



SAMHÄLLSBYGGNAD
ENERGI OCH CIRKULÄR
EKONOMI



När vattentillgången brister

Karin Sjöstrand, Andreas Lindhe, Tore Söderqvist,
Peter Dahlqvist, Lars Rosén

RISE Rapport :2019:79

När vattentillgången brister

Karin Sjöstrand, Andreas Lindhe, Tore Söderqvist,
Peter Dahlgvist, Lars Rosén

Karin Sjöstrand, forskare, RISE Research Institutes of Sweden

Andreas Lindhe, docent, Chalmers Tekniska Högskola

Tore Söderqvist, affilierad forskare, Anthesis Enveco AB

Peter Dahlgvist, statsgeolog, Sveriges Geologiska Undersökning

Lars Rosén, professor, Chalmers Tekniska Högskola

Abstract

Water demand management – challenges and possibilities

Access to good quality water in sufficient quantity is essential for people's everyday life and for most businesses and economic sectors. However, water scarcity and drought are emerging as some of the most important global risks to society with both short-term and long-term effects on people, ecosystem services, biodiversity and the economic activities that depend on a reliable water supply. This is a global problem, and Sweden is not spared. The low precipitation and high summer temperatures that hit Sweden for three consecutive years between 2016 and 2018, caused a vastly reduced access to water and led to major consequences for the Swedish society.

In most Swedish regions, however, there is usually more than enough water to meet the growing needs of society and at the same time maintain a good environmental status even during drought. But to ensure a long-term sustainable water supply, all parties, i.e. households, water-dependent businesses and authorities, need to take measures. Drought and water scarcity are challenges that do not only affect, or can be solved by, the municipal drinking water supply. Each and everyone who uses and is dependent on water, regardless of whether the water is supplied through public or private systems, is part of the problem and should therefore also be part of the solutions.

This report provides information and material to help companies contribute to a better water situation in areas with low water availability. The report describes the water usage and water availability in Sweden today and how they are expected to change in the future. Incentives and driving forces for water savings are described as well as methods for identifying inefficient water usage and improvement measures. A review of studies from various countries provides information on challenges as well as good examples of water scarcity mitigation measures in various economic sectors. Examples of decision support methods that can be used to evaluate and prioritize between alternative measures are also described. Finally, potential implementation barriers are discussed and examples of policy instruments which can facilitate implementation of beneficial measures are given.

Key words: water scarcity, drought, decision support, water availability, water demand management

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport :2019:79

Foto framsida: Peter Dahlqvist

ISBN: 978-91-89049-09-3

Lund

Innehåll

Abstract.....	2
Innehåll.....	3
Förord.....	4
Sammanfattning	5
1 Introduktion	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte och mål.....	7
1.3 Avgränsningar.....	8
1.4 Målgrupp.....	8
2 Vattenanvändning.....	9
3 Vattentillgång	16
3.1 Ytvatten nu och i framtiden	18
3.2 Grundvatten nu och i framtiden	20
4 Drivkrafter till vattenbesparing	22
5 Vattenkartläggning	24
5.1 Water Gemba Walks	25
5.2 Vattenbalans	26
5.3 Vattenavtryck.....	26
5.4 Värdeflödesanalys.....	27
5.5 Grundorsaksanalys	27
6 Åtgärdsidentifiering.....	29
7 Exempel från olika sektorer	31
7.1 Besöksnäring.....	31
7.2 Textilindustrin	38
7.3 Livsmedelsindustri	40
7.4 Pappers- och massaindustrin	44
7.5 Gruvor och materialtäkter	48
8 Metoder för åtgärdsprioritering.....	53
8.1 Kostnads-nyttoanalys	53
8.2 Multikriterieanalys	57
9 Myndighetsperspektivet.....	61
10 Slutsatser och rekommendationer	68
11 Referenser	70

Bilaga A Checklista för vattenbesparing

Bilaga B Tips på ytterligare information

Förord

I samband med att regeringen 2015 beslutade om nya Natura 2000-områden på Gotland utsåg regeringen Peter Larsson som särskild utredare av insatser för näringslivsutveckling på Gotland. Slutrapporten *Hållbara Gotland* som överlämnades till regeringen i juni 2016 ledde till att regeringen beslutade om att anslå 100 miljoner kronor för genomförande av programmet, samt gav Tillväxtverket i uppdrag att i nära samverkan med Region Gotland hantera genomförandet. I Tillväxtverkets handlingsplan fastställdes fem strategiska områden: Ny industriell utveckling; Digitalisering; Hållbara livsmedel; Besök och kultur; och Kompetens. Almi Företagspartner Gotland gavs samordningsansvar för området Ny industriell utveckling och utpekades att göra en förstudie för området. I förstudien diskuterades särskilt den kritiska vattenförsörjningssituationen på Gotland. Vidare lyftes behovet av att visa på metoder och exempel för hur företag kan bidra till en minskad vattenförbrukning.

Rapporten *När vattentillgången brister* är en del av det strategiska området Ny Industriell Utveckling under programmet Hållbara Gotland. Rapporten syftar till att stärka företagens möjligheter att bidra till en förbättrad vattensituation och en mer hållbar vattenanvändning i områden med bristande vattentillgång.

Författarna vill tacka Vasanth Ramesh för hjälp med litteraturstudien.

Vi hoppas att denna rapport kan bidra med praktiska idéer och tips på metoder för att identifiera och reducera ineffektiv vattenanvändning.

Sammanfattning

Tillgång till vatten av god kvalitet i tillräcklig mängd är grundläggande för såväl människors vardag som för de flesta privata och offentliga verksamheter. Men vattenbrist och torka framträder nu som en av de största globala utmaningarna, med både kortvariga och långsiktiga effekter på människor, ekosystemtjänster, biologisk mångfald och de ekonomiska sektorer som är beroende av en tillförlitlig vattentillgång. Detta är ett globalt problem, och Sverige är inte förskonat. För tredje året i rad drabbades Sverige 2018 av torka och en minst sagt ansträngd situation vad gäller tillgången till vatten. Vattenbristen som uppstod medförde stora konsekvenser för det svenska samhället.

I de flesta svenska regioner finns dock oftast mer än tillräckligt med vatten för att försörja samhällets växande behov utan att negativt påverka miljön vid torka. Men för att säkerställa en långsiktigt hållbar vattenförsörjning behöver samtliga parter, såväl hushåll som vattenberoende verksamheter och myndigheter, bidra. Torka och vattenbrist är en utmaning som inte enbart berör, eller kan lösas av, den kommunala dricksvattenförsörjningen. Samtliga som använder och är beroende av vatten, oavsett om vattnet tillhandahålls genom allmänna eller privata lösningar, är en del av problemet och bör därmed även vara del av lösningarna.

Den här rapporten tillhandahåller information och underlag för att underlätta för företag att bidra till en bättre vattensituation i områden med låg vattentillgång. I rapporten beskrivs hur vattenanvändningen och vattentillgången ser ut i Sverige idag och hur utvecklingen framöver förväntas se ut. Vidare beskrivs olika drivkrafter för vattenbesparing samt metoder för hur man kan identifiera ineffektiv vattenanvändning och förbättringsåtgärder på sitt företag eller anläggning. En litteraturgenomgång av studier utförda i olika länder och inom olika ekonomiska sektorer bidrar med information om utmaningar och goda exempel. Exempel ges även på metoder som kan användas för att utvärdera och prioritera mellan alternativa åtgärder. Slutligen beskrivs olika hinder som kan stå i vägen för implementering och vilka styrmedel som kan stå till buds för att underlätta genomförande av fördelaktiga åtgärder.

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Vatten är en väsentlig faktor för såväl nationell som lokal ekonomisk tillväxt, och behövs för att skapa och behålla jobb inom nästan alla sektorer av ekonomin. UNESCO (2016) uppskattar att 42% av världens totala aktiva arbetskraft arbetar i sektorer som är mycket vattenberoende. Här inkluderas jordbruk, industri, skogsbruk, fiske, gruvdrift, vattenförsörjning och de flesta typer av elproduktion. Vidare uppskattas att 36% av världens totala aktiva arbetskraft arbetar i sektorer som är måttligt vattenberoende. Detta är sektorer som inte kräver betydande mängder vatten för att förverkliga större delen av sin verksamhet, men för vilka vatten är en nödvändig del av värdekedjan. Sammanlagt är alltså 78% av den globala arbetskraften beroende av vatten.

För närvarande bor dock nästan hälften av jordens befolkning, cirka 3,6 miljarder människor, i områden där brist på vatten kan uppstå minst en månad per år. Denna siffra uppskattas kunna öka till mellan 4,8 och 5,7 miljarder människor år 2050 (UNESCO, 2018). Vattenbrist innebär att efterfrågan på vatten inom ett område överstiger de tillgängliga vattenresursernas långsiktiga kapacitet (European Commission, 2012). Torka kan vara en bidragande orsak till vattenbrist men avser specifikt perioder då nederbörden kraftigt minskar eller uteblir. Den globala efterfrågan på vatten har ökat med ungefär 1% per år som en funktion av bland annat befolkningstillväxt, ekonomisk utveckling och förändrade konsumtionsmönster, och den förväntas fortsätta öka under de kommande två decennierna. Efterfrågan från industri och hushåll förväntas öka mycket snabbare än efterfrågan från jordbruket, även om jordbruket kommer att förbli den största totala användaren. Globalt står jordbruket för ca 70% av all vattenanvändning, industrin står för 20% och den allmänna vattenförsörjningen för 10%. I Europa och Sverige förbrukar dock industrisektorn mer än hälften av det tillgängliga vattnet (Aquastat, 2016; SCB, 2017b).

Sverige har generellt sett en god tillgång till naturliga råvattenresurser. Enbart 1% av Sveriges förnyelsebara vattentillgång tas ut för användning inom jordbruk, industri och hushåll (Eurostat, 2018). Men både vattentillgång och efterfrågan varierar stort över landet och sammanfaller sällan geografiskt. Vattenbrist förekommer därför tidvis även i Sverige, särskilt i södra och mellersta Sverige och i kustområdena (SCB, 2017b). Under vår och sommar 2016, 2017 och 2018 upplevde delar av Sverige ovanligt långvarig torka, vilket ytterligare försvårade vattenförsörjningen till hushåll, industri och jordbruk i områden med redan låga vattentillgångar. Vattenbristen som uppstod medförde stora konsekvenser för det svenska samhället, och det blev tydligt att vi behöver stå bättre förberedda för en framtid där vattenbrist och torka kan bli mer vanliga (Sjökvist et al., 2019; Sorby, 2016, 2017).

År 2007 la Europeiska kommissionen fram ett initialt förslag om hur man bör hantera utmaningen från vattenbrist och torka inom unionen (EC, 2007). I följande kommissionsrapporter betonades att det lämpligaste sättet att ta itu med vattenbrist och torka är att använda ett integrerat tillvägagångssätt baserat på en kombination av åtgärder som fokuserar både på tillgång och efterfrågan. Där understryks att en effektiv

vattenanvändning måste prioriteras och att ny infrastruktur för vattenförsörjning bör övervägas först efter att alla åtgärder på efterfrågesidan har beaktats. Torka och vattenbrist är med andra ord en utmaning som inte enbart berör, eller kan lösas av, den kommunala dricksvattenförsörjningen. Samtliga som använder och är beroende av vatten, oavsett om vattnet förväntas levereras genom allmänna eller privata lösningar, är en del av problemet och bör därmed även vara del av lösningarna.

Beslutsfattare inom både den offentliga och privata sektorn fattar regelbundet beslut som rör vattenresurshantering och vattenanvändning. Idealt bör dessa beslut vägledas av information som uppmuntrar till en effektiv och hållbar vattenanvändning. Det är dock inte helt lätt att avgöra var åtgärder bör sättas in eller vilken åtgärd som är den bästa vägen framåt. Detta eftersom det ofta finns flera områden som skulle kunna förbättras inom en organisation och det dessutom ofta finns flera olika åtgärder som alla skulle kunna bidra till en förbättrad vattensituation inom varje område. Så hur ska man gå tillväga för att identifiera de områden som bör prioriteras? Och hur ska man prioritera mellan alternativa åtgärder? På vilka grunder bör den prioriteringen ske? Och på vilken nivå? Bör man ta hänsyn till vad som är bäst för hela samhället eller vad som är bäst för varje enskild aktör? Och vad menas med bäst? Är det de mest kostnadseffektiva åtgärderna som bör implementeras, eller de mest samhällsekonomiskt lönsamma? Eller är det de mest långsiktigt hållbara åtgärderna vi letar efter? Och skiljer det sig mellan de mest kostnadseffektiva och mest samhällsekonomiskt lönsamma åtgärderna, och i så fall varför? Det finns inga enkla svar på dessa frågor. Men det finns olika metoder som kan användas för att ge guidning och stöd för prioritering och beslut, både för enskilda användare, verksamhetsutövare och för myndigheter, så att de beslut som fattas är välgrundade och tar hänsyn till det som anses viktigt för just den specifika organisation, situationen eller regionen man befinner sig i. Med bra beslutsunderlag skapas förståelse för vilka avvägningar som krävs och vilka åtgärder som är ekonomiskt fördelaktiga samt socialt och miljömässigt hållbara. Att utveckla en bättre förståelse för vattenbesparande åtgärders samhällsekonomiska och finansiella kostnader och nyttor, samt värdet av vatten för olika användningsområden är viktigt för att kunna göra välgrundade prioriteringar om åtgärder som syftar till att stärka det svenska samhällets förmåga att motstå och hantera vattenbrist och torka.

1.2 Syfte och mål

Det övergripande syftet med den här rapporten är att tillhandahålla information och underlag för att underlätta för företag och myndigheter att bidra till en bättre vattensituation i områden med vattenbrist. För att skapa en bättre vattensituation behövs åtgärder som fokuserar både efterfrågan (behov) och tillgång. Denna rapport fokuserar på verksamhetsutövares möjlighet att vidta åtgärder. Därmed ligger fokus i rapporten efterfrågesidan, på hur behovet av vatten kan minskas och hur användandet av vatten kan effektiviseras. Målsättningen är att rapporten ska kunna bidra till:

- en ökad förståelse kring vattenanvändning och potential till vattenbesparing;
- välgrundade prioriteringar och beslut kring förbättringsåtgärder; och
- en ökad förmåga hos företag och samhälle motstå och hantera torka och vattenbrist.

1.3 Avgränsningar

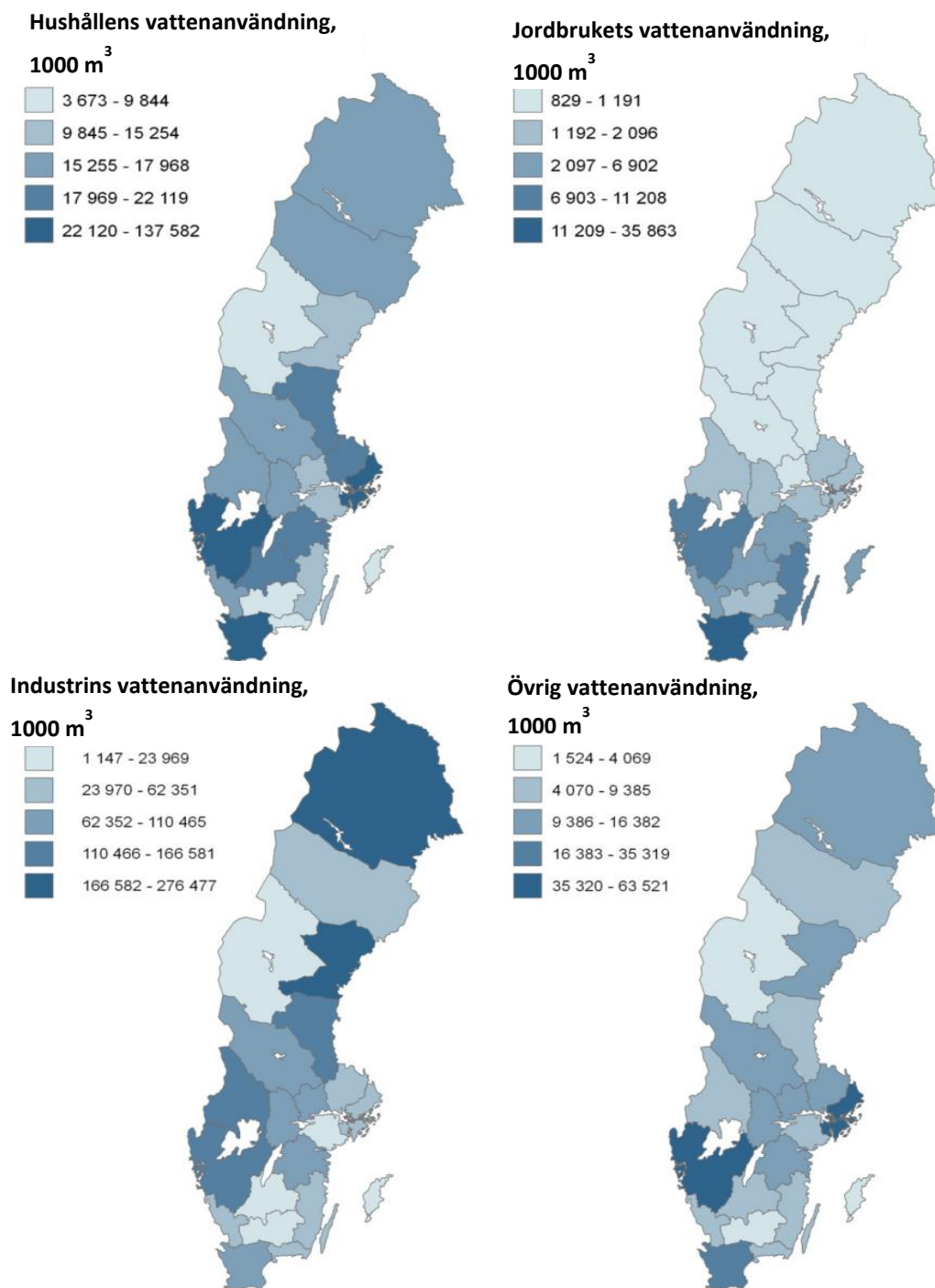
Sammanställningen av vattenbesparande åtgärder inom olika sektorer gör inte anspråk på att vara komplett. Litteraturen inom detta område är oerhört omfattande. Sammanställningen skapades för att ge tips, idéer och information om åtgärder som kan ha en god besparingspotential samt för att visa på goda exempel och studier utförda inom olika ekonomiska sektorer.

1.4 Målgrupp

Rapporten riktar sig framförallt till vattenberoende verksamheter. Men målgruppen utgörs även av en vidare krets av samhällsaktörer, som samhällsplanerare på olika nivåer samt kommuner, länsstyrelser, nationella myndigheter, branschorganisationer och forskarvärlden. Fokus för omvärldsanalysen utgörs av vattenbesparande åtgärder inom besöksnäringen, livsmedelsindustrin, textilindustrin, pappers- och massaindustrin samt gruvindustrin.

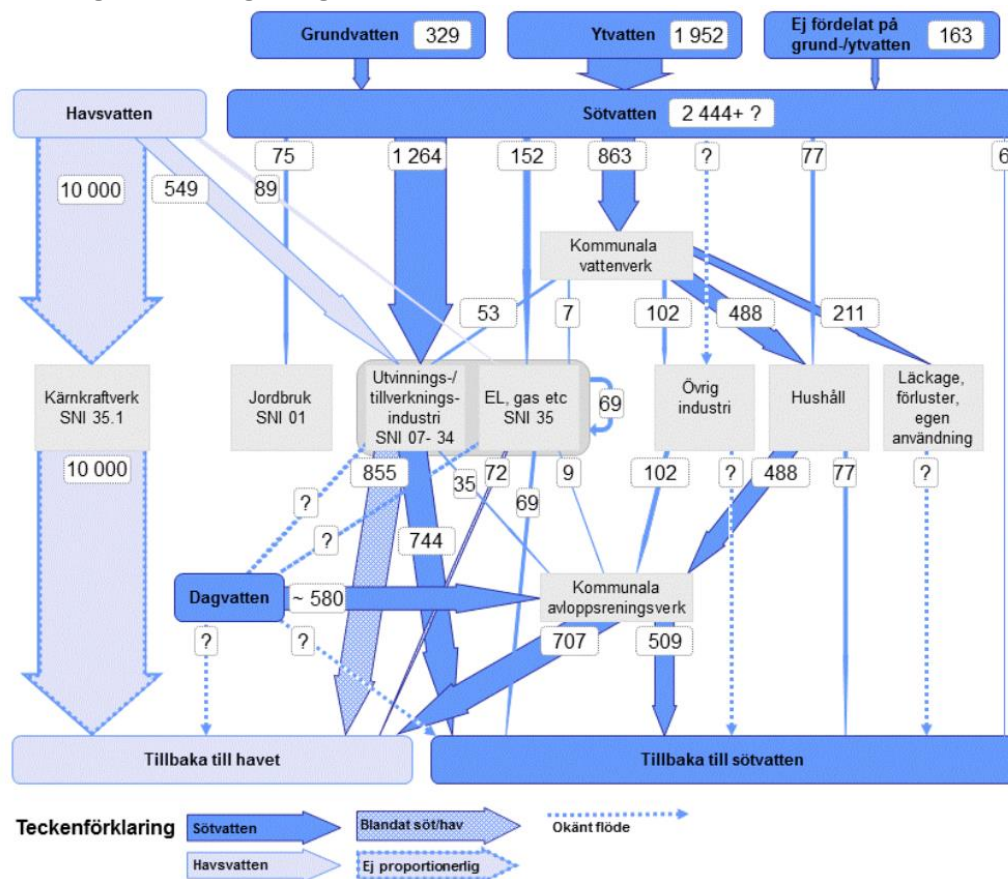
2 Vattenanvändning

Vattenanvändningen varierar inom olika sektorer över landet, vilket framgår av Figur 1. Nedan ges en kort sammanfattning av den detaljerade beskrivning som Statistiska Centralbyrån (SCB, 2017a, 2017b) redovisar för år 2015. Beskrivningen fokuserar på industrisektorn, då den utgör den största vattenanvändaren i Sverige. Svensk vattenanvändning jämförs sedan med vattenanvändning i andra europeiska länder utifrån statistik från Eurostat (2014) och EEA (2012).



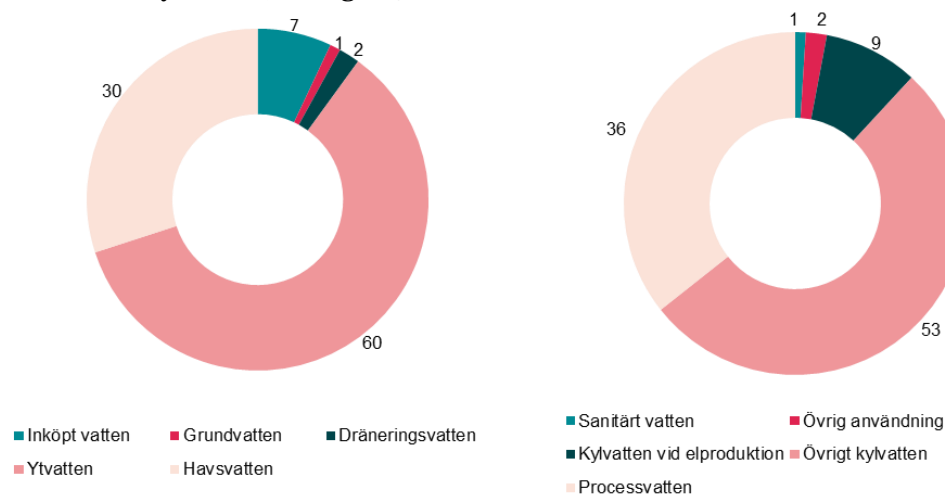
Figur 1. Sötvattenanvändning per användarkategori och län år 2010 (SCB, 2012).

Under 2015 användes totalt 2 431 miljoner kubikmeter sötvatten och 639 miljoner kubikmeter havsvatten i Sverige. Cirka 61% av sötvattnet användes av industrin, 23% av hushållen, 3% av jordbruket och 13% av övriga användare. Under benämningen övriga faller bl.a. byggverksamhet, varuhandel, hotell- och restaurang, transporter och offentlig förvaltning. I Figur 2 visas vattenflödena i det svenska samhället schematiskt.



Figur 2. Schematisk bild över vattenflöden i det svenska samhället (SCB, 2017b).

Det totala vattenuttaget för industrisektorn uppgick år 2015 till 2 129 miljoner kubikmeter, varav 90% togs från privata täkter. Den huvudsakliga vattenkällan utgjordes av ytvatten, och de huvudsakliga användningsområdena utgjordes av process- och kylvatten, se Figur 3.



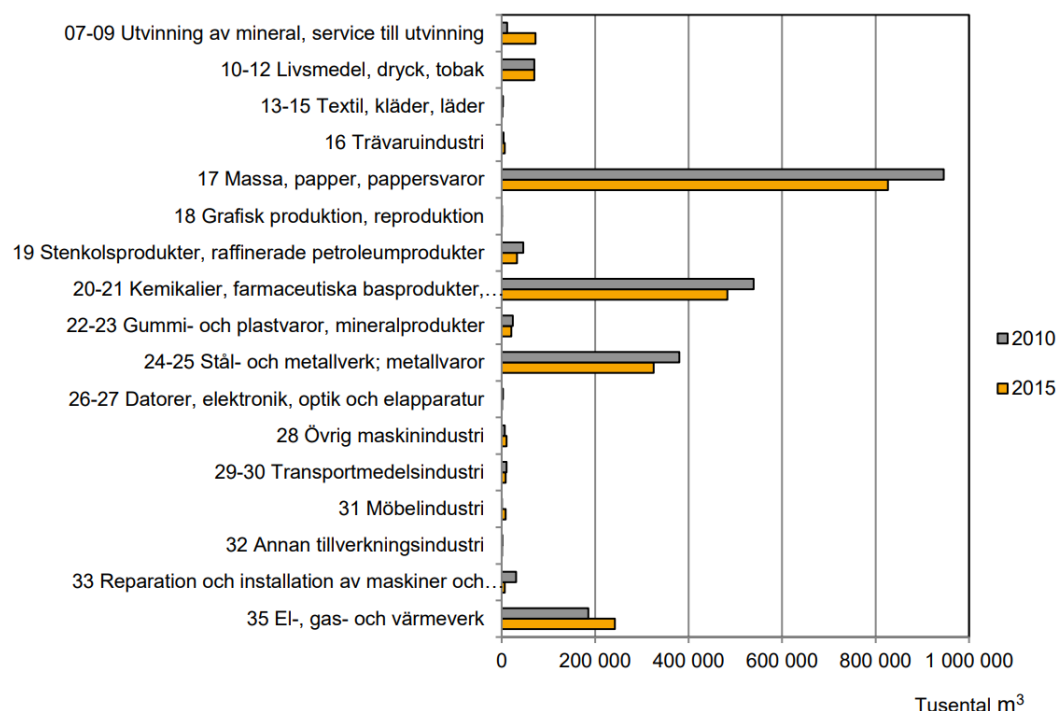
Figur 3. Industrins vattenuttag (%) efter typ av vatten (vänster) samt vattenanvändning efter användningsområden (höger) (SCB, 2017a).

Tabell 1 till Tabell 3 redovisar industrins vattenanvändning per län och bransch uppdelat i typ av vatten och typ av användning. Av Tabell 1 framgår det att det finns stora regionala skillnader i vattenanvändningen. Massa- och pappersindustrin längs med Norrlandskusten och kemikalieindustrin i Västra Götaland bidrar till hög vattenanvändning i dessa områden. Vattenuttag från egna täkter uppgick 2015 till över 90% (SCB, 2017a).

Tabell 1. Industrins vattenanvändning år 2015 per län och typ av vatten, 1000 m³ (SCB, 2017c).

Län	Dricks- vatten	Dricksvatten & återanv. vatten	Grundv. exkl. drän.vatten	Grundv. inkl. drän.vatten	Ytvatten	Havs- vatten	Summa sötvatten	Summa vatten
	Inköpt vatten		Uttag från egen täkt					
Stockholms län	7 795	64 715	3 703	3 703	26 612	19 722	95 031	114 753
Uppsala län	2 339	2 339	316	316	38 168	-	40 822	40 822
Södermanlands län	2 520	2 520	815	815	14 897	62 000	18 231	80 231
Östergötlands län	3 642	4 106	9	9	83 131	30 094	87 246	117 340
Jönköpings län	9 395	9 395	743	743	6 600	-	16 738	16 738
Kronobergs län	645	645	166	166	1 327	-	2 138	2 138
Kalmar län	2 336	2 358	961	961	27 766	1 060	31 085	32 144
Gotlands län	157	157	66	7 806	1 172	25 867	9 135	35 001
Blekinge län	1 219	1 219	61	61	30 401	37 081	31 681	68 762
Skåne län	10 828	10 935	1 377	1 377	41 051	89 586	53 362	142 948
Hallands län	3 926	3 926	1 275	1 275	46 525	-	51 725	51 725
Västra Götalands län	14 276	19 499	1 142	1 142	74 916	262 487	95 558	358 045
Värmlands län	1 343	1 343	-	-	155 499	-	156 841	156 841
Örebro län	3 289	3 548	303	1 225	56 152	-	60 925	60 925
Västmanlands län	1 578	1 578	-	-	29 271	-	30 849	30 849
Dalarnas län	2 892	2 892	1 463	3 375	81 249	-	87 515	87 515
Gävleborgs län	2 170	4 248	138	138	141 210	-	145 595	145 595
Västernorrlands län	5 370	8 930	42	42	223 710	14 244	232 683	246 926
Jämtlands län	127	127	8	8	1 000	-	1 134	1 134
Västerbottens län	2 640	2 640	248	3 092	24 885	65 700	30 618	96 318
Norrbottens län	2 181	2 182	243	24 864	171 552	30 996	198 599	229 595
Totalt	80 668	149 302	13 079	51 118	1 277 094	638 837	1 477 511	2 116 345

Av industrins vattenanvändning, användes den största andelen vatten inom massa och pappers-, kemikalie- och metallindustrin, se Figur 4 och Tabell 2. Vattenuttagen i dessa tre näringsgrupper stod 2015 för ca 77% av industrins totala uttag. Kylvatten för elproduktion och övrigt kylvatten stod 2015 för ca 60% av all vattenanvändning och ca 47% av sötvattenanvändningen, Tabell 3 (SCB, 2017a).



Figur 4. Industrins totala vattenanvändning per näringsgrupp, år 2010 och 2015 (SCB, 2017a).

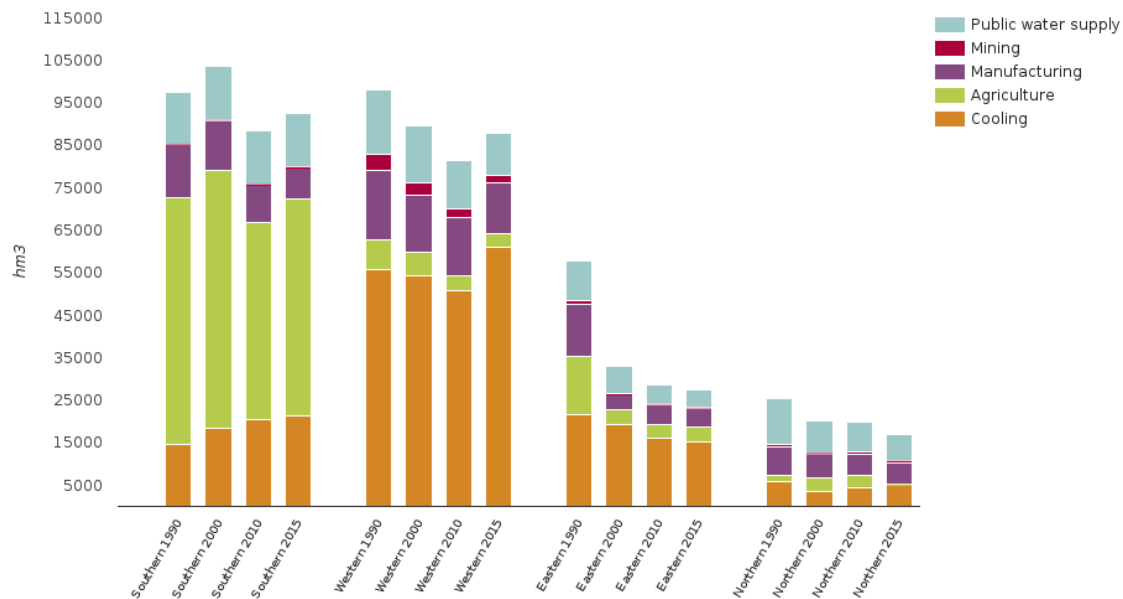
Tabell 2. Industrins vattenuttag år 2015 per bransch och typ av vatten, 1 000 m³ (SCB, 2017c).

Näringsgrupp	Dricks- vatten	Dricksvatten & återanv. vatten	Grundv. exkl. drän.vatten	Grundv. inkl. drän.vatten	Ytvatten	Havs- vatten	Summa vatten
	Inköpt vatten		Uttag från egen täkt				
07–09 Utvinning av mineral	778	778	408	44 559	10 758	22 200	78 295
10–12 Livsmedel, dryck, tobak	20 508	20 508	6 453	6 453	18 171	24 569	69 700
13–15 Textil, kläder, läder	691	952	265	265	518	-	1 736
16 Trävaruindustri	952	974	1 352	1 352	3 986	-	6 312
17 Massa, papper, pappersvaror	3 552	5 624	5	5	821 444	-	827 073
18 Grafisk produktion	325	325	-	-	-	-	325
19 Stenkols- & petroleumprodukter	5 617	5 617	-	-	17 510	9 600	32 727
20–21 Kemikalier, farmaceutiska basprodukter, läkemedel	15 497	19 509	318	318	131 536	337 619	488 982
22–23 Gummi-, plast- mineralprod.	2 324	2 343	1 770	1 770	12 590	4 156	20 859
24–25 Stål- och metallvaror	10 570	10 877	1 470	1 470	164 569	148 587	325 503
26–27 Datorer, elektronik	1 056	1 056	-	-	-	-	1 056
28 Övrig maskinindustri	2 015	2 015	210	210	8 064	-	10 289
29–30 Transportmedelsindustri	2 468	2 468	825	825	5 223	-	8 516
31 Möbelindustri	5 544	5 544	2	2	2 736	-	8 282
32 Annan tillverkningsindustri	236	236	-	-	-	570	806
33 Reparation och installation av maskiner och apparater	1 101	1 103	-	-	3 206	2 152	6 461
35 El-, gas- och värmeverk	7 442	69 289	1	1	83 491	89 383	242 164
Totalt	80 676	149 218	13 079	57 230	1 283 802	638 836	2 129 086

Tabell 3. Industrins vattenanvändning år 2015 per bransch och typ av användning, 1 000 m³ (SCB, 2017c).

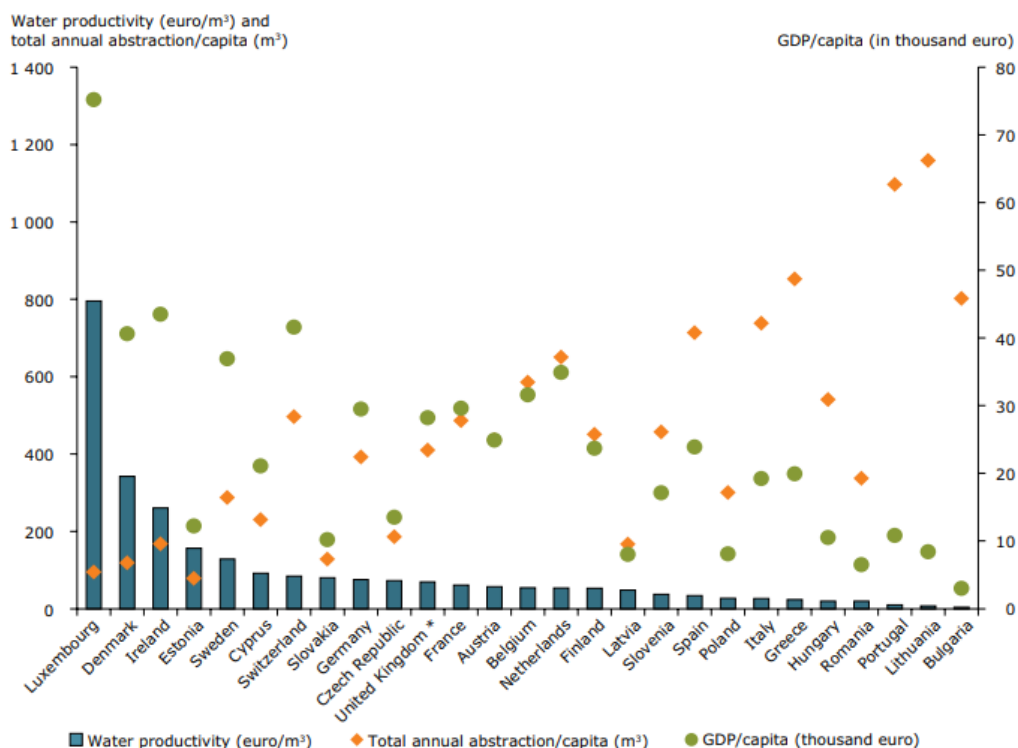
Näringsgrupp	Kylvatten vid elframställn.	Övrigt kylvatten	Process-vatten	Sanitärt vatten	Övrig vatten-användning	Total vatten-användning
07–09 Utvinning av mineral, service till utvinning	-	2 269	37 949	439	31 526	72 183
10–12 Livsmedel, dryck, tobak	206	45 499	19 677	1 959	2 359	69 700
13–15 Textil, kläder, läder	-	122	1 155	62	397	1 736
16 Trävaruindustri	-	115	4 613	523	1 061	6 312
17 Massa, papper, pappersvaror	15 888	296 513	504 187	1 805	7 892	826 285
18 Grafisk produktion, reproduktion	-	9	223	94	-	325
19 Stenkolsprodukter, raffinerade petroleumprodukter	-	27 110	5 208	409	-	32 727
20–21 Kemikalier, farmaceutiska basprodukter, läkemedel	444	442 454	38 619	1 218	475	483 210
22–23 Gummi- och plastvaror, mineralprodukter	-	9 616	9 488	574	1 172	20 850
24–25 Stål- och metallverk, metallvaror	37 143	237 396	46 783	2 693	1 487	325 502
26–27 Datorer, elektronik, optik, elapparatur	-	55	306	688	7	1 056
28 Övrig maskinindustri	12	8 383	839	1 042	13	10 289
29–30 Transportmedelsindustri	-	4 585	2 832	1 095	4	8 516
31 Möbelindustri	-	31	5 233	262	2 757	8 282
32 Annan tillverkningsindustri	-	582	134	90	-	806
33 Reparation och installation av maskiner och apparater	-	30	3 379	560	2 492	6 461
35 El-, gas- och värmeverk	139 827	24 011	77 364	440	465	242 107
Totalt	193 520	1 098 780	757 989	13 953	52 107	2 116 347

För en europeisk jämförelse redovisas i Figur 5 hur vattenuttagen har förändrats från 1990 till 2015 per sektor i södra, västra, östra samt norra Europa. Den ekonomiska sektorn med störst vattenanvändning varierar från region till region. Sammantaget står jordbruket för den största vattenanvändningen i Sydeuropa, medan kylning i elproduktion står för den största användningen i västra och östra Europa. Tillverkningsindustrin är den största användaren i Nordeuropa.



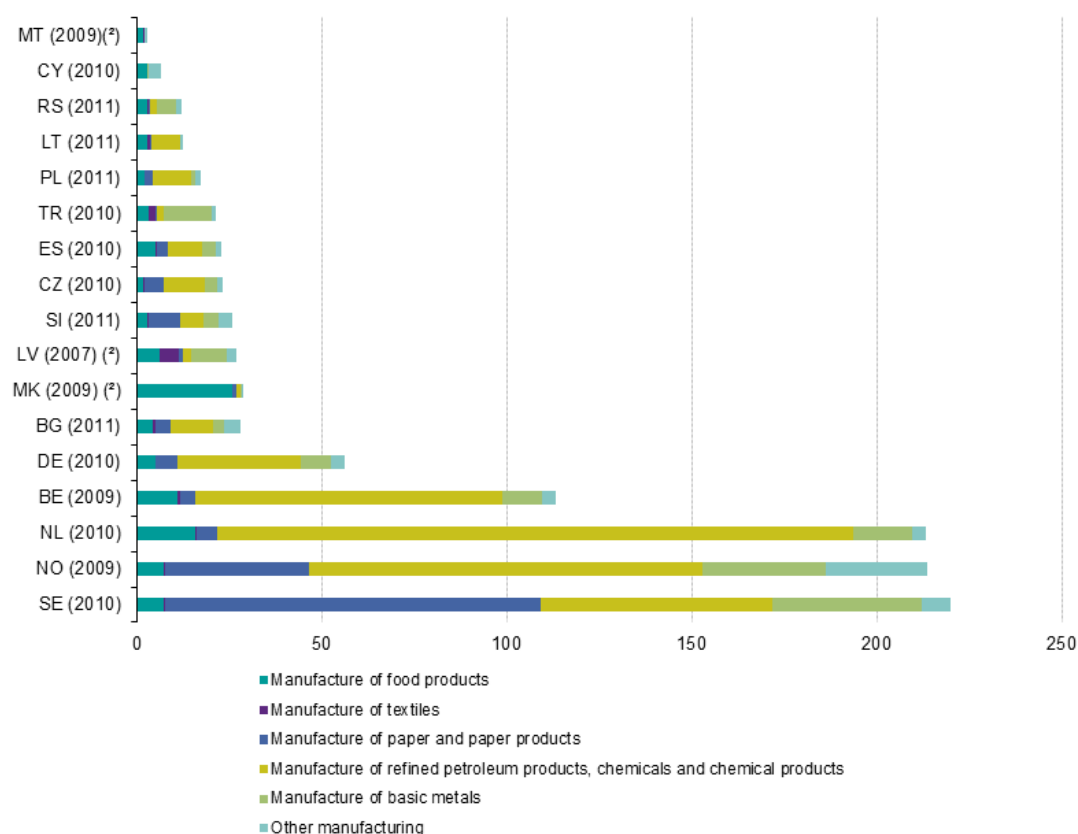
Figur 5. Vattenuttag i Europa från 1990 till 2015 (EEA, 2018).

I Figur 6 redovisas vattenproduktivitet samt vattenuttag och BNP per capita för ett antal europeiska länder. Vattenproduktiviteten är ett mått på hur ett system omvandlar vatten till varor och tjänster (produktenheter/m³). Den fångar upp förhållandet mellan nyttor (i Figur 6 som BNP i euro) som härrör från t.ex. grödor, skogsbruk, fiske, boskap och industrisystem samt mängden vatten som används i produktionsprocessen. En ökad vattenproduktivitet innebär därmed en ökad nytta per vattenenhet.



Figur 6. Vattenproduktivitet (BNP /m³ uttaget vatten), vattenuttag per capita och bruttonationalprodukt per capita i ett antal europeiska länder (EEA, 2012). Informationen till figuren var den senast tillgängliga data som fanns 2012 och varierar mellan länderna, från 1998 för ett fåtal länder fram till 2010.

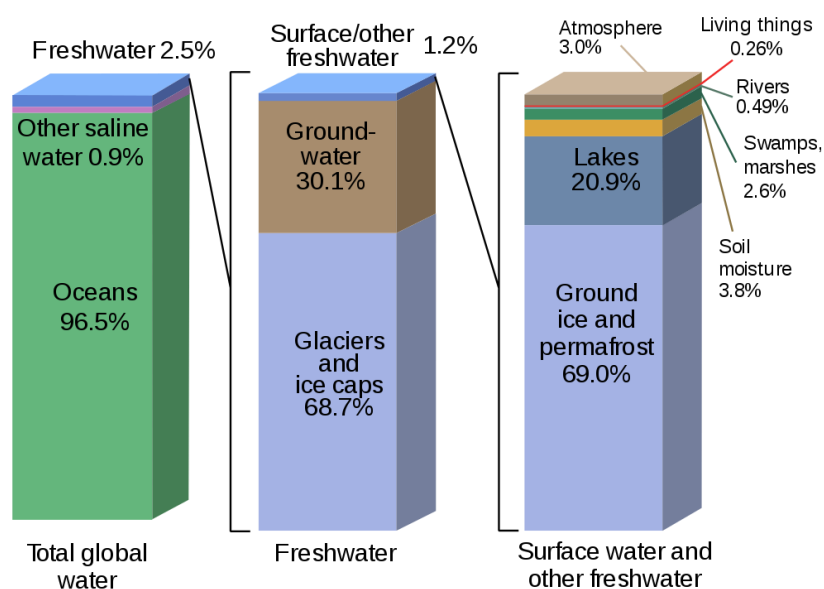
I de flesta europeiska länder står tillverkningsindustrin för den största industriella vattenanvändningen, här inbegrips då inte jordbruket. Eurostat (2014) beräknade den typiska vattenanvändningen inom tillverkningsindustrin per invånare, baserat på data från 13 EU-länder, till (median av landsvärden): 4,9 m³/invånare för livsmedelsproduktion; 0,3 m³/invånare för textilproduktion; 3,0 m³/invånare för pappersproduktion; 10,9 m³/invånare för produktion av raffinerade petroleumprodukter, kemikalier och kemiska produkter; 8,1 m³/invånare för basmetaller; och, 0,2 m³/invånare för tillverkning av motorfordon, släpvagnar, semitrailer och annan transportutrustning (Figur 7).



Figur 7. Vattenanvändning i Europa i tillverkningsindustrin (m³ per invånare) (Eurostat, 2014).

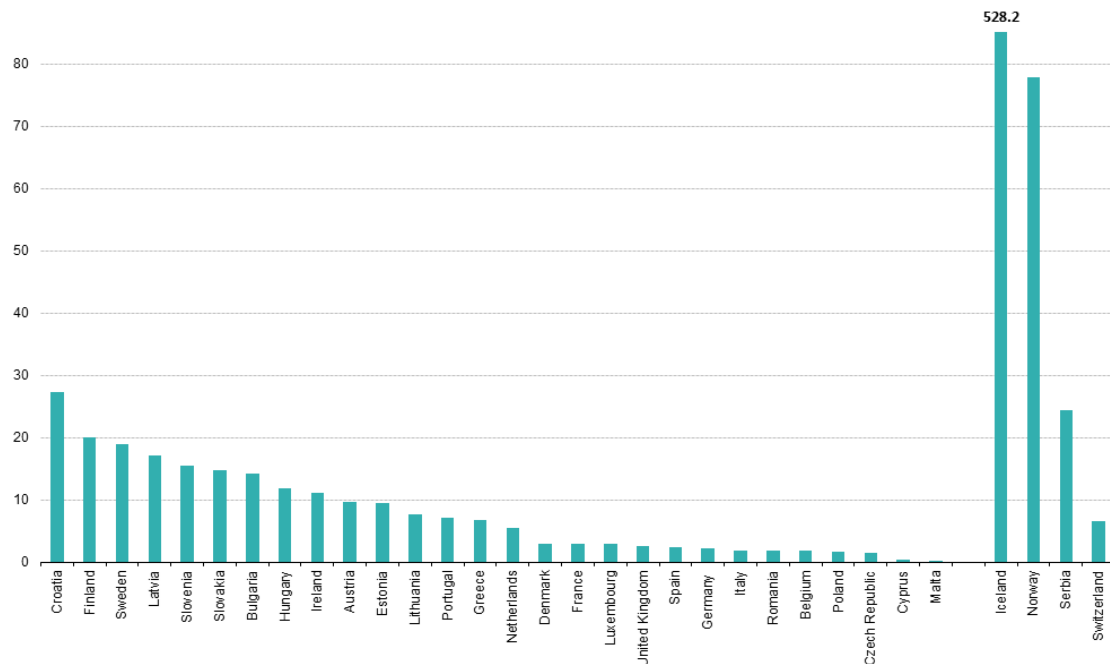
3 Vattentillgång

Den största delen av allt vatten på jorden utgörs av havsvatten, se Figur 8. Av de 2,5% av jordens vatten som är sötvatten är 68% bundet i glaciärer och permafrost och 30% utgörs av grundvatten. Ytvatten, som floder och sjöar, utgör enbart 1/150-del av en procent av allt vatten på jorden. Ändå är floder och sjöar de vattenresurser som används främst av människor världen över (USGS, 2016). Vattnets naturliga kretslopp innebär att det vatten som avdunstar återförs som nederbörd och fyller på floder och sjöar, samt infiltreras och bildar grundvatten. Det sker också ett utbyte som t.ex. innebär att grundvatten strömmar ut i våra ytvatten.



Figur 8. Jordens vattentillgång (Shiklomanov, 1993; USGS, 2016).

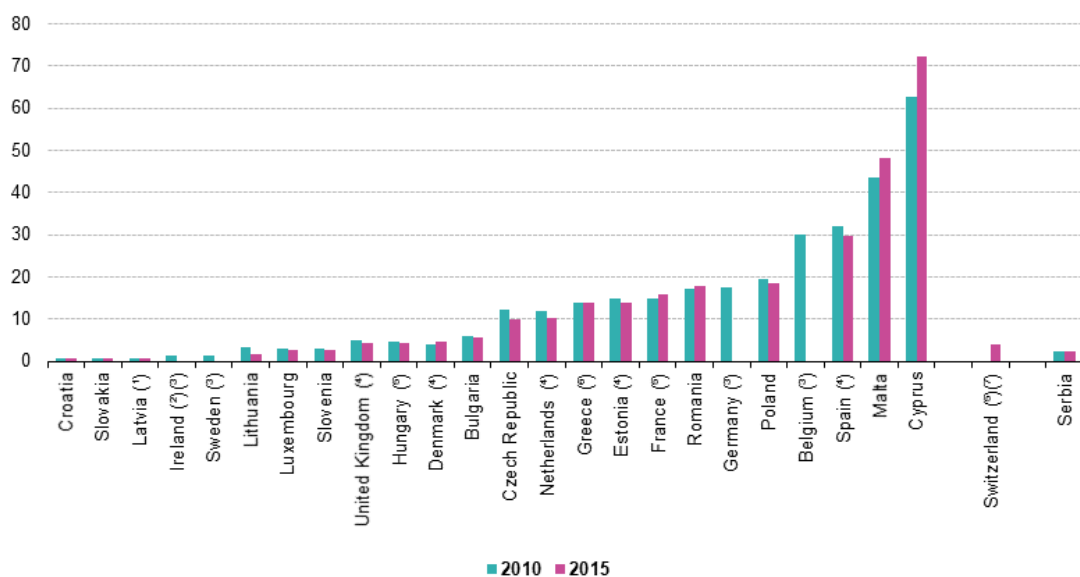
På ett nationellt plan och i internationell jämförelse har Sverige en god tillgång på vatten. I Figur 9 redovisas europeiska länders sötvattentillgång i relation till antalet invånare, angivet i 1000 m³/person och år. Lägre än 1700 m³ tillgängligt sötvatten per person i ett land brukar klassas som vattenstress, medan gränsen för vattenbrist ligger på 1000 m³ per person och akut vattenbrist 500 m³ per person (UNDESA, 2014). Sverige har tillgång till knappt 20 000 m³ sötvatten per person (Eurostat, 2017).



Figur 9. Årlig vattentillgång per invånare (Eurostat, 2017).

I Figur 10 redovisas de europeiska ländernas vattenexploateringsindex (WEI), vilket anger uttagen vattenmängd i procent av tillgänglig sötvattenmängd (Eurostat, 2018). Vattenbrist anses råda om vattenuttagen överstiger 20% av tillgängliga sötvattenresurser, och akut vattenbrist anses råda om uttagen överstiger 40%. Sverige har ett av de lägsta vattenexploateringsindexen i Europa, med enbart drygt 1% av tillgänglig mängd som tas ut för användning av hushåll, industri och jordbruk.

Fler andra indikatorer och mätmetoder för vattentillgång och vattenbrist redovisas och diskuteras bland annat av Brown (2011). Samtliga indikatorer som redovisas på nationell nivå har dock sina begränsningar eftersom de inte avspeglar lokala och regionala variationerna i t.ex. tillgång och nyttjandegrad.



Figur 10. Europeiska länders vattenexploateringsindex, d.v.s. uttagen vattenmängd i procent av tillgänglig vattenmängd (Eurostat, 2018).

3.1 Ytvatten nu och i framtiden

I SMHI:s rapport om Sveriges framtida klimat (Eklund et al., 2015) presenteras resultat från analyser av hur olika parametrar som är relevanta för vattenförsörjningen i Sverige förväntas förändras i framtiden, se sammanställning i Tabell 4. Analyserna bygger på klimatscenerierna RCP4.5 och RCP8.5. RCP4.5 innebär en kraftfull klimatpolitik och att utsläppet av växthusgaser kulminerar runt år 2040. RCP8.5 innebär ingen tillkommande klimatpolitik och att utsläppen av växthusgaser fortsätter att öka i framtiden.

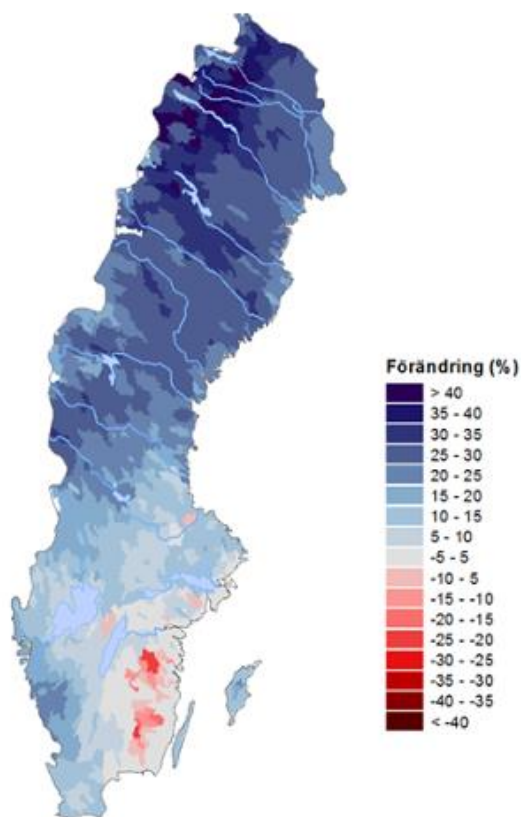
Tabell 4 Sammanställning av resultat från analyser av Sveriges framtida klimat (Eklund et al., 2015).

Parameter	Förändring
Lufttemperatur	Ökning i hela landet, främst i norra Sverige, främst vintertid.
Medelnederbörd	Ökning i hela landet, främst i Norrlands inland, främst vinter och vår.
Kraftig korttidsnederbörd	Ökning i hela landet, främst för de korta varaktigheterna.
Vattentillgång*	Ökning av årsmedel i hela landet förutom östra Götaland. Ökningen är störst på vintern. Minskning på sommaren, främst i östra Götaland.
100-årsflöde och 200-årsflöde	Ökning i stora delar av landet. Minskning i Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand.
Lågflöden	Mer vanligt i Götaland och Svealand, främst östra Götaland.
Havsnivåer	Stigande havsnivå, nettoökningen störst i södra Sverige.

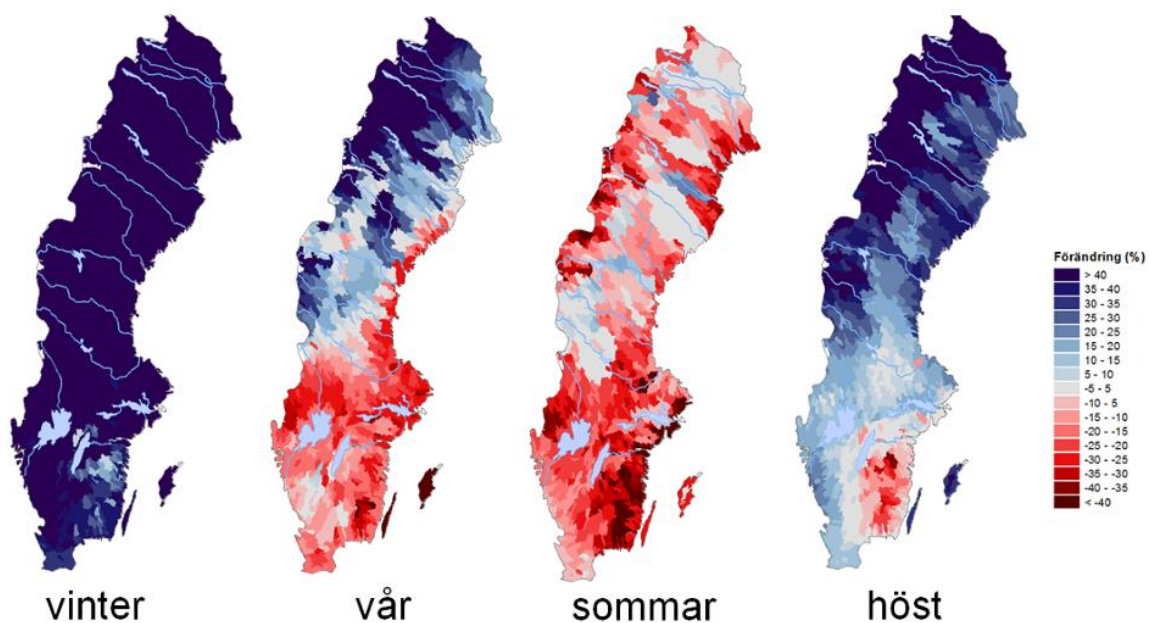
* Termen vattentillgång används här för att beskriva hur stor tillgång på vatten det i medeltal finns i vattendragen.

Vattentillgången beror av bland annat nederbörd, snösmältning och avdunstning, vilka samtliga förväntas förändras på olika sätt i olika delar av landet. Vattentillgången väntas därmed också förändras på olika sätt över landet och över året. Ser man över hela året väntas en ökning av vattentillgången i stora delar av landet, förutom i sydöstra Sverige där en ökad avdunstning bidrar till en minskad vattentillgång (Figur 11). Ser man däremot över enskilda årstider väntas vattentillgången minska i södra Sverige under våren och i nästan hela landet under sommaren (Figur 12). Det kommer alltså att bli mer vatten på vintrarna och mindre på somrarna, fler högvattenflöden med de risker som det för med sig och fler dagar med lågvattenflöden och de problem som kommer med det. De magasin som finns i form av t.ex. åar och sjöar kommer inte att kunna lagra det tillskott och överskott av nederbörd som kommer under vintrarna för att kompensera för somrarnas lägre nederbörd.

I framtiden kommer ett förändrat klimat även leda till kemiska och mikrobiologiska förändringar i våra ytvatten. Klimatförändringarna med ökad nederbörd och översvämningar, samt mildare och mer nederbördsrika vintrar (regn) kommer tex. göra att föroreningar och naturligt organiskt material, dvs. humusämnen kommer att öka. Detta innebär en förändrad kemisk och mikrobiologisk kvalitet på det råvatten vi kommer använda för dricksvattenberedning (SOU 2015:51).



Figur 11 Förändring i vattentillgång i vattendragen sett över hela året från 1963–1992 till 2069–2098 för scenario RCP8.5 (Eklund et al., 2015). Röda färger innebär en minskad vattentillgång och blå färger en ökad vattentillgång.



Figur 12 Förändring i vattentillgång i vattendragen från 1963–1992 till 2069–2098 för scenario RCP8.5 (Eklund et al., 2015). Röda färger innebär en minskad vattentillgång och blå färger en ökad vattentillgång.

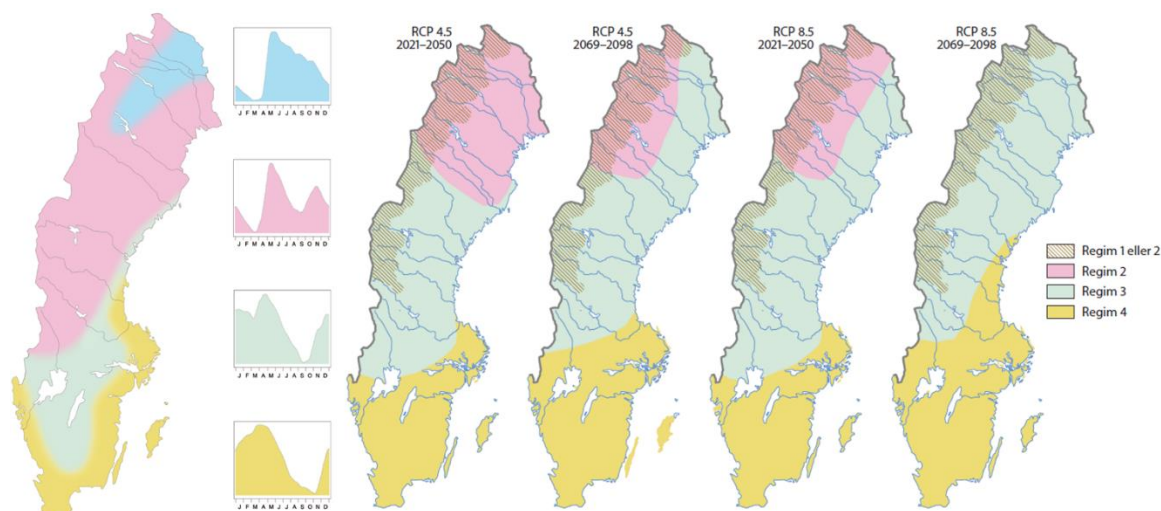
3.2 Grundvatten nu och i framtiden

Grundvatten bildas genom att nederbörd infiltrerar och lagras i porer och sprickor i jordlager och berggrund. Mängden grundvatten som bildas beror till stor del på storleken på nederbörden samt avdunstningen (inkluderande direkt avdunstning och växternas upptag av vatten) i området. Grundvattenbildningen i nederbördsfattiga områden (t.ex. sydöstra Sverige) ligger normalt på 150–200 mm per år medan den i de nederbördsrikare delarna (framförallt västra delarna av landet) uppgår till 500–700 mm per år (Eveborn et al., 2017). Variationerna mellan åren och över landet kan dock vara stora. Men det är långt ifrån allt grundvatten som är tillgängligt för samhället. En stor grundvattenbildning behöver inte nödvändigtvis innebära goda möjligheter till grundvattenuttag. Möjligheterna för grundvattenuttag påverkas av ett antal faktorer, bland annat av grundvattenbildningens storlek, jordlagrens och berggrundens vattenmagasinerande förmåga, förmågan hos jord och berggrund att avge vatten samt grundvattenmagasinens läge i terrängen (Eveborn et al., 2017). Det finns även andra ekosystemtjänster och funktioner som grundvattnet i ett magasin har (Söderqvist et al., 2014) vilket gör att de faktiska uttagsmöjligheterna för vattenförsörjningsändamål blir mindre än de teoretiska.

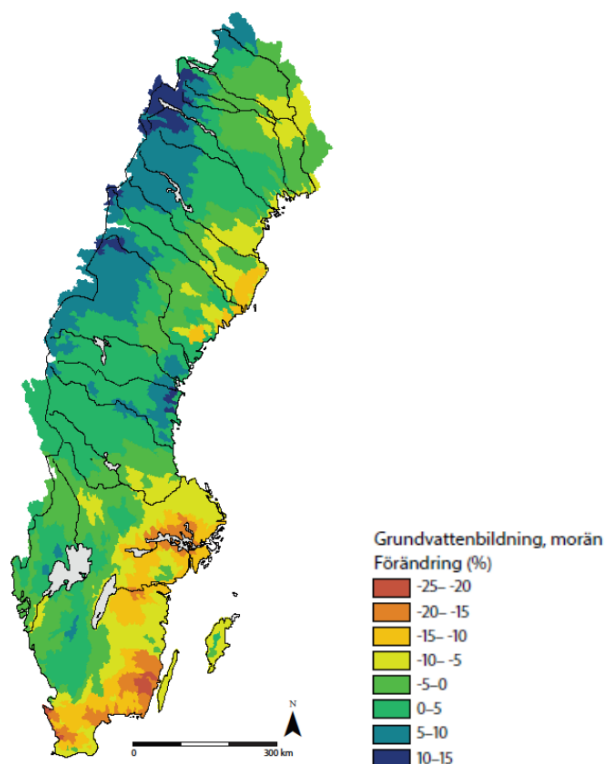
Storleken på grundvattenmagasinen påverkar hur de reagerar på nederbörd och torka och därmed hur känsliga de är. Små magasin i t.ex. morän och urberg påverkas snabbt av både nederbörd och torka, medan stora grundvattenmagasin i t.ex. isälvsavlagringar reagerar med en fördröjning och är mindre känsliga för t.ex. kortvarig torka. Grundvattenmagasin karaktäriseras av återkommande årstidsmönster i grundvattennivåerna, så kallade grundvattenregimer, som visar när under året grundvattnet bildas och när det sker avsänkning, se de fyra grundvattenregimerna för perioden 1981–2010 i Figur 13 (Vikberg et al., 2015). I södra Sverige är grundvattennivåerna som högst under våren och lägst under hösten, ett mönster primärt styrt av avdunstning och växternas vattenupptag. I norra Sverige återfinns de lägsta grundvattennivåerna strax före snön börjar smälta, och de högsta efter snösmältningen på våren.

För att studera hur ett förändrat klimat kan påverka grundvattenbildningen har SGU (bl.a. Vikberg et al. (2015)) bland annat utgått från de två klimatscenarierna RCP 4.5 och RCP 8.5 från IPCC (2013). Trots att Sverige överlag förväntas få ökade nederbördsmängder i framtiden pekar SGU:s resultat på att de sydöstra delarna av landet kan få en minskad grundvattenbildning (Figur 14). Detta beror främst på att avdunstningen ökar med ökad temperatur. Dessutom bidrar en förlängd växtsäsong till en kortare period för grundvattenbildning och en längre period under vilken grundvattennivån sjunker. Men även för övriga delar av landet är en ökad nederbörd och grundvattenbildning ingen garanti för ökad grundvattentillgång. Tillgången på grundvatten kommer troligtvis begränsas mer av den magasinierande förmågan i jord och berg än av grundvattenbildningen (Eveborn et al., 2017). Vad gäller hur grundvattennivåerna varierar över året, förväntas gränsen mellan de olika grundvattenregimerna flyttas norrut i framtiden. För det mest extrema scenariot (RCP8,5) försvinner den med snösmältning förknippade grundvattenbildningen helt i slutet av seklet då nederbörden förväntas ändras från snö till regn, se uppskattade grundvattenregimer för perioderna 2021–2050 och 2069–2098 i Figur 13 (Vikberg et al., 2015).

Förändringar i grundvattennivåernas högsta och lägsta nivåer samt föroreningsrisker från de ökade skyfallen och högvattenflödena i ytvattendragen gör att även grundvattenkemin och därmed kvalitén kommer att förändras med ett förändrat klimat. De parametrar som tydligast visar på förändringar är alkalinitet och metaller som bundits i de översta lagren i jordmånsprofilen, tex kvicksilver, bly och koppar (Aastrup et al., 2012). I kustnära områden finns det även en risk att den höjning av havsytan som förväntas gör att grundvattnet får en ökad kloridhalt, speciellt om man gör för stora uttag i dessa områden.



Figur 13. Grundvattennivåns genomsnittliga variationsmönster (regimer) under året i små snabbreagerande magasin, under perioden 1981–2010 (vänster) och uppskattat för perioderna 2021–2050 och 2069–2098 baserat på klimatscenarierna 4.5 respektive 8.5 (höger) (Vikberg et al., 2015).



Figur 14. Beräknad förändring av grundvattenbildningen, i grundvattenmagasin i morän, som följd av klimatförändringar. Figuren baseras på scenariot SRES A1B som ungefär motsvarar RCP 4.5 (Eveborn et al., 2017).

4 Drivkrafter till vattenbesparing

Det finns många anledningar för företag att spara på vatten och arbeta för en mer effektiv vattenanvändning. Senevirante (2007) lyfter följande nio drivkrafter: ökad försörjningstrygghet i samhället; ökat förtroende hos investerare och allmänhet; minskade vattenrelaterade risker; kostnadsbesparing; motåtgärd för framtida kostnadsökningar för vatten; produktionseffektivitet; innovationsdrivande; ökad personalmedvetenhet; samt skattelättnader och avdrag. Med vatteneffektivitet avses här minskningar i mängden vatten som används per produktionsenhet eller för att utföra en viss uppgift. Förbättringar i vatteneffektivitet betyder dock inte nödvändigtvis att företagets/anläggningens totala vattenanvändning minskar, eftersom det också kan leda till produktionsökningar som kompenserar effektivitetsvinster (s.k. rekyleffekter).

Eftersom vatten är en viktig insatsvara i många ekonomiska sektorer kan till och med kortvariga störningar i vattenförsörjningen få stora effekter på företagets produktion och försäljning. Genom att minska på vattenanvändningen kan de vattenrelaterade riskerna för företagen minska. Specifika vattenrelaterade risker kan givetvis variera mellan olika företag, men de kan exempelvis inkludera tillförlitlighetsproblem kring vattenförsörjningen, vattenkvalitetsfrågor, ökade vattenkostnader samt avbrott i företagets produktions- och leveranskedja. I vissa områden kan bristande vattentillgångar även leda till konkurrens kring de knappa vattenresurserna mellan kommunal vattenförsörjning, industri och jordbruk. En effektivare vattenanvändning möjliggör även en ökad produktion hos företagen utan att öka vattenbehovet, samt minskar behovet att uppgradera den vattenrelaterade infrastrukturen i företagen på grund av kapacitetsbrist, såsom rör, tankar, pumpar och annan tillhörande utrustning. Genom att spara vatten idag kommer mer vatten finnas tillgängligt imorgon för både företag, resterande samhälle och miljö.

De affärsmässiga fördelarna med att genomföra vattenbesparande åtgärder kan även bidra till att företagen uppnår sina hållbarhetsmål. Förutom vattenbesparingar resulterar en minskad användning av varmvatten även i en minskad energianvändning på grund av den betydande mängden energi som är förknippad med uppvärmning av vatten. En minskad vatten- och energianvändning sparar då inte enbart pengar utan kan exempelvis bidra till uppfyllandet av interna hållbarhetsmål, gröna certifieringar och ett uppvisande av ledarskap inom miljöarbetet (US EPA, 2012b). I en rapport framtagen av Innovest Strategic Value Advisors för The UK Environment Agency (2004) kopplas högre finansiell avkastning, affärsmöjligheter och konkurrensfördelar till företag med sund och ansvarsfull miljöpolicy. Dessa företag ses som organisationer som fokuserar på långsiktig ekonomisk prestanda genom att hantera och minska sina ekonomiska, sociala och miljömässiga risker. Resultatet blir att investerare värderar dessa bolag högre än deras konkurrenter (Senevirante, 2007).

När företag demonstrerar socialt ansvarsfullt beteende och åtar sig samhälleligt gynnsamma åtgärder, såsom vattenbesparing, förbättras i regel både personalens och kundernas inställning till företaget. Proaktiva insatser ses som ett viktigt attribut som påverkar både kundlojaliteten och förmågan att locka till sig och behålla anställda. Det är därför viktigt att kunna visa att användningen av vatten sker på ett ansvarsfullt sätt, speciellt i områden med låg vattentillgång. I vissa marknadssegment kan sådana "gröna" attribut därmed även ge en produkt eller ett företag konkurrensfördel. Enligt

en undersökning av Calvert (2006) (en fond för 400 000 investerare i USA), är exempelvis 71% av amerikanerna mer benägna att investera i företag som har fått högre betyg när det gäller deras sociala prestation och 77% av amerikanerna är mer benägna att köpa mer produkter och tjänster av dessa företag. Vissa företag kan på så sätt dra nytta av betydande marknadsnisher genom att erbjuda kunder vatteneffektiva val och lösningar. Att minska sitt eget företags vattenanvändning kan även bidra till att ge mervärde för kunder "nedströms" samt hjälpa dem att uppfylla deras vatteneffektivitetsmål.

Även om vatten generellt är billigt, är vattenbesparing en möjlighet att sänka företagets utgifter. Kostnader för vatten inkluderar inte enbart inköp av vatten och avlopp, utan omfattar även flera mer dolda kostnadsposter som tex elkostnader för pumpning, rening, underhåll och övervakning. Och förutom direkt produktionsrelaterade kostnader finns även andra kostnader som sällan räknas med. Exempelvis kan företagets tillstånd kräva en minskning av vissa ämnen före utsläpp av avloppsvatten till miljön. Många kostnader förknippade med sådana åtgärder kan minskas genom att minska vattenanvändningen. Dessutom har prissättningen på vatten under senare år på många håll i världen ökat i relation till inflationen, bland annat på grund av dyra infrastrukturbehov, befolkningstillväxt och bristande vattentillgång (Senevirante, 2007; Stratton et al., 2016). Prissättning har också på senare tid börjat användas som ett verktyg för att minska på efterfrågan, exempelvis genom att differentiera priset mellan hög- och lågkonsumenter. Ökade kostnader för vatten medför konkurrensfördelar för resurseffektiva företag. Det är dessutom oftast mer kostnadseffektivt att utföra vattenbesparande åtgärder proaktivt än retroaktivt om krav på begränsningar skulle bli ett faktum.

5 Vattenkartläggning

Den relativa vattenanvändningen varierar stort mellan olika industrisektors stadiet i produkt- och tjänstevärdeskedjorna. Exempelvis använder klädindustrin stora volymer vatten i råvaruproduktion medan läkemedelsindustrin använder den största andelen vatten under driftstadiet. Det är viktigt att veta var i värdekedjan som vattenanvändningen är som störst för att rikta in förbättringsåtgärder till de områden där de har potential att göra stor nytta. I Tabell 5 visas den relativa vattenintensiteten (från noll till tre droppar) för olika segment av värdekedjan i ett antal industrisektorer.

Tabell 5. Vattenintensitet i olika segment i värdekedjan (Morrison et al., 2009).

	Råvaruproduktion	Leverantörer	Drift	Användning/avfall
Textil	☹ ☹ ☹	☹		☹
Elektronik	☹	☹		☹
Dryck	☹ ☹	☹	☹	
Livsmedel/jordbruk	☹ ☹ ☹		☹ ☹	
Bioteknik/läkemedel			☹	
Skogsprodukter	☹		☹ ☹	
Metaller/gruvdrift	☹ ☹		☹ ☹	
Elproduktion/energi	☹ ☹		☹ ☹	

För att identifiera möjligheter till vattenbesparing och förbättrad vattneffektivitet inom det egna företaget/anläggningen är det även viktigt att förstå organisationens alla användningsområden för vatten. De stora användningsområdena utgör oftast också de största möjligheterna för förbättrad vattneffektivitet. Även om dessa användningsområden givetvis varierar från företag till företag finns det vissa kategorier som förekommer i de flesta industriella anläggningar. US EPA (2011) klassificerar industriella företags vattenanvändning i följande kategorier:

- Produktionsbearbetning och användning i produkter
- Hjälpprocesser (t.ex. vattenrening och laboratriveksamhet)
- Kylning och uppvärmning (t.ex. kyltorn och pannor)
- Hushållsbruk inomhus (t.ex. toaletter, kök och tvätt)
- Bevattnings utomhus

I kapitel 7 ges mer ingående exempel på hur vattenanvändningen kan fördelas mellan olika användningsområden inom ett antal industrisektorer.

För en ökad förståelse av vattenanvändningen är det nästan alltid en fördel att använda vattenmätare. Genom att mäta vattenanvändning och flöden på anläggnings- och processnivå blir det lättare att både identifiera och följa upp målinriktade åtgärder. Genom att installera vattenmätare kan den interna förbrukningen analyseras och jämföras med hjälp av olika indikatorer, som exempelvis volymen förbrukat vatten (och producerat avloppsvatten) per tid, användningsområde och produkt. Vattenmätare kan också hjälpa till att identifiera läckor och indikera när utrustning inte fungerar genom att exempelvis utlösa larm när läckor eller avvikelser hittas. I vissa fall kan det även vara användbart att mäta vattentrycket. Lågt vattentryck, smutsigt vatten och förbrukning av stora volymer vatten som inte kan härledas är alla tecken på läckor.

Olika färgämnen kan användas för att enkelt kontrollera om det finns läckor i tankar, toaletter eller andra behållare, och akustisk utrustning kan användas för att kontrollera om det finns läckor på rör i marken. Flödesmätare kan hjälpa till att göra en uppskattning av hur mycket vatten som går förlorat. Det är dock ofta inte möjligt att installera vattenmätare överallt. Mätare kan då prioriteras till de områden där man har behov av detaljerad information; till exempel före och efter en förbättringsåtgärd eller vid en vattenintensiv process (US EPA, 2011).

Det finns många olika metoder som kan användas för att hitta potentiella besparingsmöjligheter inom ett företag. Nedan beskrivs några av dessa metoder översiktligt med fokus på att identifiera överflödigt vatten, d.v.s. vatten som används utöver den punkt där det upphör att tillföra mervärde till kunden. Även om alla metoderna utvärderar vattenanvändning och kan användas för att identifiera åtgärder kräver de alla olika grad av engagemang i form av tid och involverad personal.

5.1 Water Gemba Walks

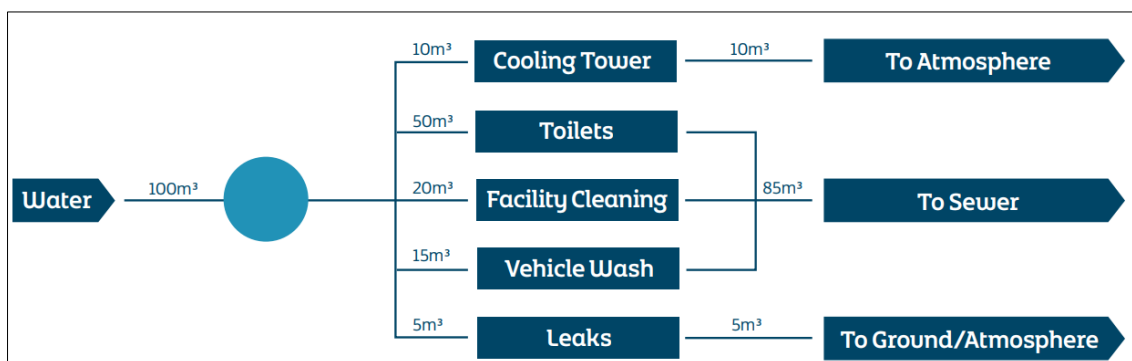
Gemba är en viktig del av Lean management. En Water Gemba Walk är en övning där anställda och chefer tillsammans går runt på anläggningen/verkstadsgolvet för att identifiera områden med ineffektiv vattenanvändning. Övningen följer ett antal steg som beskrivs nedan. Stegen ligger till grund för att överväga möjligheten till förändringar i systemet. Men innan övningen genomförs behöver man först bestämma vilka personer som ska delta. Ett litet team på cirka fem till sju personer fungerar ofta bäst. Det är även bra om personerna har olika kompetens och perspektiv på det som ska studeras. Man behöver även ta fram tillgängliga data och information som kan hjälpa teamet att identifiera områden för förbättringar, t.ex. planritningar, processritningar, tidigare vattenräkningar och vattenförbrukningsdata. Efter att teamet har introducerats till syftet med en Gemba Walk följer övningen stegen nedan (US EPA, 2011):

1. Identifiera all vattenförbrukande utrustning, områden med hög vattenanvändning och platser med vattenmätare.
2. Notera alla platser med vattenförluster, förågningsförluster, överdrivet vattentryck, läckor och där vatten blir del av produkten.
3. Observera rengöring vid skiftbyten och processbyten.
4. Kvantifiera flödes hastigheter och användning.
5. Notera vattenkvaliteten som används i varje processteg.
6. Fastställ vattenkvalitets- samt kvantitetsbehovet för varje process samt på det avloppsvatten som produceras vid varje steg.

Ibland kan det vara en fördel att utföra rundvandringen när anläggningen ligger nere, då det kan utgöra ett bra tillfälle att hitta oväntade förluster. Man kan också samla in data under rundvandringen, t.ex. kring vilken vattenkvalitet som används vid varje processteg. Kunskap om när hög vattenkvalitet är nödvändigt och när lägre kvalitet kan vara tillräckligt kan sedan användas för att identifiera möjligheter till återanvändning.

5.2 Vattenbalans

En vattenbalans är i detta fall en tabell eller ett diagram som visar vattenflödet in och ut från processer och/eller funktioner i anläggningen, se exempel i Figur 15. Vattenbalansen bygger på det enkla konceptet att vad som går in ska även komma ut. Vattenbalansen bör redogöra kvantitativt för vilken typ av vatten som går in i varje anläggning, var det kommer ifrån, var det används, och hur det lämnar anläggningen. En vattenbalans kan göras med olika detaljrikedom, men en bra vattenbalans bör fånga upp minst 90% av vattenanvändningen i anläggningen/företaget. När en robust vattenbalans har upprättats kan den användas för att identifiera områden för förbättringar samt som basnivå, mot vilken vattenförbättrande åtgärder kan jämföras.



Figur 15. Exempel på vattenbalans i ett företag (InvestNI, 2018).

GEMI, Global Environmental Management Initiative, har tagit fram ett Excel-baserat verktyg som kan användas för att skapa vattenbalanser för olika anläggningar/processer. Verktöget finns tillgängligt på <http://waterplanner.gemi.org/calc-waterbalance.asp>.

5.3 Vattenavtryck

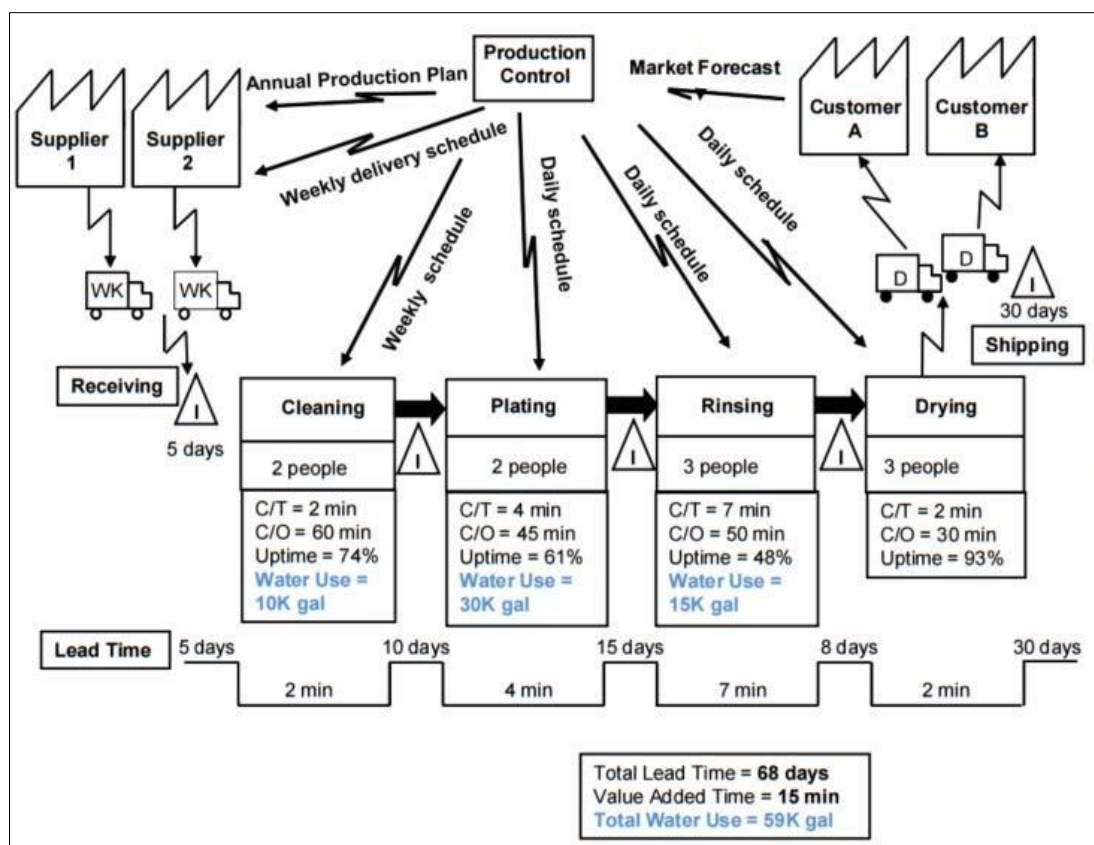
Vattenavtrycket för en produkt (eller tjänst) är den totala mängd vatten som konsumeras och förorenas över alla steg i dess produktion. Det kan exempelvis mätas i kubikmeter vatten per ton produktion. Vattenavtrycket är ett mått på hur stor påverkan produkten har på våra sötvattenresurser. Vattenavtrycket för en slutprodukt är alltså summan av vattenavtrycket för varje steg som krävs för att producera den produkten. Varje steg har ett direkt vattenavtryck och ett indirekt vattenavtryck. Det direkta vattenavtrycket för en process blir det indirekta vattenavtrycket i nästa process. På detta sätt beaktas hela mängden vatten som konsumeras eller förorenas i produktens vattenavtryck (Water Footprint Network, 2019). En produkts vattenavtryck är detsamma som dess virtuella vattenmängd.

En vattenavtrycksanalys kan användas för att identifiera områden där vatten används ineffektivt över hela produktens/tjänstens värdekedja, såväl uppströms bland leverantörer som nedströms av användare av produkten/tjänsten. Inför en sådan analys bör en sammanställning bland annat göras kring vilka råvattenresurser som används vid framställning av produkten/tjänsten och i vilka mängder, vilka avloppsströmmar som produceras och hur leverantörers och produktanvändares vattenanvändning ser ut. Genom att uppskatta hur sårbara leverantörer är för

vattenbrist och torka, kan vattenavtrycket även ge värdefull information för att identifiera affärsrisker (US EPA, 2011). För mer information, guidning och beräkningsverktyg se exempelvis <https://waterfootprint.org>.

5.4 Värdeflödesanalys

Ett sätt att visualisera möjligheter till förbättrad vatteneffektivitet är att utföra en värdeflödesanalys (Value Stream Mapping). En värdeflödesanalys är en Lean-metod där flödesscheman används för att illustrera och analysera alla steg i en produkts eller tjänsts värdeflöde. Syftet är att identifiera och synliggöra de steg med överflödigt vattenanvändning, d.v.s. där vattnet inte längre skapar värde för kunden. Genom att genomföra en värdeflödesanalys kan flaskhalsar och problemområden med ineffektiv vattenanvändning identifieras och förslag på förbättringsåtgärder genereras. Figur 16 visar ett exempel på en värdeflödesanalys med fokus på vattenanvändning. För mer information om värdeflödesanalys och andra Lean-verktyg se exempelvis <https://leanmanufacturingtools.org/551/creating-a-value-stream-map/>.



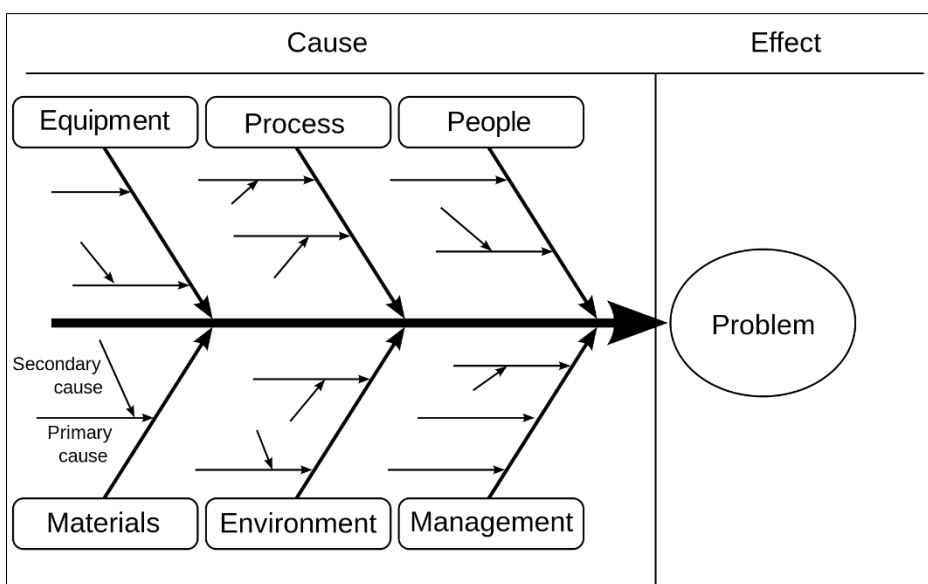
Figur 16. Exempel på en värdeflödesanalys med fokus på vattenanvändning (US EPA, 2011). Gal = gallon (3,79 l), C/T = Cycle Time, C/O = Change over time, I = Inventory.

5.5 Grundorsaksanalys

När man har identifierat områden med ineffektiv vattenanvändning, genom någon av ovanstående eller andra metoder, behöver man skapa sig en förståelse för orsakerna till ineffektiviteten. Grundorsaksanalys (root cause analysis) är en systematisk analys med

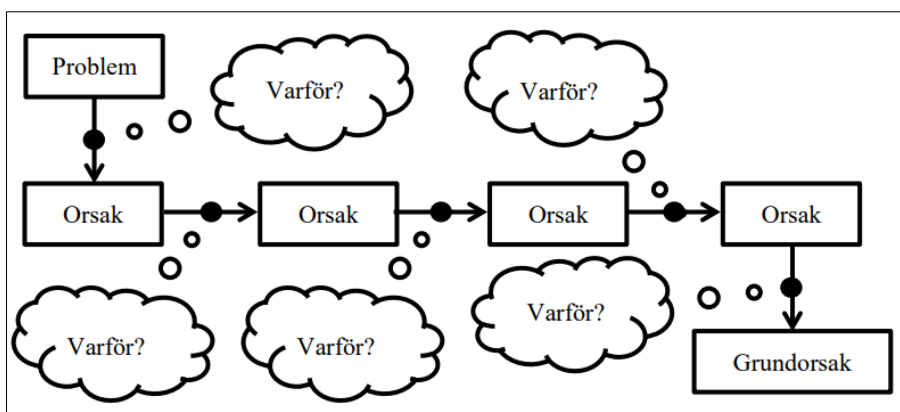
syfte att identifiera de underliggande orsakerna till olika problem, i detta fall ineffektiv vattenanvändning. En grundorsaksanalys bör utföras innan man ger idéförslag (brainstorming) till lösningar på problemet. Det säkerställer att man löser orsaken till problemet och inte enbart behandlar symtomen (US EPA, 2011). En grundorsaksanalys kan kombineras med en rad olika verktyg, såsom fiskbensdiagram och 5×Varför.

I ett fiskbensdiagram (även kallat Ishikawadiagram eller orsak-verkan-diagram) grupperas orsakerna till problemet ofta i olika kategorier, se Figur 17. Diagrammet är uppbyggt som skelettet på en fisk, där fiskens huvud representerar problemet (t.ex. en vattenläcka) och fiskens ben representerar de orsaker som har gett upphov till problemet.



Figur 17. Schematisk bild över ett fiskbensdiagram (Lange, 2008).

Verktyget 5×Varför använder en systematisk frågeteknik som syftar till att identifiera grundorsaken till problemet. Grundprincipen bygger på att frågan varför upprepas minst fem gånger, se Figur 18. Målet med övningen är att fråga varför tills man har hittat roten till problemet. Man bör dock var medveten om att det kan finnas fler än en orsak till ett problem.



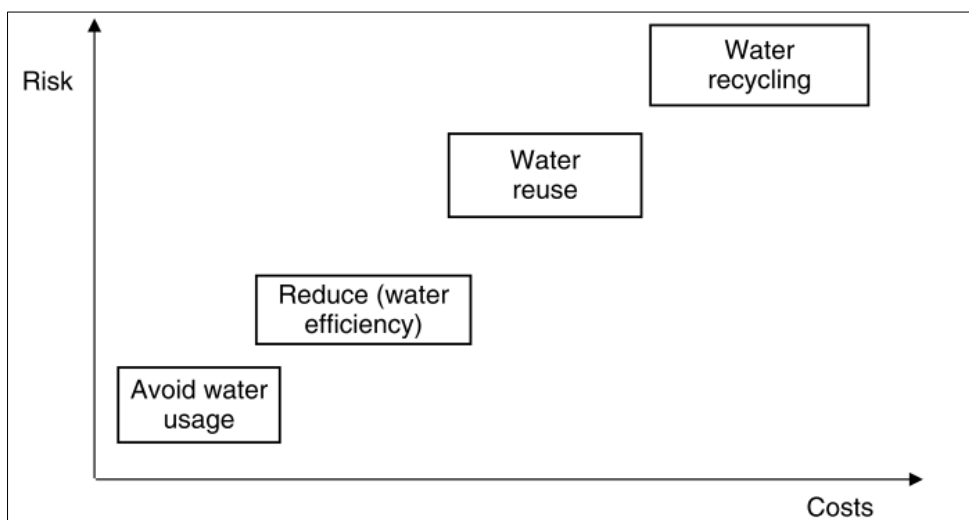
Figur 18. Schematisk bild över 5 × Varför (Lindqvist, 2013).

6 Åtgärdsidentifiering

Efter att man har kartlagt sin vattenanvändning och identifierat orsaker till eventuella brister i vattneffektiviteten är det dags att identifiera åtgärder som kan användas för att minska vattenförbrukningen. Ibland kan de enkla idéerna vara de mest kostnadseffektiva. Vattenbesparing handlar inte bara om stora tekniska lösningar utan även små förändringar kan göra en stor skillnad. Det är viktigt att all personal har möjlighet att komma med förslag på förbättringsåtgärder. Alla verksamheter ser dock olika ut och möjliga åtgärder skiljer sig därför åt och måste identifieras specifikt för den aktuella processen/verksamheten. Men man kan börja med att ställa sig följande frågor (US EPA, 2011):

- Kan vi förhindra vattenförluster (t.ex. genom att åtgärda läckor)?
- Kan vi helt undvika vattenanvändning (t.ex. genom att byta till helt vattenfria processer)?
- Kan vi minska på vattenanvändningen (t.ex. genom att byta utrustning, VVS, processer och / eller beteenden, eller genom att anpassa vattenflödet)?
- Kan vi återanvända vatten (t.ex. återanvända vatten inom en process genom att matcha vattenkvalitet med användningsområde)?
- Kan vi återvinna vatten (t.ex. genom att använda behandlat processvatten eller avloppsvatten som "råvatten")?

I Bilaga A finns en checklista med ytterligare frågor som kan ställas för att identifiera förbättringsåtgärder inom olika delar av företaget. Generellt gäller att det oftast är enklare och billigare att undvika och minska vattenanvändningen än att återanvända (reuse) och återvinna (recycle). Figur 19 illustrerar att komplexiteten och därmed såväl kostnaden som de risker åtgärden är förknippad med ökar när man går från att undvika användning av vatten till att återvinna vatten.



Figur 19. Hierarki för vattenbesparing (Senevirante, 2007).

Vid utvärdering av möjligheter till återanvändning och återvinning är det viktigt att beakta både vattenkvalitet och -kvantitet. Alla processer behöver inte högsta vattenkvalitet. I många fall kan det gå att återanvända utgående vatten från en process som ingående vatten i en annan process eller för ett helt annat användningsområde.

Eventuellt kan vattnet behöva renas innan det är acceptabelt för nästa användning. Manivasakam (2011) har tagit fram en omfattande bok om kvalitetskrav på vatten för en rad olika industriella processer. För att hitta möjligheter för återanvändning och matcha utgående vattenkvalitet med lämplig ny användning kan en enkel tabell användas där kvantitet och kvalitet av ingående respektive utgående vatten från olika funktioner/processer listas. För ytterligare information om strategier för återanvändning, se exempelvis US EPA (2012a).

7 Exempel från olika sektorer

Många studier har genom åren uppskattat vattenbesparingspotentialen hos olika sektorer i näringslivet. För EU uppskattade Dworak et al. (2007) att inom den allmänna vattenförsörjningen (hushåll, offentlig sektor och småföretag) skulle en minskning av läckage i ledningsnät tillsammans med anordningar för effektivare vattenanvändning i hushållen kunna halvera vattenförbrukningen. Flera av de vattenbesparande lösningarna för hushåll uppskattades vara lätta att introducera och genomföra och hade också korta återbetalningsperioder. Här bör dock noteras att studien utfördes 2007 och att flera åtgärder har genomförts sedan dess.

För industrisektorn uppskattades ingen besparingspotential på EU-nivå. Baserat på exempel från pappers- och massaindustrin, textilindustrin, kemikalieindustrin, livsmedelsindustrin m.m. gjordes dock en bedömning om att tillämpningen av tekniska åtgärder, såsom en högre återvinning och förändringar i processer som leder till ett minskat vattenbehov kan leda till besparingar på mellan 15 och 90%. På global nivå uppskattades besparingspotentialen vara 43%.

Tekniska vattenbesparingsåtgärder för turismsektorn liknar dem för hushållen. Sektorns potential ligger bland annat i installation av vattensnål och effektiv teknik i hotellrum, kök och tvätt. Några av de åtgärder som identifierades i rapporten visade på en vattenbesparande potential på 80–90% med återbetalningstider på 3 år eller mindre. För bevattning av golfbanor och sportområden uppskattades att effektiv bevattningsteknik eller regnvatteninsamling kunde ge ytterligare 70% besparing.

I detta kapitel ges exempel från den internationella litteraturen på utmaningar, potential samt vattenbesparande åtgärder inom olika ekonomiska sektorer. Informationen presenteras med medföljande referenser för att möjliggöra en mer detaljerad informationsinhämtning från specifika fallstudier. Kapitlet fokuserar på följande sektorer:

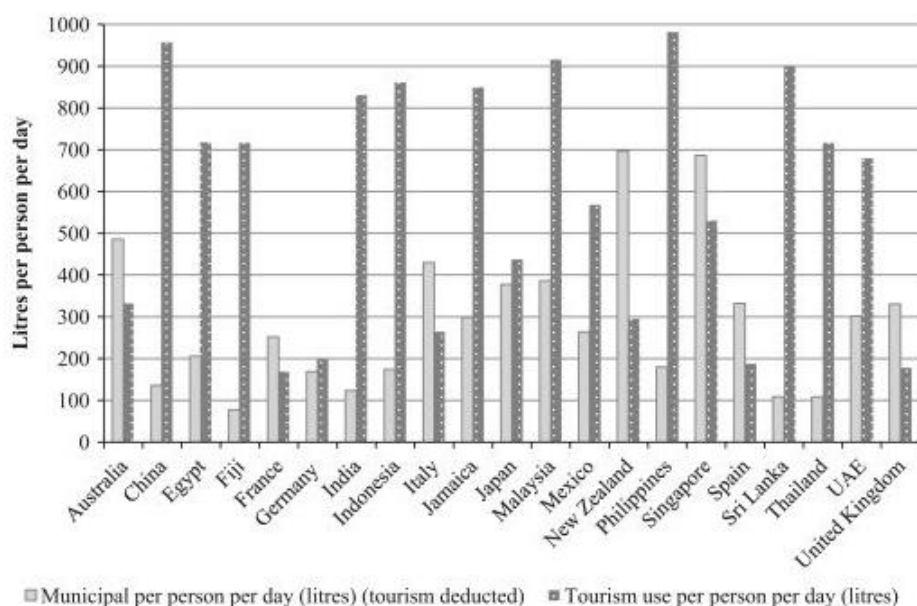
- Besöksnäring
- Textilindustrin
- Livsmedelsindustri
- Pappers- och massaindustri
- Gruvindustri

7.1 Besöksnäring

Besöksnäringen är en av världens största näringar. Globalt har turismen ökat stadigt nästan varje år. Mellan 2005 och 2017 ökade exempelvis den internationella turismen från 528 miljoner till 1,3 miljarder människor (Statista, 2018). Medelhavsområdet är ett av de mest besökta områdena i världen, och där sätter den omfattande turismen stor press på tillgängliga vattenresurser i konkurrens med lokala vattenkonsumenter. Medelhavsområdet är också det område som är mest studerat vad gäller turisternas vattenbehov och förbrukning, se t.ex. Angulo et al. (2014) och Rico-Amoros et al. (2009). Men turisternas påverkan på vattenresurser har även studerats på annat håll. På Bali rapporteras exempelvis turister förbruka 65% av de lokala vattenresurserna (Cole,

2012). Även om hotellbranschens arbete med vattenbesparing har intensifierats är vattenförbrukningen per hotellgäst fortfarande hög i många fall. I Spanien fann Ministerio de Medio Ambiente (2007) att den dagliga vattenförbrukningen per hotellgäst var tre gånger större än vattenförbrukningen per person i hushållen.

Baserat på data från AQUASTAT och EarthCheck studerade Becken (2014) turisters vattenförbrukning i relation till lokalbefolkningens vattenförbrukning i 21 länder, se Figur 20. Denna studie indikerar att en skillnad i vattenförbrukning mellan turister och lokalbefolkning främst är tydligt i låginkomstländer, och att turisternas vattenförbrukning inte står i relation till tillgängliga vattenresurser. Länder med låg vattentillgång karakteriseras ofta av att turister har hög vattenförbrukning.



Figur 20. Jämförelse mellan turisters och kommunal vattenförbrukning per person & dag (Becken, 2014).

Turisters vattenförbrukning varierar dock stort både inom och mellan länder, vilket indikerar en stor potential till besparing om rätt åtgärder sätts in på rätt ställen. Faktorer som rapporterats påverka turisters vattenförbrukning är bland annat tillgång till simbassäng, restaurang och vattenintensiva aktiviteter såsom golf och skidåkning (snökanoner), samt årstid, geologi, klimatzon, hotellstandard och avstånd till turistmål (Becken, 2014). Baserat på en rad internationella studier har Gössling et al. (2012) uppskattat turisters vattenanvändning per användningskategori, se Tabell 6.

Tabell 6. Uppskattad vattenanvändning per turist och dag (Gössling et al., 2012).

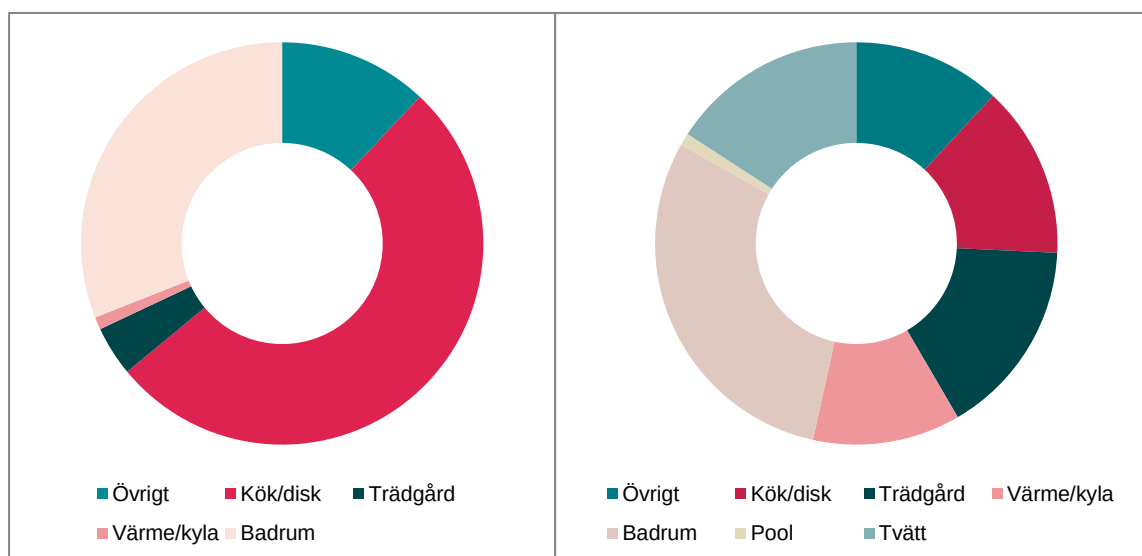
Vattenanvändningskategori	Liter/turist och dag
Boende	84 - 2 000
Aktiviteter	10 - 30
Infrastruktur	NA
Fossila bränslen	750 (per 1000 km med flyg/bil)
Biobränslen	2 500 (per produktion av 1 L)
Mat	2 000 – 5 000
Totalt	2 000 – 7 500

Gössling et al. (2012) sammanställde även ett stort antal parametrar vad gäller turisters vattenförbrukning för 54 länder, se ett urval i Tabell 7.

Tabell 7. Inhemska och internationella turisters vattenförbrukning (Gössling et al., 2012).

Country	Total natural renewable water resources (million m ³ /year)	Water use per tourist per day (note 6)	Domestic tourism share of domestic water use	International tourism share of domestic water	Total share
Mauritius	2210	400	19.64%	20.17%	39.81%
Cyprus	780	400	1.99%	17.43%	19.42%
Malta	51	400	2.35%	11.89%	14.24%
Barbados	80	400	3.06%	9.40%	12.46%
Spain	111,500	400	5.69%	6.31%	12.00%
France	203,700	400	6.12%	3.92%	10.03%
Switzerland	53,500	150	6.18%	3.18%	9.36%
Greece	74,250	400	3.58%	5.32%	8.89%
Uruguay	139,000	150	4.11%	4.46%	8.57%
Tunisia	4560	400	3.32%	5.15%	8.48%
Indonesia	2,838,000	300	7.57%	0.41%	7.98%
India	1,907,760	150	7.49%	0.07%	7.56%
Ireland	52,000	150	1.03%	6.36%	7.39%
Israel	1670	300	5.07%	1.37%	6.45%
Cape Verde	300	300	3.22%	3.16%	6.38%
Thailand	409,944	300	4.60%	1.35%	5.95%
United Kingdom	147,000	200	3.88%	2.06%	5.94%
Italy	191,300	400	4.26%	1.48%	5.75%
Denmark	6000	200	3.58%	2.11%	5.70%
Portugal	77,400	400	1.89%	2.96%	4.85%
Germany	154,000	200	3.94%	0.68%	4.62%
Finland	110,000	150	3.49%	1.05%	4.54%
Brazil	8,233,000	300	3.98%	0.17%	4.15%
South Africa	50,000	300	3.23%	0.81%	4.04%
Turkey	231,700	400	2.55%	1.43%	3.97%
Bahrain	116	200	0.15%	3.57%	3.72%
Dominican Republic	20,995	400	2.00%	1.62%	3.62%
Norway	382,000	150	2.35%	1.17%	3.52%
China	2,896,569	200	3.20%	0.29%	3.49%
Morocco	29,000	200	2.26%	0.91%	3.17%
Hungary	104,000	200	0.34%	2.66%	3.00%
Netherlands	91,000	150	1.92%	1.04%	2.96%
Saudi Arabia	2400	200	1.74%	0.96%	2.70%
Austria	77,700	150	0.83%	1.74%	2.57%
Japan	430,000	200	2.39%	0.06%	2.45%
United States	3,069,400	300	2.14%	0.20%	2.34%
United Arab Emirates	150	200	1.05%	1.26%	2.30%
Malaysia	580,000	200	0.76%	1.36%	2.13%
Sweden	174,000	150	1.68%	0.36%	2.05%
Trinidad & Tobago	3840	400	1.38%	0.63%	2.02%
Philippines	479,000	300	1.84%	0.16%	1.99%
Egypt	86,800	400	1.51%	0.43%	1.93%
Chile	922,000	200	1.47%	0.40%	1.87%
Bulgaria	21,300	150	0.34%	1.46%	1.80%
Mexico	457,222	300	1.20%	0.49%	1.69%
Australia	492,000	300	0.95%	0.41%	1.37%
Republic of Korea	69,700	200	1.02%	0.16%	1.17%
Poland	61,600	150	0.43%	0.68%	1.11%
Cuba	38,120	300	0.62%	0.28%	0.90%
Argentina	814,000	150	0.73%	0.13%	0.86%
Russian Federation	4,507,250	150	0.50%	0.18%	0.68%
Czech Republic	13,150	200	0.17%	0.40%	0.57%
Canada	2,902,000	150	0.16%	0.18%	0.34%
Ukraine	139,550	150	0.21%	0.07%	0.28%
Romania	211,930	150	0.12%	0.03%	0.14%
Totals	34,076,497	286	2.82%	0.58%	3.40%

I USA har US EPA (2012b) sammanställt information om hur vattenanvändningen varierar mellan användningskategorier i hotell- och restaurangbranschen. Där är den största användningen av vatten på hotell förknippad med badrum, bevätning och tvätt medan den största användningen av vatten i restauranger är förknippad med utrustning och processer som äger rum i köket, se Figur 21.



Figur 21. Vattenanvändning i amerikanska restauranger (vänster) och hotell (höger) (US EPA, 2012b).

Det finns många åtgärder som kan sänka vattenförbrukningen i hotell- och restaurangbranschen. Exempel på åtgärder är installation av snåla duschar, kranar, tvätt- och diskmaskiner. Då en stor del av det använda vattnet är varmvatten, kan en uppgradering till mer effektiv och vattensnål teknik även leda till stora energibesparingar. Det kan dock i det enskilda fallet vara svårt, framförallt för restauranger, att följa upp hur stor vattenbesparing en uppgradering leder till eftersom information om den exakta vattenförbrukningen ofta inte är tillgänglig. US EPA har lanserat WaterSense H2Otel Challenge för att hjälpa hotell att uppskatta sin egen vattenanvändning och besparingspotential samt följa upp vattenbesparande åtgärder, se vidare information på US EPA (2019). För att identifiera besparingspotential kan med fördel även olika benchmarking-verktyg användas. Inom hotellbranschen är Cornell Hotel Sustainability Benchmarking (CHSB) det största årliga benchmarking-verktyget för energi- och vattenanvändning samt koldioxidutsläpp (Ricaurte, 2018). 2018 års studie inkluderade över 10 000 hotell från 51 länder, även om 75% av hotellen var amerikanska. Statistik kring vattenanvändning rapporteras bland annat per gästnatt och golvyta för olika geografiska områden.

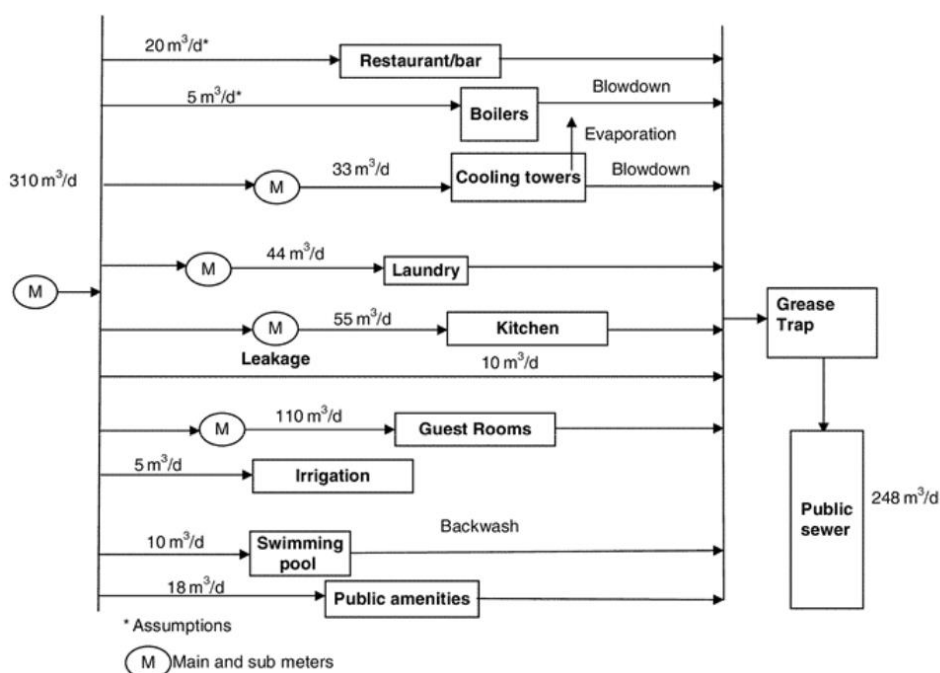
För svensk jämförelse skulle även Nordisk Miljömärknings gränsvärden för vattenförbrukning inom hotell- och restaurangbranschen kunna användas (Nordisk Miljömärkning, 2017). Inom deras poängsystem gäller gränsvärdena 200 liter/hotellgäst, 45 liter/restauranggäst, 45 liter/cateringportion, 25 liter/konferensgäst och 75 liter/externa poolgäster. Om hotellverksamheten har pool används 275 liter/hotellgäst. Gränsvärdena 200 respektive 275 liter per hotellgäst motsvarar den genomsnittliga förbrukningen för licensierade hotell med enbart frukostservering respektive hotell med restaurang och pool. Den genomsnittliga förbrukningen för licensierade hotell utan pool men med restaurang är 228 liter/gäst. Gränsvärdet 45

liter per restauranggäst och cateringportion baseras på förbrukningsvärden från Norge (Stave, 2006). Även gränsvärdet för konferensgäster baseras på den norska studien men här med utgångspunkt från information om vattenförbrukning hos skolever, vilket i Stave (2006) anges till 20 liter/dag.

Nordisk Miljömärkning (2017) har även krav för specifik utrustning. För diskmaskiner gäller förbrukningskrav för huvmaskiner på 3 liter/cykel och för tunnelmaskiner samt underbänkmaskiner på 2 liter/cykel. För vattenblandare för tvättställ gäller krav på ett maximalt flöde på 5 respektive 8 liter/minut och för snålspolande duschar på 9 respektive 11 liter/minut. För toaletter gäller krav på två spolknappar. Vidare anges att vattenförbrukningen hos vattensparande blandare generellt varierar mellan 2,5–7 liter/minut baserat på information från producenters hemsidor och produktkataloger, och att äldre duschar kan förbruka 24 liter/minut medan snålspolande duschar generellt varierar mellan 6–10 liter/minut. Vattenförbrukningen hos toaletter med två spolknappar anges variera från 2–6 liter per spolning för de två spolmöjligheterna. Toaletter med enbart ett spolval förbrukar generellt mer per spolning än den lägsta förbrukningen hos toaletter med två spolval.

I Figur 22 redovisas en kartläggning av vattenflöden i ett hotell i Australien med 300 hotellrum, och i Tabell 8 redovisas ett exempel hur olika vattenbesparande åtgärder på hotellet har utvärderats och vägts mot varandra (Senevirante, 2007). I exemplet har en ränta på 10% använts och kostnaderna anges i australiensiska dollar (A\$) i 2007 års penningvärde.

Utvärdering av vattenbesparande teknik kan vara både tidskrävande och kostsamt och det är ofta svårt att ta hänsyn till alla faktorer som påverkar vattenanvändningen. Den möjliga vattenbesparingen av en specifik teknik kan dessutom skilja sig stort både inom och mellan länder. Manouseli et al. (2017) har sammanställt ett antal internationella studier som presenterat resultat från utvärdering av enskilda vattenbesparande åtgärder, se Tabell 9. Här anges besparingen dock i liter per hushåll och dag.



Figur 22. Vattenflöden i ett 300-rums hotell (Senevirante, 2007).

Tabell 8. Exempel på prioritering av vattenbesparande åtgärder på hotell (Senevirante, 2007).

Vattenbesparande åtgärd	Antal	Vattenbesparing (m3/dag)	Kostnadsbesparing (A\$/år)	Kostnad (A\$)	Återbetalning	Kan åtgärden utföras direkt?	Tidsåtgång	Risk	Prioritet*
Läckage	5	20	17 500	3 000	2 mån	Ja	5 dagar	Ingen	1
Byte till snåla duschar	300	32,4	18 921	36 000	1,9 år	Ja	14-30 dagar	Ingen	1
Byte till snåla blandare	400	36	23 652	8 000	4	Ja	30 dagar	Ingen	
Kyltorn: byte av flottörventil	1	10	8 760	200	0,3 mån	Ja	14 dagar	Ingen	1
Diskmaskin: byte förspolningsventiler	3	11,6	13 033	1 200	1 mån	Ja	1 dag	Ingen	1
Kök: byte till vattenfri wok spis	2	10	8 760	10 000	1,1 år	Ja	7 dagar	Ingen	1
Återanvändning av tvättvatten i tvätt	1	30	26 280	65 000	2,5 år	Nej	Nedstängning	Mellan, mer utredning krävs.	2
Toaletter: byte till två spolval	300	11	3 000	120 000	40	Nej	12 mån	Ingen	3, inte kostn-effektivt
Utbildning av anställda				3 000		Nej	3 mån	Ingen	2
Installera loggar för vattenmätning	5			6 000		Ja	1 mån	Ingen	2
Totalt		161	119 906	252 400					

* 1 = Högsta prioritet, 2 = mellan, 3= inte prioriterat

Tabell 9. Studier som utvärderat enskilda vattenbesparande åtgärder (Manouseli et al., 2017).

Land	Studie	Vattenbesparande teknik	Vattenbesparing (L/hushåll & dag)
Australien	(Turner et al., 2007)	Regnvattentankar	56 ± 48
		Effektiva tvättmaskiner	48 ± 27
	(Fyfe et al., 2010)	Effektiva duschmunstycken	23–34
	(Willis, 2010)	Visuell duschmonitor	19
	(Beal & Stewart, 2011)	Effektiva tvättmaskiner	36
		Effektiva duschmunstycken	43
	(Fyfe et al., 2011)	Regnvattentankar	46 ± 16
	(Tillman, 2012)	Snålspolande toaletter	65,5 ± 7,4
	(Turner et al., 2012)	Snålspolande toaletter	54,8
		Effektiva duschmunstycken	34 ± 9,3
	(Willis et al., 2013)	Effektiva duschmunstycken	11,3 (kL/person & dag)
		Effektiva tvättmaskiner	14 (kL/person & dag)
		Regnvattentankar	3,4 (kL/person & dag)
USA	(Mayer & De Oreo, 1999)	Snålspolande toaletter	40 (L/person & dag)
		Effektiva duschmunstycken	47
	(Tsai et al., 2011)	Snålspolande toaletter	52
		Effektiva tvättmaskiner	71
	(Lee et al., 2011)	Effektiva duschmunstycken	106 (10,9%)
		Snålspolande toaletter	131 (13,3%)
Storbritannien	(Waterwise, 2008)	Snålspolande toaletter	24,4
		Snålspolande toaletter	11
		Effektiva duschmunstycken	39,5
	(Clarke et al., 2009)	Effektiva duschmunstycken	118
		Snålspolande toaletter	66
		Effektiva tvättmaskiner	8,2
	(Waterwise, 2010)	Snålspolande toaletter	35,8 (6,2%)
	(Ashton et al., 2015)	Snålspolande toaletter	22–36,6
		Individuell vattenmätare	2,5–8,0

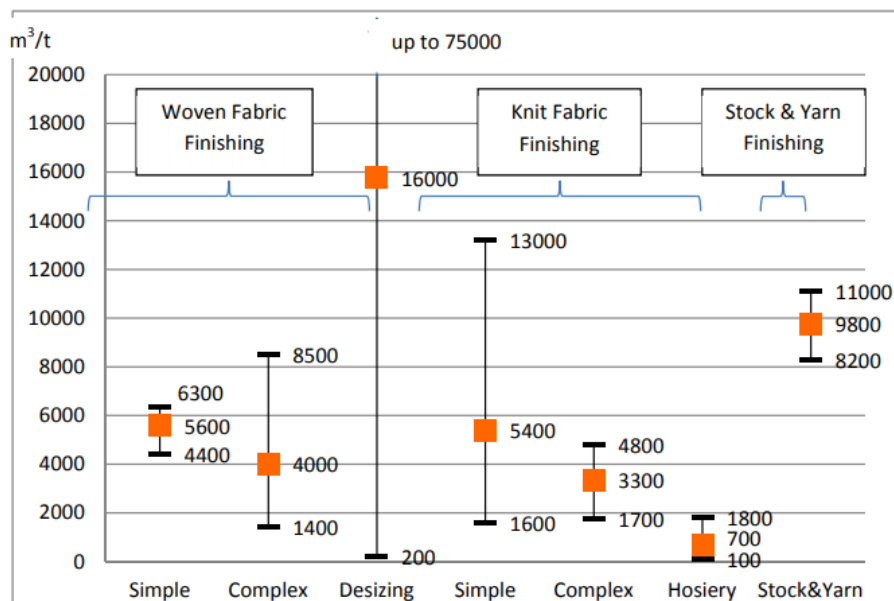
I Tabell 10 ges ytterligare exempel på vattenbesparande åtgärder utförda inom hotell- och restaurangbranschen.

Tabell 10. Exempel på vattenbesparande åtgärder utförda inom hotell- och restaurangbranschen.

Plats	Metod	Besparing	Referens
Texas, USA Potentiell beläggning: 397 gästrum	Vatteneffektiva sanitära installationer	Vattenbesparing: 26 ML/år Energibesparing: 330,000 kWh/år Kostnadsbesparing: \$68 000	(US EPA, 2012b)
Uncommon Ground (certifierad restaurang) 2000 kunder/månad	Vatteneffektiva kranmunstycken Högeffektiva försköljningsventiler Serverar vatten till kunderna endast på begäran Energieffektiva ismaskiner, diskmaskiner	30–75 % 20–40 % – 10 %	(US EPA, 2012b)
Grey Plume (certifierad restaurang)	1.Vatteneffektiva kranmunstycken i handfat och diskhoar 2.Högeffektiva försköljningsventiler 3.Energieffektiva ismaskiner, diskmaskiner 4.Komposterar avfall istället för att använda vatten.	1. 30–75 % 2. 20–40 % 3. 10 % 4. noll vattenkonsumtion	(US EPA, 2012b)
Founding Farmers 20000 till 30000 kunder/månad	Högeffektiva försköljningsventiler Energy star (USEPA)-märkt diskmaskin Energy star (USEPA)-märkt ångkokare	10 % 25 % 90 %	(US EPA, 2012b)
Proximity hotel, USA	Högeffektiva installationer (vattentoalett, toalett med delad spolknapp, vattenfria urinoarer, lågflödesduschar) Landskap –droppbevattningssystem Inte dricksvatten för trädgård Kylskåp med geotermiskt kylsystem istället för vattenbaserat	33,5 % av total konsumtion	(Ahn & Pearce, 2013)
Bardessono hotel, USA	Högeffektiva droppbevattningssystem	34 % av total konsumtion	(Ahn & Pearce, 2013)
Hotel Dead Sea, Jordanien	Gråvattenåteranvändning där vattnet återanvänds för spolning av toaletter	17 % av total konsumtion	(Mirata & Emtairah, 2014)
Parc 55 Union Square Hotel, USA (1015 rum)	Utbyte av toaletter samt installation av tvättmaskiner med återanvänder sköljvatten	26 % minskad konsumtion Kostnadsbesparing: \$100 000/år	(CDWR, 2013)

7.2 Textilindustrin

Det går åt stora mängder vatten för att ta fram textilier, vilket är ett problem eftersom den mesta textiltillverkningen utförs i länder med brist på vatten. Mellan 7 000 och 29 000 liter vatten går det åt för att producera 1 kilo ny textil (Naturvårdsverket, 2018). Bomull står för ca 40–50% av textiltillverkningsvärlden. I Figur 23 sammanställs Water Footprint Networks vattenavtrycksberäkningar av bomullstillverkning för företaget C&A.



Figur 23. Olika textilprocessers totala vattenavtryck (min, median och max) vid bomullsframställning (Franke & Mathews, 2013).

Vattenanvändningen varierar dock stort mellan olika textilindustrier, bland annat baserat på vilken utrustning och vilka processer som används, vilket material som ska framställas och vilken slags färgning som används. I Tabell 11 till Tabell 13 har Shaikh (2009) sammanställt vattenanvändning för framställning av bomulls- och syntettextiler per användningsområde samt inom bearbetning respektive efterbehandling.

Tabell 11. Vattenanvändning för framställning av bomulls- och syntettextiler (Shaikh, 2009).

Ändamål	Bomull (%)	Syntet (%)
Ånga	5,3	8,2
Kylvatten	6,4	-
Avmineralisering eller RO	7,8	30,6
Processvatten	72,3	28,3
Sanitär användning	7,6	4,9
Diverse	0,6	28,0

Tabell 12. Total vattenanvändning inom våt textiltillbearbetning (Shaikh, 2009).

Process	Vattenanvändning (%)
Blekning	38
Färgning	16
Tryckning	8
Kokning	14
Annan användning	24

Tabell 13. Vattenanvändning vid våt efterbehandling i liter/1000 kg produkt (Shaikh, 2009).

Process	Bomull	Rayon	Acetat	Nylon	Akryl	Polyester
Klistring	500–8 200					
Avklistring	2 500–21 000					
Tvätt	20 000–45 000	17 000–34 000	25 000–84 000	50 000–67 000	50 000–67 000	2 5000–42 000
Saltbad		4 000–12 000				
Blekning	2 500–25 000		33 000–50 000			
Mercerisering	17 000–32 000					
Färgning	10 000–300 000	17 000–34 000	34 000–50 000	17 000–34 000	17 000–34 000	17 000–34 000
Tryck	8 000–16 000					
Annan efterbehandling		4 000–12 000	24 000–40 000	32 000–48 000	40 000–56 000	8 000–12 000

I Tabell 14 listar Franke & Mathews (2013) strategier för hur företagets gröna, blå respektive grå vattenavtryck ska kunna minskas. Det blå vattenavtrycket avspeglar användningen av sötvatten i form av yt- eller grundvatten. Det inkluderar det vatten som förångas/avdunstas under en process, samt det vatten som integreras i en produkt eller som inte återgår till samma avrinningsområde. Det gröna vattenavtrycket är volymen regnvatten som konsumeras under produktionsprocessen. Här ingår både den totala evapotranspirationen (summan av evaporation (direkt avdunstning) och transpiration (växternas avdunstning)) vid odlingen och det vatten som ingår i den skördade grödan. Det grå vattenavtrycket avspeglar den mängd vatten som behövs för att ta hand om föroreningar som uppstår under processen.

Tabell 14. Strategier för att reducera bomullsindustrins vattenavtryck (Franke & Mathews, 2013).

	Jordbruk	Industri
Grönt vattenavtryck	Minska det gröna vattenavtrycket (m^3/ton) genom att öka produktiviteten av grönt vatten (ton/m^3) i både bevattnad och icke-bevattnad odling. Öka den totala produktionen från icke-bevattnad odling.	Ej relevant.
Blått vattenavtryck	Minska det blå vattenavtrycket genom att öka produktiviteten av blått vatten i bevattnad odling. Minska kvoten blått/grönt vattenavtryck.	Inga förluster genom avdunstning. Full återvinning. Det enda vattenavtryck som inte kan undvikas är det som relaterar till vatten som ingår i produkten.
Grått vattenavtryck	Minskad användning av konstgjorda gödselmedel och bekämpningsmedel; effektivare applikation. Grått vattenavtryck kan minskas genom ekologiskt jordbruk.	Ingen förorening; full återvinning samt rening av returflöden.

Franke & Mathews (2013) konstaterar att det kan vara svårt att uppnå dessa förbättringar eftersom strategierna kräver åtgärder som ligger utanför företagets direkta kontroll. De listar dock ett antal åtgärder som kan vidtas för att förbättra hållbarheten i leveranskedjan:

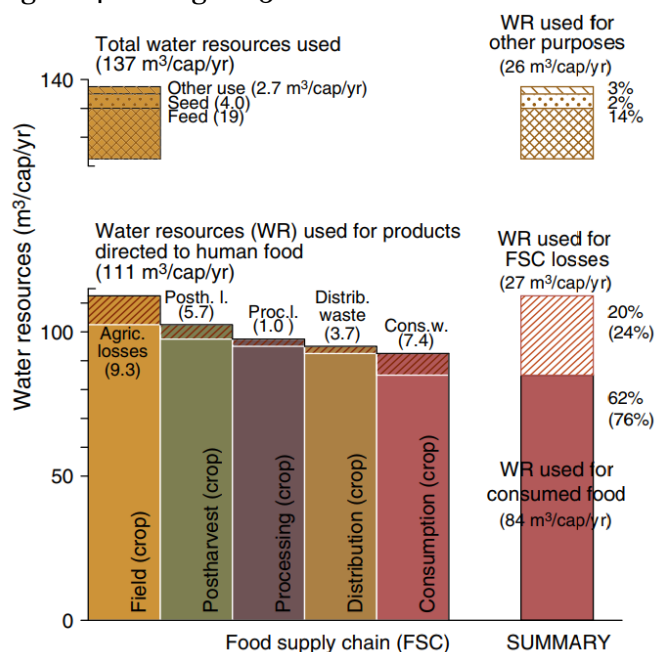
- Komma överens om reduktionsmål med leverantörer;
- Ändra affärsmodellen för att uppnå mer kontroll över leveranskedjan;
- Investera i metoder för förbättrad bomullsodling och förädlingsmetoder.
- Eventuellt sluta köpa bomull från områden där det är svårt att få till förbättringar; och
- Investera i förbättrad vattenförvaltning och hållbar vattenanvändning i de områden där företagets återstående vattenavtryck finns.

7.3 Livsmedelsindustri

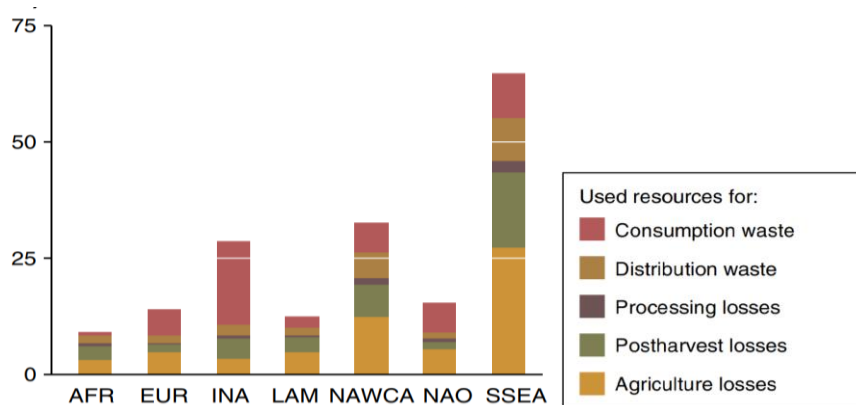
Vatten spelar en mycket viktig roll i hela livsmedelskedjan. Det används i ett brett spektrum av aktiviteter, såsom i primärproduktionen, för transport, rengöring, bearbetning, förpackning, skalning, ånggenerering, frysning, för hygieniska syften och som en ingrediens.

7.3.1 Matavfall

Årligen produceras ca 4 miljarder ton mat i världen. Men på grund av svinn i alla led förloras ca en fjärdedel av denna mat (mätt i kalorier). Som följd av det används stora mängder vatten för att producera matavfall. Globalt används 27 m³ vatten/capita eller 173 miljarder kubikmeter vatten per år för att producera matavfall. Det är 24% av allt vatten som används för att producera livsmedel (Kummu et al., 2012; WRI, 2013), se Figur 24 och Figur 25.

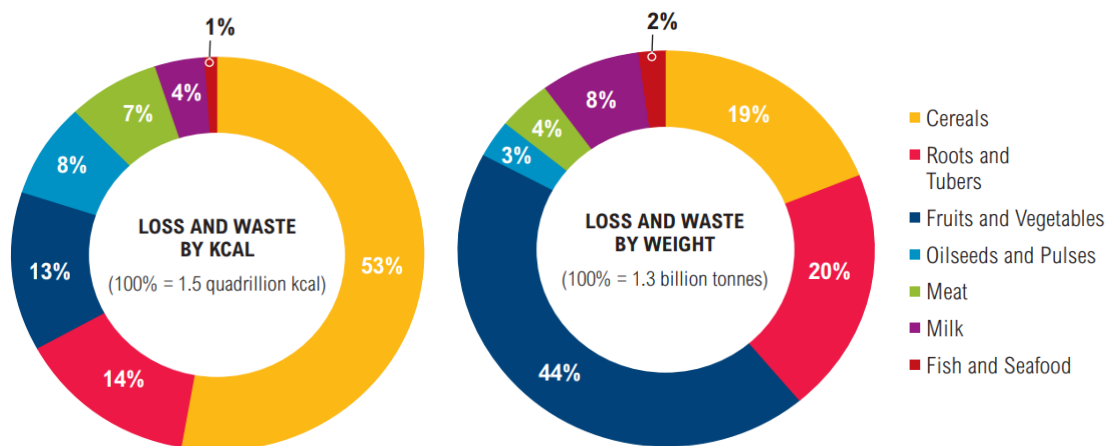


Figur 24. Vattenanvändning inom livsmedelsproduktion (Kummu et al., 2012).



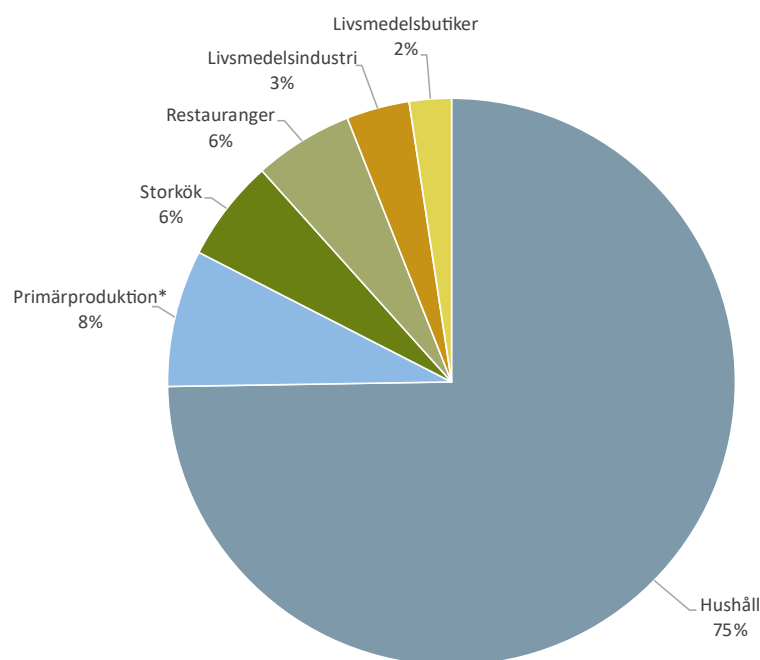
Figur 25. Vattenanvändning för matavfall i km³/år för olika världsdelar (Kummu et al., 2012).

När det gäller vilka livsmedel som står för det största matavfallet beror svaret på om man mäter förlusterna i kalorier eller i vikt. Spannmål står för de största globala förlusterna om man mäter i kalorier, medan frukt och grönsaker står för den största förlusten på viktbasis. Skillnaden beror främst på olika vatteninnehåll; mycket av den förlorade vikten i frukt och grönsaker är vatten, Figur 26 (WRI, 2013).



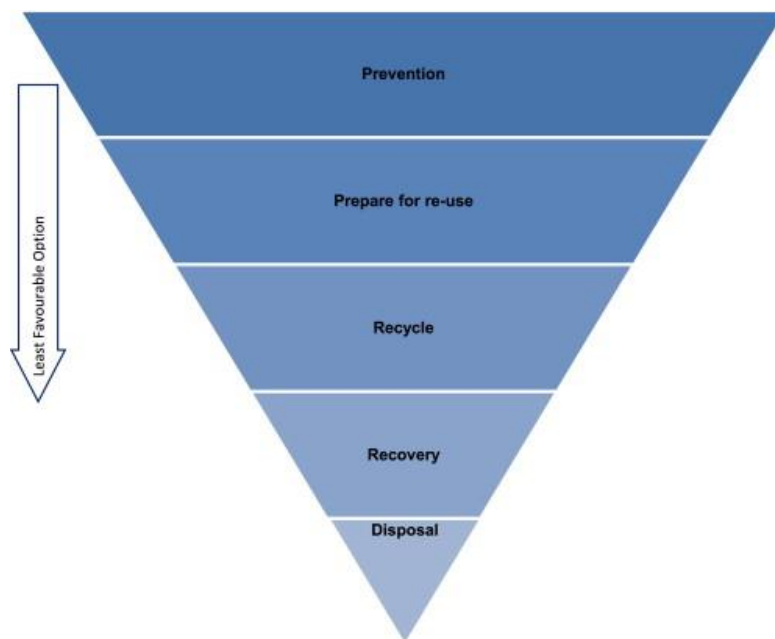
Figur 26. Globala matförluster fördelat på olika livsmedel (WRI, 2013).

Men som diskuterats tidigare tyder stora förluster, eller stor ineffektivitet, på stora besparingsmöjligheter. Betydande mängder vatten kan sparas i olika stadier i livsmedelskedjan bara genom att minska svinnet. Här spelar konsumenterna en avgörande roll. WRAP (2011) konstaterade att vattenavtrycket för de brittiska hushållens matavfall var så mycket som 243 liter per person per dag, ungefär en och en halv gånger den genomsnittliga vattenanvändningen i brittiska hushåll på 150 liter per person per dag. År 2016 slängdes 1,3 miljoner ton matavfall i Sverige, varav hushållen stod för 75 %, primärproduktionen 8%, storkök 6%, restauranger 6%, livsmedelsindustri 3% och livsmedelsbutiker 2%, se Figur 27.



Figur 27. Matavfall i Sverige år 2016 (Naturvårdsverket, 2019a).

Det globala målet för att minska matavfall innebär att mängden matavfall per person i butik- och konsumentled ska halveras från 2015 till 2030 (Naturvårdsverket, 2019a). För att underlätta identifiering och prioritering av åtgärder tog Papargyropoulou et al. (2014) fram en matavfallshierarki, se Figur 28. De mest attraktiva åtgärdsalternativen enligt hierarkin är de åtgärder som arbetar förebyggande, dvs de åtgärder som minskar eller helt förhindrar att matavfall uppstår. De näst mest attraktiva alternativen är de där matöverskott fördelas till behövande grupper i samhället, följt av alternativ som konverterar matavfall till djurfoder.



Figur 28. Matavfallshierarki för prioritering av åtgärder (Papargyropoulou et al., 2014).

Inom det svenska miljömålsarbetet lyfts bland annat två viktiga åtgärder för att öka återvinningen av matavfall. Dels behöver den separata insamlingen av matavfall öka och dels behöver rejektmängderna vid rötningsanläggningar minska (Naturvårdsverket, 2019b). För livsmedelsbutiker utvärderade Eriksson & Strid (2013) sex svinreducerande åtgärder baserade på en exempelbutik. Exempelbutiken baserades på ett genomsnitt av sex Willys-butiker under 2010–2012. Det totala svinnet uppgick till 86 ton per butik. Åtgärder som studerades (samt mängden matsvinn de kunde förebygga) var:

- att införa ett tak för reklamationer av frukt&grönt (35 ton)
- att skänka mat till välgörenhet (30 ton)
- att öka aktiviteten i datoriserade beställningssystem (6 ton)
- att frysa ner och sälja kött på en andrahandsmarknad (1,5 ton)
- att införa ett stopp för kampanjer inom frukt&grönt (0,6 ton)
- att sälja köttfärs fryst istället för kyld (0,3 ton)

Åtgärder som baserades på reklamationstak och välgörenhet var de åtgärder som hade störst förmåga att reducera svinnet baserat på varornas vikt. De mest kostnadseffektiva åtgärder per viktenhet var att sälja produkter av köttfärs frysta istället för kylda samt att frysa in och sälja svin av styckat nöt- och griskött på en andrahandsmarknad. Flera av åtgärder beräknades generera en vinst för butiken om de infördes.

7.3.2 Effektiv vattenanvändning

Jordbruket står för nästan 70% av det globala, och 24% av det europeiska, uttaget av sötvatten (EEA, 2009; Searchinger et al., 2019). Men uppemot en tredjedel av jordbruksmarken i EU har för närvarande problem med vattenförsörjningen på grund av vattenbrist. Dworak et al. (2007) uppskattade att den totala besparingspotentialen på EU-nivå för effektiviserad bevattning uppgick till 43%. Här inkluderades förbättringar av bevattningsanordningarnas överföringssystem som uppskattades ha en besparingspotential på mellan 10 och 25%. Vattenbesparingar som härrör från effektivare applicering uppskattades variera mellan 15% och 60%, från förändringar i bevattningspraxis (30%), användning av mer tork-resistenta grödor (upp till 50%) samt återanvändning av renat avloppsvatten (cirka 10%). Ett EU-förslag till ny förordning (Förordning om återanvändning av vatten) är avsett att underlätta för återanvändning av avloppsvatten för jordbruksbevattning genom att fastställa EU-gemensamma minimikrav på kvalitet, kontroller och riskhantering.

Besparingspotentialen inom livsmedelsproduktionen är signifikant lägre än inom primärproduktionen, men är ändå viktig. Enligt Kirby et al. (2003) kan vanligtvis vattenförbrukningen inom produktionen minskas med upp till 30% genom enkla kulturella och operativa förändringar med små kapitalinvesteringar. Exempelvis nämner de åtgärder som bidrar till ökad övervakning, ökad medvetenhet hos anställda samt kranar som automatiskt stängs av när de inte används. I Tabell 15 visas vattenavtrycket för ett antal livsmedelstyper (Hoekstra, 2008).

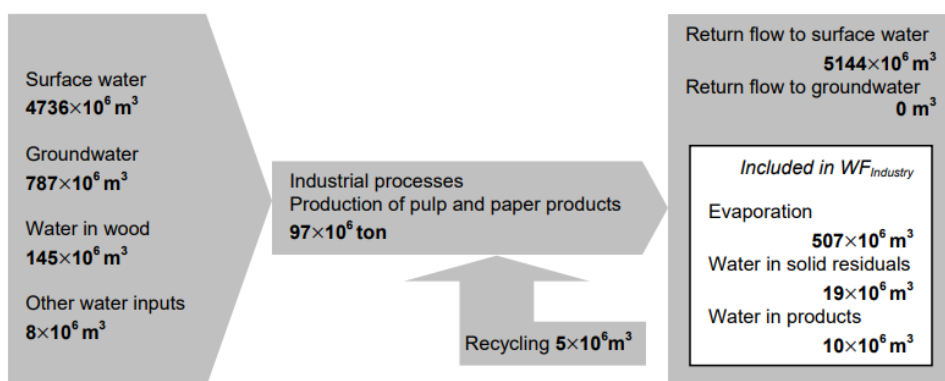
Tabell 15. Vattenavtryck för olika livsmedel (Hoekstra, 2008).

Livsmedel	Enhet	Vattenavtryck (liter)
Äpple eller päron	1 kg	700
Banan	1 kg	860
Nötkött	1 kg	15 500
Öl (från korn)	250 ml	75
Bröd (från vete)	1 kg	1 300
Kål	1 kg	200
Kyckling	1 kg	3 900
Choklad	1 kg	24 000
Kaffe	125 ml	140
Gurka eller pumpa	1 kg	240
Dadlar	1 kg	3 000
Jordnötter (i skal)	1 kg	3 100
Sallad	1 kg	130
Majs	1 kg	900
Mango	1 kg	1 600
Mjölk	250 ml	250
Oliver	1 kg	4 400
Apelsiner	1 kg	460
Persikor eller nektariner	1 kg	1 200
Griskött	1 kg	4 800
Potatis	1 kg	250
Ris	1 kg	3 400
Socker (från sockerrör)	1 kg	1 500
Te	250 ml	30
Tomater	1 kg	180
Vin	125 ml	180

Besparingar är även möjliga genom återanvändning, återvinning, och förbättringar i produktionslinjer. Men kapitalinvesteringarna för sådana åtgärder är högre, och här måste större hänsyn tas till den höga kvaliteten på vatten som ofta krävs för produkters kvalitet och säkerhet. Därför återanvänds vatten inom livsmedelsproduktionen endast i begränsad utsträckning (AQUAFIT4USE, 2012).

7.4 Pappers- och massaindustrin

Stora mängder sötvatten går åt i hela produktkedjan inom pappers- och massaindustrin, se vattenflödena i USA (det största massa-producerande landet) i Figur 29.



Figur 29. Vattenflöden i den amerikanska pappers- och massaindustrin (Van Oel & Hoekstra, 2010).

Utgår man från metoder för att beräkna vattenavtryck (där vattenförbrukningen definieras som den volym vatten som går åt vid framställning och som sedan antingen avgår genom avdunstning eller införlivas i produkten) går den största andelen vatten inom pappers- och massaindustrin åt i skogsbruket genom skogens evapotranspiration (Van Oel & Hoekstra, 2010). Se uppskattade volymer för de största massa-producerande länderna i Tabell 16.

Eftersom skogsbruket står för en övervägande del av pappers- och massaindustrins vattenavtryck, är återvinning av papper en viktig åtgärd för att minska industrins vattenanvändning. I genomsnitt uppskattas att 41% av all producerad massa komma från återvunnet papper, se sammanställning i Tabell 17.

Tabell 16. Bidrag till årlig massaproduktion och uppskattningar av genomsnittlig årlig evapotranspiration i de viktigaste massa-producerande länderna (Van Oel & Hoekstra, 2010) .

Land	Bidrag till global massaproduktion	Andel kemisk massa	Genomsnittlig årlig evapotranspiration per skogstyp (mm / år)			
			Boreal	Tempererad	Subtropisk	Tropisk
USA	29,5%	85%	278	516	635	1730
Kanada	13,5%	52%	358	360	-	-
Kina	9,2%	11%	370	416	608	547
Finland	6,5%	60%	355	293	-	-
Sverige	6,3%	69%	345	318	-	-
Japan	5,9%	87%	-	637	725	-
Brasilien	4,8%	93%	-	-	965	1 048
Ryssland	3,3%	74%	310	362	-	-
Indonesien	2,4%	93%	-	-	-	1 071
Indien	1,7%	37%	-	-	455	551
Chile	1,6%	86%	-	567	578	-
Frankrike	1,3%	67%	-	401	386	-
Tyskland	1,3%	44%	-	363	-	-
Norge	1,2%	26%	328	303	-	-
Portugal	1,0%	100%	-	512	502	-
Spanien	1,0%	93%	-	547	527	-
Sydafrika	1,0%	72%	-	-	819	762
Österrike	0,9%	76%	-	344	-	-
Nya Zeeland	0,8%	45%	-	491	630	-
Australien	0,6%	50%	-	768	775	818
Polen	0,6%	76%	-	377	-	-
Thailand	0,5%	86%	-	-	-	636
Totalt	94,8%					

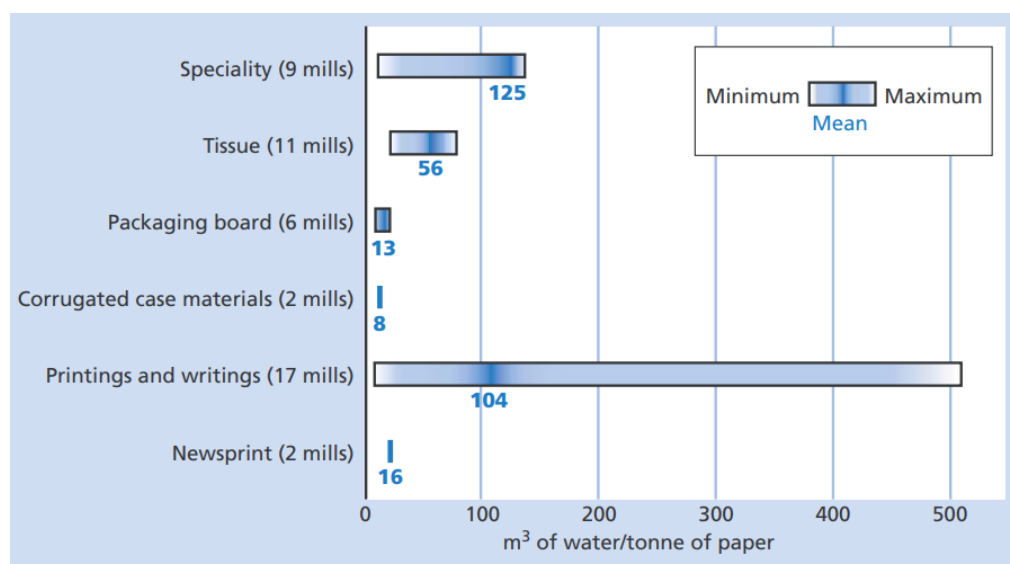
Tabell 17. Användningen av återvunnet papper i massa-producerande länder (Van Oel & Hoekstra, 2010)

Land	Graden användning av återvunnet papper	Andel massa från återvunnet papper
USA	0,37	0,31
Kanada	0,24	0,20
Kina	0,42	0,36
Finland	0,05	0,04
Sverige	0,17	0,14
Japan	0,61	0,52
Brasilien	0,40	0,34
Ryssland	NA	NA
Indonesien	NA	NA
Indien	NA	NA
Chile	0,42	0,36
Frankrike	0,60	0,51
Tyskland	0,67	0,57
Norge	0,22	0,19
Portugal	0,21	0,18
Spanien	0,85	0,72
Sydafrika	NA	NA
Österrike	0,46	0,39
Nya Zeeland	0,25	0,21
Australien	0,64	0,54
Polen	0,36	0,31
Thailand	0,59	0,50
Medel	0,42	0,36

NA = Ingen data tillgänglig.

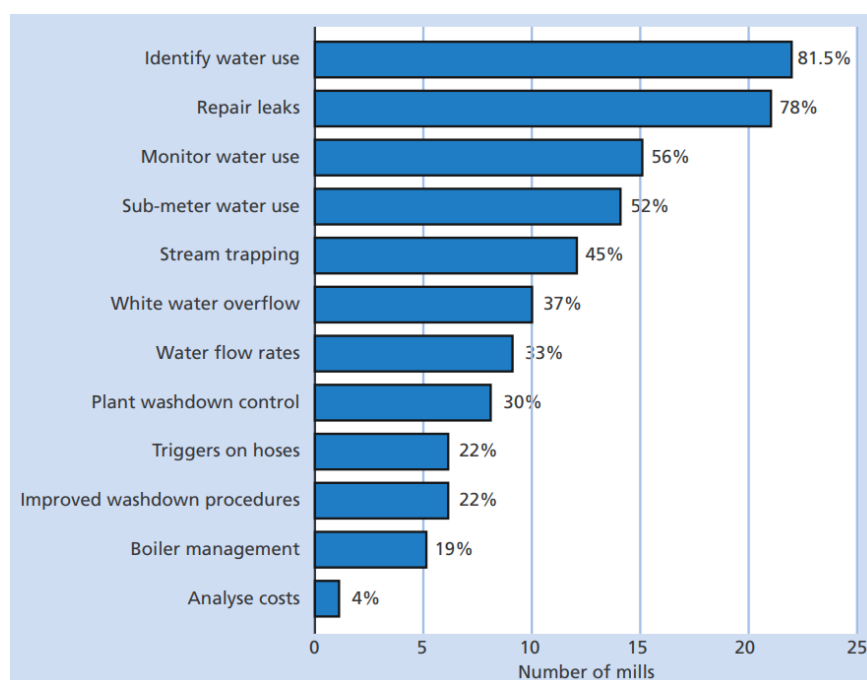
Van Oel & Hoekstra (2010) uppskattar vattenavtrycket för papper till mellan 300 och 2 600 m³/ton (2–13 liter per A4-papper). Det hade motsvarat mellan 750 och 3 900 m³/ton (4–19 liter per A4) om det inte hade funnits någon återvinning av papper.

Utgår man däremot enbart från den mängd vatten som går åt vid produktionen i massa- och pappersbruken (dvs inte räknar med vattenåtgången vid skogsbruket) ser siffrorna något annorlunda ut. Envirowise (2002) har sammanställt mängden vatten som går åt för framställning av olika pappersprodukter vid brittiska bruk i Figur 30.



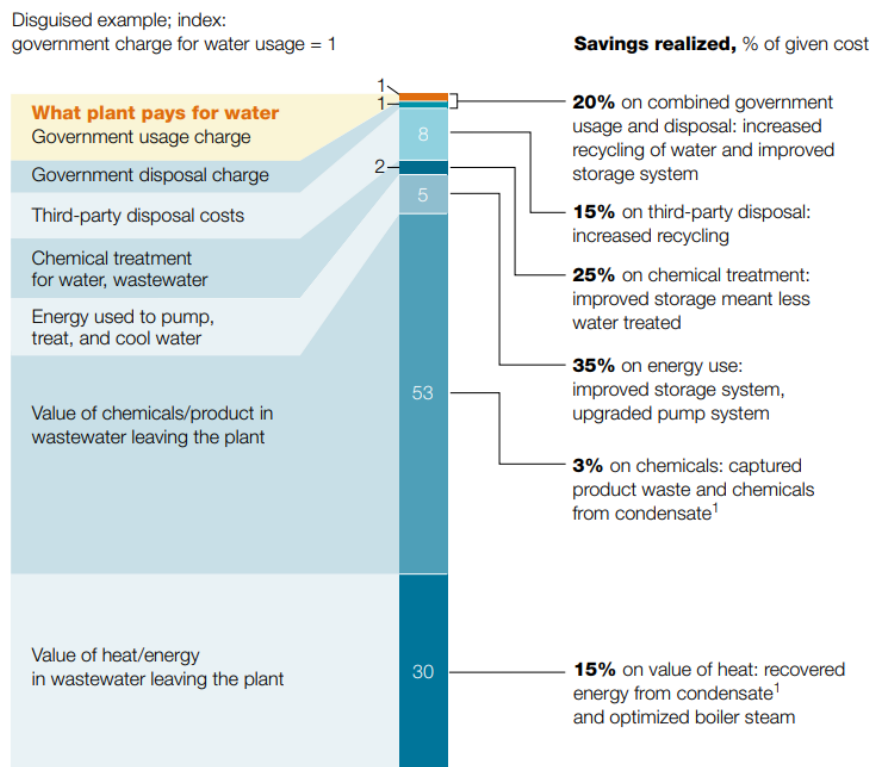
Figur 30. Vattenförbrukning vid brittiska bruk uppdelat i olika pappersprodukter (Envirowise, 2002).

I samma undersökning frågades de brittiska bruken även om vilka vattenbesparande åtgärder de har utfört. De två åtgärder som utförts i störst utsträckning var att identifiera var vatten används inom bruket samt att reparera läckor (Figur 31).



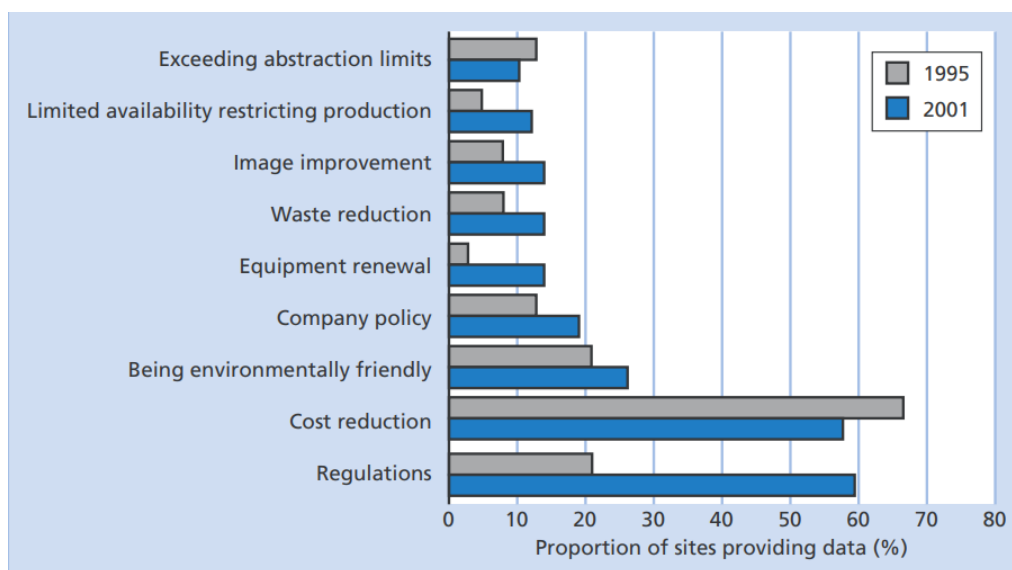
Figur 31. Vattenbesparande åtgärder utförda inom brittiska bruk (Envirowise, 2002).

Men vattenbesparande åtgärder på industri-nivå kan också spara pengar. I Figur 32 ger Henderson et al. (2013) ett exempel på vattenbesparande åtgärder utförda vid ett pappersföretag där åtgärderna resulterade i 45% minskning av vattenanvändningen, 10% minskning av de uppmätta vattenrelaterade kostnaderna samt 2,5% minskning av driftskostnaderna.



Figur 32. Vattenbesparing i ett pappersföretag (Henderson et al., 2013).

Möjligheten till kostnadsbesparing framstod också, tillsammans med lagar och regler, som en av de största drivkrafterna för att minska vattenförbrukningen i den brittiska pappers- och massaindustrin, se Figur 33 (Envirowise, 2002).

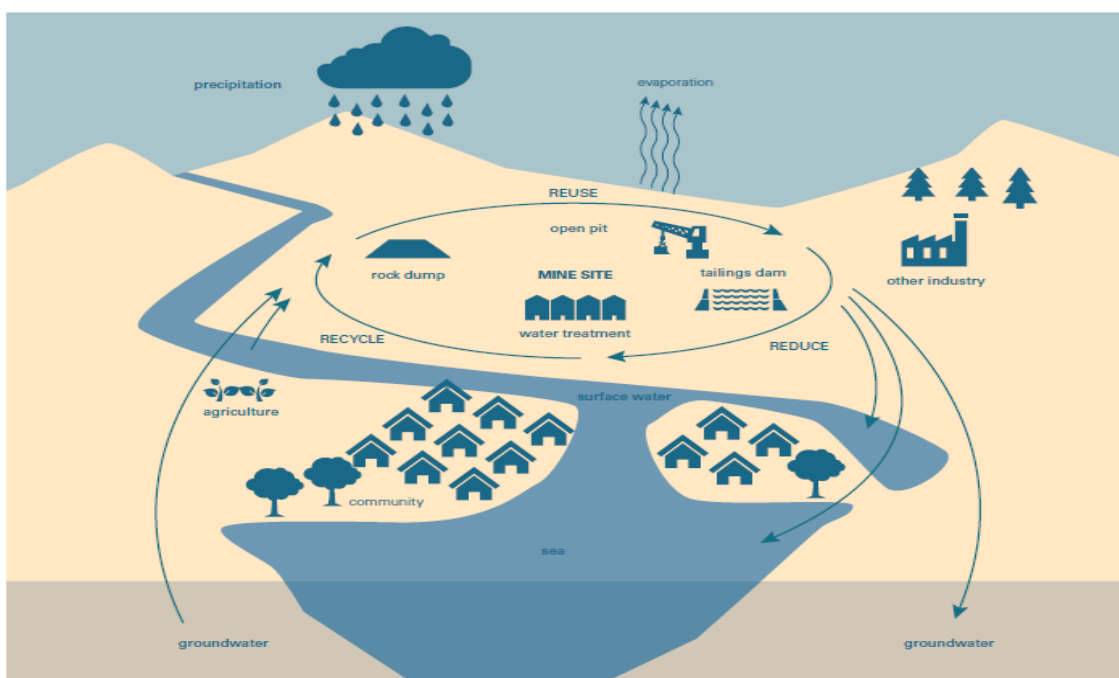


Figur 33. Drivkrafter för effektivare vattenanvändning i Storbritanniens pappers- och massaindustri (Envirowise, 2002).

7.5 Gruvor och materialtäkter

Brytning av malm, mineral, sten och grus kan ske under jord eller ovan jord, i så kallade dagbrott. Materialtäkter och gruvbrytning är ofta förknippade med en omfattande läns hållning av inläckande grund- och/eller ytvatten. I vissa fall återanvänds läns hållningsvatten i någon av verksamhetens processer. Det mesta av vattnet släpps dock vanligtvis till närliggande ytvatten. På Gotland leds exempelvis ca 3,2 miljoner m³ yt- och grundvatten bort per år från öns 25 materialtäkter. Den största delen av det vattnet pumpas direkt till havet (Eklund, 2018). Bortledning av läns hållningsvatten påverkar vattenbalansen i området, oftast genom sänkta grundvattennivåer och ökat flöde i ytvattendragen (Dworak et al., 2007).

Figur 34 visar på typiska vattenflöden vid en gruva.



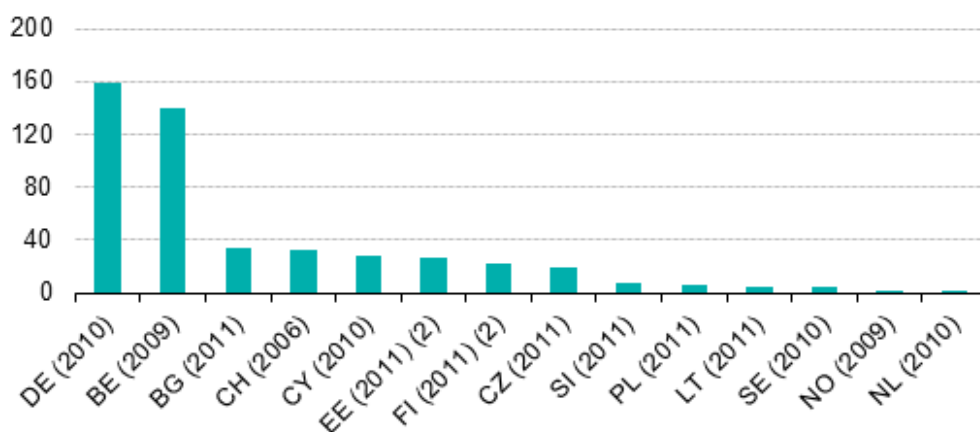
Figur 34. Typiska vattenflöden vid en gruva (Austrade, 2017; ICMM, 2012).

I gruvprocessen förekommer vatten i praktiskt taget alla steg. De mest vattenintensiva aktiviteterna är generellt separation av mineraler, kylning av bormaskiner och dammkontroll. Men mängden vatten som förbrukas är fallspecifik och varierar kraftigt beroende på faktorer som klimat, geologi, gruvföretagets policy och vilken mineral eller bergart som bryts. I allmänhet gäller att desto lägre malmkvalitet desto mer vattenintensiv blir gruvprocessen för att extrahera malmen (Toledano & Roorda, 2014). Den genomsnittliga vattenintensiteten vid brytning av ett urval av mineraler och metaller sammanställs av Szyplinska (2012a) i Tabell 18.

Tabell 18. Vattenintensitet vid brytning av ett urval mineraler och metaller (Szyplinska, 2012a).

Mineral/metall	Vattenanvändning
Kol	△△
Koppar	△△△
Diamant	△
Guld	△△△
Nickel	△△
Järn	△△
Platinum	△

Vattenintensitet kan beräknas som vattenanvändning per förädlingsvärde. I Figur 35 redovisas vattenintensitet vid gruvdrift och materialtäkter för ett antal europeiska länder. Tyskland och Belgien utmärker sig genom en betydligt högre vattenintensitet jämfört med övriga länder som ingick i sammanställningen.



Figur 35 Vattenintensitet vid gruvdrift och materialtäkt (bruttoförädlingsvärde; m³/tusen euro) (Eurostat, 2014).

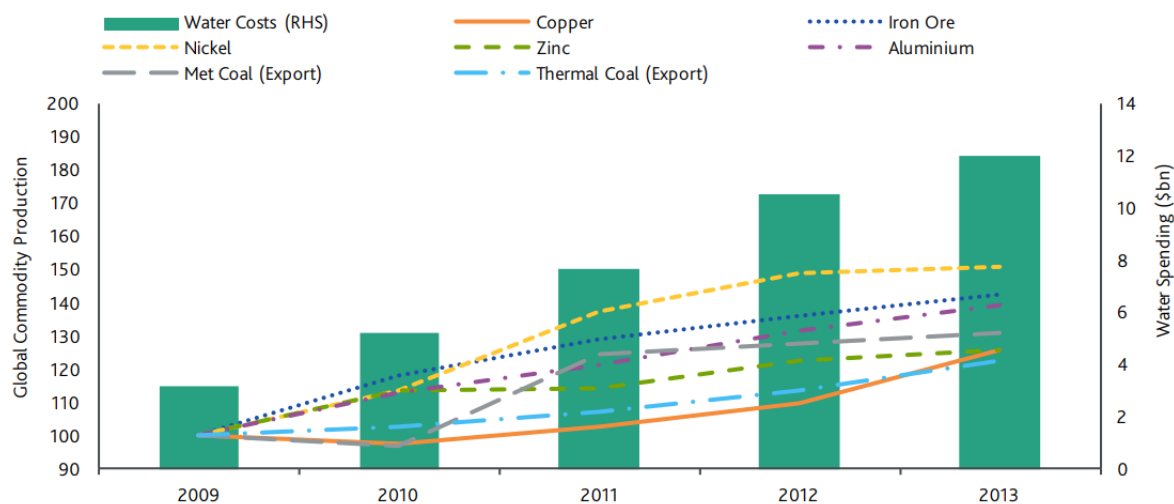
Eurostat (2014) har sammanställt data kring vattenanvändning för ett antal europeiska länder. I deras sammanställning uppvisade Tyskland, Polen, Turkiet och Bulgarien en betydande vattenanvändning inom denna sektor på cirka 861 miljoner, 56 miljoner, 54 miljoner respektive 35 miljoner kubikmeter. Alla länder, med undantag för Nederländerna, rapporterade att vattnet huvudsakligen levererades från privata vattentäkter. När det gäller vattenanvändning per invånare registrerade Tyskland det högsta värdet (10,4 m³/invånare, data från 2010) och Litauen det lägsta (0,2 m³/invånare, data från 2011), se Tabell 19.

Tabell 19 Vattenanvändning vid gruvdrift och materialtäkt, 2002-2011 (m³/invånare) (Eurostat, 2014).

	Public water supply					Self and other water supply				
	2002	2005	2009	2010	2011	2002	2005	2009	2010	2011
Belgium	0.02	0.01	0.02	:	:	2.53	2.15	4.04	:	:
Bulgaria	0.33	0.82	0.30	0.11	0.11	4.46	4.28	2.54	4.58	3.79
Czech Republic	:	:	:	:	:	:	:	3.57	3.69	3.54
Germany	:	:	:	0.14	:	:	:	:	10.38	:
Spain	0.41	0.36	0.12	0.09	:	:	:	:	:	:
Croatia	:	:	:	:	:	:	:	0.56	0.53	0.41
Cyprus	0.00	0.00	0.13	0.12	:	0.85	2.73	1.51	1.46	:
Latvia	0.26	0.36	:	:	:	:	:	:	:	:
Lithuania	:	0.00	0.00	0.00	0.00	:	:	:	0.16	0.20
Malta	0.00	0.00	0.00	:	:	:	:	:	:	:
Netherlands	:	0.26	0.19	0.21	:	:	0.07	0.05	0.06	:
Austria	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Poland	0.10	0.12	0.10	0.11	0.10	2.38	1.92	1.42	1.35	1.38
Portugal	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Slovenia	0.25	0.20	0.15	0.15	0.15	:	:	0.49	0.59	0.39
Finland	:	:	:	:	:	:	:	:	:	2.92
Sweden	0.11	0.11	:	0.11	:	:	:	:	1.18	:
Norway	:	0.26	0.29	:	:	:	7.53	8.89	:	:
Serbia	:	:	:	:	:	2.04	1.37	1.08	1.14	1.39
Turkey	:	:	:	0.01	:	:	:	:	0.74	:

Då gruvföretagens tillgång på färskvatten är begränsad kan både processvatten och avloppsvatten återanvändas för exempelvis dammkontroll, kylning, borring, tvättvatten, sanering, separation och utlakning. Enligt Szyplinska (2012b) kan på många ställen över 90% av gruvornas avloppsvatten återanvändas genom att tillämpa avancerad reningsteknik såsom omvänd osmos och mikrofiltrering. Vattenåtervinning kombinerat med annan vattenhantering gör det då möjligt för gruvindustrin att spara upp till 40% av dess dagliga sötvattenanvändning. Även havsvatten används för viss mineralbehandling och kylning av utrustning (Toledano & Roorda, 2014). Vid Michilla-gruvan i Chile används t.ex. obehandlat havsvatten för utlakning och agglomering (Brantes, 2008) och vid Minera Esperanza-gruvan i Chile används havsvatten i kopparflotationsprocessen (GWI, 2011).

Många av världens nya stora gruvprojekt är belägna i länder där vattenbrist är ett problem, vilket har föranlett stora investeringar i vatteninfrastruktur. Global Water Intelligence (GWI) har uppskattat att gruvindustrin spenderade 275% mer på vatteninfrastruktur 2013 än 2009, medan deras produktion enbart ökade med 20–52% under samma period (Metcalf, 2013), se Figur 36.



Figur 36. Kostnader för vattenhantering i relation till produktion (Metcalf, 2013).

I Tabell 20 presenterar Brantes (2008) ett urval av åtgärder som kan användas för att optimera vattenanvändningen vid gruvdrift och i Tabell 21 ges exempel på gruvor som har arbetat med vattenbesparande åtgärder.

Tabell 20. Teknik för optimering av vattenanvändning vid gruvdrift (Brantes, 2008).

Teknik	Beskrivning
Automatiserad kontrollstyrning av förtjockare	Optimering av vattenåterbäring via intelligent kontroll, ökad densitet av bearbetningsavfall och därigenom minskning av vattenförbrukning under uppkoncentration.
Konstant bevakning av vattenförbrukning	Operativ kontroll av vattenförbrukning, utför interna audits och bötfäller vid överdriven förbrukning.
Recirkulation av vatten från avlägsna dammar/vattentäcker	Recirkulation av klart vatten från jordfyllnadsdammarna och avfallshögar till gruvan.
Bioremediering av förorenade vattenutsläpp	Användning av hydrometallurgiska bioprocesser för utfällning av föroreningar, närvarande i utloppsvatten, som hydrometallurgiska processer så som stabila saltföreningar och filtrering i kombination med trycksättning? För att kunna ta tillvara vattnet från dessa processer.
Kontrollsystem för dränering av lakning	Användning av anpassad mjukvara och material för planering av minskade förluster i samband med dränering av lakvatten, vid filtrering, vid läckage eller vid bildning av områden fyllda med mättad minerallösning.
Filtrering av bearbetningsavfall	Använd bandfiltrering för torkning av bearbetningsavfallet för ökning av koncentration upp t.o.m 75% för att senare transportera det till deponi via rullband eller lastbil.
Optimering av förbrukningsvaror (gruva)	Användning av tekniker och processer som möjliggör minimerad vattenförbrukning i samband med lasting av malm på lastbilar, vägbevattning och borring.
Extrem förtjockning/avvattning	Användning av högre förtjockare för att skapa supermättade laklösningar, återvinna högre andelar vatten och användning av sluttande damm metoden för deponering.
Torrmalning och pneumatisk centrifugering	Malning av mineralen till dess optimala partikelstorlek vilket möjliggör torrseparation innan flotering.
Sprängd och extraherad från den kvarvarande vattentäkten i fyllnadsdammen	Vattenextraktion bör ske i den koncentrerade delen av jordfyllnadsdammen, oberoende om den är i bruk eller inte, genom dränering och sprängbrunnar.
Användning av dräneringsrör	Användning av system som motsvarar de som används för jordbruksmarker och vattenreservoarer för att samla upp vattnet från jordfyllnadsdammarna.

Tabell 21. Exempel på gruvor med vattenbesparande åtgärder.

Gruva, land	Motiv/drivkraft	Lösning	Resultat	Referens
Järngruva, Kina	Vattenspill från fyllnadsdamm: avdunstning, läckage, vatten fångat i fasta material	Slam och bearbetningsavfall avvattnas genom tvåstegsförtjockning.	98% vattenåtervinning	(Johnson & Xie, 2017)
ZiJin guld-& koppargruva, sydöstra Kina		Slamförtjockare.	93% vattenåtervinning	(Johnson & Xie, 2017)
Gran Minería del Cobre hydro-metallurgical plants (koppargruva), Chile	Hög vattenförbrukning under koncentrationssteg (1.1 m ³ /ton)	Recirkulation av vatten i jordfyllnadsdammar	28% minskad vattenförbrukning	(Brantes, 2008)
	Hög vattenförbrukning i hydrometallurgiska processteg (0.3 m ³ /ton)	Lösning recirkuleras, infiltrering undviks och avdunstning minimeras.	43% minskad vattenförbrukning	(Brantes, 2008)
Candelaria koppargruva, Chile	Vattenbrist	Vattenhanteringssystem. Vatten recirkuleras från kopparslamsförtjockare, återförs från jordfyllnadsdammar och omvänd osmos används vid framställning av dricksvatten.	87% minskad vattenförbrukning	(Brantes, 2008)
Los Pelambres koppargruva, Chile	Hållbar användning av tillgängliga vattentäkter	Recirkulation av processvatten. Tätade jordfyllnadsdammar.	55% från jordfyllnadsdammar, 70% från förtjockare	(Brantes, 2008)
Michilla Mine (copper), Chile	Inget tillgängligt sötvatten	Direktanvändning av havsvatten i lakningsprocesser och i agglomerering. Avsaltning.	Ingen användning av sötvatten	(Brantes, 2008)
Coloso Plant, Escondida koppargruva	Vattenbrist	Avsaltat vatten i produktionsprocess. Vatten pumpas i 170 km ledning från källan.	Ingen användning av sötvatten	(Brantes, 2008)
Trekopje urangruva, Namibia	Begränsad tillgång från närliggande akvifär	Avsaltat vatten in till produktionsprocess och salint grundvatten för dammdämpning.	Minskad förbrukning av sötvatten	(ICMM, 2012)
Minera Esperanza koppar & guld, Chile	Lokaliserad i öknen med akut vattenbrist	Oprocessat havsvatten för processer (92% av total förbrukning). Omvänd osmos för dricksvattenproduktion, sanitering, avkylning och koncentratstvätt (8% av total förbrukning).	Inget behov/användning av sötvatten	(ICMM, 2012)
BHP Billiton Olympic Dam (koppar, guld & uran), Australien	Begränsad vattentillgång	Återanvändning av processvatten. Reduktion av vattenförluster i fyllnadsdammar. Processbrytningssystem för vattenlös för ökad vattenrecirkulation i förvaringsdammar.	Minskad vattenförbrukning om 0,04 m ³ per ton bearbetad malm	(ICMM, 2012)
Lomas Bayas koppargruva Chile	Lokaliserad i öknen. Vattenförlust pga hög avdunstning.	Ersättning av sprinkler med droppsystem vid urlakningsprocessen av koppar	54% minskad avdunstning	(ICMM, 2012)
Rio Tinto Argyle diamantgruva, Australien	Huvudvattentäkten Lake Argyle är tillflöde till skyddad våtmark	Recirkulation av processvatten, minskat läckage från jordfyllnadsdamm. Undervattensavvattning för ytterligare vattenextraktion.	95% minskat uttag från Lake Argyle	(ICMM, 2012)
Sossego koppargruva, Brasilien	Behov av att minska uttagen från Paraupébas river	Användning av processvatten vid pumpning av malm mm	99% återanvändning	(Vale, 2012)
Xstrata Coal's Ulan kolgruva, Australien	Stort inläckage av grundvatten i kombination med krav på noll-utsläpp.	Anläggning av damm för att leverera vatten för bevattning	Allt överskottsvatten går till bevattning	(Toledano & Roorda, 2014)

8 Metoder för åtgärdsprioritering

Efter att förslag på alternativa förbättringsåtgärder har tagits fram, ska beslut fattas avseende vilken eller vilka åtgärder som verkligen ska implementeras. Som hjälp vid åtgärdsprioritering kan olika beslutsstödsmetoder användas. Beslutsstödsmetoderna kan på ett strukturerat sätt hjälpa oss förstå vilka konsekvenser de olika åtgärderna innebär, och vi kan därefter lättare prioritera vilka åtgärder som passar bäst för ett givet problem. Nedan beskrivs de två beslutsstödsmetoderna, kostnads-nyttoanalys och multikriterieanalys, med utgångspunkt i analys av vattenbesparande åtgärder.

8.1 Kostnads-nyttoanalys

I detta kapitel beskrivs övergripande hur vattenbesparande åtgärder kan utvärderas och jämföras med hjälp av beslutsstödsmetoden kostnads-nyttoanalys. Mer detaljerad information kring själva beslutsstödsmetoden kan fås från till exempel Kriström & Bonta Bergman (2014), Johansson & Kriström (2016) och Pearce et al. (2006).

En kostnads-nyttoanalys går ut på att man jämför åtgärders positiva konsekvenser (nyttor) och negativa konsekvenser (kostnader), för att undersöka om de totala nyttorna överstiger de totala kostnaderna. Nyttorna och kostnaderna uttrycks så långt som möjligt i ekonomiska termer. I en företagsekonomisk analys jämförs finansiella konsekvenser av åtgärderna dvs. företagsekonomiska intäkter och kostnader av åtgärderna, varför en sådan analys vanligen kallas för kostnads-intäktsanalys. I en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys ingår, förutom påverkan på företags vinster, även alla kostnads- och nyttoeffekter på människors välbefinnande. Dessa effekter kan, i avsaknad av marknadspriser, värderas i pengar genom att undersöka konsumenters betalningsvilja eller genom alternativkostnader, så kallade skuggpriser, och kan på så sätt inkluderas i analysen och jämföras med marknadsprissatta kostnader och nyttor.

Kostnader och nyttor som infaller vid olika tidpunkter är dock inte helt jämförbara. I kostnadsnyttoanalyser används därför diskontering för att nuvärdesberäkna framtida kostnader och nyttor, så att alla kostnader och nyttor är omräknade för att infalla vid samma tidpunkt. Valet av diskonteringsränta kan ha stor betydelse för analysens resultat, i synnerhet i analyser med lång tidshorisont. Ju högre diskonteringsränta som tillämpas, desto lägre blir nuvärdet av de framtida kostnaderna och nyttorna. I Sverige rekommenderar ASEK diskonteringsräntor för privata och samhällsekonomiska analyser inom transportsektorn, vilka kan användas som utgångspunkt även inom andra sektorer, se t.ex. (Trafikverket, 2018).

Beslutskriteriet i en samhällsekonomisk kostnadsnyttoanalys är åtgärdens nettonuvärde. Det är summan av de diskonterade nyttorna minus summan av de diskonterade kostnaderna. Nettonuvärdet (NNV) beräknas genom följande formel:

$$NNV_i = \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r_t)^t} [B_{i,t}] - \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r_t)^t} [C_{i,t}]$$

där i är den alternativa åtgärden/investeringen, t är tidpunkten då kostnaden eller nyttan inträffar, T är tidshorisonten över vilken åtgärden analyseras, r_t är diskonteringsräntan vid tidpunkt t , och C och B är åtgärdens kostnader respektive

nyttor. Beslutsregeln är att en åtgärd eller investering är lönsam om dess totala nyttor är större än dess totala kostnader, d.v.s. när nettonuvärdet är större än noll. När flera alternativa åtgärder jämförs är det alternativet med störst nettonuvärde som är det (samhällsekonomiskt) mest lönsamma alternativet.

Inom ramen för en kostnads-nyttoanalys görs ofta även en fördelningsanalys, dvs. det undersöks hur kostnaderna och nyttorna fördelar sig mellan olika aktörer, exempelvis verksamhetsutövare, vattenproducenter och hushåll. Det här kan ge indikationer på genomförbarheten för de analyserade åtgärderna. Om aktörer som är centrala för att en åtgärd ska kunna förverkligas drabbas av ett negativt nettonuvärde till följd av åtgärden kan ett motstånd mot åtgärden förväntas. Om åtgärden utifrån ett helhetsperspektiv ändå bedöms vara önskvärd (positivt *NNV* för samhället totalt), kan det då krävas ett särskilt styrmedel för att genomdriva åtgärden. Vi återkommer till barriärer för implementering i kapitel 9. En fördelningsanalys kan också vara ett sätt att studera konsekvenser för grupper som man bedömer vara särskilt utsatta och som därmed inte bör drabbas av en åtgärd, t.ex. att hushåll med små ekonomiska resurser får orimligt höga kostnadsökningar.

8.1.1 Identifiering av kostnader och nyttor

En kostnads-nyttoanalys kan som tidigare nämnts utföras antingen ur ett samhällsekonomiskt perspektiv eller ett företagsekonomiskt perspektiv, där den senare vanligen kallas för kostnads-intäktsanalys. I detta delkapitel ges exempel på kostnader och nyttor som bör beaktas vid analys av vattenbesparande åtgärder när analysen utförs ur 1) den vattenförbrukande verksamhetsutövarens perspektiv, 2) ur vattenproducentens/kommunens perspektiv och 3) ur samhällets perspektiv (Bureau of Reclamation, 2009).

En analys med utgångspunkt från verksamhetsutövaren ger information om åtgärdernas påverkan på den specifika organisationen, och kan därmed användas för prioritering av åtgärder på företags/organisationsnivå. En sådan analys kan samtidigt ge information till myndigheter om vilka stöd eller incitament som eventuellt kan behövas för att underlätta genomförandet av åtgärderna.

Den samhällsekonomiska kostnads-nyttoanalysen är bredast i omfattning. Den väger in de samlade kostnaderna och nyttorna av åtgärden för samhället. Denna typ av analys möjliggör jämförelser av vattenbesparingsåtgärder på samhällsnivå.

Oavsett perspektiv på analysen är det viktigt att alla potentiella kostnader och nyttor som följer av åtgärden beaktas. Kostnader och nyttor som är svåra att värdera i kronor och ören bör inkluderas kvalitativt i analysen.

8.1.1.1 Vattenförbrukande verksamhetens perspektiv

Från verksamhetsutövarens perspektiv bör följande nyttor beaktas:

- Lägre VA-avgifter på grund av minskad vattenanvändning.
- Minskade drift- och underhållskostnader.

Andra potentiella nyttor som är viktiga att överväga, men som ibland kan vara svåra att kvantifiera, är ökad produktivitet, förbättrat varumärke samt ökad stolthet hos

anställda. Här bör även nyttan av en högre leveranssäkerhet räknas in, exempelvis genom att beräkna minskad sannolikhet för begränsad produktion vid störningar i vattentillförsel.

Kostnader som bör beaktas är:

- Kostnader för inköp och installation av utrustning som behövs för åtgärden.
- Tillkommande drift- och underhållskostnader.
- Värdet av tiden för att implementera åtgärden.

Andra eventuella kostnader som följer av minskad vattenanvändning. Till exempel kan minskad vattenanvändning leda till högre koncentrationer av föroreningar i avloppsvatten och därmed högre kostnader för avloppsvattenrening.

8.1.1.2 Vattenproducentens perspektiv

Kostnader och nyttor med en vattenbesparande åtgärd ur kommunens/vattenproducentens perspektiv beräknas genom att utvärdera förändringar i intäkter och driftskostnader. Typiska nyttor som bör beaktas som en del av denna analys inkluderar:

- Undvikna kostnader för förvärv och lagring av vatten.
- Undvikna kostnader för behandling av vatten och avlopp.
- Undvikna överförings- och distributionskostnader.
- Eventuella intäkter som följer av vattenbesparingsåtgärden.

Kostnader som bör beaktas är:

- Eventuella tillkommande kostnader för råvattenhantering, lagring, behandling, överföring och distribution.
- Intäktsförluster.

Förändringar i intäkter kan dock kompenseras genom förändring i taxan, vilket då medför att de inte resulterar i någon nettoförändring.

8.1.1.3 Samhällets perspektiv

I en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys summeras de totala kostnaderna och nyttorna med den vattenbesparande åtgärden över hela samhället. Som nämnts ovan har en samhällsekonomisk analys sin utgångspunkt i människors välbefinnande. Samhällets nyttor och kostnader bestäms därmed av de olika hushållens nyttor och kostnader. Hushållens nyttor och kostnader beror i sin tur av bland annat konsumtion av varor och tjänster, miljö kvalitet och hälsotillstånd. Minskade kostnader för vattenproducenter och ökade vinster för verksamhetsutövare är också relevant att räkna med, givet att det inte sker någon dubbelräkning. Ett exempel på dubbelräkning är att räkna med både minskade kostnader för vattenproducenter och lägre taxa för hushåll som direkt följd av de minskade kostnaderna. Vid en analys av vattenbesparande åtgärder bör bland annat följande nyttor beaktas:

- Undvikna kostnader för vattenproducenten enligt ovan, för råvatten, lagring, behandling, överföring och distribution.

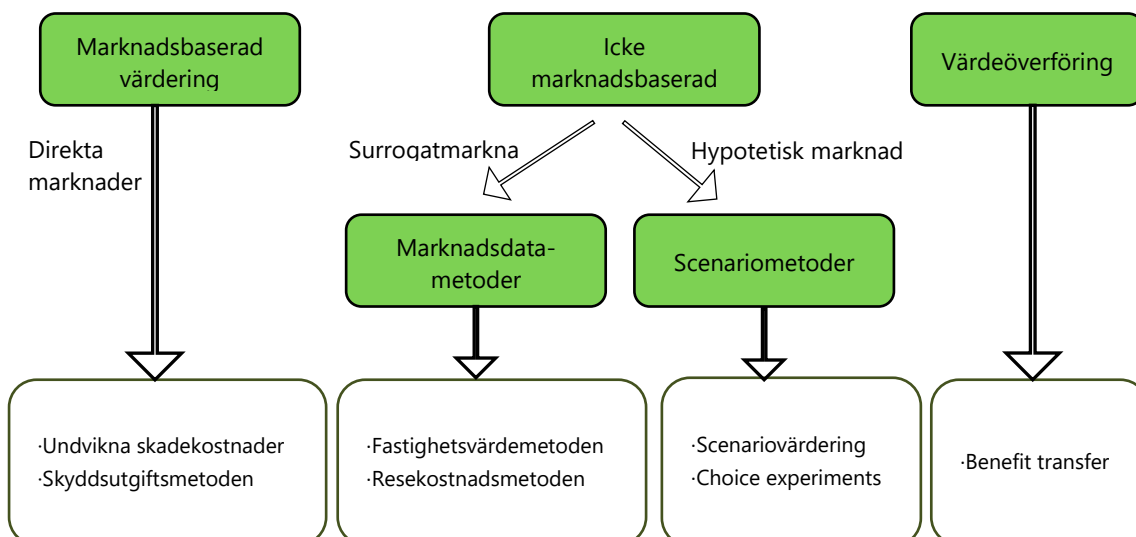
- Andra eventuella undvikna kostnader för vattenproducenten, t.ex. kostnader som uppstår i andra kommuner (för andra vattenproducenter) men som undviks på grund av den vattenbesparande åtgärden.
- Miljönyttor som uppstår genom minskad vattenanvändning, t.ex. förbättrad vattenkvalitet och kvantitet i vattenresurser.
- Undvikna kostnader för att utöka överförings- och distributionsnät för vatten och avlopp.
- Potentiellt mer stabil efterfrågan på vatten.
- Ökad vattentillgång och leveranssäkerhet i allmän och privat vattenförsörjning.
- Andra nyttor som uppstår genom minskad vattenanvändning, t.ex. ökad rekreation vid vattenresurser.

Kostnader som bör beaktas:

- Kostnader för den vattenförbrukande verksamheten enligt ovan, för inköp och installation av utrustning som behövs för åtgärden och eventuella tillkommande drift- och underhållskostnader.
- Eventuella externa kostnader för miljö och samhälle.

8.1.2 Värdering av kostnader och nyttor

Kostnaderna och nyttorna som ingår i en kostnads-nyttoanalys bör kvantifieras i monetära termer så långt det är möjligt, eftersom det underlättar en jämförelse mellan dem. Det finns flera ekonomiska värderingsmetoder baserade på ekonomisk teori för att uppskatta dessa värden. Metoderna grupperas ofta i huvudkategorierna marknadsbaserad värdering, marknadsdatametoder (revealed preference) och scenariometoder (stated preference) (Bouma & van Beukering, 2015), se exempel på värderingsmetoder under varje kategori i Figur 37.



Figur 37. Exempel på ekonomiska värderingsmetoder.

I marknadsbaserade metoder ger priser från befintliga marknader information om de ekonomiska värdena. Undvikna skadekostnader och skyddsutgiftsmetoden är exempel på marknadsbaserade metoder. I skyddsutgiftsmetoden (defensive behavior) härleds betalningsviljan från individers kostnader för att undvika en negativ effekt, t.ex. konsumenters utgifter för inköp av flaskvatten för att undvika ett förorenat kranvatten.

I undvikna skadekostnadsmetoden (avoided damage cost) uppskattas betalningsviljan genom att bedöma direkta och indirekta kostnader som uppstår genom den negativa förändringen. Direkta kostnader är till exempel kostnader för medicinska besök på grund av förorenat dricksvatten, medan indirekta kostnader återspeglar kostnader för t.ex. minskad produktion (Young & Loomis, 2014).

Marknadsdatametoder (Bockstael & McConnell, 2006) förlitar sig på individers utgiftsval på marknadsvaror och tjänster för att bedöma deras betalningsvilja för relaterade icke-marknadsvaror och -tjänster. Två vanligt förekommande metoder är fastighetsvärdeometoden och resekostnadsmetoden. Resekostnadsmetoden (travel cost) används vanligtvis för att värdera platser som används för rekreation. Individernas kostnader och tidsåtgång för att komma till området används som ett underlag för att beräkna ett värde för platsen, eller för områdets vattenkvalitet givet att vattenkvaliteten är en avgörande faktor för resebeteendet. Fastighetsvärdeometoden (hedonic pricing) använder skillnader i marknadspriser på fastigheter för att uppskatta individers värderingar av t.ex. närliggande vattenresurser (Young & Loomis, 2014).

Scenariometoder använder strukturerade frågeformulär för att uppskatta individers värden på varor och tjänster som inte vanligtvis handlas på befintliga marknader. Scenariovärderingsmetoden (contingent valuation method, CV-metoden) och choice experiment-metoden (CE-metoden) är två ofta använda scenariometoder. I scenariovärderingsmetoden frågas individer direkt vad de skulle vara villiga att betala för att erhålla exempelvis en viss miljöförbättring (eller den minsta kompensation de kräver för att inte få miljöförbättringen). I choice experiment-metoden presenteras individer med konsekvenser och kostnader för alternativa åtgärder och uppmanas att rangordna åtgärderna eller välja den bästa. Rangordningar eller val analyseras sedan för att bestämma deras betalningsvilja för olika åtgärder (Freeman et al., 2014; Young & Loomis, 2014).

När ekonomiska värderingsstudier anses vara för dyra eller omöjliga att genomföra, kan uppskattningar av kostnader och nyttor tillhandahållas genom värdeöverföring. Värdeöverföringsmetoden använder tidigare genomförda värderingsstudier från ett annat område och extrapolerar de ekonomiska värdena till det område för vilket en värdering krävs. Även om värdeöverföring vanligen anses vara ett sämre alternativ än att utföra en primär värderingsstudie, kan det vara det enda sättet att tillhandahålla ekonomisk information när tid, pengar eller andra begränsningar förhindrar användning av ovan nämnda värderingsmetoder (Johnston et al., 2015).

8.2 Multikriterieanalys

Multikriterieanalys (MKA) är en beslutsstödmotod som ofta tillämpas på komplicerade beslutsproblem där många olika aspekter måste vägas samman. MKA kan användas för att integrera kvantitativ, semikvantitativ och kvalitativ information om alternativa åtgärders egenskaper och effekter. Det ger ett strukturerat tillvägagångssätt i beslutssituationer där det är nödvändigt att använda beslutsfattarens preferenser för att skilja mellan åtgärdsalternativen. I en MKA bedöms hur väl olika alternativa åtgärder uppfyller ett eller flera önskade mål, vilka beskrivs av ett antal kriterier. Nedan följer en kort beskrivning av ingående steg i en MKA. Mer information och guidning kan fås genom exempelvis DCLG (2009) och Munda (2005).

8.2.1 Val av mål och kriterier

Bra beslut behöver tydliga mål och målen bör vara specifika, mätbara, accepterade, realistiska och tidsatta (SMART). När målen är bestämda är nästa steg att besluta hur man ska utvärdera och jämföra de alternativa åtgärdernas bidrag för att uppnå målen. Det kräver val av kriterier som ska återspegla åtgärdernas prestanda beträffande måluppfyllelse. Varje kriterium måste vara mätbart, i den meningen att det måste vara möjligt att bedöma, åtminstone i kvalitativ mening, hur väl ett visst alternativ förväntas prestera i förhållande till kriteriet. Antalet kriterier bör hållas lågt samtidigt som de ska kunna tillhandahålla en så fullständig utgångspunkt som möjligt för ett välinformerat beslut (DCLG, 2009).

Tabell 22 kan förslagsvis användas som ett underlag till diskussioner vid val av mål och kriterier. Här sammanställs mål och kriterier som använts i den internationella litteraturen för att utvärdera vattenförsörjnings- och vattenbesparande åtgärder med avseende på hållbarhet (Rathnayaka et al., 2016).

Tabell 22. Exempel på utvärderingskriterier från litteraturen (Rathnayaka et al., 2016).

Kategori	Mål	Utvärderingskriterium
Miljö	Vattenresurser av god kvalitet	Kvalitet på producerat avloppsvatten och dess effekter (bidrag till förorening och övergödning, effekter på flora och fauna) Kvantitet producerat avloppsvatten Avrinning av dagvatten
	Bevara floder, åar och våtmarker	Effekter på ytvattenresurser Bevarade råvattenresurser Effekter på grundvattenresursers nivåer och flödesmönster
	Skydd av terrestra ekosystem	Effekter på flora och fauna / biologisk mångfald Effekter på livsmiljöer Effekter av förändrat marktäcke Kvantitet och kvalitet av producerat avfall
	Skydd av atmosfäriska ekosystem	Växthusgaser och andra utsläpp Fotokemisk bildning av oxidanter Andra föroreningar (t.ex. damm, buller)
	Effektiv resursanvändning	Energianvändning Möjlighet att använda förnybara energikällor Vattenanvändning Markanvändning Materialanvändning Kemikalieanvändning Återanvändning och återvinning av resurser
Social	Förmåga att få konsumenters acceptans	Konsumenters acceptans av vattenkvalitet Konsumenters vilja att acceptera besparings- och effektivitetsåtgärder Acceptans för ökade/minskade avgifter för vatten Konsumenters medvetenhet och engagemang
	Förmåga att få allmänhetens acceptans	Rekreativvärden Effekter på urbana värmeöar Tillhandahållande av utbildningsmöjligheter Nyttan av småskaliga översämningsåtgärder Lukt / skadedjur och andra negativa effekter på lokalsamhället Antal skapade arbetstillfällen

Kategori	Mål	Utvärderingskriterium
	Hälsa och hygien	Säkerhet (antal incidenter / olyckor) Risk för infektioner (antal utbrott / drabbade personer) Andra hälsorisker (förekomst av cancerframkallande ämnen) Exponering för giftiga ämnen (Cd, Hg, Pb) under drift
	Politiskt godkännande	Projektets varaktighet (t.ex. i projektering och anläggningsfas) Projektets och projektledningens effektivitet och produktivitet Osäkerhet gällande volym, tid, kostnad, godkännande och leverans Projektets förberedelse (t.ex. tillgång till nödvändiga dokument) Möjlighet att uppfylla miljökrav och andra regler
Ekonomi	Direkta kostnader	Kapitalkostnader Underhållskostnader Driftskostnader Avyttringskostnader Kostnader för distribution av vatten Kostnader för lagring av vatten
	Indirekta kostnader	Värdet på biprodukter (t.ex. vattenkraft och gödsel)
Risk	Tillförlitlighet	Sannolikhet för leveransavbrott (risk att inte uppfylla förväntad produktion)
	Sårbarhet	Storlek på fel/avbrott (t.ex. hur många konsumenter som drabbas)
	Resiliens	Händelsens varaktighet eller hur snabbt systemet återgår till sitt normaltillstånd efter en händelse
	Robusthet	Förmåga att prestera tillfredsställande under systemförändringar (t.ex. klimat)
Funktion	Flexibilitet i alternativet	Andra slutanvändningar Flexibilitet vid skalning
		Kapacitet Potential för tillväxt
	Flexibilitet i anläggningsfasen	Utmaningar på plats (t.ex. förorenad mark och underjordisk infrastruktur) Möjlighet att nyttja/anpassas till befintlig infrastruktur
	Flexibilitet i drift och underhåll	Användarvänligt och enkelt (tex. vid övervakning av vattenkvalitet) Teknisk kunskap som behövs för att hantera systemet
	Beständighet	Livslängd för infrastrukturen/alternativet
	Interaktioner mellan systemkomponenter	Effekter på avloppsledningar (t.ex. lukt, korrosion) Effekter på dagvattennätet Effekter på befintliga vattenledningar (t.ex. rörstorlek)

8.2.2 Poängsättning och viktning

När kriterierna är valda ska varje åtgärdsalternativ utvärderas med avseende på varje kriterium, antingen kvalitativt eller kvantitativt. Utvärderingen görs på olika typer av prestanda-skalar. Kriterierna kan exempelvis mätas på en naturlig skala där man använder den ursprungliga enhet som mäter den egenskap som studeras, som t.ex. m³/s. De kan också mätas på en kvalitativ skala, t.ex. från mycket låg till mycket hög prestanda. Om kriterierna mäts på olika skalor måste man hitta en gemensam skala för att kunna jämföra kriterierna. Ett vanligt sätt är att översätta alla skalor till en intervallskala med poäng från t.ex. från 0 till 100. Intervallskalan måste då definieras av två referenspunkter för varje kriterium, vanligtvis min- och maxvärden. Det finns två olika sätt att bestämma dessa referenspunkter, antingen genom lokal skalning eller

global skalning. I en lokal skala används de åtgärdsalternativ som studeras för att bestämma min- och maxvärdena. Det bästa (sämsta) åtgärdsalternativet för det aktuella kriteriet motsvarar då till t.ex. värdet 100 (0) på den lokala skalan. I en global skala definieras min- och maxvärdena istället av den bästa (sämsta) *möjliga* prestanda som en åtgärd teoretiskt skulle kunna uppvisa för det aktuella kriteriet givet ett sådant beslutsproblem som studeras, baserat på rimlighetsbedömningar och erfarenheter. I en global skala kan då värdet 0 representera sämsta möjliga prestanda och värdet 100 representera bästa möjliga prestanda (Monat, 2009).

När åtgärdsalternativen poängsatts med avseende på de ingående kriterierna kan denna information vägas samman till ett övergripande poäng för respektive åtgärd. Preferensskalorna (poängen) kan dock inte kombineras innan en viktning gjorts, eftersom en preferensenhet för ett kriterium inte nödvändigtvis motsvarar en preferensenhet för en annan. Syftet med viktningen är att visa den relativa betydelsen av varje kriterium för beslutsproblemet. Viktningen kan göras på olika sätt men målet är att resultatet från analysen ska visa hur de olika åtgärderna sammantaget presterar med hänsyn till de ingående målen och kriterierna. Slutresultatet blir således en rangordning av åtgärdsalternativen. Ofta kan man också titta på hur åtgärdsalternativen presterar med avseende på respektive mål, i syfte att få en bättre förståelse för hur åtgärderna fungerar och de osäkerheter som kan finnas.

Poängsättningen utgör en objektiv del av analysen och ska baseras på åtgärdsalternativens faktiska effekter. Viktningen avspeglar däremot snarare de värderingar som finns och hur viktigt man tycker olika aspekter är för att beskriva de mål som satts upp. En MKA kan genomföras på olika sätt och exempel på specifika MKA-metoder som beskrivs mer ingående av exempelvis (DCLG, 2009) är:

- Multi-attributmetoder (multi-attribute utility methods)
- Linjära additiva metoder (linear additive methods)
- Analytisk hierarkisk process (analytical hierarchy process, AHP)
- Utsorteringsmetoder (outranking)
- Icke-kompensationsmetoder (non-compensatory methods)

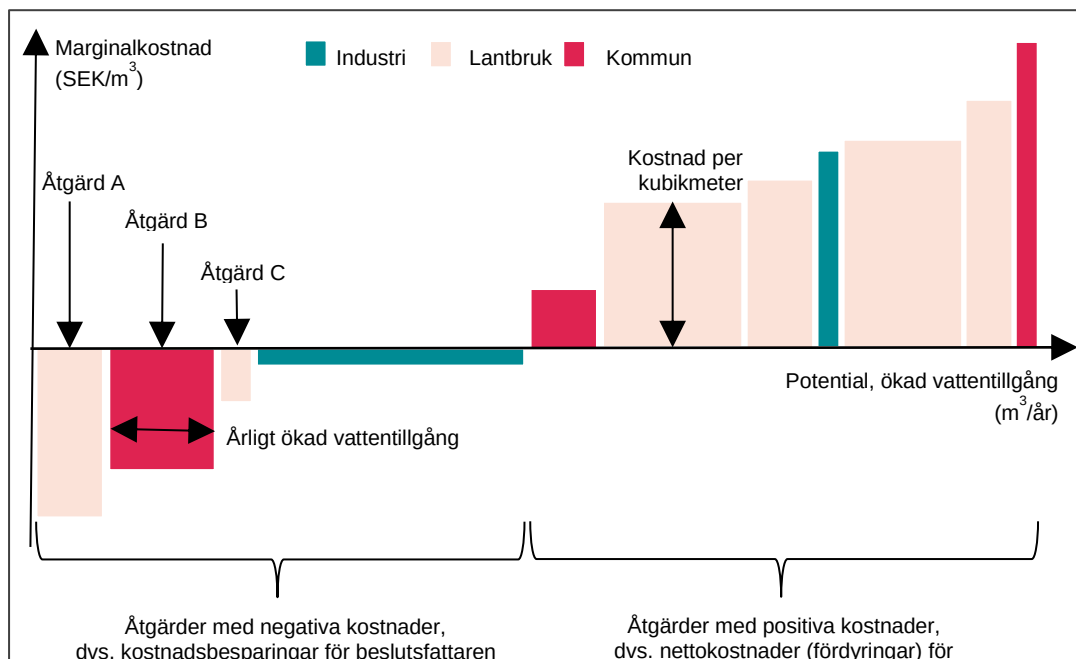
9 Myndighetsperspektivet

Vilken typ av information som behövs för att kunna fatta bra beslut för en hållbar och effektiv vattenanvändning på företagsnivå varierar från sektor till sektor. Ett viktigt första steg är dock ofta att lära sig var, när och hur det egna företaget använder vatten. Den informationen kan i sin tur användas för att identifiera de användningsområden och supportfunktioner som har störst förbättringspotential, varefter alternativa förslag på förbättringsåtgärder kan analyseras och jämföras ur företagets perspektiv.

För beslut som fattas av kommunala vattenproducenter och inom statliga, regionala och lokala myndigheter kan det dock krävas en annan typ av information. Här kan det istället handla om att fokusera på fördelningseffekter och att maximera den ekonomiska välfärden för samhället som helhet. Den information som behövs för att stödja beslut på myndighetsnivå kring en mer hållbar vattenanvändning och vattenresurshantering kan exempelvis behöva inkludera information om vilka parametrar som är styrande för varje enskild användning; hur olika sektorer och användningsområden påverkar varandra; vilka samhällsekonomiska kostnader och nyttor som är förknippade med varje enskild användning; och hur vattenresurserna bidrar till ekonomiska, miljömässiga och sociala värden på såväl lokal som regional och nationell nivå. Förutom detta, kan det även behöva inkluderas information kring hur den totala efterfrågan kommer att se ut under de närmsta decennierna; hur stor tillgång som kan finnas tillgänglig för att tillgodose detta behov; vilka åtgärder som olika samhällssektorer kan bidra med för att stänga gapet mellan nuvarande vattentillgång och framtida vattenbehov; vilka resurser som behövs för att implementera dem; samt om det finns det tillräckliga incitament för att ändra på beteenden och investera i åtgärderna (Addams et al., 2009; Sjöstrand et al., 2018).

I rapporten *Charting Our Water Future* presenterar Addams et al. (2009) ett antal verktyg och metoder som kan stödja beslutsfattare på myndighetsnivå i områden med vattenbrist. Rapporten fokuserar på hur man kan jämföra åtgärder inom olika samhällssektorer för att skapa sig en bild över vilka sektorer och åtgärder som har en stor potential att förbättra vattensituationen i ett område, samt vilka åtgärder som kostar mycket och vilka som kostar lite. I Figur 38 visas ett exempel på hur en sådan jämförande analys kan visualiseras genom en åtgärds-kostnadskurva (marginal abatement cost curve). Åtgärds-kostnadskurvor används ofta i klimatsammanshang för att jämföra åtgärder som syftar till att minska utsläppen av växthusgaser. Kurvorna är pedagogiska eftersom de lyckas jämföra många olika slags åtgärder från olika sektorer på ett likvärdigt sätt. För områden med vattenbrist kan kurvan användas för att jämföra åtgärder som syftar till att minska vattenbehovet med åtgärder som syftar till att öka vattentillgången från en rad olika samhällssektorer. Varje åtgärd i en sådan här graf representeras med en stapel. Höjden på stapeln är åtgärdens kostnad per sparad eller ökad mängd vatten, och bredden på stapeln är den årliga mängden vatten som åtgärden skulle kunna bidra med. Åtgärderna sorteras efter deras kostnader, vilket betyder att de mest kostnadseffektiva åtgärderna återfinns längst till vänster. Åtgärder med negativa kostnader medför då kostnadsbesparingar för verksamhetsutövaren, och på samma sätt medför åtgärder med positiva kostnader en kostnad för verksamhetsutövaren.

I figuren är åtgärderna färgkodade efter vilken aktör som avses implementera åtgärden. Men åtgärdskostnadskurvor kan med fördel även färgkodas baserat på andra parametrar som är viktiga för att kunna fatta bra beslut, t.ex. för att visualisera vilka åtgärder som sparar/tillför olika slags vattenkvalitet, vilka åtgärder som är förknippade med implementeringssvårigheter, eller vilka åtgärder som kan implementeras direkt eller vilka som kräver lång tid. Allt för att ge en lättöverskådlig bild av vilka möjligheter som finns och vilka svårigheter som olika åtgärder kan vara förknippade med.



Figur 38. Åtgärdskostnadskurva, anpassad efter Addams et al. (2009).

Inom ramen för programmet *Hållbara Gotland* har en åtgärdskostnadskurva tagits fram för Gotland där kostnader och potential för 17 olika åtgärder (se Tabell 23) jämförs med varandra (Sjöstrand et al., 2019). För framtagandet av åtgärdskostnadskurvan sattes en finansiell kostnads-nyttoanalys, dvs. en kostnads-intäktsanalys, upp där åtgärdernas investeringskostnader, driftskostnader och eventuella kostnadsbesparingar analyserades över tidshorisonten 2019 till 2045 för tre olika diskonteringsräntor (1,4%, 3,5% och 5%). Tidshorisonten valdes för att överensstämma med Gotlands regionala vattenförsörjningsplan (Eklund, 2018), i vilken 2045 års vattenbehov har uppskattats för olika sektorer. Studiens resultat visade att den mest kostnadseffektiva åtgärden var den som innefattade en uppgradering till vattensnåla kranar och duschar inom hotellbranschen. Åtgärdens teoretiska potential att bidra till ökad vattentillgång var inte så stor på grund av det begränsade antal hotell som inkluderades i studien, men åtgärden visar på den potential till stora kostnadsbesparingar som följer med åtgärder som inbegriper varmvatten- och energibesparingar. De mest kostnadseffektiva åtgärderna för lantbruk och kommun (eller i detta fall region) var småskalig reglerbar dämning i öppna diken respektive ökat grundvattenuttag. De åtgärder som föll ut som minst kostnadseffektiva var de åtgärder som avsågs implementeras på hushållsnivå. En ökad användning av bevattningsdammar var den åtgärd som bidrog till den teoretiskt största ökningen i potentiell vattentillgång. För kommunala åtgärder hade ökat grundvattenuttag och avsaltning störst potential.

Tabell 23. Åtgärder som analyserats med avseende på kostnader och potential (Sjöstrand et al., 2019).

Sektor	Åtgärd	Kort förklaring
Kommunala åtgärder	Aktiv läcksökning	Åtgärden syftar till att enkla hitta läckor i tätorter. Flödesmätare installeras i ett sektionerat ledningsnät (en sektion per 5 000 invånare och ca 2,5 flödesmätare per sektion).
	Avsaltning	Bräckvattenverket Kvarnåkershamn på Gotland som bygger på omvänd osmos ligger till grund för analysen. Denna åtgärd är den enda åtgärden som redan har utförts/pågår. Ledningsdragning som har utförts och planeras att utföras för att det avsaltade vattnet ska nå olika tätorter räknas in i åtgärden.
	Ökat ytvattenuttag	Åtgärden bygger på regionens uppskattningar att öka uttag i en ytvattentäkt genom investeringar i närliggande vattenverk.
	Ökat grundvattenuttag	Analysen bygger på regionens uppskattningar att ta ut mer grundvatten i tre områden på Gotland.
	Konstgjord grundvattenbildning	Analysen bygger på SGU:s uppskattningar för ökad uttagskapacitet vid nio befintliga grundvattentäkter genom konstgjord infiltration av ytvatten.
	Förbättrad avloppsrening för bevattning	Nuvarande reningssteg vid avloppsreningsverken i Roma och Hemse kompletteras med UV-behandling. Det renade avloppsvattnet släpps till befintliga bevattningsdammar.
Hushålls-åtgärder	Regnvatteninsamling för dricksvatten	Regnvatten samlas in på taken i fritids- samt permanentbodda hushåll med enskild vattenförsörjning. Investering i lagringstank och i partikel- & kolfilter samt UV-behandling. Analysen utgår från produkten UVMax IHS12-D4 från Troja.
	Småskalig avsaltning	Avsaltningsanläggningar installeras i fritids- och permanentbodda hus inom 300 meter från Östersjön på Gotlands västkust. Analysen utgår från avsaltningsanläggningarna Lilla respektive Stora Östersjöpaketet (Avloppscenter). Intagsledning och ledning på land ingår i åtgärden.
	Vakuumtoaletter	Vakuumtoaletter installeras i både fritidsbostäder och permanentbodda bostäder. Fritidshuset antas ha en toalett/hus och permanentbodda hus 2 toaletter/hus. Analysen bygger på kostnadsuppskattningar för 1) Befintlig fritidshus med kryppgrund; och 2) Befintlig villa med platta på mark (HaV, 2015).
	BDT-återvinning	Bad- disk och tvättvatten renas för återanvändning i fritids- och permanentbodda hushåll med enskilt vatten. Analysen utgår från produkten Matala Aqua2Use (Avloppscenter).
Lantbruks-åtgärder	Reglerbara dämmen (mindre skala)	Reglerbara dammluckor installeras i öppna diken. Genom dämning höjs grundvattenytan och grödor kan bevattnas underifrån. Vid högförlöde sker ingen dämning. Krav på hög genomsläpplighet i marklager med underliggande ogenomsläppligt lager och litet fall i diket.
	Reglerbara dämmen (större skala)	Samma åtgärd som ovan fast dammluckorna installeras i större diken/flöden.
	Bevattningsdammar	Utökad användning av bevattningsdammar för att lagra ytvatten när flöden är höga och använda för bevattning under tider när flöden normalt sett är lägre. Dammarna anläggs på befintlig jordbruksmark.
	Ändrad bevattningsteknik	Bevattningskanoner ersätts med rampmaskiner för att uppnå högre vattneffektivitet.
Åtgärder inom industri & besöksnäring	Återvinning av länsvatten från kalkindustrin	Analysen bygger på att länsvatten från kalkindustrin renas till dricksvattenkvalitet i ett ytvattenverk. Kostnad för nytt verk samt en kort råvattenledning (1 km) ingår i analysen.
	Bräckvattentoaletter & pooler på campingar	Analysen bygger på att färskvatten byts ut mot bräckvatten i toaletter och pooler på samtliga campingar på Gotland. Uppskattningar av kostnader och potential baseras på utförda åtgärder på Öland.
	Vattensnål teknik i hotellbranschen	Analysen bygger på att duschar och kranar i samtliga hotell som inte redan är anslutna till Nordisk Miljömärkning byts till snålspolande. Kostnad och potential baseras på utförda uppgraderingar på Gotland.

Åtgärder som faller ut som ekonomiskt, socialt eller miljömässigt fördelaktiga i sådana här eller liknande analyser kan dock, trots sin tekniska genomförbarhet, vara förknippade med olika former av implementeringssvårigheter. Sådana svårigheter kan då hindra implementeringen och därmed möjligheten att förbättra vattensituationen. I Tabell 24 listas ett antal hinder som kan vara förknippade med implementering av vattenförbättrande åtgärder.

Tabell 24. Exempel på hinder för implementering (Addams et al., 2009).

Kategori	Underkategori	Förklaring
Finansiell	Otillräcklig tillgång till kapital	Slutanvändare har inte tillgång till finansiella resurser för att betala för nödvändiga kostnader.
	Höga initiala kostnader	De initiala kostnaderna är för höga även om tillgång till kapital är möjligt.
	Höga transaktionskostnader	Vissa åtgärder kan bli avskräckande dyra i form av tidsåtgång och administration pga. exempelvis komplicerade och utdragna tillståndprocesser.
Politisk	Negativ påverkan på väljare	Vissa åtgärder kan medföra negativa konsekvenser för intressenter i politikernas valkretsar.
	Prissättning motsvarar inte värdet på vatten	Åtgärder blir inte ekonomiskt attraktiva eftersom prissättningen på vatten inte motsvarar dess sanna värde.
Strukturell och organisatorisk kapacitet	Fragmenterad sektor	Vissa åtgärder kräver implementering av många slutanvändare för att nå vattenbesparande potential.
	Begränsad utförarkapacitet	Den befintliga kapaciteten i den offentliga eller privata sektorn räcker inte för att genomföra föreslagen åtgärd.
	Oklart eller fragmenterat ansvar	Ansaret för att implementera en åtgärd ligger på flera organisationer utan en tydlig ansvarsgräns.
Social och beteendemässig	Låg prioritering	Att förbättra vatteneffektiviteten är inte ett viktigt inslag i slutanvändarnas beslutsfattande.
	Svårt att verifiera framgång	Åtgärder utförs inte eftersom det är svårt att utvärdera och verifiera besparingar.
	Brist på medvetenhet eller information	Slutanvändaren är inte medveten om hur effektiv en åtgärd kan vara.

För att motverka sådana hinder och skapa incitament för fördelaktiga åtgärder kan olika former av styrmedel införas. Styrmedlen avser att ändra aktörernas beteende så att vattenresurserna kan användas mer effektivt och hållbart. I Tabell 25 ges exempel på generella styrmedel som används inom miljömålsarbetet, uppdelat i administrativa styrmedel, ekonomiska styrmedel, information samt forskning, utveckling och demonstration. De administrativa styrmedlen används ofta för att skapa möjligheter för att använda andra styrmedel, såsom de ekonomiska (Naturvårdsverket, 2012).

Tabell 25. Exempel på styrmedel (Naturvårdsverket, 2012).

Administrativa	Ekonomiska	Information	Forskning
Lagstiftning	Skatter	Upplysning	Forskning
Normer	Skatteavdrag	Miljömärkning	Utveckling
Gränsvärden	Avgifter	Rådgivning	Demonstration
Långsiktiga avtal	Bidrag	Utbildning	Teknik- och systemutvärdering
Miljöklassning	Subventioner	Opinionsbildning	
Regelgivning	Pant		
Teknikkrav	Handel med utsläppsrätter		
Prövning	Handel med certifikat		
Tillsyn	Miljöersättningar		
Målstyrning			

Rey et al. (2018) har utvärderat ett antal ekonomiska styrmedel som har använts i England, Frankrike, Italien, Spanien och Nederländerna för att uppnå politiska mål kring en hållbar vattenresurshantering. Fokus har legat på att kartlägga styrmedlens styrkor, svagheter och oavsiktliga konsekvenser samt att till följd av analysen ta fram riktlinjer och allmänna rekommendationer. De ekonomiska styrmedel som ingick i studien var vattenavgifter, betalning för ekosystemtjänster, subventioner, vattenmarknad, försäkring och frivilliga avtal (Tabell 26). Artikeln avslutas med att konstatera att det inte finns någon lösning som fungerar i alla lägen, och att varje ekonomiskt styrmedel för vattenhantering har styrkor och svagheter som måste beaktas. Dessutom konstateras att ekonomiska styrmedel inte är ett universalmedel för att möta utmaningarna, utan de bör utformas i överensstämmelse med andra styrmedel (exempel i Tabell 25) och/eller tekniska lösningar i syfte att förbättra deras effekt. I processen med att utforma ekonomiska styrmedel är det viktigt, särskilt när det gäller vatten, att vara medveten om att politiska beslut fattas i ett sammanhang av (stor) osäkerhet och att styrmedlens funktion är beroende av hur lagar och andra formella eller informella institutioner i samhället ser ut i övrigt. Det är därför avgörande att berörda intressenter är involverade i processen för att säkerställa att politiska mål och medel är resultatet av ett samförstånd i samhället och att styrmedlen samordnas med andra politikområden.

Tabell 26. Styrkor, svagheter, oavsiktliga konsekvenser samt allmänna rekommendationer för ekonomiska styrmedel. Baserat på utvärdering av styrmedel i Frankrike, Italien, Nederländerna, Spanien och Storbritannien (Rey et al., 2018).

Styrmedel	Definition	Intention	Styrkor	Svagheter	Oavsiktliga konsekvenser	Allmänna rekommendationer
Vattenavgifter	Avgifter som baseras på vattenanvändningens faktiska kostnader och alternativkostnader.	Baserat på lagen om efterfrågan ska högre avgifter leda till ett minskat vattenuttag. Om efterfrågan är oelastisk blir avgifterna intäkthöjande verktyg som kan öronmärkas för förvaltning av vattenresurser.	Effektivt	Motstånd från intressegrupper och relaterade transaktionskostnader.	Inkomstförluster inom jordbruket	Stärk institutionerna
			Verkställande av att förorenaren betalar	Betalningsvilja och -förmåga.	Ekonomiska effekter	Ta fram bestämmelser och få till individuell mätning och debitering.
					Omfördelningseffekter	Komplettera med subventioner för att kompensera vissa drabbade användarkategorier.
Betalning för ekosystem-tjänster	Villkorade betalningar som erbjuds till vattenanvändare i utbyte mot frivilligt tillhandahållande av någon slags ekosystemtjänst.	Användare av ekosystemtjänster betalar eller finansierar de som erbjuder dessa tjänster.	Begränsade transaktionskostnader	Åsidosättande av principen att förorenaren betalar	Undanträngning av inneboende motiv att skydda ekosystem	Robust övervakning och rapportering
			Flexibelt och kostnadseffektivt	Betalningsvilja (rättvisa)	Rättviseaspekter	Prestationsbaserade betalningar
				Betalningsförmåga, inklusive budgetbegränsningar		Säkerställ adekvat tillämpning och varaktighet
Subventioner	Ekonomiskt stöd för att öka utbudet av positiva externa effekter. Kan vara explicit (subventionerade lån, direkta betalningar) eller implicit (reducerad reglering, skattelättnader).	Har bl.a. använts för att främja mer effektiv vattenanvändning och gemensamma uttagsbegränsningar.	Mer rättvis fördelning	Åsidosättande av principen att förorenaren betalar	Dålig design kan leda till utökade uttag	Frikoppla från vattenanvändning
			Begränsade transaktionskostnader	Budgetbegränsningar	Låg effektivitet och kostnadseffektivitet	Använd tydliga subventioner Komplettera med effektiva instrument för att begränsa användning (t.ex. avgifter)

Styrmedel	Definition	Intention	Styrkor	Svagheter	Oavsiktliga konsekvenser	Allmänna rekommendationer
Vattenmarknad	Här definieras vattenhandel som en institutionell miljö som tillåter tillfälliga eller permanenta överföringar av vattenrättigheter mellan aktörer, plats och tid, i utbyte mot ekonomisk kompensation.	Omfördelning av vatten till mer produktiva användningsområden, möjliggör kompensation till de vattenanvändare som får det sämre samt att en del av det handlade vattnet reserveras för miljön.	Tillåter omfördelning av vattenresurser	Höga transaktionskostnader	Asymmetriska effekter på lokala ekonomier (t.ex. livsmedelsindustri)	Upplys genom en objektiv offentlig debatt
			Möjliggör återköp	Institutionell / juridisk komplexitet	Effekter på nedströmsanvändare	Förbättra rättssäkerheten, även för miljön
			Förbättrar ekonomisk effektivitet	Acceptans	Kan öka vattenanvändningen (t.ex. p.g.a. tekniska effektivitetsgap eller vilande licenser)	Effektivisera tillståndsgivning för handel
					Olagliga, okontrollerade marknader	Skapa digital information om marknadsmöjligheter
Försäkring	Ekonomiskt skydd mot riskförhållanden, där den försäkrade överför kostnaden för potentiell förlust till försäkringsgivaren i utbyte mot monetär kompensation.	Genom bildandet av en finansiell fond skyddas försäkringstagarna mot ex. konsekvenser av vattenbrist och torka.	Begränsar uttag som är svåra att övervaka	Betalningsvilja och betalningsförmåga	Över- och undersubventionering	Bedöm betalningsvilja och risk
			Privat finansierat	Ofta subventionerat		Riktade subventioner
				Budgetbegränsningar	Rättviseaspekter	Skala gradvist upp framgångsrika pilotstudier
Frivilliga avtal	Icke-finansiella och frivilliga incitament för att uppnå allmänpolitiska mål.	Kan vara ett kostnadseffektivt sätt att omfördela vatten. Används i allt högre grad på lokal och avringsnings-nivå.	Flexibelt	Låg prestanda om incitamenten inte är korrekt definierade	Kan försena åtgärder vid torka	Utöka bevisbasen
			Acceptabelt	Begränsat till win-win-situationer		Skapa institutionell och rättslig säkerhet
			Billigt	Tekniska, institutionella och/eller juridiska hinder	Uteslutning av vissa användare	Offentlig övervakning
						Tydliga, fördefinierade regler

10 Slutsatser och rekommendationer

För att stärka samhällets förmåga att motstå och hantera vattenbrist och torka krävs insatser från såväl verksamhetsutövare, privatpersoner, dricksvattenproducenter som myndigheter. Användningen av vatten behöver kartläggas och möjliga åtgärder identifieras och utvärderas så att välgrundade prioriteringar och beslut kan göras. Nedan har de huvudsakliga slutsatserna utifrån arbetet med denna rapport sammanfattats liksom rekommendationer kring hur man kan tänka kring vattenanvändning, möjliga åtgärder och prioriteringen av dessa:

- Av de 2,5% av jordens vatten som är sötvatten är 68% bundet i glaciärer och permafrost och 30% utgörs av grundvatten. Ytvatten, som floder och sjöar, utgör enbart 1/150-del av en procent av allt vatten på jorden.
- Globalt står jordbruket för ca 70% av all användning av sötvatten, industrin för 20% och den allmänna vattenförsörjningen för 10%. I Sverige förbrukar dock industrisektorn mer än hälften av det tillgängliga sötvattnet, ca 61%. Hushållen står för 23% av vattenanvändningen, jordbruket för 3% och övrig användning står för 13%. Av industrins vattenanvändning används den största andelen vatten inom massa och pappers-, kemikalie- och metallindustrin. Vattenuttagen i dessa tre näringsgrupper stod 2015 för ca 77% av industrisektorns totala uttag.
- För att minska vattenanvändningen och förebygga problemen med vattenbrist behöver åtgärder genomföras av olika aktörer inom olika sektorer. Detta kan alltså vara åtgärder som påverkar såväl efterfrågan som utbudet på vatten. Vilken typ av information som behövs för att kunna fatta bra beslut för en hållbar och effektiv vattenanvändning på företagsnivå varierar från sektor till sektor. Ett viktigt första steg är dock att lära sig var, när och hur det egna företaget använder vatten. Det är viktigt att ta hänsyn till vattenanvändningen i hela produkt- och tjänstevärdeskedjan. I vissa fall kanske den stora vattenanvändningen sker inom råvaruproduktionen och i andra fall är det driften av anläggningen som kräver mycket vatten. Olika metoder för vattenkartläggning, såsom värdeflödesanalys samt beräkningar av vattenavtryck och vattenbalans, kan användas för att skaffa sig sådan information.
- När man har identifierat områden med ineffektiv vattenanvändning, genom någon av de i denna rapport beskrivna metoderna eller andra, behöver man skapa sig en förståelse för orsakerna till ineffektiviteten. Då kan olika systematiska metoder såsom grundorsaksanalys användas för att identifiera de underliggande orsakerna till ineffektiviteten. Syftet är att fråga sig varför olika problem uppstår så att de bakomliggande faktorerna tydliggörs. En sådan analys bör utföras innan förslag på åtgärder identifieras, detta för att säkerställa att man löser orsaken till problemet och inte enbart behandlar symtomen.
- Efter att vattenanvändning och orsaker till eventuella brister i vatteneffektiviteten kartlagts är det dags att identifiera åtgärder som kan användas för att minska vattenförbrukningen. Då är det viktigt att komma ihåg att vattenbesparing inte enbart handlar om stora tekniska lösningar, utan att även små förändringar kan göra stor skillnad. Det är viktigt att all personal har möjlighet att komma med förslag på förbättringsåtgärder. Alla verksamheter ser dock olika ut och möjliga åtgärder skiljer sig därför åt och måste identifieras

specifikt för den aktuella verksamheten. I Bilaga A finns en checklista med frågor som kan ställas för att identifiera förbättringsåtgärder inom olika delar av företaget. Generella frågor för att identifiera möjliga sätt att minska vattenanvändning är om man i verksamheten kan:

- förhindra vattenförluster,
 - helt undvika vattenanvändning,
 - minska på vattenanvändningen,
 - återanvända vatten, eller
 - återvinna vatten.
- När man har identifierat ett antal alternativa förbättringsåtgärder behöver man avgöra vilken eller vilka åtgärder som ska prioriteras. Då kan med fördel olika beslutsstödsmetoder, såsom kostnads-nyttoanalys, kostnads-intäktsanalys eller multikriterieanalys, användas för utvärdering och jämförelse av åtgärder. De två första metoderna har ett ekonomiskt fokus, på samhälls- eller företagsnivå, medan multikriterieanalys möjliggör en bredare analys, t.ex. ur ett hållbarhetsperspektiv. Dessa metoder ger då guidning och stöd för prioritering och beslut så att de beslut som fattas är välgrundade, transparenta och tar hänsyn till det som anses viktigt för just den specifika organisation, situation eller region man befinner sig i.
- Men även om åtgärder faller ut som ekonomiskt, socialt eller miljömässigt fördelaktiga i sådana analyser kan de dock, trots sin tekniska genomförbarhet, vara förknippade med olika former av implementeringssvårigheter. Det kan exempelvis handla om finansiella hinder, såsom höga initiala investeringskostnader, eller strukturella hinder, där åtgärderna kan vara förknippade med ett oklart eller fragmenterat ansvar. Sådana svårigheter kan då hindra implementeringen och därmed möjligheten att förbättra vattensituationen. För att motverka sådana hinder och skapa incitament för fördelaktiga åtgärder kan det vara nödvändigt att modifiera existerande styrmedel och/eller införa olika former av nya styrmedel. Styrmedlen avser att ändra aktörernas beteende så att vattenresurserna kan användas mer effektivt och hållbart. Det är därför angeläget att analyser av åtgärder kompletteras med en identifiering av implementeringshinder och lämpliga styrmedel, helst i samverkan med den aktör i samhället som har rådighet att göra någonting åt hindren, t.ex. myndigheter och politiska organ på olika nivåer.

11 Referenser

- Aastrup, M., Thunholm, B., Sundén, G., & Dahné, J. (2012). *Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten. SGU-rapport 2012:27.*: Sveriges Geologiska Undersökning.
- Addams, L., Boccaletti, G., Kerlin, M., & Stuchtey, M. (2009). *Charting our water future - Economic frameworks to inform decision-making.* 2030 Water Resources Group.
- Ahn, Y. H., & Pearce, A. R. (2013). Green Luxury: a Case Study of Two Green Hotels. *Journal of Green Building*, 8(1), 90-119.
- Angulo, A., Atwi, M., Barberan, R., & Mur, J. (2014). Economic analysis of the water demand in the hotels and restaurants sector: Shadow prices and elasticities. *Water Resources Research*, 50, 6577–6591. doi:10.1002/
- AQUAFIT4USE. (2012). Water in Industry, Fit-for-Use Sustainable Water Use in Chemical, Paper, textile and Food Industry.
- Aquastat. (2016). *Water withdrawal by sector, around 2010.* http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf.
- Ashton, V., Lawson, R., D., Marshallsay, D., & Ponsonby, K. (2015). *Water efficiency evidence base statistical analysis. Final Report.*: Artesia Consulting Ltd, Bristol.
- Austrade. (2017). *Water in mining: The Australian Trade Commission – Austrade*
- Beal, C., & Stewart, R. A. (2011). *South East Queensland Residential End Use Study: Final Report* (Vol. Technical Report No. 47): Urban Water Security Research Alliance.
- Becken, S. (2014). Water equity – Contrasting tourism water use with that of the local community. *Water Resources and Industry*, 7-8, 9-22. doi:10.1016/j.wri.2014.09.002
- Bockstael, N. E., & McConnell, K. E. (2006). *Environmental and Resource Valuation with Revealed preferences – A theoretical guide to empirical models.* Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Bouma, J. A., & van Beukering, P. J. H. (2015). *Ecosystem Services.* Cambridge University Press.
- Brantes, R. (2008). *Best practices and the efficient use of water in the mining industry:* Chilean Copper Commission (Cochilco).
- Brown, A. (2011). *A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies:* The Sustainability Consortium.
- Bureau of Reclamation. (2009). *Cataloguing Commercial, Industrial, and Institutional Customer Classes. Water and Energy Efficiency Program for Commercial, Industrial, and Institutional Customer Classes in Southern California:* U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation
- Calvert. (2006). *55% of Investors Think SRI Mutual Funds Help Keep Companies Honest, Products Safer.* Yahoo Finance. Press Release. 23 January 2006.
- CDWR. (2013). *Commercial, Industrial, and Institutional Task Force Water Use Best Management Practices Report to the Legislature:* State of California, Department of Water Resources.
- Clarke, A., Grant, N., & Thornton, J. (2009). *Quantifying the energy and carbon effects of water saving. Full technical report.* . http://www.elementalsolutions.co.uk/wp-content/uploads/2012/08/i-2504_EST_Water_report_.pdf; Elemental Solutions. Hereford. UK.
- Cole, S. (2012). A political ecology of water equity and tourism. *Annals of Tourism Research*, 39(2), 1221-1241. doi:10.1016/j.annals.2012.01.003
- DCLG. (2009). *Multi-criteria analysis: a manual.* Department for Communities and Local Government: London.

- Dworak, T., Berglund, M., Laaser, C., Strosser, P., Roussard, J., Grandmougin, B., Kossida, M., Kyriazopoulou, I., Berbel, J., Kolberg, S., Rodríguez-Díaz, J. A., & Montesinos, P. (2007). *EU Water saving potential* Ecologic, Institute for International and European Environmental Policy.
- EC. (2007). Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union. COM/2007/0414 final. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/scarcity_en.htm
- EEA. (2009). *Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought*: European Environment Agency.
- EEA. (2012). *Towards efficient use of water resources in Europe*: European Environmental Agency.
- EEA. (2018). *The development of water abstraction since the 1990s*. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/water-abstractions-for-irrigation-manufacturing-3#tab-chart_1: European Environment Agency (EEA).
- Eklund, A., Axén Mårtensson, J., Bergström, S., Björck, E., Dahné, J., Lindström, L., Nordborg, D., Olsson, J., Simonsson, L., & Sjökvist, E. (2015). *Sveriges framtida klimat - Underlag till Dricksvattenutredningen* (Vol. KLIMATOLOGI Nr 14, 2015): SMHI.
- Eklund, F. (2018). *Regional vattenförsörjningsplan för Gotlands län*: Länsstyrelsen i Gotlands län.
- Envirowise. (2002). *Reducing water costs in paper and board mills*: Envirowise, UK.
- Eriksson, M., & Strid, I. (2013). *Svinnreducerande åtgärder i butik - Effekter på kvantitet, ekonomi och klimatpåverkan*: Rapport 6594, Naturvårdsverket.
- European Commission. (2012). *Gap Analysis of the Water Scarcity and Droughts Policy in the EU* (Vol. Tender ENV.D.1/SER/2010/0049).
- Eurostat. (2014). *Water use in industry*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Water_use_in_industry.
- Eurostat. (2017). *Water statistics*.
- Eurostat. (2018). *Water exploitation index by type of water source*. https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=sdg_06_60&plugin=1: Eurostat.
- Eveborn, D., Vikberg, E., Thunholm, B., Hjerne, C.-E., & Gustafsson, M. (2017). *Grundvattenbildning och grundvattentillgång i Sverige* (Vol. 2017:09): Sveriges geologiska undersökning.
- Franke, N., & Mathews, R. (2013). *C&A's Water Footprint Strategy: Cotton Clothing Supply Chain*.
- Freeman, A. M., Herriges, J. A., & Kling, C. L. (2014). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. RFF Press.
- Fyfe, J., May, D., & Turner, A. (2010). Techniques for estimating water saved through demand management and restrictions *Integrated resource planning for urban water—resource papers*: Waterlines report, National Water Commission, Canberra.
- Fyfe, J., Mohr, S., May, D., & Rickwood, P. (2011). *Statistical Evaluation of Water, Electricity and Greenhouse Gas Savings*: From the Think Water, Act Water Residential Efficiency Programs report prepared for the ACT Environment and SustainableDevelopmentDirectorate by the Institute for Sustainable Futures, UTS, Sydney.
- GW. (2011). *Water for Mining: Opportunities in scarcity and environmental regulation*: Global Water Intelligence (GWI), Media Analytics Ltd, Oxford, UK.
- Gössling, S., Peeters, P., Hall, C. M., Cerone, J.-P., Dubois, G., Lehmann, L. V., & Scott, D. (2012). Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review. *Tourism Management*, 33(1-15). doi:10.1016/j.tourman.2011.03.015
- HaV. (2015). *Att installera vakuumtoalett i befintliga hus eller vid nybyggnation*.

- Henderson, K., Somers, K., & Stuchtey, M. (2013). *Measuring the real cost of water*. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Measuring%20the%20real%20cost%20of%20water/Measuring%20the%20real%20cost%20of%20water.ashx>: McKinsey Quarterly.
- Hoekstra, A. Y. (2008). The water footprint of food. In J. Förare (Ed.), *Water for food: The Swedish Research Council for Environment*.
- ICMM. (2012). *Water management in mining: a selection of case studies*: International Council on Mining and Metals (ICMM), London, UK.
- InvestNI. (2018). *A Practical Water Efficiency Guide for Businesses in Northern Ireland*: Invest Northern Ireland.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC 5th Assessment Report*: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Johansson, P.-O., & Kriström, B. (2016). *Cost-Benefit Analysis for Project Appraisal*: Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Johnson, J., & Xie, W. (2017). *Paste and thickened tailings water benefits – case studies*. Paper presented at the 20th International Seminar on Paste and Thickened Tailings, University of Science and Technology Beijing, Beijing.
- Johnston, R., J., Rolfe, J., Rosenberger, R. S., & Brouwer, R. (2015). *Benefit Transfer of Environmental and Resource Values. A Guide for Researchers and Practitioners* (Vol. 14): Springer.
- Kirby, R. M., Bartram, J., & Carr, R. (2003). Water in food production and processing: quantity and quality concerns. *Food Control*, 14(5), 283-299. doi:10.1016/S0956-7135(02)00090-7
- Kriström, B., & Bonta Bergman, M. (2014). *Samhällsekonomiska analyser av miljöprojekt - en vägledning*. Naturvårdsverket Rapport 6628.
- Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., & Ward, P. J. (2012). Lost food, wasted resources: global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Sci Total Environ*, 438, 477-489. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.08.092
- Lange, F. (2008).
- Lee, M., Tansel, B., & Balbin, M. (2011). Influence of residential water use efficiency measures on household water demand: A four year longitudinal study. *Resources, Conservation and Recycling*, 56(1), 1-6. doi:10.1016/j.resconrec.2011.08.006
- Lindqvist, F. (2013). *Grundorsaksanalys i System C2 en enkel och generell systematik*: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Manivasakam, N. (2011). *Industrial Water - Quality Requirements*. https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpiWQR0003/viewerType:toc/root_slug:industrial-water-quality-2?kpromoter=federation: Chemical Publishing Company Inc.
- Manouseli, D., Anderson, B., & Nagarajan, M. (2017). Domestic Water Demand During Droughts in Temperate Climates: Synthesising Evidence for an Integrated Framework. *Water Resources Management*, 32(2), 433-447. doi:10.1007/s11269-017-1818-z
- Mayer, P. W., & De Oreo, W. B. (1999). *Residential end uses of water*: AWWA Research Foundation and American WaterWorks Association, Denver, USA.
- Metcalf, A. (2013). *Water Scarcity to Raise Capex and Operating Costs, Heighten Operational Risks*. file:///C:/Users/karsjos/Downloads/CCSI_Policy_Paper__Leveraging_Mining-Related_Water_Infrastructure_for_Development__March_2014.pdf: Moody's Investors Service.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2007). *El agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas*, : Minist. de Medio Ambiente, Madrid.
- Mirata, M., & Emtairah, T. (2014). *Water Efficiency Handbook*: Arab Forum for Environment and Development (AFED).

- Monat, J., P. . (2009). The benefits of global scaling in multi-criteria decision analysis. *Judgment and Decision Making*, 4(6), 492–508.
- Morrison, J., Morikawa, M., Murphy, M., & Schulte, P. (2009). *Water Scarcity & climate change: Growing Risks for Businesses & Investors*: CERES.
- Munda, G. (2005). Multiple Criteria Decision Analysis and Sustainable Development. In J. Figueira, S. Greco, & M. Ehrogott (Eds.), *Multi criteria decision analysis: State of the art surveys* (pp. 953–986): Springer: New York, NY, USA.
- Naturvårdsverket. (2012). *Styrmedel för att nå miljökvalitetsmålen - En kartläggning. Rapport 6415*.
- Naturvårdsverket. (2018). Hållbara textilier.
- Naturvårdsverket. (2019a). Fakta om matavfall.
- Naturvårdsverket. (2019b). Sveriges Miljömål - Ökad resurshållning i livsmedelskedjan.
- Nordisk Miljömärkning. (2017). *Om Svanenmärkta hotell, restauranger och konferenser*.
- Papargyropoulou, E., Lozano, R., K. Steinberger, J., Wright, N., & Ujang, Z. b. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *Journal of Cleaner Production*, 76, 106-115. doi:10.1016/j.jclepro.2014.04.020
- Pearce, D., Atkinson, G., & Mourato, S. (2006). *Cost-Benefit Analysis and the Environment. Recent Developments*.: OECD Publishing.
- Rathnayaka, K., Malano, H., & Arora, M. (2016). Assessment of Sustainability of Urban Water Supply and Demand Management Options: A Comprehensive Approach. *Water*, 8(12), 595. doi:10.3390/w8120595
- Rey, D., Pérez-Blanco, C. D., Escrivá-Bou, A., Girard, C., & Veldkamp, T. I. E. (2018). Role of economic instruments in water allocation reform: lessons from Europe. *International Journal of Water Resources Development*, 35(2), 206-239. doi:10.1080/07900627.2017.1422702
- Ricaurte, E. (2018). *Benchmarking Index 2018: Carbon, Energy, and Water*: Ithaca, NY: Cornell University School of Hotel Administration, Center for Hospitality Research.
- Rico-Amoros, A. M., Olcina-Cantos, J., & Sauri, D. (2009). Tourist land use patterns and water demand: Evidence from the Western Mediterranean. *Land Use Policy*, 26(2), 493-501. doi:10.1016/j.landusepol.2008.07.002
- SCB. (2012). *Vattenuttag och vattenanvändning i Sverige 2010*: Statistiska Centralbyrån.
- SCB. (2017a). *Industrins vattenanvändning 2015*: Statistiska Centralbyrån.
- SCB. (2017b). *Vattenanvändningen i Sverige 2015*: Statistiska Centralbyrån.
- SCB. (2017c). *Vattenuttag och vattenanvändning i Sverige*. Statistikdatabasen: Statistiska Centralbyrån.
- Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., & Ranganathan, J. (2019). *Creating a Sustainable Food Future - A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050*: World Resources Institute.
- Senevirante, M. (2007). *A Practical Approach to Water Conservation for Commercial and Industrial Facilities*: Elsevier ButterworthHeinemann, Oxford, UK. .
- Shaikh, M. A. (2009). Water conservation in the textile industry. *Pakistan Textile Journal*, November, 48-51.
- Shiklomanov, I. (1993). World fresh water resources. In P. Gleick, H. (Ed.), *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*: Oxford University Press, New York.
- Sjökvist, E., Abdoush, D., & Axén, J. (2019). *The summer 2018 - a glimpse of the future?* (Vol. KLIMATOLOGI 52): Swedish Meteorological and Hydrological Institute.
- Sjöstrand, K., Lindhe, A., Söderqvist, T., Dahlqvist, P., & Rosén, L. (2019). Marginal abatement cost curves for water scarcity mitigation under uncertainty Submitted to: *Water Resources Management*.

- Sjöstrand, K., Lindhe, A., Söderqvist, T., & Rosén, L. (2018). Sustainability assessments of regional water supply interventions – Combining cost-benefit and multi-criteria decision analyses. *Journal of Environmental Management*, 225, 313-324. doi:10.1016/j.jenvman.2018.07.077
- Sorby, L. (2016). *Sammanställning av länsstyrelsernas och några nationella myndigheters erfarenheter och konsekvenser för vattenresurser och vattenmiljön av vädersituationen under 2016*: Havs- och vattenmyndigheten.
- Sorby, L. (2017). *Sammanställning av länsstyrelsernas och några nationella myndigheters erfarenheter och konsekvenser för vattenresurser och vattenmiljön av vädersituationen under 2017*: Havs- och Vattenmyndigheten.
- SOU 2015:51. *Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning - Delbetänkande av Dricksvattenutredningen*: Statens Offentliga Utredningar
- Statista. (2018). <https://www.statista.com/topics/962/global-tourism/>: Statista Research Department, Aug 21, 2018.
- Stave, S. E. (2006). Water consumption in Food Processing and the Service Industries in Norway: Statistics Norway.
- Stratton, H., Fuchs, H., Chen, Y., Dunham, C., & Williams, A. (2016). *Water and wastewater rate hikes outpace CPI* Lawrence Berkeley, National Laboratory, May 2016.
- Sydney Water. (2007). *Best practice guidelines for water conservation in commercial office buildings and shopping centres*: Sydney Water Corporation.
- Szyplinska, P. (2012a). *CEO 360 Degree Perspective of the Global Mining Water and Wastewater Treatment Market*: Frost & Sullivan.
- Szyplinska, P. (2012b). Thirsty world of mining: Harvesting new water solutions. *WaterWorld*.
- Söderqvist, T., Lindhe, A., L., R., & Kinell, G. (2014). *Grundvattnets ekosystemtjänster och deras ekonomiska värden – en inledande kartläggning*. SGU 2014:40: Sveriges Geologiska Undersökning.
- The UK Environment Agency. (2004). *It Pays to be Green*. Environment Agency tells Business and Investors. : UK. 9 November 2004.
- Tillman, P. (2012). *Water Savings from Residential Toilet Replacement Program*. Paper presented at the Ozwater'12, Sydney.
- Toledano, P., & Roorda, C. (2014). *Leveraging Mining Investments in Water Infrastructure for Broad Economic Development: Models, Opportunities and Challenges*: Columbia Center on Sustainable Investment.
- Trafikverket. (2018). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, ASEK*.
- Tsai, Y., Cohen, S., & Vogel, R. M. (2011). The Impacts of Water Conservation Strategies on Water Use: Four Case Studies. *J Am Water Resour Assoc*, 47(4), 687-701. doi:10.1111/j.1752-1688.2011.00534.x
- Turner, A., Boyle, T., Mohr, S., Fyfe, J., & Bruck, J. (2012). *Quantitative Evaluation of Residential and School Efficiency Programs*: Prepared by the Institute for Sustainable Futures for the Hunter Water Corporation.
- Turner, A., White, S., Kazaglis, A., & Simard, S. (2007). Have we achieved the savings? The importance of evaluations when implementing demand management. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(5-6), 203-210. doi:10.2166/ws.2007.111
- UNDESA. (2014). *International Decade for Action Water for Life 2005-2015: Water scarcity*. . <https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>: United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA).
- UNESCO. (2016). *The United Nations World Water Development Report 2016 Report - Water and Jobs*: The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNESCO. (2018). *The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>.

- US EPA. (2011). *Lean & Water Toolkit- Achieving Process Excellence Through Water Efficiency*. www.epa.gov/lean: United States Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2012a). *Guidelines for water reuse*: United States Environment Protection Agency.
- US EPA. (2012b). *Watersense at Work - Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities*: U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA. (2019). H2Otel Challenge.
- USGS. (2016). *Where is Earth's Water?*
<http://ga.water.usgs.gov/edu/waterdistribution.html>
- Vale. (2012). *Sustainability report*.
- Van Oel, P. R., & Hoekstra, A. Y. (2010). *The green and blue water footprint of paper products: methodological considerations and quantification* (Vol. Value of Water Research Report Series No. 46): UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Water Footprint Network. (2019). Product water footprint.
- Waterwise. (2008). *Evidence Base for Large-scale Water Efficiency in Homes*.
[http://www.waterwise.org.uk/data/2008 Waterwise evidence base.pdf](http://www.waterwise.org.uk/data/2008%20Waterwise%20evidence%20base.pdf):
Prepared by Waterwise, London, UK.
- Waterwise. (2010). *Evidence base for large-scale water efficiency in Homes. Phase II- Interim report*. London. <https://www.waterwise.org.uk/resource/evidence-base-for-large-scale-water-efficiency-in-homes-phase-ii-interim-report-2010/>.
- Vikberg, E., Thunholm, B., Thorsbrink, M., & Dahné, J. (2015). *Grundvattennivåer i ett förändrat klimat – nya klimatscenarier* (Vol. SGU-rapport 2015:19): Sveriges Geologiska Undersökning.
- Willis, R. M. (2010). *Domestic water end use study: an investigation of the water savings attributed to demand management strategies and dual reticulated recycled water systems*. (Doctoral), Griffith University, Australia.
- Willis, R. M., Stewart, R. A., Giurco, D. P., Talebpour, M. R., & Mousavinejad, A. (2013). End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices. *Journal of Cleaner Production*, 60, 107-115. doi:10.1016/j.jclepro.2011.08.006
- WRAP. (2011). *The water and carbon footprint of household food and drink waste in the UK*.
- WRI. (2013). *Reducing food loss and waste. Working Paper*: World Resources Institute.
- Young, R. A., & Loomis, J. B. (2014). *Determining the economic value of water. Concepts and methods*. : RFF Press.

BILAGA A

CHECKLISTA FÖR VATTENBESPARING

Fråga	Ja	Nej
Generellt		
Finns fastställda mål för vattenbesparing, för företaget och för alla anläggningar?		
Finns det en plan för hur fastställda mål ska nås?		
Är det känt var den största potentialen för vattenbesparing finns?		
Kan olika processteg återanvända vatten från andra processer, med befintlig vattenkvalitet eller efter installerade reningssteg?		
Jämförs företagets vattenanvändning genom benchmarking?		
Finns vattenmätare installerade vid de användningsområden/processer som kräver mycket vatten?		
Finns timrar för automatisk avstängning av vatten där så är möjligt, t.ex. vid slutet av en produktionscykel?		
Är utrustning inställd på lägsta flödes hastighet som rekommenderas av tillverkaren?		
Finns tryckreducerande anordningar på utrustning som inte kräver högt tryck?		
Är den totala kostnaden för vatten och avlopp känd, inklusive indirekta vattenrelaterade kostnader?		
Underhåll		
Utförs regelbundna läckageinspektioner?		
Kontrolleras och byts ventiler och tätningar regelbundet?		
Repareras eller byts läckande kranar, felaktiga beslag och trasiga rör omedelbart efter identifiering?		
Är effektiv vattenanvändning del av utvärderingskriterierna vid införskaffande av ny utrustning?		
Medarbetare		
Utförs utbildning av anställda för identifiering av läckor och effektiv vattenanvändning?		
Finns skyltar eller liknande ute i verksamheten som påminner anställda om effektiv vattenanvändning?		
Informeras anställda om trender och förbättringar inom vattenanvändningen?		
Finns det ett användarvänligt system för att föreslå vattenförbättrande åtgärder och för att rapportera läckor?		
Är någon på företaget ansvarig för effektivisering av vattenanvändningen?		
Kyla och värme		
Återanvänds condensat, behandlat avloppsvatten och andra vattenströmmar från värme- och kylanläggningar?		
Används luftkonditionering enbart vid behov?		
Finns översämningslarm vid kyltornen?		
Finns konduktivitetsmätare vid varje kyltorn och rengörs de regelbundet?		
Har kylvattensystemet optimerad kemikalie- och salthalt?		
Kan vattenbaserade system ersättas av vattenfria?		
Toaletter och badrum		
Är vattensnåla armaturer installerade, t.ex. toaletter med två spolknappar och vattensnåla duschar och kranar?		
Är rörsystem justerade för minimerad vattenanvändning?		
Kök		
Sköljs tallrikar och kokkärl mm före diskning?		
Tillåts vatten rinna vid matlagning och/eller handdisk?		
Används rinnande vatten för tining av mat?		
Fylls diskmaskiner till fullo före användning?		
Används vattenkylda ismaskiner?		

Fråga	Ja	Nej
Används vattensnåla diskmaskiner?		
Tvätt		
Fylls tvättmaskiner till fullo före tvätt?		
Används vattensnåla tvättmaskiner?		
Kan tvättvattnet återanvändas?		
Städ		
Är alla slangar utrustade med automatiska avstängningsmunstycken?		
Utförs vattenfri rengöring där det är möjligt, t.ex. genom att använda tryckluft för rengöring av utrustning?		
Återanvänds tvätt/skölj-vatten för rengöring av områden med lägre behov av vattenkvalitet eller för andra applikationer inom eller utom anläggningen?		
Används rengöringsmedel som kan tas bort med lite vatten?		
Utförs rengöring enbart vid behov?		
Utemiljö		
Har val av växter anpassats efter det lokala klimatet?		
Har växter grupperats efter vattenbehov?		
Är bevattning nödvändigt?		
Används effektiv bevattningsteknik och optimerad tidsinställning?		
Finns system för dagvatten- och/eller regnvatteninsamling för användning vid bevattning eller för annan användning?		
Kan vattenströmmar från driften användas för bevattning?		
Övervakas bevattningen genom vattenmätare?		
Används vatten för rengöring av hårdgjorda ytor?		
Kommentarer		
Rekommenderade åtgärder		

Checklista framtagen med inspiration från US EPA (2011), Senevirante (2007) och (Sydney Water, 2007)

BILAGA B

TIPS PÅ YTTERLIGARE INFORMATION

I denna bilaga ges tips på rapporter och hemsidor där man kan hitta ytterligare nyttig information.

Water Scarcity & Droughts in the European Union

https://ec.europa.eu/environment/water/quantity/good_practices.htm

Vägledning, rapporter, goda exempel och “lessons learned” kring vattenbrist och torka inom EU.

Alliance for Water Efficiency

<https://www.allianceforwaterefficiency.org/resources/cii>

Alliance for Water Efficiency tillhandahåller information om besparingsmöjligheter, samt länkar till forskning och verktyg. På hemsidorna diskuteras olika strategier för att minska, återanvända och återvinna vatten.

Water in the West

<http://waterinthewest.stanford.edu/>

Med utgångspunkt i Kaliforniens vattensituation tillhandahålls rapporter, presentationer, videos mm från forskare på Stanford.

Pacific Institute

https://pacinst.org/wp-content/uploads/2007/09/crest_of_a_wave3.pdf

Rapporten *At the Crest of a Wave: A Proactive Approach to Corporate Water Strategy* är en vägledning för hur företag kan skapa en strategi för att hantera vattenrelaterade risker och möjligheter.

WaterSense

<https://www.epa.gov/watersense>

US Environmental Protection Agency tillhandahåller verktyg, tips och goda exempel för en rad olika verksamhetsområden.

Collecting the Drops: A Water Sustainability Planner

<http://waterplanner.gemi.org/index.htm>

Ett webbaserat verktyg med tillhörande nedladdningsbara dokument som ger vägledning för företag kring vattenanvändning och påverkan på vattenförsörjning.

Connecting the Drops Toward Creative Water Strategies: A Water Sustainability Tool

<http://gemi.org/water/>

Detta verktyg presenterar fallstudier och ger vägledning för att hjälpa företag med identifiering av åtgärder, planering och implementering i syfte att minska på vattenanvändningen.

GEMI Local Water Tool

<http://gemi.org/localwatertool/>

Ett gratisverktyg för företag och organisationer för att utvärdera externa effekter, affärsrisker, möjligheter och förvaltningsplaner relaterade till vattenanvändning och utsläpp på en specifik plats eller verksamhet.

Making Every Drop Work

<https://www.nrdc.org/resources/making-every-drop-work-increasing-water-efficiency-californias-commercial-industrial-and>

Tillhandahåller rapporter för kommersiella, industriella och institutionella sektorn kring vatteneffektivitet.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Ideon Science Park, 223 70 LUND
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Energi och cirkulär
ekonomi
RISE Rapport :2019:79
ISBN: