns möjligheten att få ta vatten på annans fastighet.

Definition

Ytvatten: Vatten som inte trängt igenom markytan. Anledningen till att vattnet inte kommit ner i marken är att alla porer i marken är fyllda eller att det regnar så häftigt att regnets intensitet överstiger markens infiltrationsförmåga. Ytvatten kan också uppkomma vid snösmältning på tjälad mark.

Grundvatten: Grundvatten är vatten som fyller alla porer och sprickssystem i den vattenmättade delen av marken. Vattentrycket i grundvatten är högre än atmosfärstrycket.

Lagring av bevattningsvatten

Det enklaste är om naturen kan lagra vattnet så när det är dags att vattna bara är att pumpa upp vattnet ur antingen en grundvattenborra, ur en sjö eller ur ett vattendrag. Det är dock inte alltid att läget är så gynnsamt utan att man måste skaffa sig tillgång till bevattningsvatten på annat sätt t ex genom att anlägga ett bevattningsmagasin.

Bevattningsdamm

I ett bevattningsmagasin eller -damm kan man lagra vatten från någon av de tre vattenkällorna som nämns i förra kapitlet. Anläggande av damm kräver samråd med länsstyrelsen. Undersök möjligheterna hos länsstyrelsen att få projektstöd till anläggandet av dammen och att få miljöstöd till skötseln. Prova om det går att fylla dammen utan att pumpa. Fylls bevattningsdammen med vatten från dräneringsledningar, dikningsföretag eller vattendrag skall fyllningen ske under vinterhalvåret. En bevattningsdamm bör inte tömmas

Det optimala ur miljösynpunkt är att samla upp dräneringsvattnet i en bevattningsdamm under vintern och att sedan vattna ut detta vatten under växtsäsongen. Dräneringsvatten innehåller ofta höga halter av växtnäringsämnen.

Bild 13. Bevattningsdamm på Ekengård i Blekinge. Plastduken förhindrar läckage från dammen och vågorna från att erodera kanterna. Ur säkerhetssynpunkt är dammen omgiven av staket och försedd med linor som man kan ta sig upp ur vattnet med hjälp av. (Foto Peter Malm)

helt på vatten för att skona fisk och annat djurliv i dammen. Men i vissa fall vill man från myndigheternas sida att dammar töms. Det är när det finns näringsrika rester på den tömda botten i slutet av sommaren då vissa vadarflyttfåglar sträcker förbi.

När du projekterar en bevattningsdamm utgå från ditt behov av bevattningsvatten och hur mycket vatten som är tillgängligt. Räkna med att ca 0,5 m vatten avdunstar från dammen per år. Varje kubikmeter jord som ska flyttas när en bevattningsdamm byggs kostar pengar. Det är därför viktigt att projektera dammen så att så lite jord som möjligt måste flyttas.

Läs mer om lönsamheten i att anlägga en bevattningsdamm i Jordbruksverkets skrift ”Miljöekonomi i potatis- och grönsaksodling” av Håkan Rosenqvist år 2006.

Krav på bevattningsvattnets kvalité

Bevattningsvatten kan innehålla olika ämnen som kan göra det mindre lämpligt att vattna med. Olika grödor ställer olika krav på bevattningsvattnet. Kraven ur hygienisk synpunkt på bevattningsvatten till grönsaker som ska ätas råa bör vara lika höga som för dricksvatten. Bevattnar du känsliga grödor – analysera ditt bevattningsvatten!

Vatten i vattendrag och sjöar kan innehålla smittosamma ämnen som kan sprida sjukdomar till människor och djur. Ju mer vattnet är påverkat av avloppsvatten från reningsverk och enskilda avlopp desto större är risken för att dessa smittämnen ska förekomma i vattnet. Gödsel från betande djur kan också påverka vattenkvalitén negativt. Vissa smittämnen kan förökas i stillastående vatten. Dessa smittspridande ämnen kan medföra problem vid bevattning med vatten från vattendrag och sjöar i grödor som är avsedda för att ätas råa som sallat, blomkål, broccoli och jordgubbar.

Gör en riskbedömning av ditt bevattningsvatten. Ämnen i bevattningsvatten att ge akt på:

- **Organiska föroreningar (avlopp, gödsel m m)**
- **Smittämnen (ehec, salmonella m m)**
- **Rester av kemiska bekämpningsmedel**
- **Saltvatten**

Projektstöd för anläggande av våtmark och småvatten: Stöd lämnas i första hand till dammar som tar hand om växtnäringsrikt vatten från åkermark. Även bevattningsdammar kan få stöd. Ansökan om stöd görs hos länsstyrelsen.

Skötselstöd: Ett årligt stöd på 3000 kr/ha ges till skötsel av våtmarker och småvatten. Länsstyrelsen måste göra en förundersökning innan dammen anläggs. Ansökan om stöd görs hos länsstyrelsen.

Läs mer i Jordbruksverkets skrifter om stöd till jordbruket.

Läs mer i ”Bevattning av grönsaker” av S-E Svensson, 2006.

I dagsläget (våren 2006) är det enbart avloppsvatten som inte är tillåtet enligt trädgårdsbranschens regler (IP-produktion). Men branschorganisationerna uppmanar odlarna att göra en riskbedömning av bevattningsvattnets kvalité. Livsmedelslagen anger inte något om kvalitén på bevattningsvatten men lagen säger att odlaren ska se till att den produkt han/hon säljer inte får orsaka skada på konsumenten.

Rester av kemiska växtskyddsmedel och deras nedbrytningsprodukter kan finnas i både yt- och grundvatten. Risken är större att hitta rester av växtskyddsmedel i ytvatten än i grundvatten.

När det gäller bevattningsdammar se till att det vatten du tillför dammen är av tillräckligt god kvalité för den gröda du ska bevattna. Det finns en oro för om fåglar kan smutsa ner/smitta det stillastående vattnet i dammar så att vattnet blir otjänligt att bevattna med. Det är osäkert om denna oro är befogad.

I Sverige bevattnas det med saltvatten i viss omfattning. Normalt utlakas det tillförda saltet av nederbörden under höst och vinter, men upprepade bevattningar kan innebära risk för skadlig efterverkan på mark och grödor. Innan du vattnar med saltvatten tag reda på om den gröda du tänker bevattna tål saltvatten.

Lagar och regler för bevattning

Tillstånd för uttag av bevattningsvatten

Uttag av vatten för bevattning är en vattenverksamhet enligt Miljöbalken 11 kap 2§ och huvudregeln är att en vattenverksamhet kräver tillstånd enligt Miljöbalken 11 kapitlet 9 §. I miljöbalken 11 kap 9a § finns bestämmelser om att vissa vattenverksamheter i stället för tillstånd ska anmälas. Om uttag av vatten för bevattning kan komma att bli anmälningspliktigt är ännu inte bestämt. Förslag finns om att ytvattenuttag ska bli anmälningspliktiga medan grundvattenuttagen tills vidare strukits från listan med anmälningspliktiga vattenverksamheter.

Om det är uppenbart att varken allmänna eller enskilda intressen skadas genom vattenuttaget behövs inget tillstånd eller anmälan (Miljöbalken 11 kap 12 §).

Frågor och svar om tillstånd

- **Vem avgör om vattenuttaget skadar andra intressen?**
  Den som tar ut vattnet har alltid ansvaret. Råder det tveksamhet om uttaget kan leda till skada är det inte längre ”uppenbart att uttaget inte skadar allmänna eller enskilda intressen” och du måste söka tillstånd.
- **Vad är skada?**
  Det kan vara sinade brunnar hos grannar, minskade (för små) flöden i åar och bäckar osv. Den som tar vatten utan tillstånd löper en relativt stor risk eftersom hela bevisbördan ligger på denne.
- **Vem ger tillstånd?**
  Miljödomstolen ger tillstånd för uttag av bevattningsvatten. Till ansökan ska fogas en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) och i MKB-processen ingår att samråda med länsstyrelsen och de enskilda som kan antas bli särskilt berörda, t ex grannar.
- **Vilka rättigheter ger ett tillstånd mig?**
  Tillståndet innebär att uttag får göras i enlighet med de villkor som meddelats i tillståndet och att egenkontrollen följs. Vanligtvis är tillstånden inte tidsbegränsade. Bestämmelser om prövotid kan beskrivas i tillstånden.
- **Varför söker så få tillstånd för vattenuttag?**
  Antingen bedömer man att uttaget inte skadar allmänna eller enskilda intressen eller bedöms kostnaden för att söka tillstånd vara för hög.
- **Vad kostar ett tillstånd?**
  Ett tillstånd för grundvattenuttag för en ensam sökande kostar från 250 000 kronor och uppåt. Härtill kommer kostnader för eventuella skadeförebyggande åtgärder samt eventuella skäliga rättegångskostnader för sakägare.

Tillstånd för vattenuttag – vattendom

Vattendom är det vanligtvis använda ordet för ett i domstol meddelat tillstånd för vattenuttag. Men i och med att 1998 års miljöbalk ersatte 1983 års vattenlag byttes det officiella namnet till ”tillstånd för vattenuttag”. I samband med att miljöbalken infördes upphörde de speciella vattendomstolarna och vattenlagstiftningen hanteras nu av miljödomstolarna.

Det är dyrt att få ett tillstånd för uttag av bevattningsvatten men se det som en försäkran om få bevattna i framtiden.

Du är nämligen skyldig att betala motparternas omkostnader i samband med ärendet. Är det flera inom samma vattentillgång blir kostnaderna väsentligt lägre då gemensamma utredningar kan utföras. Kostnaden för tillstånd för ytvattenuttag blir som regel lägre än för grundvattenuttag. Var och en verksamhetsutövare ska inge en egen ansökan oberoende av om flera söker med gemensamma utredningar eller om bevattningssamfällighet ska bildas.

- **Hur lång tid tar det att få ett tillstånd?**
  Processen kan ta från ett år och uppåt.
- **Finns det tillstånd för både yt- och grundvatten?**
  De flesta tillstånd för vattenuttag avser grundvattenbrunnar men det finns också tillstånd för ytvattenuttag ur vattendrag och sjöar.
- **Vilka skyldigheter följer med ett tillstånd?**
  I tillstånd för vattenuttag föreskrivs vanligen villkor som att uttagen vattenmängd ska mätas och dokumenteras. Därutöver är man som verksamhetsutövare skyldig att ha en egenkontroll där verksamhetsutövaren ska samråda med länsstyrelsen om kontrollprogrammet. Kontrollprogrammet kan bl a ange att grundvattennivån i uttagsbrunnen samt i en eller flera referensbrunnar i omgivningen ska mätas och noteras. Dessa noteringar ska finnas tillgängliga för de sakägare som vill ta del av mätningarna. Länsstyrelsen kan begära in dessa dokument.

Läs mer på Jordbruksverkets hemsida www.sjv.se under Vatten.

Handlingsplan för ansökan om tillstånd för vattenuttag till bevattning

Beskrivningen nedan gäller grundvattenuttag men är också till stora delar användbar för ytvattenuttag.

1. Preliminär bedömning av påverkansområdet, influensområdet, för vattenuttaget, preliminär bedömning av vattentillgången.
2. Utreda formella saker såsom rådighet, behövs tvångsrätt för att ta vatten på annan fastighet m m.
3. Fastighetsutredning, inklusive ägare, inom bedömt influensområde.
4. Brunnsinventering inom bedömt influensområde.
5. Välja ut observationsbrunnar inför provpumpningen.
6. Genomföra provpumpning, minst en vecka jämte återhämtning.
7. Utvärdering av provpumpningen och bestämma praktiskt influensområde.
8. Eventuell komplettering av fastighetsutredningen och brunnsinventeringen.
9. Upprätta en vattenbehovsanalys.
10. Beräkna, utreda, tillgänglig vattenmängd (yt- eller grundvatten).
11. Upprätta en ekonomisk kalkyl.
12. Genomföra samråd med Länsstyrelsen och de närmast berörda inför miljökonsekvensbeskrivningen, MKB.
13. Upprätta MKB.
14. Utföra eventuella skadeförebyggande åtgärder.
15. Sammanställa ansökan.

Ytterligare information om vad som ska vara med i en tillståndsansökan går att få från miljödomstolarna.

Regler vid vattenbrist

Den som tar ut vatten för bevattning är vid allvarlig vattenbrist skyldig att avstå vatten som är oundgängligen nödvändigt för den allmänna vattenförsörjningen eller för något annat allmänt behov. Detta gäller om vattenbristen uppkommit av torka eller någon annan jämförlig omständighet. Den som lider skada genom att avstå från vatten har rätt till skälig ersättning (Lag med särskilda bestämmelser om vattenverksamhet 2 kap 10 §).

Tillsyn

Länsstyrelsen är den myndighet som har tillsyn över vattenverksamheter. Om någon anmäler att skada inträffat, t ex att en brunn sinat eller att fisk i vattendrag skadas, till följd av någon vattenverksamhet kan länsstyrelsen efter hörande av verksamhetsutövaren stoppa verksamheten omgående. Eftersom olaglig vattenverksamhet är ett miljöbrott följer en åtalsanmälan från länsstyrelsen.

Vattendirektivet och miljömålen

Den försämrade vattenkvaliteten i Europa gav upphov till EU:s ramdirektiv för vatten som är ett av de mest omfattande EU-direktiv som hittills formulerats. Direktivet ersatte en tidigare fragmentarisk samling direktiv och handlingsstrategier för vatten för att underlätta en integrerad politik. En helhetssyn på Europas vattenresurser ska vara vägledande för att nå målet: att skapa och bevara en ”god vattenstatus” och en hållbar vattenanvändning.

Helhetssynen går igen i den nya vattenadministrationen som utgår från avrinningsområden. Sverige har indelats i fem vattendistrikt vilka administreras av var sin vattenmyndighet. I Sverige utgör de 16 nationella miljömålen och anslutande delmål grundvalen för miljöarbetet, och ett antal av dessa relaterar till vatten:

- Bara naturlig försurning
- Ingen övergödning
- Levande sjöar och vattendrag
- Hav i balans, levande kust och skärgård
- Myllrande våtmarker
- Giftfri miljö
- Grundvatten av god kvalitet

Vattenmyndighetens roll är att besluta om och se till att miljömålen för vatten uppfylls i det egna distriktet. Dess främsta verktyg är upprättandet av åtgärdsprogram och förvaltningsplaner, vilka kommer att ställa krav på alla aktörer inom avrinningsområdet som använder eller påverkar vattnet. Dessa aktörers förmåga till samarbete och samverkan mellan varandra och deras praktiska genomförande av åtgärder är avgörande för att nå målen.

En av de viktigaste aktörerna i avrinningsområden med odlingsbara marker är lantbrukarna. Betydelsen av samverkan mellan vattenintressenter och konkreta åtgärder i odlingslandskapet är avgörande för att nå miljömålen.

En vacker vårbäck på Bjärehalvön. Vattendirektivet avser att skydda alla vattendrag. (Foto Håkan Sandin)

Jordbrukets nya roll

Som landskapsvårdare, tillförsäkrare av ett öppet landskap och biologisk mångfald, har den enskilde lantbrukaren alltid haft en central roll för miljön. De senaste decennierna har lantbrukaren fått en utökad roll, som att vidta konkreta åtgärder för att minska näringsläckaget från åkermark till sjöar och vattendrag, skydda grundvattnet från att nås av bekämpningsmedel, nitrat och fosfor samt minska vattenförbrukningen.

I samband med införandet av de nationella miljömålen och vattendirektivet har betydelsen av denna roll förstärkts, och även utökats till att omfatta en högre grad av interaktion med andra lokala aktörer och intressen. Kort sagt, det har lagts större vikt på betydelsen av lantbrukarens sätt att tänka kring, planera och genomföra sitt arbete.

Det är viktigt att förstå vad som sker i odlingslandskapet och varför vi måste vara medvetna om de resurser och restriktioner som finns just där. Den samlade bilden av dessa resurser och restriktioner, som de uppfattas av lantbrukaren, får honom eller henne att agera i den ena eller andra riktningen.

Förorenaren betalar – men vem är det?

Varje vattendistrikt ska göra en ekonomisk analys av vattenanvändningen och dess betydelse. Vattentjänster ska ha kostnadstäckning och det är principen förorenaren betalar (PPP – Polluter Pays Principle) som ska gälla. I begreppet vattentjänster ingår ekonomisk verksamhet inkluderande exempelvis uttag och uppdämning, och kostnadstäckningen ska spegla kostnaderna för såväl uttag som miljöpåverkan (Hägerhäll-Aniansson och Vidarve, 2003). Förorenarens ansvar utmynnar i betalning i form av avgifter och/eller kompensatoriska åtgärder (SOU 2002:105).

Till skillnad från EU-länderna på kontinenten styrs inte rätten till vatten i Sverige av offentligrättsliga principer, utan var och en råder över det vatten som hör till fastigheten.

Till skillnad från EU-länderna på kontinenten styrs inte rätten till vatten i Sverige av offentligrättsliga principer, utan var och en råder över det vatten som hör till fastigheten. Såvida inte kommunalt vatten används, betalar därför inte lantbrukaren för sin vattenanvändning via avgifter i dagsläget. Lantbrukarens kostnader för vatten relaterar till brunnsborrning, utrustning för pumpning och distribution och kostnader för eventuell ansökan om vattendom. Vattenuttaget regleras dels via vattendom (om sådan finns), och dels av att man inte får begränsa andras möjligheter till uttag. Vattendom är dock ingen garanti för tillgång, och vid torrår kan vattnet sina.

Senast år 2010 ska medlemsländerna i EU ha en utarbetad prispolitik för vatten, och en sådan politik kan innebära att lantbrukarens vattenuttag avgiftsbeläggs.

Senast år 2010 ska medlemsländerna i EU ha en utarbetad prispolitik för vatten, och en sådan politik kan innebära att lantbrukarens vattenuttag avgiftsbeläggs. Diffusa utsläpp av fosfor och kväve kan också komma att omfattas i ett system med vattenavgifter, men förmodligen genom generella lösningar som via skatterna på handelsgödsel (SOU 2002:105).

Problemet som producenterna står inför är att de tidigare inte har avkrävts full kontroll, utan har med myndigheternas goda minne kunnat använda kemikalier och handelsgödsel utan att ställas till svars för konsekvenserna.

Det är i många avseenden för tidigt att säga vilka konsekvenser införandet av vattendirektivet kommer att få för lantbrukarna. Det står emellertid klart att större krav kommer att ställas på samverkan, precision och styrning i samband med användning av och påverkan på vattnet i odlingslandskapet.

Referenser

Aslyng, H.C. 1984. *Soil water capacity, climate and plant production. The development and future of irrigation.* NJF-utredning/rapport nr 16.

Berglund, P. 2005. *Styrinstrument för bevattning – några aktuella metoder som används i vår omvärld.* Hushållningssällskapet, Kristianstad (ej tryckt).

Burns, I. 2005. *Fertiliser Placement to Improve Efficiency of Nutrient Use for Wide Row Crops.* Presentation vid NJF-seminarium 12-13 oktober 2005, Malmö Börshus.

Divkovic, G. 2002. *Extrem nederbörd i Sverige 1933-2000.* Department of physical geography, Göteborg 2002. B326. Projektarbete.

Hägerhäll-Aniansson och Vidarve, 2003. *Klart som vatten - Utredningen Svensk vattenadministrations betänkande angående införandet av EG:s ramdirektiv för vatten i Sverige*, SOU 2002:105

Johansson, W. 1989. *Grödornas vattenhushållning. I. Vattningsbehov och näringstillförsel.* Föredrag presenterade vid NJF-seminarium nr 151, Landskrona, 1-3 augusti 1989. Avdelningsmeddelande – Sveriges lantbruksuniversitet., Institutionen för markvetenskap, avd. för lantbrukets hydroteknik, Nr. 7

Johansson, W. & Linnér, H. 1977. *Bevattning.* LTs förlag.

Jord- och skogsbruksministeriet, 2000. *Reglerbar dränering.* Jordbrukets miljöstöd. Helsingfors.

Krantz, H. 2005. *Vattendirektivet och jordbruket. Aspekter på relationen mellan god vattenstatus och god lantbrukarstatus.* Dokumentation från Vattenkonferensen i Kristianstad 22-23 november 2005.

Linnér, H. 2003. *Bevattningsstrategier på friland.* Föredrag på miljömålsseminarium.

Linnér m.fl. 2006. *Bevattning.* Bearbetning av kapitlet bevattning i Växtodling 1. Marken. www-pot.lt.slu.se/dokument/Bevattning.pdf

Mathiesen, A, S. 1999. *Dyrkning av kartofler.* Landbrugets rådgivningscenter. Landbrugsforlaget, Århus.

Nygaard Sörensen, J. 2004. *Irrigation schemes and water stress, influence on nutrient uptake and quality.* Presentation vid Workshop på Tune lantbruksskola 2004.

Paschold, P. Kleber, J. Mayer, N. 2005. *Geisenheimer Bewässerungsteuerung 2005.* http://fh-web1.informatik.fh-wiesbaden.de/go.cfm/fb/103/lpid/16/sprachid/1/sid/45.html.

Pedersen, S. M. 2005. *Economical and environmental aspects of adopting precision farming.* Presentation vid NJF-seminarium 12-13 oktober 2005, Malmö Börshus.

Pl@nteinfo, 2005. www.planteinfo.dk

Sanders, D.C. 1997. *Vegetable crop irrigation.* North Carolina Cooperative Extension Service. www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-33-e

Rosenqvist, H. 2006. *Miljöekonomi i potatis- och grönsaksodling.* Greppa näringen. Jordbruksverket.

Schmidt, G. 2003. *Presentation vid HIR's potatiskurs 2003-01-27.* Landbooranisationernas Maskin- & Bygningsrådgivning, Vildbjerg Danmark

SLU, 2005. www-vaxten.slu.se/marken/vaxt_vatten.htm. 2005-11-10.

Svensson, S-E. 2006. *Bevattning av grönsaker.* Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU, Alnarp. Utgiven av Jordbruksverket. www-pot.lt.slu.se/dokument/Bevattninggrnsaker.pdf

Torstensson, G. Ekbladh, G. Linnér, H. 2005. *Kväveutnyttjande i potatis- och grönsaksodling.* Greppa näringen. Jordbruksverket.

Tuvesson, S. 2004. *Ny bevattningsteknik provas i Hammenhög.* Hortica november 2004. Sid. 8-11.

Wiklund, A. Ekelöf, J. 2006. *Droppbevattningens inverkan på kvalitet hos Solanum tuberosum L i jämförelse med konventionell spridarbevattning.* Bachelor (kandidatuppsats) inom hortonomprogrammet DSH. Rapport 2006:3. Instutitionen för Landskaps- och trädgårdsteknik. SLU Alnarp.

Wollesen de Jonge, L. Hörbye Jacobsen, O. Edlefsen, O. 1999. *Vandströmning I sandjord.* I grön viden nr 205 mars 1999. Danmarks jordbrugsforskning.

Växtproduktion i lantbruket. 2001. *Isbergssallat. Sid 246-249.* Natur och kultur/LT:s förlag.

U.S. Water Conservatory Laboratory, 2006. www.uswcl.ars.ag.gov/epd/remsen/irrweb/PIMintro.htm. 2006-04-03.

Personliga meddelanden:

Joel, A. SLU Uppsala • Hallefält, F. och Svensson, S-E. SLU Alnarp • Plym-Forshell, L. Livsmedelsverket • Hellbe, I. SMAK • Rosenquist, D, O och P. RMV • Svensson, B. Jordbruksverket

Denna skrift är framtagen som ett utbildningsmaterial för rådgivare och kommer att användas i kurser som handlar om potatis och grönsaker. Peter Malm och Peter Berglund från Hushållningssällskapet Kristianstad har tagit fram materialet på beställning av Jordbruksverket.

Skriften kan hämtas på Jordbruksverkets eller Greppa Näringens webbplats. En kortare version har givits ut i Greppa Näringens publikationsserie Praktiska Råd och distribuerats till alla potatis- och grönsaksodlare.

Jordbruksverket
551 82 Jönköping
Tfn 036-15 50 00
E-post: jordbruksverket@sjv.se
Webbplats: www.sjv.se

Detta material har delvis finansierats med EU-medel

ISSN 1102-8025
JO07:5