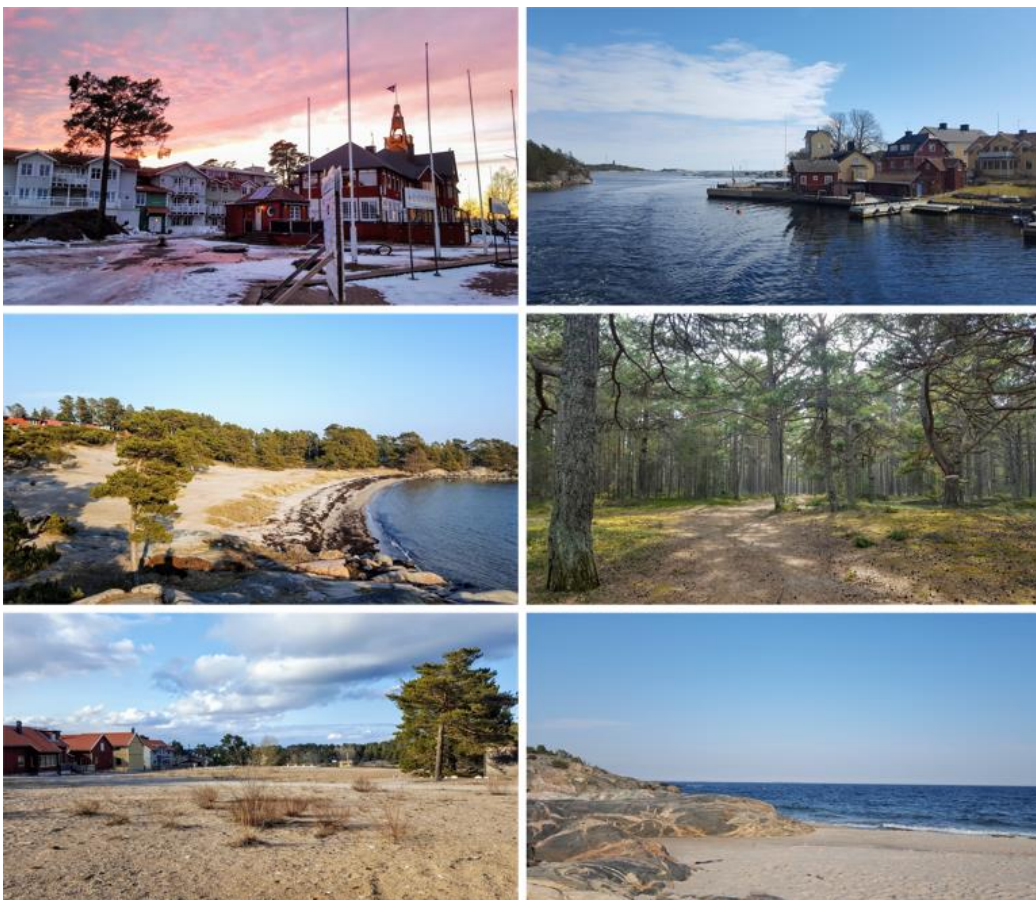


---

CIRCULAR WATER CHALLENGE

---

## En studie om vatten och avlopp på Sandhamn



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>UPPDRAGET</b>	<b>5</b>
3.1	TRESKIKTSMODELLEN	5
3.2	ARBETSSÄTT	5
<b>4</b>	<b>OM SANDÖN/SANDHAMN</b>	<b>7</b>
4.1	ATT TA SIG TILL OCH RUNT PÅ SANDÖN	8
4.2	SERVICE	9
<b>5</b>	<b>NATURLANDSKAPET</b>	<b>10</b>
5.1	GEOLOGI	10
5.2	HYDROLOGI OCH KLIMAT	11
5.3	HAV: YTOR, DJUP, FLORA OCH FAUNA	12
5.4	LAND: TOPOGRAFI, FLORA OCH FAUNA	12
5.5	VATTENRESURSER	15
5.6	VATTENKVALITET	19
5.7	SAMMANFATTNING	19
<b>6</b>	<b>KULTURLANDSKAPET</b>	<b>20</b>
6.1	BEFOLKNING OCH BOSÄTTNINGAR	20
6.2	JORDBRUK, DJURHÅLLNING OCH FISKE	22
6.3	SMÅINDUSTRI	22
6.4	TURISM	22
6.5	SPORT/AKTIVITET	24
6.6	SAMHÄLLSTJÄNSTER	25
6.7	VATTENBEHOV OCH EFTERFRÅGAN (KONSUMTIONSPERSPEKTIV)	25
6.8	SYNEN PÅ VATTEN	25
6.9	SAMMANFATTNING	26
<b>7</b>	<b>TEKNIKLANDSKAPET</b>	<b>27</b>
7.1	VATTENPRODUKTION: TÅKTER, VATTENVERK, RESERVOARER OCH LEDNINGSNÄT	27
7.2	AVLOPP: LEDNINGSNÄT OCH RENINGSVERK	29
7.3	PRIVATA BRUNNAR OCH AVLOPP	31
7.4	ANDRA PÅGÅENDE VATTENPROJEKT	32
7.5	MYNDIGHETSUTÖVNING, KOSTNADSSTRUKTUR OCH PRISSÄTTNING	33
7.6	MAKTEN ÖVER VA	34
7.7	SAMMANFATTNING	35
<b>8</b>	<b>CIRKULÄRT VATTENBRUK – FÖRSLAG FÖR SANDÖN</b>	<b>36</b>
8.1	ÅTERANVÄNDNING AV VATTEN PÅ SEGLARHOTELLET	39
8.2	ÅTERVINN VATTEN FRÅN RENINGSVERKET PÅ TELEGRAFHOLMEN	39
8.3	ÅTERANVÄND VATTEN I ENSKILDA HUSHÅLL	39
<b>9</b>	<b>LITTERATURFÖRTECKNING</b>	<b>41</b>

## 1 Sammanfattning

Vatten är en livsnödvändig resurs, ändå förvaltas vattenresurser ofta på ett linjärt sätt vilket har medfört att samhällen delvis överutnyttjar resursen. Ett cirkulärt vattensystem, vilket återanvänder vatten inom det tekniska systemet, kan potentiellt förbättra miljöförhållanden och minska belastningen på naturliga vattenresurser. Den här studien syftar till att beskriva vatten och avloppssituationen på Sandön (Sandhamn) i Stockholms skärgård och identifiera möjliga sätt att införa återanvändning av vatten. Detta är en delstudie av projektet Circular Water Challenge, lett av Christian Pleijel och Anders Nordström. Sandön beskrivs här enligt en treskiktsmodell där öns naturliga förutsättningar, mänskliga behov och tekniska system beskrivs var för sig.

I avsnittet om naturlandskapet framgår att ett hållbart vattenuttag på 345 000 m<sup>3</sup> per år är möjligt. Det är dock viktigt att poängtera att grundvattenavrinning från grundvattenmagasinen ut till havet sker och att den rätt höga uppskattningen på 345 000 m<sup>3</sup> per år representerar det möjliga uttaget om allt vatten magasineras i akvifererna. I avsnittet om kulturlandskapet framgår att Sandöns befolkning och verksamheter har ett behov av 49 700 m<sup>3</sup> per år, varav ca 84% är under sommaren. Statistik från färjebolag visar att antalet på och avstigande på Sandön ökar från april, har en stor topp i juli för att sedan drastiskt minska i september. I avsnittet om tekniklandskapet framgår att 48 348 m<sup>3</sup> dricksvatten produceras i kommunens vattenverk per år samt att reningsverket släpper ut 42 926 m<sup>3</sup> renat avloppsvatten till Östersjön per år. Uttaget och utsläppet följer samma mönster som färjebolagens passagerarstatistik med en stor topp i juli. Sammantaget visar detta att det på en årlig basis finns en tillräcklig mängd dricksvatten att tillgå. Dock är det mänskliga behovet extremt ojämnt över året med en stor topp i juli. Således behövs åtgärder för att tillgodose efterfrågan under sommarmånaderna, om besök och verksamheter ska kunna fortgå som tidigare.

Det finns goda möjligheter att återanvända vatten på Sandön. Framförallt kan stora vattenkonsumenter införa cirkulära system där vatten återanvänds inom verksamheten. Renat avloppsvatten från reningsverket skulle kunna användas för att spola toaletter sommartid. Enskilda fastighetsägare kan också på ett fördelaktigt sätt återanvända vatten genom att spola toaletter med vatten som används för att tvätta händerna eller duschar. Studien visar att cirkulära vattensystem innebär möjligheter att minska trycket på vattenresurser samt använda dem på ett mer effektivt sätt. Det mest avgörande kriteriet för en lyckad cirkulär vattenförvaltning är acceptans från allmänheten, och i synnerhet de som ska använda lösningarna.

## 2 Summary

Water is essential for all living beings, yet water resources are often managed in a linear manner, which has allowed societies partly overuse the resource. A circular water system, which recycles water within the technical system, can potentially improve environmental conditions and reduce the pressure on natural water resources. This study aims to describe the water and the sewage situation on Sandön (Sandhamn) in the Stockholm archipelago and identify possible ways of introducing water reuse. This study is part of the Circular Water Challenge project, led by Christian Pleijel and Anders Nordström. Sandön is here described according to a three-layer model in which the island's natural conditions, human needs and technical systems are described separately.

The section of the natural landscape shows that a sustainable water outtake of 345 000 m<sup>3</sup> per year is possible. It is, however, important to point out that groundwater runoff from groundwater reservoirs to the sea takes place, and that the quite high estimate of 345 000 m<sup>3</sup> per year represents the possible outtake if all water is stored in the aquifers. The section on the culture landscape shows that Sandön's population and businesses have a need for 49 700 m<sup>3</sup> per year, of which approximately 84% is needed in the summer. Statistics from ferry companies show that the number of persons arriving to and departing from Sandön increases from April, has a large peak in July and then drastically decrease in September. The section of the technical landscape shows that 48 348 m<sup>3</sup> drinking water is produced in the municipality's water plants per year and that the treatment plant discharges 42 926 m<sup>3</sup> of purified waste water to the Baltic Sea per year. The outtake and the discharge follow the same pattern as the ferryboat's passenger statistics with a big peak in July. Overall, this shows that there is enough drinking water available on an annual basis. However, the human need is extremely uneven over the year with a big peak in July. Thus, measures are needed to meet the demand during the summer months, if visits and activities should be able to continue as usual.

There are good opportunities to reuse water on Sandön. Above all, large water consumers could beneficially introduce circular water systems where water is reused within the business. Purified wastewater from the treatment plant could be used to flush toilets during summer. Individual property owners can also advantageously reuse water by flushing toilets with water used to wash their hands or from showers. The study shows that circular water systems offer opportunities to reduce the pressure on water resources and use them in a more efficient way. The most decisive criterion for successful circular water management is public acceptance, particularly acceptance from those that will use the solutions.

### 3 Uppdraget

- 1) Att under våren 2019 studera vatten- och avloppssituationen på ön Sandön/Sandhamn och beskriva den i en skriftlig rapport på svenska, med engelsk sammanfattning.
- 2) Att ge tre förslag till hur vatten kan återanvändas på Sandhamn dvs ett cirkulärt vattenbruk.

#### 3.1 Treskiktsmodellen

För att beskriva vatten och avloppssituationen (VA) på en ö utvecklades och tillämpades Treskiktsmodellen på åtta europeiska öar i projektet "Water Saving Challenge" åt Europaparlamentet under år 2017.

Modellen skiljer (a) öns naturliga vattentillgångar från (b) öbornas behov och efterfrågan på sötvatten, och (c) infrastrukturen som installerats för att möta öbornas behov med hjälp av tillgångarna. Syftet är att göra en landskapsanalys utifrån ett VA-perspektiv, att beskriva, begripliggöra och jämföra öars tillgångar, behov och lösningar. Vi kallar de tre systemnivåerna för naturlandskapet, kulturlandskapet och tekniklandskapet.

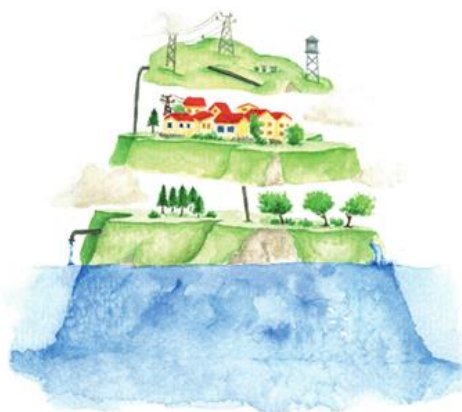
Naturlandskapet är den understa nivån och omfattar de naturgeografiska förhållandena på ön oavsett där bor människor eller inte: geologi, hydrologi och klimat, hav med ytor, djup, flora och fauna, land med topografi, jordart, flora och fauna, samt vattenresurser. På denna nivå beskriver vi öarnas *vattentillgång*.

På nästa nivå – kulturlandskapet – flyttar människan in på ön, bygger hus och byar, brukar mark och vatten, försörjer sig, sjunger, målar, diktar, ordnar sitt sociala liv med barn, skola, äldreomsorg, hälsovård och trygghet. På denna nivå beskriver vi öarnas *vattenbehov*.

På den översta nivån – tekniklandskapet – bygger människan en gemensam infrastruktur med vägar, hamnar och fartyg, fossila och förnybara energikällor, telefonlinjer, fiberkablar samt de VA-system som är fokus i vår studie: täkter, vattenverk, pumpar, ledningar, mätsystem och reningsverk. På denna nivå beskriver vi öarnas *vattenproduktion* inklusive tekniska, administrativa, juridiska och ekonomiska aspekter.

#### 3.2 Arbetsätt

Mitt arbetsätt har varit skrivbordsstudier, fältstudier, sammanställning, analys och slutsatser. Först har jag läst beskrivningar av öarnas allmänna förhållanden och tagit del av



Figur 1 Illustration av treskicksmodellen  
(Pleijel & Nordström, 2018)

tidigare VA-relaterade studier. Sedan har jag besökt ön för att under 8 dagars fältstudier intervjua vattenkonsumenter (både privatpersoner och företagare), den/de som arbetar med VA-systemen på praktisk nivå samt tjänstemän som tar beslut om utbyggnad, underhåll och förvaltning av systemen.

På plats har jag ofta fått tillgång till bättre kartor och har med egna ögon kunnat se tillståndet i vattentäkter, pumpstationer, ledningar, reservoarer och avlopp. En viktig kunskap som endast gått att få på plats är verkliga befolknings- och förbrukningstal.

Mina iakttagelser, beräkningar och förslag är sammanställda i denna rapport.

Analys och slutsatser kommer i nästa skede av projektet Circular Water Challenge att genomföras i lokala och gemensamma workshops med politiker och tjänstemän från alla öarna samlade. Då kan öarnas representanter i en öppen, tillitsfull dialog ta del av, förstå och lära av de andra öarna, reflektera över den egna situationen, och sätta mål för sin egen VA-utveckling.

Jag vill även passa på att tacka de 12 Sandhamnsbor och fritidsgäster samt de representanter från företag och Värmdö kommun som ställt upp på intervjuer. Utan ert bidrag och engagemang hade denna studie aldrig varit möjlig.

## 4 Om Sandön/Sandhamn

Län	Stockholm
Kommun	Värmdö
Koordinater	59.28802, 18.91906
Area	2.3 km <sup>2</sup>
Folkmängd	106
Postort	Sandhamn
Postnummer	130 39
Riktnummer	08

Sandön, vanligen kallad Sandhamn efter samhället med samma namn på öns norra del, ligger i Värmdö kommun i Stockholms län. I den här rapporten används Sandön för att beskriva hela ön och Sandhamn för att beskriva samhället. Ön har en yta på 2.25 km<sup>2</sup> och en kustlinje på 8.2 km. Ön har en permanent befolkning på 106 personer. Medelåldern är 46 år och det bor något fler män än kvinnor på ön. Knappt 30% är pensionärer. 307 fastigheter har ägare som är skriven på annan ort vilket ger en fritidshusbefolkning på 830–2 500 personer. Sandön är även en av de mest besökta öarna i Stockholms skärgård och får ca 100 000 besökare varje år (Ö för Ö, u.d.), varav en majoritet kommer under sommaren. *”Nu får man göra som fiskarna, fly till havs, om man vill ha mer av natur och mindre av människor”* skrev Lisa Biancini år 1924 (Biancini, 1924), något som fortfarande verkar stämma en julidag i hamnområdet, men inte nödvändigtvis för hela ön. I avsnitt 6 Kulturlandskapet beskrivs besöksvariationen mer i detalj.

Sedan 1600-talet har tull och lotsverksamhet bedrivits på ön. På 1830-talet började lustfärder med ångbåt från Stockholm ta med besökare till ön och blev tidigt ett populärt besöksmål för författare och konstnärer. På 1880-talet byggdes de första sommarvillorna och 1890 började Kungliga Svenska Segelsällskapet (KSSS) anordna regattor med övernattning på ön vilket har gjort Sandön till en av Sveriges stora seglarmetropoler (Källgård, 2013). Under mitten på 1940-talet började fritidshusområdet Trovill byggas ut på öns sydvästra del. (Aspfors, 2000). Dessa aktiviteter har format den byggda miljön på Sandön. De flesta permanentboende bor i Sandhamn som till stor del består av tät bebyggelse med hus från 1700-talet, sekelskifteshus, 1930-talets funkishus och senare 1970-tals modulhus. Ett relativt nytt område (sandfältet/sandhamns höjden) med bostads- och hyresrätter byggdes mellan 2010–2015. De 88 fastigheterna i Trovill utgjordes från början av enklare fritidshus, men flertalet har idag byggts ut och moderniserats. Viss bebyggelse finns även längst kusterna.

Fastighetsgränserna på de centrala delarna av ön ligger tätt enligt så kallade blåbärsremсор. Uppdelningen gjordes på detta sett för att varje fastighetsägare skulle få tillgång till öns alla resurser. Denna uppdelning gör det svårt att exploatera de centrala delarna. Marken ägs till stor del av privatpersoner och samfällighetsföreningen Hemmanet förvaltar en betydande del av mark och byggnader.



Figur 2 Karta över Sandön

#### 4.1 Att ta sig till och runt på Sandön

Det finns tre huvudsakliga färjebolag för persontransporter till Sandön; Waxholmsbolaget, Roslagens Sjötrafik AB och Strömman. Waxholmsbolaget kör efter tidtabell året om och Roslagens Sjötrafik AB kör enligt tidtabell på sommaren och efter överenskommelse på vintern. Båda trafikerar sträckan Stavsnäs - Sandhamn. Det går bussar från Slussen till Stavsnäs dagligen via SL, resan tar 50 min. Parkering finns vid Stavsnäs vinterhamn för personer som kommer med egen bil. Strömman kör efter tidtabell under sommaren och går från Stockholm City till Sandhamn. Resan tar 2.15 h med Cinderella båtarna och 3h med kanalbåten.

Sandön är en bilfri ö. Viss fordonstrafik sker dock då vissa har golf-bil, flak-moppe eller ATV för att ta sig runt. Det finns några traktorer och gaffeltruckar som används för att transportera gods på ön. För att få framföra fordon på ön krävs en dispens från vägföreningen.

Det enklaste sättet att ta sig runt på ön är till fots då de flesta vägarna är smala skogsstigar. Det finns även en del grusvägar, främst i Sandhamn och mellan Trouville till Sandhamn och Västerudd. Vägnetet ägs av Eknö Hemmanet och underhålls av Sandhamns samfällighetsförening. Grusvägarna medför att mycket damm blåser upp när människor och gods transporteras, vilket är problematiskt för boende och företagsverksamhet längst vägarna. Vägföreningen har därför spridit ett damm-bindande medel på de större vägarna



för att minska damm-spridningen. Detta medel kan behöva vattnas vilket görs med sjövattnet vid behov.

## 4.2 Service

Det finns en skolbyggnad från 1875, men i dagsläget ges ingen undervisning här. Öns två barn i grundskoleåldern åker istället till Runmarö (50min enkel resa) för undervisning. I skollokalen finns däremot ett bibliotek som drivs av Sandhamns intresseförening samt gymnastiksal där olika former av gruppträning anordnas. Sedan 2001 finns en förskola på Sandön där tre barn går.

'Westerbergs Livs' är en helårsöppen livsmedelsbutik som drivs av samma familj i fem generationer sedan 1896. Butiken har ett brett sortiment och är post-, apoteks- och systembolagsombud. Sortimentet breddas ytterligare under sommartid. Ett sommaröppet bageri finns även på ön.

På Sandön finns en frivillig räddningsstyrka, där värnmedlemmarna får ett sms från Stockholms räddningscentral vid olycka varvid de som kan delta vid insats. Det finns en läkarstation vid hamnen i Sandhamn. Läkare och distriktssköterska bemannar denna varje onsdag juni-augusti samt onsdagar udda veckor resterande del av året.

Vattenfall levererar el via två sjökablar till Sandön, vilket gör att ön sällan får strömavbrott. Internet levereras via fiber till en liten del av Sandhamn och via bredband till resten av ön.

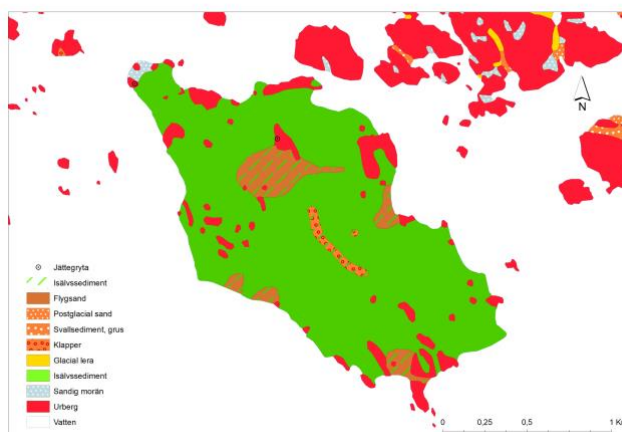
Värmdö kommun tillhandahåller en sop-gård i Sandhamns hamnområde. Här tas hushållsavfall, glas och batterier emot. Inga ytterligare återvinningsmöjligheter finns i dagsläget vilket många boende skulle önska. Enligt kommunen är detta för dyrt i dagsläget (Värmdö kommun, 2019b, personlig kommunikation). Det finns ingen återvinningscentral på Sandön utan en grovsopbåt anlägger 7 gånger per år mellan april och oktober.

## 5 Naturlandskapet

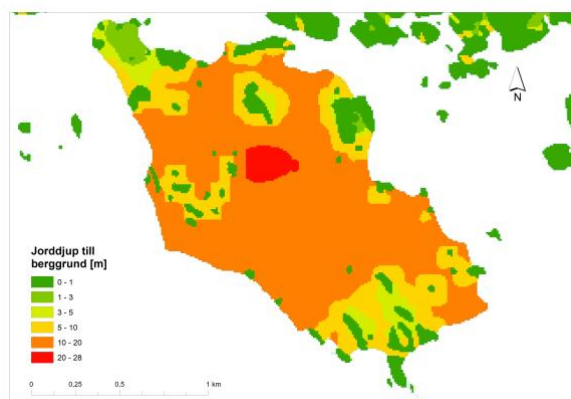
I detta avsnitt presenteras Sandöns fysiska landskap, det vill säga de naturliga förutsättningar och egenskaper vilka utgör miljön på Sandön.

### 5.1 Geologi

Som namnet avslöjar består Sandön till stor del av sand, övergripande av isälvsediment som på vissa ställen är övertäckt av flygsand. I mitten av ön ligger en ca 500 m lång remsa klapper (sten). Isälvsedimentets mäktighet är på de flesta områdena uppskattat till 10–20 meter, men på ett begränsat område uppgår mäktigheten till 20–30 meter (se Figur 4). Melerat över ön ligger berggrunden i dagen (se Figur 3). Berggrunden är 1,87–1,92 miljarder år gammal och består av granodiorit-granit. Den särpräglade sandmiljön är ovanlig och Sandön utgör den största av denna typ i Stockholms skärgård (Länsstyrelsen Stockholm, 2014).



Figur 3 Jordartskarta. Baserat på SGU GIS data: Jordarter 1:25 000 – 1:1 000 000

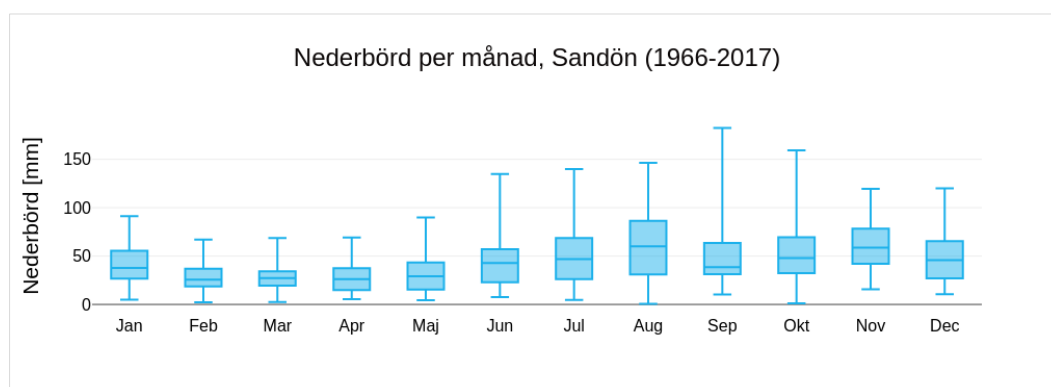


Figur 4 Jorddjupskarta. Baserat på SGU GIS data: Jorddjup till berggrunden 1:50 000

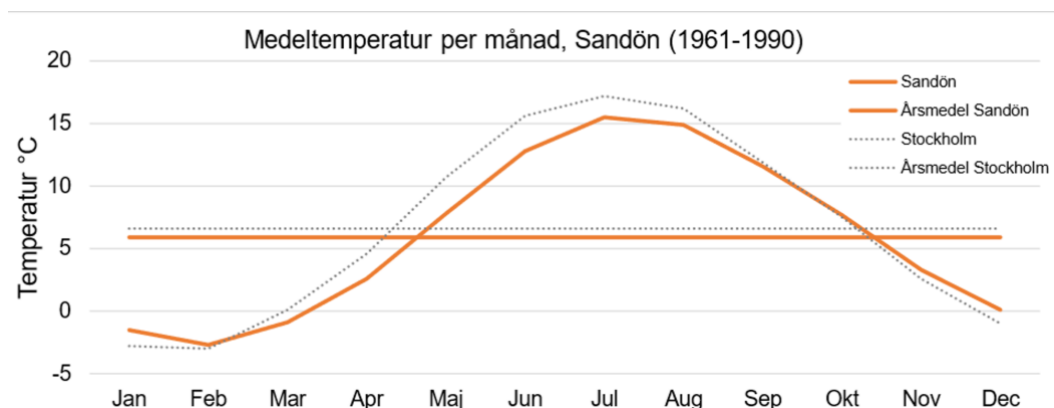
## 5.2 Hydrologi och klimat

Under den nu gällande standardnormalperioden 1961–90 hade Sandön en årlig nederbörd på 501 mm (SMHI, 2014). På grund av vind och andra felkällor behöver denna siffra korrigeras med 15–30%. Verklig nederbörd är således 650 mm (30% korrektion) (I Sverige är genomsnittet 700 mm). En del av den nederbörd som faller över Sandön avdunstar, antingen direkt från marken eller via växter (transpiration). För området är den normala årliga avdunstningen för standardnormalperioden 1961–90 400 mm (SMHI, 2017). På grund av de genomsläppliga jordarterna på ön sker i princip ingen yt-avrinning (Geosigma AB, 2016) utan i princip all nederbörd minus avdunstningen infiltrerar marken. Det finns uppgifter om att grundvatten strömmar ut vid stranden i sydväst (Stockholms Tingsrätt, 2006), i övrigt finns inga uppgifter om synliga källor.

På Sandön råder typiskt skärgårdsklimat. Våren kommer senare än på fastlandet, men sommaren dröjer sig kvar längre. Detta beror på att havsvattnet jämnar ut temperaturen, både under och mellan dygnen.



Figur 5 Boxdiagram av nederbörd per månad för Sandön 1966–2017. Baserat på data från SMHI för Väderstation Sandhamn 9817.



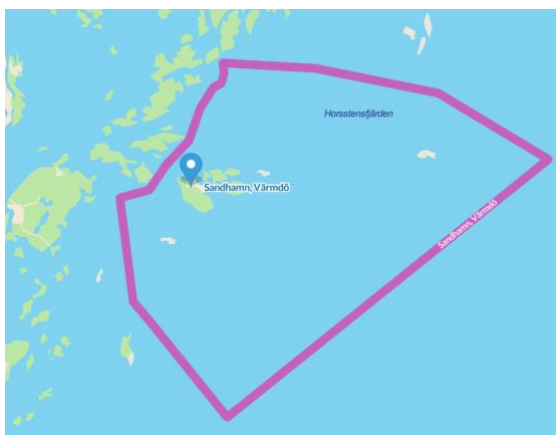
Figur 6 Medeltemperatur. Baserat på data från SMHI för standardnormalperioden 1961–1990 för väderstation Sandhamn 9817 och Stockholm 9821.

### 5.3 Hav: ytor, djup, flora och fauna

Sandön ligger i ytterskärgården och till postorten Sandhamn hör ett stort havsområde. Havet som omger ön är Östersjön, vilken har en lägre salthalt än andra hav. I norr ligger Rödkobbsfjärden och i sydväst Gråskärsfjärden. Havsbotten i direkt närhet till Sandön kan grovt beskrivas som långgrund i de södra delarna och brantare i de norra delarna. Några få kobbar ligger utanför de södra delarna av ön.

Boende och fritidsgäster som medverkat i intervjuer för denna studie berättar att fisket upplevs ha varit bättre förr, men att det fortfarande går att få fisk runt om Sandön. Respondenterna uppger även att säl har setts på öns stränder.

Strax väster om Sandön ligger två naturreservat. Vindalsö naturreservat uppfördes 1969 bland annat för att bibehålla ett vackert avsnitt av mellanskärgården. Svartkobbens naturreservat uppfördes 1974 för att säkra en del av ett skärgårdsområde som är av värde för allmänhetens friluftsliv.



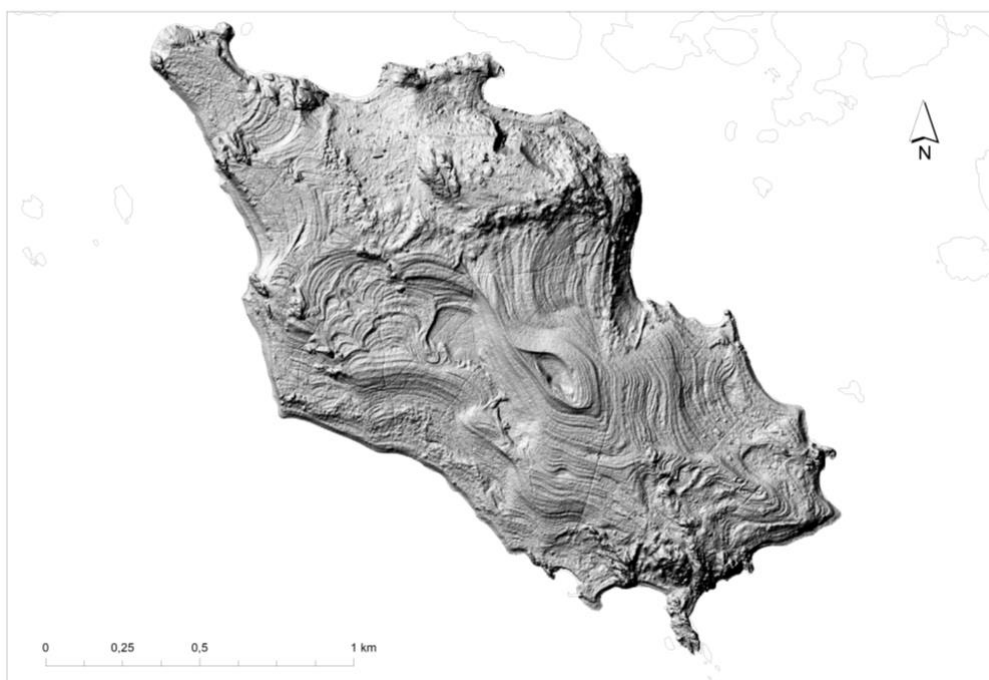
Figur 7 Postort Sandhamn (Hitta.se, 2019)

### 5.4 Land: Topografi, flora och fauna

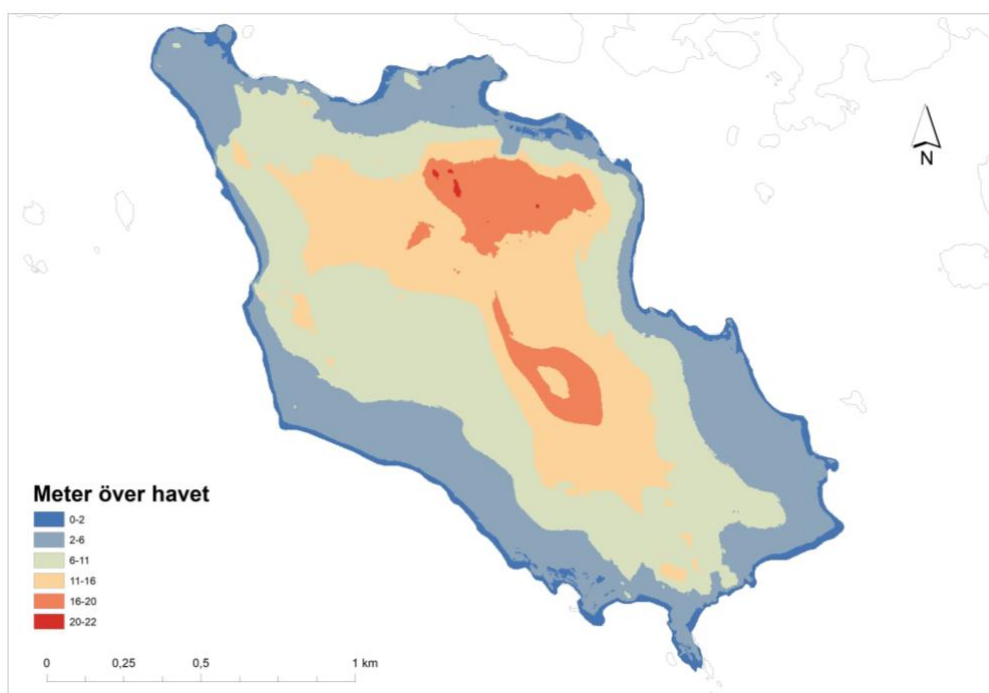
De högst belägna delarna av Sandön började stiga ur havet för ca 4000 år sedan (Geosigma AB, 2016). Idag ligger Sandöns högsta punkt på ca 20 meter över havet.

Sandhamn är till stor del beväxt av tallskog, med få inslag av gran, samt lägre vegetation i form av ljung, blåbärs- och lingonris samt mossa (Sandhamn.se, u.d.). I tallskogen finns träd som är 200–300 år (Länsstyrelsen Stockholm, 2014). Detta ger mycket goda förutsättningar för biologisk mångfald. Det finns en stor mängd sällsynta och värdefulla arter. Naturtypen är sällsynt i Sverige och även utpekad skyddsvärd i Europa (Värmdö kommun, 2011).

Ingen data på specifikt djurliv har funnits tillgängliga för denna studie, däremot har ett stort antal småfåglar, havsfåglar och ekorrar påträffats under fältstudien. Boende och fritidsgäster berättar även att räv och älg ibland har setts på ön.



Figur 8 Höjdmodell med skuggning för att visualisera höjdskillnader. Baserad på data från Lantmäteriet.



Figur 9 Klassificerad höjdmodell. Baserad på data från Lantmäteriet.

## 5.5 Vattenresurser

Allt vatten cirkulerar i något som kallas den hydrologiska cykeln. Det innebär att vattnet över en yta kan beräknas med hjälp av vattenbalansekvationen;  $P = ET + R + \Delta S$ . P är nederbörden, ET är avdunstningen, R är avrinningen och S är vattenmagasin (ytvatten, snölager, grundvattenmagasin etc.). Ett enkelt sätt att beräkna potentiell grundvattenbildning för ett område är att multiplicera arean för området med den effektiva nederbörden. Effektiv nederbörd är nederbörd minus avdunstning, dvs. den del av nederbörden som infiltrerar marken och inte upptas av växter. För Sandön är den effektiva nederbörden (650 – 400 mm/år) 250 mm/år. Området som detta multipliceras med är avrinningsområden, vilka avgränsas av vattendelare (den tänkta linjen som binder ihop de högsta punkterna för ett område). I områden nära kusten med berg i dagen eller där berggrunden är nära markytan sker i princip ingen infiltration, utan vattnet rinner direkt ut till havet. Dansberget ett exempel på ett sådant område. Överlag är dessa områden små på Sandön, att subtrahera dessa områden från Sandöns avrinningsområden har en minimal påverkan på uppskattningar av grundvattenbildningen.

Baserat på höjdlinjer, fältundersökningar och konsultation med Anders Nordström uppskattades vattendelare och avrinningsområden för Sandön (se Figur 10). Områdena skulle kunna avgränsas ytterligare, men detta sågs inte som nödvändigt för att beräkna potentiell grundvattenbildning. Den potentiella grundvattenbildningen för hela Sandön, baserat på ovan nämnda, är 575 000 m<sup>3</sup> per år. 2016 utförde Geosigma en undersökning av grundvattenbildningen baserat på uppgifter från vattendomen (Stockholms Tingsrätt, 2006). De uppskattar en teoretisk grundvattenbildning på 300 mm per år dvs. 690 000 m<sup>3</sup> per år. Detta högre värde beror på antagandet att 60–70% av den uppmätta nederbörden (genomsnittligen 500 mm/år) infiltrerar.

Enligt VISS (Vatteninformationssystem Sverige) medför Sandöns lokala förutsättningar mycket goda till utmärkta möjligheter för grundvattenuttag på 5–25 liter per sekund (400–2 000 m<sup>3</sup> per dygn, vilket motsvarar 146 000–730 000 m<sup>3</sup> per år) (VISS, 2017).

En förenklad beskrivning av det söta grundvattnet på Sandön är att det flyter som en lins (även kallat sötvattenkudde) över det salta havs/grundvattnet. Detta beror på att havsvattnet har en högre densitet än sötvattnet. I Östersjön är salthalten lägre än i andra hav vilket gör att densitetsskillnaden är lägre här. Förhållandet mellan söt- och saltvatten i en obegränsad akvifer kan beskrivas med Ghyben-Herzberg-principen:

$$z = \rho_{\text{sötvatten}} / \rho_{\text{saltvatten}} - \rho_{\text{sötvatten}} h$$

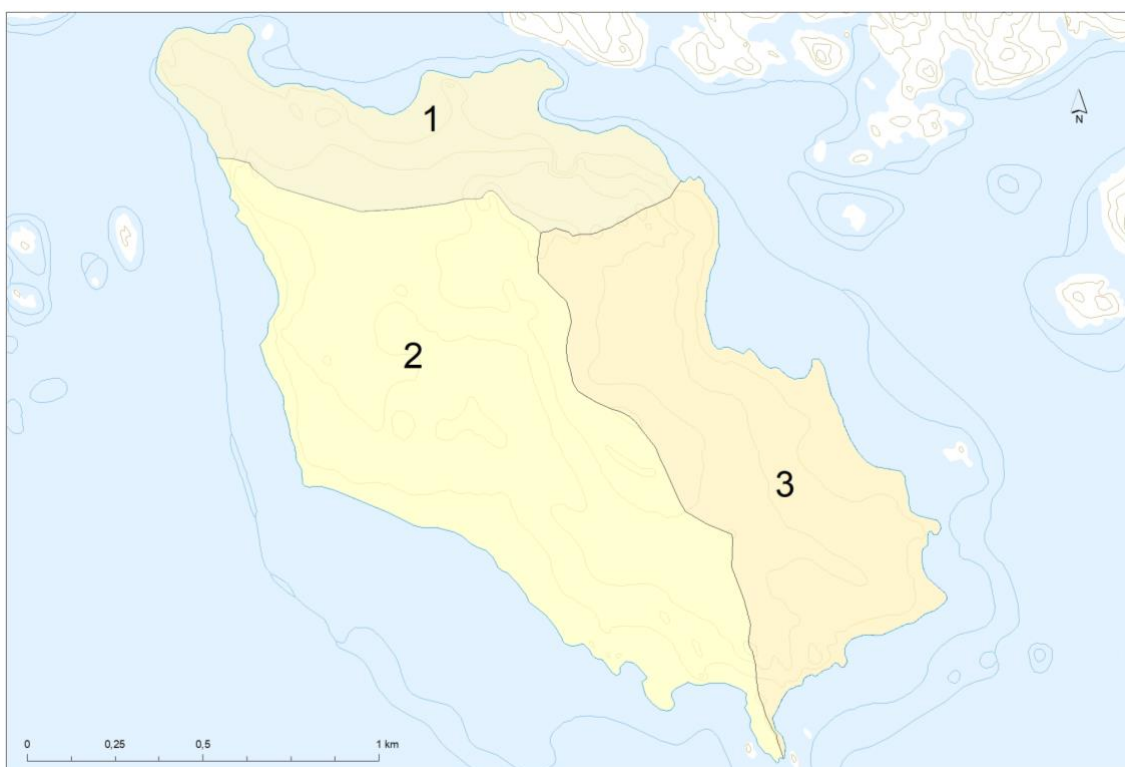
där z är det vertikala avståndet mellan havsnivån och gränssonen, h det vertikala avståndet mellan grundvattennivån och gränssonen, och  $\rho$  vattnets densitet (se Figur 11). I de flesta hav är relationen  $z = 40h$ , men i Östersjön är  $z = 150h$  på grund av havsvattnets lägre densitet. Detta betyder att om grundvattennivån sänks med 1 meter så höjs gränssonen

mellan salt och sött grundvatten med 150 meter. Figur 12 illustrerar detta, dock inte skalenligt.

För att minska risken för saltvatteninträngning bör en säkerhetsmarginal på 60% appliceras för att säkerställa ett hållbart grundvattenuttag (Svensk Ekologikonsult AB, 2015). Grundvattenbildningen samt potentiellt hållbart uttag visas i Tabell 1.

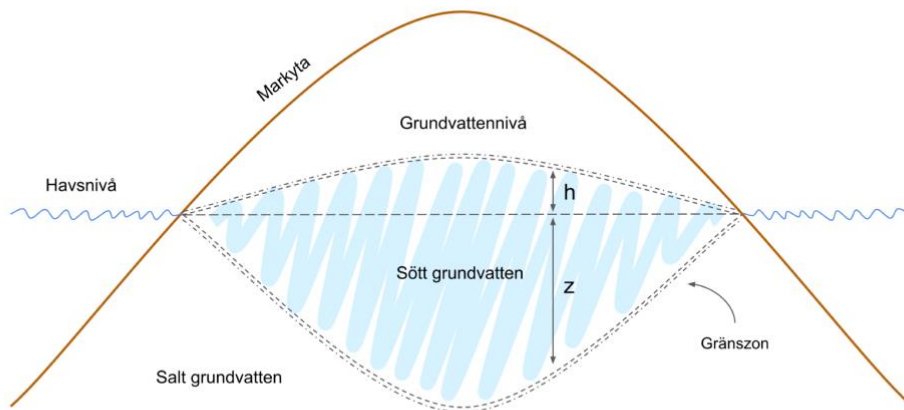
Tabell 1 Grundvattenbildning och potentiellt hållbart uttag.

Område	Area [km <sup>2</sup> ]	Grundvattenbildning [m <sup>3</sup> /år]	Uttagsmöjlighet [m <sup>3</sup> /år]
Avrinningsområde 1	0.5	125 000	75 000
Avrinningsområde 2	1.1	275 000	165 000
Avrinningsområde 3	0.7	175 000	105 000
Sandön	2.3	575 000	345 000

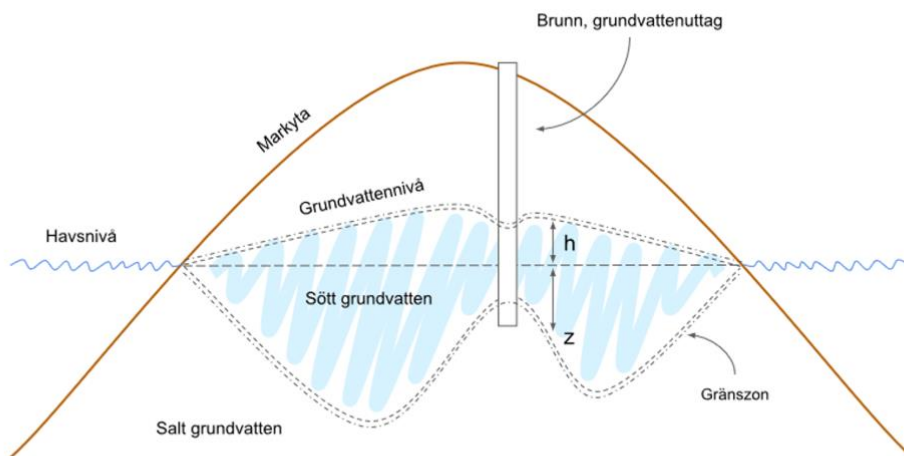


Figur 10 Avrinningsområden på Sandön



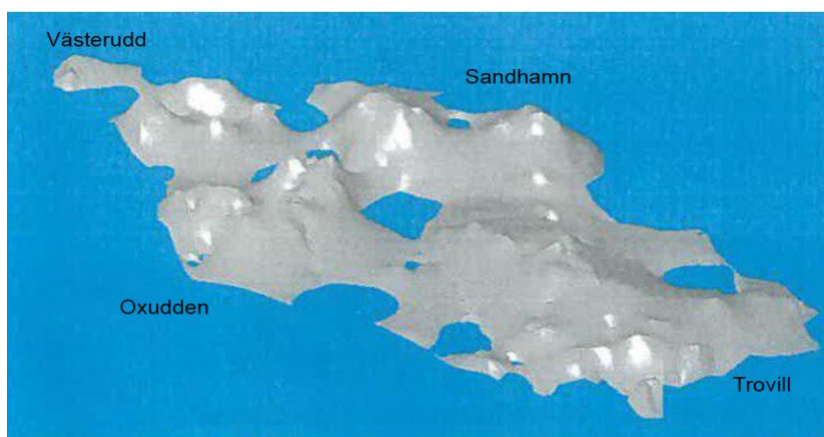


Figur 11 Grundvattenlini i en obegränsad akvifer



Figur 12 Grundvattenlini i en obegränsad akvifer, påverkad av vattenuttag

År 1996 utförde Sveriges geologiska undersökning (SGU) en kartläggning av Sandöns jordarter, berggrund och grundvattentillgångar med hjälp av geo-radar. De identifierade sex grundvattenakviferer på ön (Pamnert, et al., 1998). Figur 13 illustrerar berggrundens yta (i grått) från ett fågelperspektiv från söder. Den blå ytan illustrerar grundvattennivån satt till +1 meter över havsnivån. Det är dock troligt att grundvattenytan ligger mer varierat över ön, och på många ställen nära marknivån. I de lägre delarna av Sandhamns by pumpas vatten bort från källarplan i minst en fastighet. Det finns också indikationer att Adolfstorg (en öppen gräsyta i centrala Sandhamn där midsommarfirande sker) en gång varit en sjö (se Figur 14). Enligt vattendomen ligger grundvattennivån i Sandhamns by i nivå med havsytan. I de centrala delarna på ön ligger grundvattennivån på ca +3 meter över havsytan och grundvattenzonens mäktighet i jordlagret är här ca 4–5 meter (Stockholms Tingsrätt, 2006).



Figur 13 Terrängmodell över berggrunden (i grått) sett från söder ur ett fågelperspektiv. Höjddata är multiplicerat med 10 för att tydliggöra höjdskillnader. Den blå ytan representerar en grundvattennivå på +1 m över havet. (Pamnert, et al., 1998)



Figur 14 Vänster: Adolfstorg som sägs varit en sjö. Höger: Rör varifrån vatten pumpas ut från källarplan i en villa i Sandhamns by. (Foto av författaren 5 april 2019).

## **5.6 Vattenkvalitet**

Sandöns geologiska förutsättningar utgör en god bas för högkvalitativt grundvatten då sanden naturligt filtrerar och renar vattnet. Den lättgenomsläppliga jordarten medför dock att föroreningar lätt kan infiltrera och kontaminera grundvattnet. Det är därför viktigt att spill eller läckage förhindras.

Höga kloridhalter (50 mg/l och över) har uppmätts under sommarmånaderna när uttaget av grundvatten varit stort. Störst problem med höga kloridhalter har identifierats i vattentäkten i Sandhamns by där brunnarna ligger nära havet. Detta indikerar att uttaget tidvis har överstigit grundvattenbildningen och att viss saltvatteninträngning skett (Geosigma AB, 2016). VISS rapporterar att Sandöns grundvatten har en god status både för kvantitativa och kemiska aspekter (VISS, 2017).

## **5.7 Sammanfattning**

Sandön består till stor del av sand, detta gör att en stor del av nederbörden kan infiltrera marken och bilda grundvatten av hög kvalitet. Den årliga grundvattenbildningen uppskattas till 575 000 m<sup>3</sup> per år. Om allt detta vatten skulle magasineras skulle ett hållbart uttag på 345 000 m<sup>3</sup> per år kunna tas ut. Magasinen kan dock inte hålla allt detta vatten utan en del avrinner från grundvattenmagasinen till havet. På grund av ett högt vattenuttag under sommarmånaderna sänks grundvattenytan så mycket att gränszonen mellan söt- och saltvatten flyttas upp till nivån där grundvatten pumpas upp vilket ger saltvatteninblandning i brunnsvattnet.

## 6 Kulturlandskapet

I detta avsnitt beskrivs sociala aspekter av Sandön kopplat till vatten och avlopp.

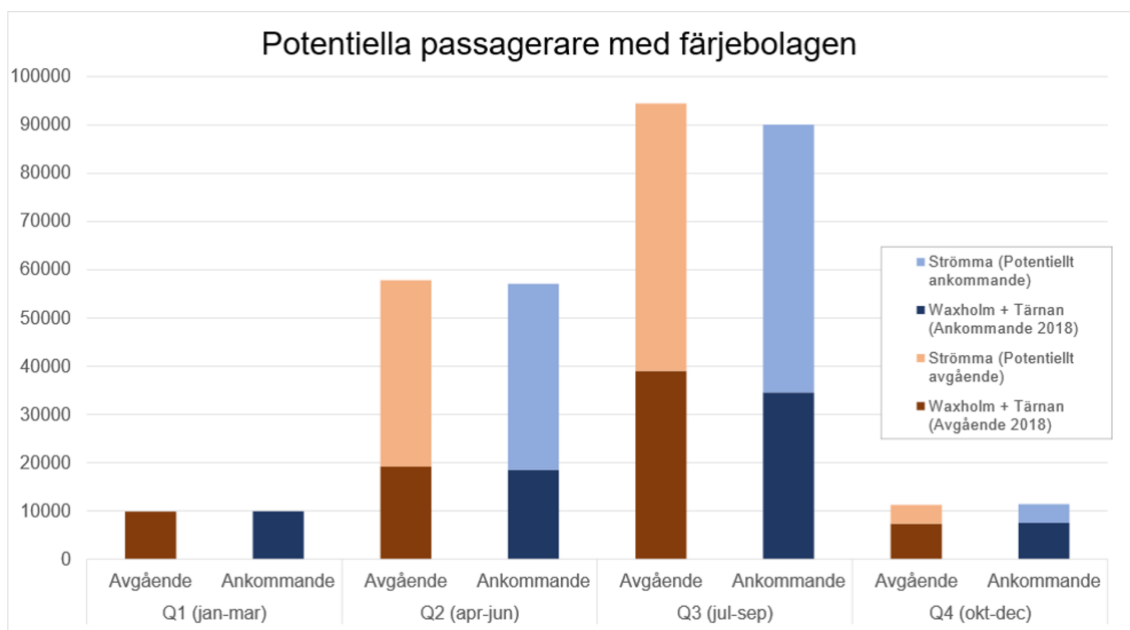
### 6.1 Befolkning och bosättningar

Exakt befolkningens mängd är svårt att avgöra. Enligt hitta.se bor 124 personer över 16 år på postorten Sandhamn. Enligt kommunen var 106 personer folkbokförda på ön 2017. Via intervjuer framgår att vissa som är skrivna på ön bor på annan ort under vinterhalvåret samtidigt som personer med fritidshus på ön spenderar tid på ön utöver sommarperioden. Med detta som grund antas ön ha en permanent befolkning på 106 personer. Baserat på intervjuer med boende uppgår den genomsnittliga vattenanvändningen för dessa till 115 liter per person och dag.

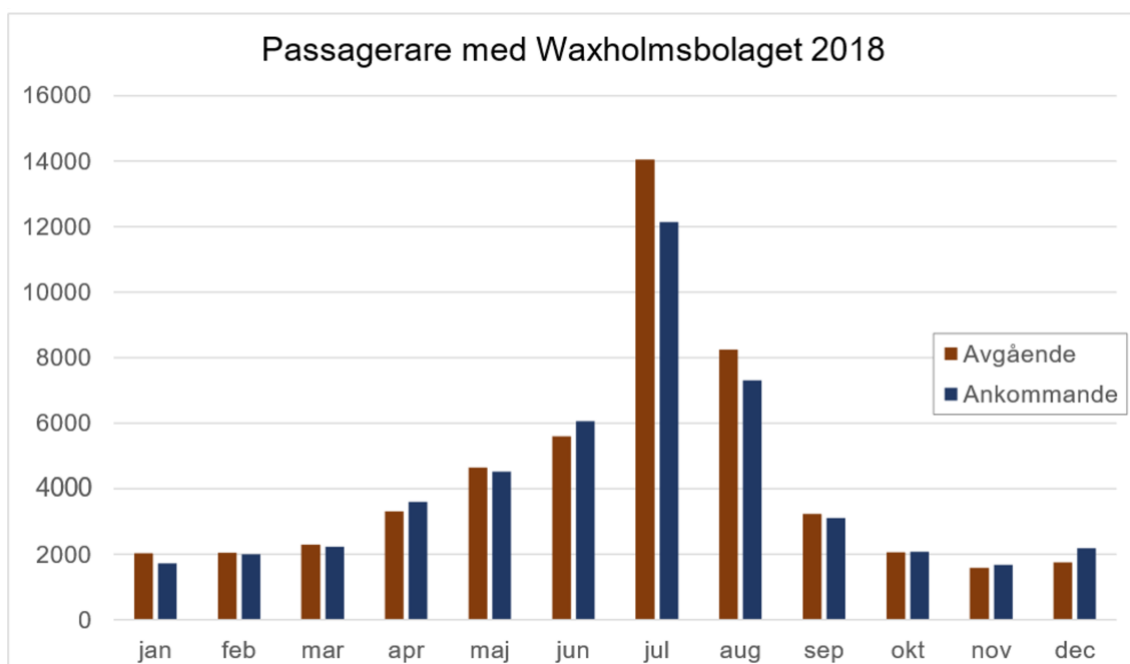
Baserat på de intervjuer som gjorts med fritidsboende för denna studie framgår det att de bor mer eller mindre permanent på Sandön under sommarsemestern (vanligen 60 dagar mellan mitten på juni till mitten på augusti). 6 av 7 fritidsboende som deltagit i studien uppger att de även frekvent besöker ön under lågsäsong, vanligen varannan, var tredje helg och pensionärer besöker ön mer sporadiskt upp till 50% av årets dagar. Sandön har 307 fastigheter med ägare registrerad på annan ort (2017). Genom intervjuer med fritidsboende bor det i genomsnitt 7 personer per fritidsfastighet under sommaren och 2 personer under lågsäsong. Detta ger en fritidsbefolkning, sommartid på 2149 personer. Under lågsäsong spenderar 29% av fritidsboende halva året på Sandön, 43% besöker ön varannan helg, 14% sällan och 14% aldrig (grundat på intervjuer med 7 fritidsboende). Baserat på intervjuer med fritidsboende uppgår den genomsnittliga vattenanvändningen för dessa till 94 liter per person och dag.

Sandön får i genomsnitt 100 000 besökare per år (Ö för Ö, u.d.). Vattenanvändningen för dessa besökare har inte specifikt kunnat bestämmas för Sandön utan genomsnittlig vattenanvändning för en svensk turist på 150 l/p, d har därför antagits för dagsbesökare och båt-gäster, samt hotellkedjan Scandics genomsnitt på 216 l/p, d för en hotellgäst (Gössling, et al., 2012).

På Sandön varierar befolkningen stort över året. Detta syns tydligt i Figur 16 som illustrerar passagerare med Waxholmsbolaget per månad, till och ifrån ön. Figur 15 visar en uppskattning av passagerare som åker till och från Sandön med de tre färjebolagen baserat på 2018 års uppgifter för Waxholmsbolaget och Roslagens Sjötrafik AB samt en uppskattning av möjliga passagerare med Strömman då exakt data från dem ej varit tillgänglig. Uppskattningen av passagerare med Strömman baserades på medelvärdet för maxkapaciteten för Strömman's båtar, 259 passagerare/tur. Detta är förmodligen en överestimering men det ger en bild över hur många passagerare som potentiellt besöker Sandön. Det går inte att urskilja om en passagerare är en permanentboende, fritidsboende eller besökare från färjebolagens statistik. Om detta hade varit möjligt hade en tydligare bild av hur många som faktiskt besöker Sandön kunnat ges. Uppskattningen i denna studie visar dock att potentiellt 173 400 passagerare stiger iland och 168 500 passagerare åker ifrån Sandön under ett år.



Figur 15 Potentiella passagerare med färjebolagen Waxholmsbolaget och Roslagens Sjötrafik (Tärnan) i mörka staplar samt estimerade passagerare med Strömma i ljusa staplar.



Figur 16 Passagerare med Waxholmsbolaget 2018.

## 6.2 Jordbruk, djurhållning och fiske

På grund av de geologiska förutsättningarna har marken på Sandön aldrig används för jordbruk. Viss odling sker idag av privatpersoner för eget bruk. Mestadels blommor, örter eller potatis. Det är vanligt att samla in regnvatten för att vattna privata odlingar på Sandön. Dock har inte alla boende denna möjlighet utan att alternera sina stuprör.

Djurhållning har förekommit på ön, men de sista arbetshästarna lämnade ön på 1960-talet enligt en boende. Det finns inget kommersiellt fiske på Sandön, men fritidsfiske förekommer.

## 6.3 Småindustri

Ingen information om att industri förekommer på Sandön har för denna studie varit tillgänglig. Verkstad, eller båt och fordons underhåll, sker vanligen vid strandkanten, på båtar som ligger i vattnet eller på sop-gården där oljeavskiljare finns.

Sandön är och har länge varit ett tjänstemannasamhälle. Det finns ca 35 företag på ön och en företagareförening med 28 verksamma företag som medlemmar (Ö för Ö, u.d.). Turism är idag en stor försörjningsbas. Bland de största arbetsgivarna på ön hör polisen, som har en del av sitt kontaktcenter på ön, samt Seglarhotellet viket under högsäsong har ca 130–150 anställda. Fastboende arbetar även vanligen med snickeri, hushållsnära tjänster och lotsverksamhet (Ö för Ö, u.d.).

## 6.4 Turism

Sandön är en populär sommarort. Besökare kommer till Sandön för att besöka stränder, restauranger och för att uppleva skärgården. Boende och fritidsgäster upplever att besökstrycket överlag har ökat och att turistsäsongen är längre än förr, men att trycket på specifika helger (midsommar och seglartävlingar) har minskat. På ön finns tre hotell (Seglarhotellet, Sands Hotell och Missionshuset B&B) samt fyra restauranger (Seglarhotellet, Sandhamns Vårdshus, Sands Hotell och Dykarbaren). Kungliga Svenska Segelsällskapet (KSSS) har även en välbesökt gästhamn på ön.

**Sandhamns Vårdshus** är ett helårsöppet vårdshus med en pub, en restaurang och uteservering när vädret tillåter. Till sommaren (2019) öppnas även en skaldjursrestaurang i anslutning till uteserveringen. All mat lagas i ett och samma kök. Vårdshuset erbjuder logi genom Missionshuset (totalt 12 bäddar) året runt samt i en villa och lägenheter (totalt 21 bäddar) mellan oktober och april. Antalet anställda varierar över året mellan 15 och 50 personer. Vårdshusets verksamhets främsta vattenanvändning sker i köket för disk, tillagning samt städ. Verksamheten påverkas inte direkt av vattenrestriktionerna som råder, då de inte har bevattningsbehov samt att de redan gör allt de kan för att minska vattenanvändningen. Kranar, toaletter samt övrig vattenteknik är relativt ny och anges vara av snålspolande typ. Renoveringar och uppgraderingar görs kontinuerligt vid behov. En större renovering är i princip omöjlig om verksamheten måste stänga. Fastighetsförvaltaren är positiv till återanvändning av vatten och tycker att det är onödigt

att till exempel toaletter spolras med dricksvatten. Han ser potential i att tex spola toaletter med avsaltat vatten men inga sådana planer för Sandhamns Vårdshuset finns i dagsläget.

**Missionshuset B&B** erbjuder logi genom 10 bäddar med delade toaletter samt duschar, och genom en friggebod med två bäddar och privat badrum. Hotellet har ett kök där frukost förbereds. Den största vattenanvändningen sker i köket samt för dusch och wc. Vattenrestriktionerna påverkar verksamheten i den utsträckning att de inte längre kan odla så mycket örter och växter som de skulle vilja samt att gräsmattan inte kan bevattnas. Verksamheten sparar vatten genom att inte låta kranar rinna, att gäster får dela badrum samt att de skickar iväg sänglinne för tvätt. 2018 hade hotellet 2 547 individuella gäster relativt utspritt över året men med en majoritet under sommarmånaderna. Regnvatteninsamling sker och vattnet används för bevattning utomhus.

**Sands Hotell** erbjuder logi genom 34 bäddar i 8 lägenheter. Hotellet har öppet året runt men högsäsongen är framförallt mellan maj till september. Under lågsäsong har hotellet ströbokningar. Hotellet har en restaurang som är öppen tre dagar per vecka under juli och augusti. Matsalen har plats för 45 gäster och bistron 30 gäster. Under sommaren har hotellet upp till 10 anställda. Verksamheten påverkas inte av vattenrestriktionerna. Viss vattenbesparande teknik förekommer i form av snålspolande duschmunstycken. Gäster informeras även sommartid att spara på vattnet. Regnvatten samlas in och används för bevattning. Sands Hotell ser inga problem med att återanvända vatten för att tex spola toaletter. Ingen statistik över antal gäster har funnits tillgänglig för denna studie. En uppskattning att hotellet i genomsnitt har en beläggningsgrad på 50% och att gäster stannar 1.5 nätter ger 4 137 individuella gäster per år. Det är värt att poängtera att detta är en grov uppskattning.

**Seglarhotellet**, som år 2019 har 20 års jubileum, är det största hotellet på Sandön med 215 bäddar i 79 dubbelrum (med dusch och wc), 3 sviter (med wc, dusch och bastu) samt 9 lägenheter (med kök, wc och dusch). Hotellet huserar även spaanläggning med bubbelpool och simbassäng inomhus samt pool och badtunnor (vintertid) utomhus. Poolerna är fyllda med havsvatten som kemiskt renats. Simbassängen fungerar som brandbassäng för hotellets sprinklersystem. Rening och backspolning sker med kommunalt dricksvatten. Att använda havsvatten gör att livstiden på utrustningen förkortas.

Enligt en tidigare studie uppges besittningsgraden för Seglarhotellet vara 51% per år (Millevik, et al., 2011). Om varje gäst antas stanna 1–2 nätter har hotellet uppskattningsvis 26 682 individuella gäster per år. I dagsläget har Seglarhotellet öppet för privata gäster under helger mellan maj-oktober samt alla dagar i veckan mellan vecka 26–32. Mellan november-april har hotellet öppet för konferensgäster. Det finns planer för att i framtiden ha öppet för privata gäster hela året.

Förra året var hotellet till salu, det är det inte längre om det inte kommer in ett fördelaktigt bud. I dagsläget driver ägarens döttrar verksamheten, vilka har bestämt sig för att satsa på verksamheten i stället för att sälja. En ny VD tillsattes nyligen som kommer från en bakgrund inom turism och miljö på FN nivå. Seglarhotellet har 20 heltidsanställda samt

130–150 sommaranställda. Hotellet behöver inom en överskådlig framtid uppgradera hotellrum samt pool och poolutrustning.

Förutom hotellverksamheten har Seglarhotellet en gästhamn med 33 båtplatser. Båtgästerna har tillgång till hotellets faciliteter men i dagsläget finns ingen möjlighet för gäster att fylla båtens vattentank. Gäster som behöver fylla sin vattentank hänvisas till KSSS gästhamn som har en avsaltningssystem. Fastighetsförvaltaren uppger att det i princip är omöjligt att bedriva gästhamn utan tillgång till vatten för gästerna ytterligare ett år, och att man diskuterar möjligheten att installera en egen avsaltningssystem alternativt ansluta till KSSS anläggning. Med antagandet att hamnen är fullbokad under högsäsong och 1/3 bokad under lågsäsong samt att det är 4 personer per båt ger 13 068 årliga besökare i gästhamnen. Detta är en grov uppskattning.

För att minska hotellets vattenanvändning har trycket reducerats i hotellrummens kranar och duschar. Toaletter är snålspolande och det mesta av hotellets tvätt skickas till fastlandet. I varje hotellrum finns klistermärken som uppmanar gästerna att använda handduken fler gånger och i rumspärmen finns information om vattenrestriktionerna. Fastighetsförvaltaren uppger en positiv attityd till att återanvända vatten och tycker att det vore bra att spola toaletterna med vatten från handfat och/eller dusch. Regnvatteninsamling skulle också vara möjligt men det sker inte i dagsläget. Vattenrestriktionerna påverkar verksamheten genom att båt-gäster inte har möjlighet att fylla vattentankar, att städning av uteservering och däck är mer tidskrävande samt att fordon inte kan tvättas med slang.

**KSSS** har den största gästhamnen på ön med högst 120 båtplatser. (KSSS har även gästhamn på intilliggande Telegrafholmen (ca 80 platser) och Lökholmen (200 platser)). Vecka 26–33 anses vara högsäsong och då är hamnen vanligtvis fullsatt. KSSS uppskattar att det i genomsnitt är 4 personer per båt och att gästerna brukar stanna 1,6 nätter. En uppskattning att hamnen är fullbokad under högsäsong samt 1/3 bokad under lågsäsong medför att 45 760 personer besöker gästhamnen per år. Detta avser endast gästhamnen på Sandön. En dag i juli när alla gästhamnar (Sandhamn, Telegrafholmen och Lökholmen) är fullbelagda kan maximalt 400 båtar – ca 1600 personer – vara incheckade hos KSSS. Båtgäster har möjlighet att fylla sina vattentankar med avsaltat vatten från KSSS egna avsaltningssystem. Gästerna har tillgång till toaletter, duschar och tvättstuga i hamnen. Dessa är anslutna till kommunalt vatten och avlopp.

## 6.5 Sport/aktivitet

Segling är en stor aktivitet på Sandön. KSSS och privata intresseorganisationer arrangerar årligen läger och tävlingar. Det finns en tennisanläggning med två banor på ön, som drivs av Sandhamns tennisklubb anno 1910. Till anläggningen som ligger vid Dansberget finns duschar samt kran för bevattning, vilka enligt uppgift inte används på grund av bevattningsförbud samt att spelare väljer att duscha hemma. Vid Trovill finns en fotbollsplan, huruvida denna underhålls eller används är okänt för denna studie. Vid Seglarhotellet finns en minigolfbana. Till sommaren (2019) kommer även en padel-bana (raketsport) byggas intill minigolfbanan.



## 6.6 Samhällstjänster

Förskolans vattenanvändning är okänd för denna studie, men kan antas vara liten. Söpgården och de allmänna toaletterna i hamnen använder ca 500m<sup>3</sup> per år. Kommunen kommer i år (2019) att installera en avsaltningsanläggning för toaletterna. Vid stranden i Trovill finns fyra allmänna torrdrass.

## 6.7 Vattenbehov och efterfrågan (konsumtionsperspektiv)

Baserat på intervjuer med boende och fritidsboende uppskattas medelvattenanvändningen för permanentboende till 115 l/p, d (baserat på 5 intervjuer) och för fritidsboende till 94 l/p, d (baserat på 3 intervjuer). I Sverige är den genomsnittliga vattenanvändningen 140 l/p, d (Svenskt Vatten, 2019). Den lägre genomsnittliga vattenanvändningen på Sandön skulle kunna bero på att befolkningen är mer medveten om vattensituationen och därför använder vatten mer sparsamt. För fritidsboende beror troligtvis den lägre användningen på att det är fler personer per hushåll samt att sommargäster möjligen byter ut en dusch mot ett dopp i havet. För besökare har medelvärdet från Gössling, et al. (2012) antagits. Vattenbehovet ur ett konsumtionsperspektiv visas i Tabell 2, och uppgår till 49 702 m<sup>3</sup> per år. Detta motsvarar en permanent befolkning på 1 184 personer.

Antalet dagsbesökare beräknades genom approximationen att 100 000 personer besöker Sandön varje år och att 33 366 av dem stannar över natten samt att 58 828 besöker ön med egen båt. Detta ger 7 806 dagsbesökare per år.

Tabell 2 Vattenbehov, konsumtionsperspektiv

Antal personer	Kategori		Liter per person, dag	Antal dagar	Totalt [m <sup>3</sup> /år]
106	Permanentboende		115	365	4 449.35
2 149	Sommarboende		94	60	12 120.36
528	Fritidsboende (exkl. sommar)		94	24–152	3 427.00
7 806	Besökare	Dagsbesökare	150	1	1 170.90
33 366		Övernattning	216	2	14 414.12
58 828		Privat båt	150	1.6	14 119.72
					<b>49 701.45</b>

## 6.8 Synen på vatten

Genom intervjuer med boende och verksamheter på ön är det tydligt att de är trötta på att diskutera vattenbrist. Många boende upplever att relationen till kommunen är spänd, något som började när bostäder på grannön Telegrafholmen byggdes ut och kopplades på det

kommunala VA-nätet. En majoritet av dem som deltagit i intervjuer för denna studie uppger att de vill släppa de gamla problemen och istället fokusera på en framtid där vattenbrist inte är ett problem på agendan.

De flesta reflekterar inte över vad de betalar för vatten och avloppstjänster från kommunen. Några tycker att priset är för lågt om de tänker på vilka tjänster de får. En respondent tycker att den rörliga delen av priset borde justeras så att fritidsboende skulle betala mer.

Den kommunala vattenverksamheten får enligt lag inte gå med vinst. Kommunen menar därför att det är svårt att experimentera med priser. Däremot är det möjligt att ändra fasta och rörliga kostnader, något som gjorts i många fjällkommuner där fastighetsägare bara spenderar ett fåtal dagar per år i sina hus. Detta diskuteras dock inte i Värmdö kommun i dagsläget. Det finns däremot en diskussion om att lägga till en ytterligare avgift på biljettpriset för färjetransporterna. Detta skulle till exempel kunna finansiera bättre offentliga tjänster så som toaletter eller utökade återvinningsmöjligheter.

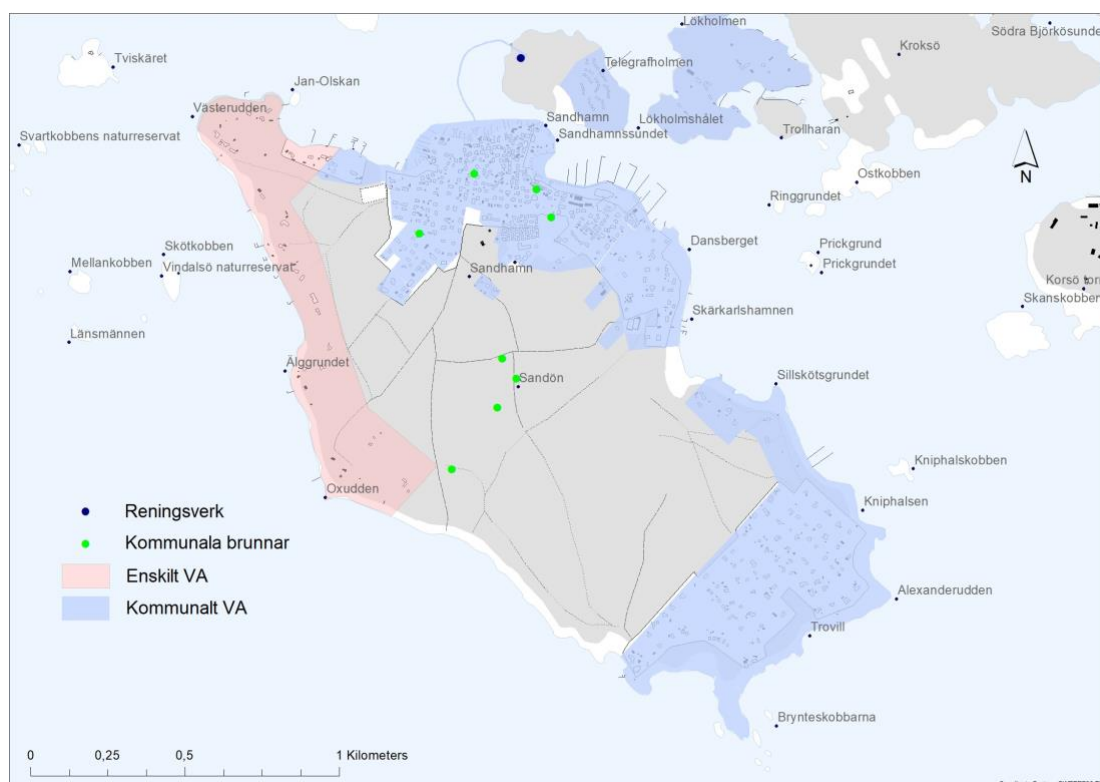
## **6.9 Sammanfattning**

Sandön har en stor befolkningsvariation över året. Omkring 100 personer bor permanent på ön, ca 2 000 under sommaren och potentiellt mer än 100 000 personer besöker Sandön på ett år. Följaktligen varierar även efterfrågan på vatten över året. De verksamheter som kontaktats för denna studie uppger att de i princip gör allt de kan för att spara på vatten.

I denna studie uppskattas vattenbehovet för Sandöns befolkning och besökare till 49 700 m<sup>3</sup> per år, vilket motsvarar ett vattenbehov för en permanent befolkning på 1 184 personer. Vattenförsörjning är en känslig fråga på Sandön. Boende och verksamhetsutövare önskar en framtid där vattenbrist inte är en ständig punkt på agendan.

## 7 Tekniklandskapet

I detta avsnitt beskrivs tekniklandskapet, det vill säga den infrastruktur som distribuerar vatten och avloppstjänster på Sandön. Först presenteras det kommunala vatten- och avloppssystemet (VA), därefter enskilda VA-lösningar. Figur 17 illustrerar vilka delar av Sandön som är kopplade till det kommunala nätet samt de delar som har enskilda lösningar. Kommunens brunnar samt reningsverkets position framgår även.



Figur 17 Fördelningen mellan fastigheter anslutna till kommunalt VA samt enskilda VA-lösningar. Position för kommunens brunnar samt reningsverket visas även.

### 7.1 Vattenproduktion: täkter, vattenverk, reservoarer och ledningsnät

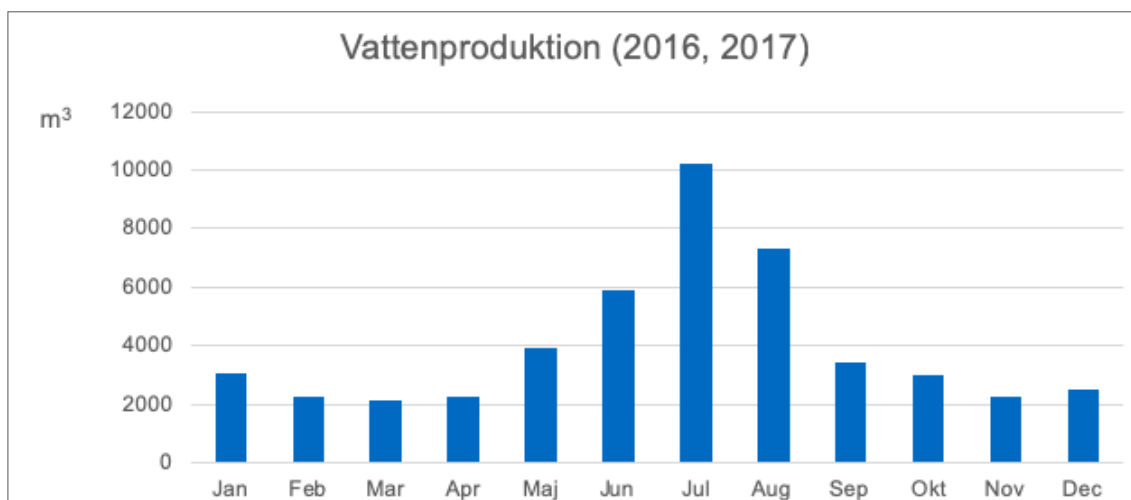
Som Figur 17 visar så är majoriteten av fastigheterna på Sandön påkopplade till det kommunala VA-nätet. Fastigheterna på Telegrafholmen är också påkopplade samt Lökholmen sommartid. Dricksvattnet hämtas från äldre grävda brunnar samt nyare rörbrunnar som är belägna i Sandhamns by samt på de centrala delarna av ön. Det finns totalt 11 kommunala brunnar, två är i dagsläget inte i bruk. Varje brunn har nivåvakt vilket styr uttaget. Vattnet från brunnarna pumpas via två vattenverk och utjämningsmagasin innan de når användarna. På grund av de fördelaktiga geologiska förutsättningarna behöver vattnet endast behandlas med UV-desinfektion innan det distribueras. Klorering finns även tillgängligt ifall ytterligare rening skulle behövas. Prover för både mikrobiologiska- och

kemiska parametrar tas både vid brunnarna samt hos konsumenterna. Brunnarna som ligger i Sandhamns by är inhägnade med staket och en informationsskylt som berättar att det är en grundvattentäkt och skyddat område för grundvattenuttag. Brunnarna belägna på de centrala delarna av ön har inget staket eller uppmärkning, se Figur 18.



Figur 18 Vänster: Inhägnad brunn i centrala delen av Sandhamn, nedanför Sands Hotell (foto av författaren den 7 april 2019). Höger: Brunn på centrala delen av ön, utan staket (foto av författaren den 6 april 2019).

Baserat på statistik från 2016 och 2017 distribuerar vattenverken totalt 48 348 m<sup>3</sup> dricksvatten per år. Den största delen av produktionen sker under sommaren. Under juli 2018 var medeluttaget 382 m<sup>3</sup>/dag, med ett maximum på 472 m<sup>3</sup>/dag vilket bara är 28 m<sup>3</sup> från det, enligt vattendomen, tillåtna uttaget på 500 m<sup>3</sup>/dag. Under juli 2014 var det maximala dygnsuttaget 483 m<sup>3</sup> (Geosigma AB, 2016). Figur 19 visar vattenproduktionen per månad.



Figur 19 Vattenproduktion per månad baserat på statistik från 2016 och 2017

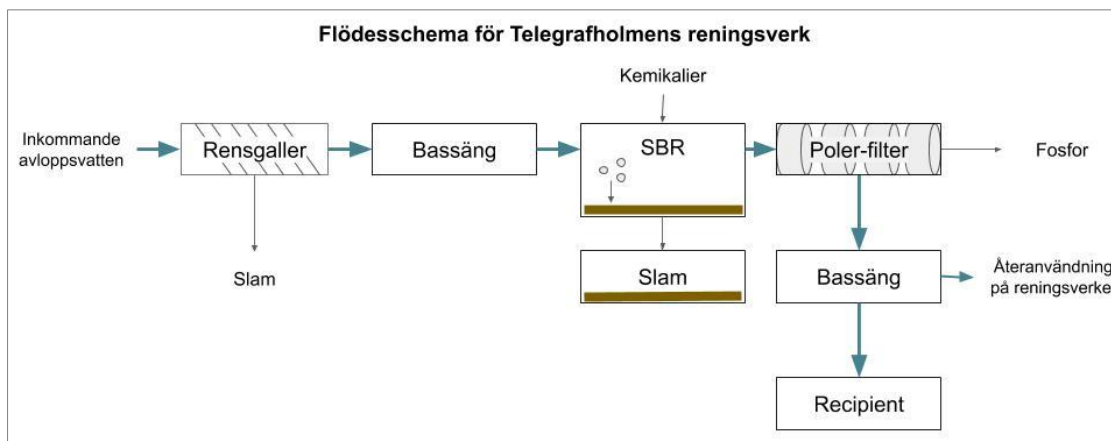
Pumparnas funktion, reservoarnivåer samt vattenuttag är kontinuerligt övervakade digitalt, det är därför möjligt att visa dagligt vattenuttag enligt kommunen. Detta finns i dagsläget inte tillgängligt för boende och verksamheter, men har framkommit önskvärt av verksamhetsutövare genom intervjuer för denna studie. Det finns i dagsläget inte flödesmätare i ledningarna. Ledningssystemet består av polyeten- och galvade rör, samt äldre i gjutjärn. Vid strömavbrott finns reservenergi som gör att vattensystemet alltid ska fungera. Om vattentäkterna skulle kontamineras, om systemet skulle ligga nere eller annan krissituation har kommunen vattentankar på fastlandet som kan köras ut och förse boende med dricksvatten.

## 7.2 Avlopp: ledningsnät och reningsverk

Kommunens reningsverk ligger på Telegrafholmen. Det renar avloppsvatten från Sandön, Telegrafholmen samt Lökholmen. Det byggdes 1986 för 1500 personekvivalenter (PE). År 2005 byggdes verket om och ut för att kunna hantera avloppsvatten från 3000 PE. Tekniken som används kallas satsvis biologisk rening (SBR) och fungerar genom att en bestämd mängd avloppsvatten renas åt gången. 2017–2018 byggdes reningsverket om igen och polerfilter tillsattes för ytterligare rening. Ombyggnationerna gjordes eftersom verket under flera års tid haft svårt att nå upp till eftersträvd reningsgrad (Svensk Ekologikonsult AB, 2016). 2016 gjorde Svensk Ekologikonsult AB en modellering och konsekvensbedömning av utsläppen från reningsverket. Deras modellering visar att tillskottet av fosfor och kväve är relativt små i jämförelse med befintliga koncentrationer i Getholmsfjärden, men att utsläppen bidrar till övergödning av Östersjön. Bakterienivåerna i utsläppen beräknas klara gränsen för badvattenkvalitet. Svensk Ekologikonsult pekar på att lokala effekter vid utsläppspunkten kan förekomma, men att utsläppen inte bedöms ha medfört betydande effekter på Getholmsfjärden. Efter att polerfiltren tillsattes har prover

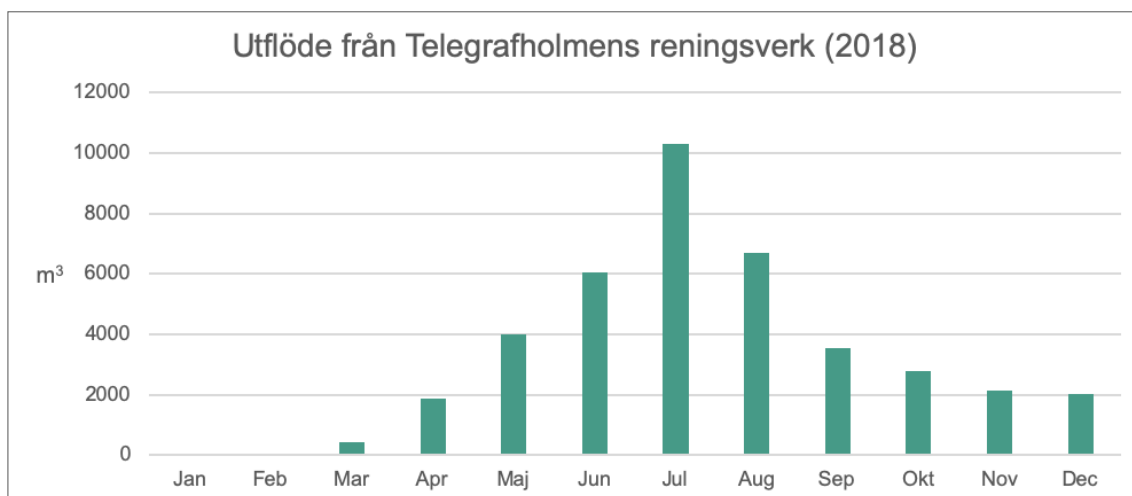
på utgående vatten varit godkända. Den biologiska reningsprocessen är dock känslig för variationer i inflöde och temperatur.

Figur 20 visar reningsverkets flödesschema. När avloppsvattnet inkommer till reningsverket passerar det först ett rensgaller där större partiklar avlägsnas. Efter detta pumpas vattnet till en bassäng där vattnet kan magasineras en tid tills dess att det pumpas in i nästa bassäng där SBR äger rum. Först luftas vattnet vilket möjliggör biologisk nedbrytning. Därefter tillsätts flockningsmedel vilket binder fosfor till slam. Efter detta uppehålls vattnet så att slammet kan sedimentera till botten av bassängen. Det renade vattnet ligger därefter över slammet och kan pumpas till nästa steg i reningen vilket är polerfiltren. Detta steg är som en stor tvättmaskin där vattnet centrifugeras genom filtren. Detta avlägsnar ytterligare fosfor. Efter dessa steg är vattnet renat till godkänd kvalitet för att släppas ut. Det renade vattnet släpps ut till Getholmsfjärden i Östersjön ca 110 m ut från strandkanten på 30 m djup. En del av det renade vattnet återanvänds till städ och processer på reningsverket.



Figur 20 Flödesschema för reningsverket på Telegrafholmen

Baserat på statistik från 2005–2014 samt 2018 är utflödet av renat avloppsvatten från reningsverket 42 926 m<sup>3</sup> per år. Vatten som används för dusch, disk, tvätt och wc utgör 87% av vattnet som används i ett hushåll (Pleijel & Nordström, 2018). Detta betyder att 122 liter av den svenska medelvattenförbrukningen på 140 l/p, d blir avloppsvatten. Reningsverket släpper därför ut renat avloppsvatten från  $[42\ 926 / (365 \times 0.122)]$  964 personekvivalenter per år. Figur 21 visar månadsutflöden från 2018. På grund av ombyggnation finns inte statistik för januari och februari.



Figur 21 Utflyde av renat avloppsvatten från reningsverket på Telegrafholmen för 2018

### 7.3 Privata brunnar och avlopp

Genom intervjuer och observationer under fältstudien framgår att ca 25 fastigheter inte är påkopplade på det kommunala VA-nätet. En fritidsboende berättar att deras brunn ibland sinar under perioder med torka. Information om huruvida privata brunnar är grävda eller borrhade har inte helt kunnat klargöras i denna studie. Endast information om en brunn som är borrhad till ca 60 m har kartlagts. Denna förser hushållet med vatten av god kvalitet och kvantitet. I SGU:s brunnsarkiv finns uppgifter om fem brunnar som används som enskilda vattentäkter och ytterligare fem där användningen är okänd (Geosigma AB, 2016). De privata avloppssystemen har inte kunnat kartläggas för denna studie. Den enda information som framkommit är att slamtömning sker via slangar till tankbåt.



Figur 22 KSSS avsaltningsanläggning. Vänster: Vattentankar i plast samt grå hydrofortank. Höger: Filterstation. (Foto av författaren den 6 april 2019)

KSSS har installerat en avsaltningsanläggning för att tillgodose deras gästhamnsbesökare med vatten. Systemet är installerat och underhålls av BlueWater och kan leverera 30 000 liter per dygn. Det är i drift mellan maj till september. Intaget ligger på 8 m djup under en av KSSS bryggor i hamnområdet. Vattnet pumpas därifrån upp till en filterstation i källaren på Seglarhotellet där havsvattnet renas och avsaltas till dricksvattenkvalitet. Vattnet förvaras sedan i tre 2 m<sup>3</sup> vattentankar belägna under Seglarhotellets terrass innan det distribueras till gästerna via kranar på bryggorna. Kranarna har antingen en tryckknapp som levererar vatten i 30 sek. eller vred som öppnar eller stänger flödet. Det händer att vattnet tar slut när det är många som vill fylla sina vattentankar. Detta sker oftast när gäster både lämnar och ankommer till hamnen. Hamnkaptenen försöker att hänvisa gäster att fylla sina tankar när det finns gott om vatten men menar att större tankar vore fördelaktigt. Att byta ut tankarna till större är något som diskuteras och möjligen kommer att finnas på plats för sommaren 2019.

Längst den södra stranden på ön, nedanför Oxudden, ligger ett rör från en fastighet ner till havet (se Figur 23). Detta indikerar att havsvatten används på åtminstone en fastighet här. Möjligen kan det finnas en privat avsaltningsanläggning, detta har dock inte kartlagts för denna studie.



*Figur 23 Rör som leder ut från land till havet på södra stranden (foto av författaren 5 april 2019)*

#### **7.4 Andra pågående vattenprojekt**

Det pågår andra projekt om vatten på Sandön. KSSS driver just nu i samarbete med Värmdö kommun ett SEASTOP projekt (EU) där en större avsaltningsanläggning på Telegrafholmen planeras att byggas. Denna avsaltningsanläggning är tänkt att tillgodose hela KSSS verksamhets vattenbehov på Sandön, Telegrafholmen och Lökholmen. Verket planeras vara i drift mellan april till oktober och producera 50 m<sup>3</sup> per dygn med en tankvolym på ca 44 m<sup>3</sup>. Framtida utbyggnad med ytterligare 40 m<sup>3</sup> per dygn är möjlig. Befintliga ledningar som i dagsläget levererar dricksvatten från Sandhamn till Telegrafholmen/Lökholmen planeras byta riktning sommartid så att avsaltat vatten i stället levereras till servicehus etc. på Sandön. Planeringen är i slutskedet och byggnationen planeras starta i maj 2019 för att kunna leverera vatten senast till säsongen 2020.

Ett annat projekt är Leader projektet ”mer vatten till Sandhamn”. Leader finansierar lokalt ledda projekt genom Jordbruksverket. Projektets syfte är att undersöka hur vattenbristen kan övervinnas genom att undersöka olika alternativ för vattenförsörjning. De olika alternativen som ska undersökas är en avsaltningsanläggning kopplad till det kommunala systemet, en avsaltningsanläggning för en eller flera större konsumenter sommartid, en vattenledning från fastlandet samt regnvatteninsamling. Ytterligare alternativ skulle möjligen även kunna inkluderas. Projektet är (våren 2019) i sitt startskede.



## 7.5 Myndighetsutövning, kostnadsstruktur och prissättning

Vattenuttaget på Sandön regleras av ett tillstånd för vattenverksamhet, vanligen kallat vattendom, vilken fastställdes 2006. Enligt denna får uttaget inte överstiga 90 000 m<sup>3</sup> per år och 500 m<sup>3</sup> per dygn (Stockholms Tingsrätt, Miljödomstolen, Mål nr: M13416-05, 2006). Om uttaget överstiges riskerar kommunen (verksamhetsutövaren) att dömas till böter eller fängelse i högst 2 år för miljöbrott (Geosigma AB, 2016).

2013 beslutade Samhällsplaneringsnämnden att inte tillåta fler påkopplingar utanför verksamhetsområdet. 2015 beslutade Tekniska nämnden att införa vattenrestriktioner under sommarmånaderna. Det blev då förbjudet att bevattna med slang, fylla pooler och spola av båtar med kommunalt vatten (Geosigma AB, 2016). I dagsläget råder förbud mellan 15 maj och 15 september att med kommunalt dricksvatten bevattna med slang, spola av båtar med slang samt fylla pooler, badtunnor och båtvtantankar på Sandön, Telegrafholmen och Lökholmen (Värmdö kommun, 2019a). På informationsskyltar uppsatta runt om på Sandön står det att restriktionerna gäller hela året (se Figur 24).



Figur 24 Informationsskyltar på Sandön. (Foto av författaren 6 april 2019)

2019 år taxa för vatten och avlopp i Värmdö kommun råder enligt följande:

- Anläggnings avgift för bostadsfastighet: 273 971 kr

Brukningsavgift för bebyggd fastighet:

- Fast årsavgift per fastighet: 2 826 kr/år
- Fast årsavgift per lägenhet för bostadsfastigheter: 1 566 kr/år
- Rörlig avgift: 29.21 kr/ m<sup>3</sup> levererat vatten

Om fastighet inte har vattenmätare antas vattenförbrukningen till 250m<sup>3</sup>/lägenhet i bostad, år. Detta motsvarar ca 685 liter/dag, bostad.

## 7.6 Makten över VA

Kommunen tog över VA-nätet 1978. I dagsläget tillåts ingen ny påkoppling på det kommunala VA-nätet, såvida det inte ligger inom planerad utbyggnad. Dock har marklov för uppförande av pool beviljats.

Figur 25 visar vattenskyddsområden på Sandön. I kommunens vattenskyddsområdesföreskrifter står följande:

### 10 § Grundvattentäkt

#### Primär skyddszon

- Anläggande av brunn för uttag av grundvatten är förbjudet.

#### Sekundär skyddszon

- Anläggande av brunn för uttag av grundvatten får inte ske utan tillstånd från bygg-, miljö- och hälsoskyddsnämnden.

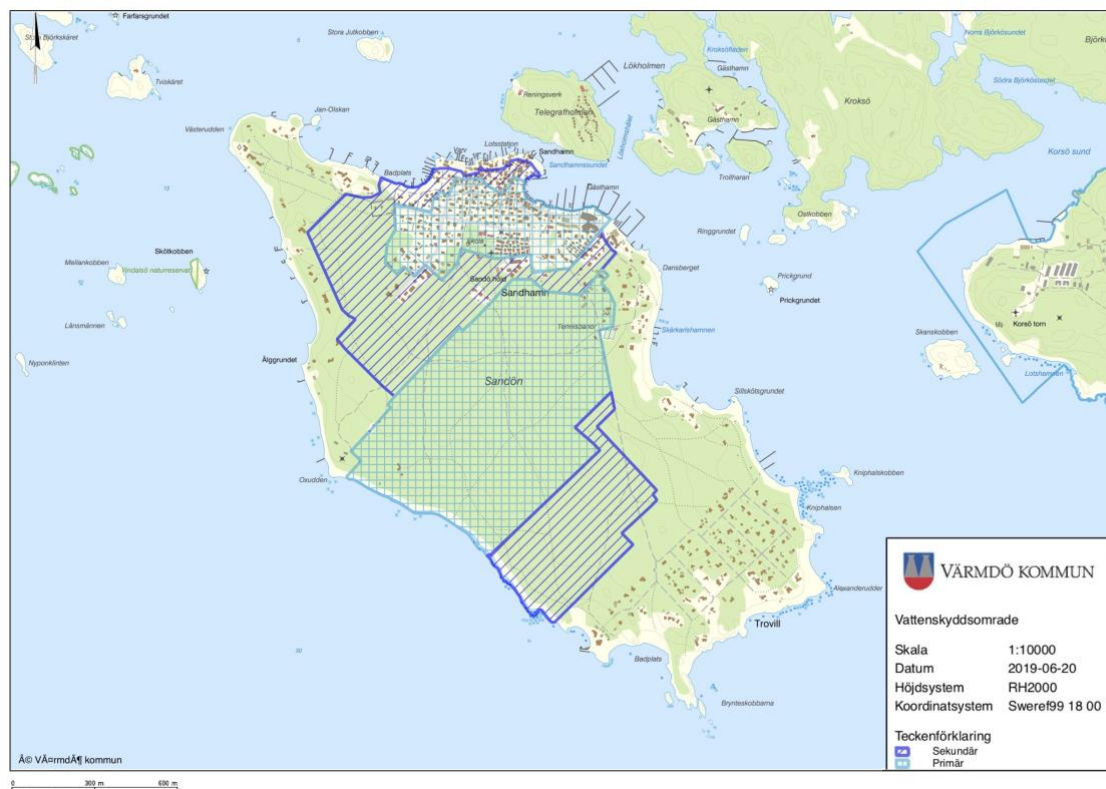
### 5 § Avledning av avloppsvatten

#### Primär och sekundär skyddszon

- Utsläpp av avloppsvatten på eller i marken är förbjudet.

#### Undantag från förbudet gäller för:

- Utsläpp av avloppsvatten från befintliga avloppsanläggningar som får användas i den omfattning de har då dessa föreskrifter träder i kraft under förutsättning att dessa anläggningar inte strider mot bestämmelserna i gällande miljölagstiftning.



Figur 25 Vattenskyddsområden på Sandön (genererad via Värmdö kommuns webbkarta).

### 7.7 Sammanfattning

En stor del av Sandöns fastigheter är påkopplade till kommunalt vatten och avlopp. Årligen producerar kommunens vattenverk i snitt 48 348 m<sup>3</sup> dricksvatten, huvudsakligen under sommarmånaderna. Produktionen har en topp i juli då uttaget vissa dagar är nära det enligt lag tillåtna uttaget på 500 m<sup>3</sup> per dygn.

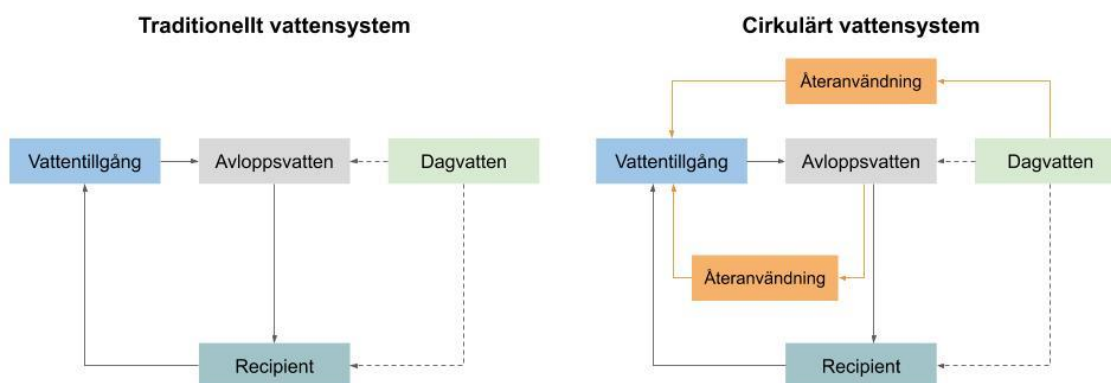
Reningsverket på Telegrafholmen släpper årligen ut 42 926 m<sup>3</sup> renat avloppsvatten i Östersjön, huvudsakligen under sommarmånaderna då utsläppet ligger över 4 000 m<sup>3</sup> per månad. Efter en ombyggnation 2017–2018 uppfyller det rena avloppsvattnet godkända värden. Reningsprocessen är dock känslig för ojämna inflöden samt låga temperaturer.

Ingen ny påkoppling till det kommunala VA-nätet tillåts. Restriktioner för att med kommunalt vatten fylla båt-vattentankar och bevattna med slang etc. gäller. Detta har gjort att den största gästhamnen installerat en avsaltningssystem för att deras gäster ska ha möjlighet att fylla sina vattentankar. Ytterligare avsaltningssystem planeras för hela KSSS verksamhet och för de offentliga toaletterna i hamnen.

De omkring 25 enskilda VA-lösningar är för denna studie i detalj inte kända. Vissa brunnar verkar ha goda vattentillgångar och vissa står tomma under torrperioder.

## 8 Cirkulärt vattenbruk – Förslag för Sandön

Traditionellt utnyttjas vattenresurser på ett linjärt sätt. Vi utviner, använder och släpper ut vattnen. Moderna avloppssystem använder stora mängder vatten bara till att transportera utsläpp till reningsverken (Nordström, 2005). I dag finns dock tekniker som kan rena avloppsvatten till dricksvattenkvalitet eller till och med ytterligare (EPA, 2012). Dessutom används dricksvatten till processer där högkvalitativt vatten inte är nödvändigt, exempelvis till att spola toaletter eller bevattning. Cirkulära vattensystem, det vill säga inrättningar där vatten används fler gånger innan det släpps tillbaka till recipienten (mottagande vatten) uppmärksammas alltmer som ett sätt att både minska trycket på vattentillgångar, samt utsläpp av avloppsvatten (Kandiah, et al., 2019). Figur 26 illustrerar principskisser för ett traditionellt kontra ett cirkulärt vattensystem. Dagvatten (nederbörd som tillfälligt avrinner på markytan eller byggnader) kan även samlas in och användas lokalt för att minska trycket på vattentillgångar.

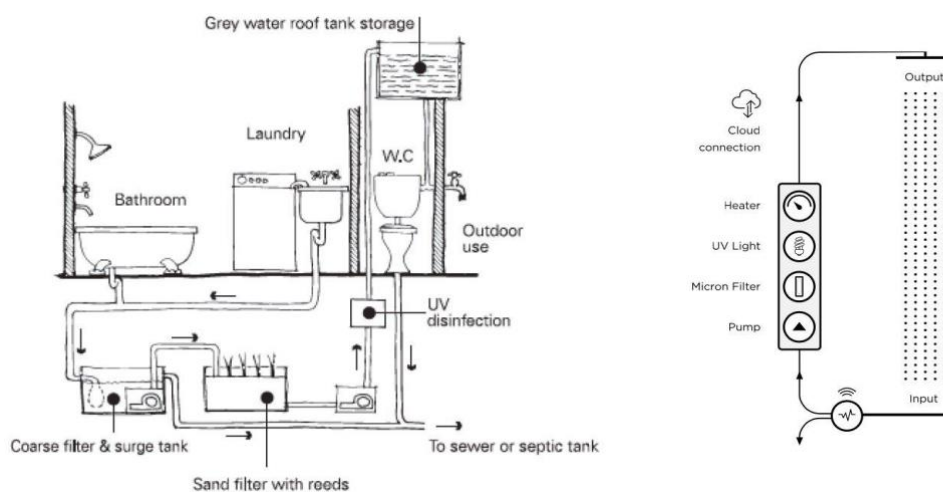


Figur 26 Principskiss över ett traditionellt kontra ett cirkulärt vattensystem. (Baserat på EPA (2012))

Återanvändning av vatten kan potentiellt minska efterfrågan på råvatten samt genom minskade utsläpp av avloppsvatten förbättra miljön. Potentiellt bidrar cirkulära system till lägre växthusgasutsläpp än en avsaltningsanläggning (Khan & Anderson, 2018). Att återanvända vatten är således ett hållbart sätt hushålla med vattenresurser. Det finns dock vissa barriärer med att introducera vattenåteranvändning. Vattensystem är ofta stora komplexa socio-tekniska system, vilket kan innebära höga investeringskostnader och motstånd från allmänheten (Kandiah, et al., 2019). Allmänhetens eller systemanvändarnas acceptans är det viktigaste att ta hänsyn till när cirkulära vattensystem planeras. De bör därför vara med och utforma systemet. Applikationer där återanvändning av vatten används för annat än som dricksvatten mottas mer sannolikt än där renat avloppsvatten används som - eller för att fylla på - dricksvattenresurser.

Ett exempel på ett högeffektivt cirkulärt vattensystem är på Internationella rymdstationen (ISS) där nästan varje droppe vatten återanvänds (EPA, 2012). På jorden finns dock en rad olika användningsområden för att återanvända vatten. Cirkulära system kan inrättas som ett centraliserat system på stor skala där avloppsvattnet renas centralt och sedan skickas

tillbaka ut för användning, men även på en liten lokal eller individuell skala. Det kan till exempel vara återanvändning av vatten i ett flerbostadshus, hotell eller privat bostad där vatten renas och återanvänds lokalt (se Figur 27). Det kan även vara system utan rening där till exempel vatten från handfat återanvänds för att spola toaletten (se Figur 28). Större system innebär oftast lägre underhålls- och driftskostnader men också en större investeringskostnad jämfört med små lokala eller individuella system. Tabell 3 ger en översikt av tillämpningsområden för återanvändning av vatten.



Figur 27 Vänster: Cirkulärt vattensystem för en villa. (Fane & Reardon, 2013). Höger: Principskiss av dusch från Orbital System som renar och återanvänder vatten direkt, uppges minska vattenanvändningen med upp till 90% (Orbital Systems, 2018).



Figur 28 WiCi toalett med inbyggt handfat. Att återanvända vatten på detta sätt kan spara mellan 200–2 000 liter vatten per år enligt leverantören (Wici Concept, u.d.)

Tabell 3 Översikt av tillämpningsområden för återanvändning av vatten

Kvalitet	Tillämpning	Användning
Icke-dricksvattenkvalitet	Jordbruk	Bevattning, processer, rengöring etc.
	Urban	Bevattning, brandförsvär, damm bindande, fordonstvätt, toalettspolning etc.
	Industri	Processer, kylning etc.
	Miljö /rekreation	Skapa, förbättra, upprätthålla eller fylla på vattenförekomster (våtmarker, habitat, flöden). Konstgjorda sjöar, saltvattenbarriär etc.
Dricksvattenkvalitet	Indirekt (IPR)	Påfyllnad av dricksvattenresurs. Miljöbuffert används för naturlig rening.
	Direkt (DPR)	Renat avloppsvatten används direkt genom att de kopplas på dricksvattenledning. (har t.ex. använts i 50 år i Windhoek, Namibia)

Vid planering av cirkulära vattensystem behöver vissa kriterier undersökas. Allmänhetens acceptans nämns upprepat som ett viktigt kriterium. Systemets energibehov, utsläpp och livscykelkostnad samt hälsorisker bör övervägas. Potentiell dricksvattenvattenbesparing behöver beräknas, lagar och förordningar måste följas samt natur- och kulturresurser behöver skyddas. Det är viktigt att poängtera att varje stad, område eller ö har unika förutsättningar. Därför behöver lokalt klimat, dricksvattentillgång, tillgång och efterfrågan på använt vatten, dess kvalitet och säsongsflyde, markanvändning, såväl som ekonomisk och förvaltningskapacitet undersökas. Behovet av ny infrastruktur och byggnadstid bör undersökas och andra projekt som planeras identifieras eftersom samplanering kan vara fördelaktigt.

På Sandön är flera cirkulära vattensystemsalternativ tekniskt möjliga att införa. För att minska trycket på Sandöns grundvattenmagasin är det framför allt vattenanvändningen under sommarmånaderna och toppen i juli som behöver minska. Särskild hänsyn bör också tas så att inte för små mängder avloppsvatten inkommer till reningsverket under vintermånaderna. Lösningar bör därför riktas till besöksnäringen och sommargäster.

Det är som sagt viktigt att de som ska använda systemet accepterar lösningarna. Följande är förslag på vad författaren av denna rapport funnit passande med hänsyn till natur- och kulturmiljön, allmän acceptans samt tekniska och ekonomiska aspekter. De ska inte ses som något slutgiltigt beslut utan mer som en utgångspunkt för kommande diskussioner om hur Sandöns vattenvattenresurser kan användas på ett mer hållbart sätt.

### **8.1 Återanvändning av vatten på Seglarhotellet**

Seglarhotellet är en av Sandöns största vattenkonsumenter. Vid kommande renoveringar av hotellrum är det möjligt att implementera återanvändning av vatten. Det kan vara för hela hotellet, i så fall är det fördelaktigt att separera avloppsvattnet; vatten från toaletter och kök bör direkt ledas till det kommunala reningsverket, och vatten från duschar och handfat bör renas på plats för att sedan återcirkuleras för samma ändamål, avspolning av däck eller toalettspolning beroende på reningsgrad. Ett annat alternativ är att installera individuell återanvändning för varje rum, så att vatten från handfatet direkt leds till toaletten. I båda fallen sänks användningen av dricksvatten signifikant.

Seglarhotellet har en takyta på ca 2 700 m<sup>2</sup> vilket ger en potentiell årlig regnvatteninsamling på 1 755 m<sup>3</sup>. Regnvattnet skulle kunna användas för att spola av fordon och terrasser, något som i dagsläget inte är tillåtet att göra med kommunalt dricksvatten. Detta skulle således inte minska uttaget av grundvatten men underlätta för personalen.

### **8.2 Återvinn vatten från reningsverket på Telegrafholmen**

Reningsverket på Telegrafholmen producerar under sommarmånaderna över 6000 m<sup>3</sup> per månad. Detta reade vatten skulle kunna användas för att spola toaletter på hotell, restauranger eller på de offentliga toaletterna i Sandhamns hamnområde under sommaren. Detta skulle minska efterfrågan på sötvatten väsentligt under sommaren men kräver en betydande investeringskostnad nya vattenledningar mellan Telegrafholmen och Sandön, samt in till slutanvändarna. Vattenledningen skulle kunna komma upp i Sandhamns hamnområde nära Seglarhotellet där vattnet skulle kunde användas för spolning av toaletter. För att ytterligare nå andra hotell och restauranger behövs ytterligare vattenledningar på land. I detta fall behöver vattenledningarna med återvunnet vatten noggrant märkas upp så att felkoppling minimeras. Ett första steg skulle kunna vara att ansluta offentliga toaletter för att bevisa att det går att återanvända vatten. Dock är en avsaltningsanläggning enligt kommunen redan beställd vilket skulle göra påkopplingen av återvunnet vatten onödig.

### **8.3 Återanvänd vatten i enskilda hushåll**

Enskilda hushåll kan med fördel återvinna vatten från handfat och duschar för att spola toaletten med. Detta kräver en relativt simpel installation genom att utloppet från handfatet kopplas till toalettens vattentank. Tvålrester, andra avlagringar och patogener kan dock byggas upp, det är därför viktigt att spola rent vattentanken med jämna mellanrum och inte låta vattnet stå i mer än ett dygn. Mer avancerade duschar som direkt återanvänder vatten och kan spara upp till 90% av vattenförbrukningen finns även på marknaden. Ju mer avancerad teknik desto högre är ofta investeringskostnaden men generellt sett är också dricksvattenförbrukning lägre.

Regnvatteninsamling för bevattning eller för inomhusbruk, så som toalettspolning eller tvätt är också ett sätt att spara vatten i hemmet. Ska regnvatten användas inomhus krävs

enklare rening och avledning av det regn som först träffar takytan då detta spolar av föroreningar som ansamlats på ytorna.



## 9 Litteraturförteckning

- Aspfors, J., 2000. *Sandhamn - en riksintressant kulturmiljö i Värmdö kommun*. 1 red. Värmdö kommun, Kultur- och fritidsnämnden.
- Biancini, L., 1924. *En bok om Sandhamn*. Stockholm: C.E. Fritzes bokförlags AB.
- EPA, 2012. *2012 Guidelines for Water Reuse*, Washington, DC: EPA.
- Fane, S. & Reardon, C., 2013. *Wastewater reuse*. [Online]  
Tillgänglig på:  
<http://www.yourhome.gov.au/sites/prod.yourhome.gov.au/files/pdf/YOURHOME-Water-WastewaterReuse.pdf>  
[Använd 19 Maj 2019].
- Geosigma AB, 2016. *Risker och konsekvenser vid ökat grundvattenuttag från vattentäkterna på Sandön*, Geosigma AB.
- Gössling, S. et al., 2012. Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review. *Tourism Management*, Volym 33, pp. 1-15.
- Hitta.se, 2019. *Sandhamn*. [Online]  
Tillgänglig på:  
<https://www.hitta.se/stockholms+l%C3%A4n/sandhamn/sandhamn+postort/omr%C3%A5de/2000007418>  
[Använd 2 Maj 2019].
- Kandiah, V. K., Berglund, E. Z. & Binder, A. R., 2019. An agent-based modeling approach to project adoption of water reuse and evaluate expansion plans within a sociotechnical water infrastructure system. *Sustainable Cities and Society*, Volym 46, p. 101412.
- Khan, S. J. & Anderson, R., 2018. Potable reuse: Experiences in Australia.. *Environmental Science and Health*, Volym 2, pp. 55-60.
- Källgård, A., 2013. Sandön (=Sandhamn). i: *Sveriges öar*. 3 red. Stockholm: Carlssons, pp. 365-367.
- Länsstyrelsen Stockholm, 2014. *Beslut om utvidgat strandskydd för Värmdö kommun, 511-39876-2012*, Stockholm: Länsstyrelsen Stockholm.
- Millevik, M., Kovacic, D. & Mardini, W., 2011. "Så nära men ändå så långt bort" - en studie om hållbar destinationsutveckling på Sandhamn, Stockholm: Södertörns högskola.

- Nordström, A., 2005. *Dricksvatten för en hållbar utveckling*. 3:e red. Stockholm: Studentlitteratur.
- Orbital Systems, 2018. *Product - The first Digital Recirculating Shower System*. [Online]  
Tillgänglig på: <https://orbital-systems.com/product/>  
[Använd 15 Juni 2019].
- Pamnert, M., Persson, C. & Wällberg, B., 1998. *tredimensionell modellering av jordlager, berggrund topografi grundvatten på Sandön i Stockholms skärgård*, Uppsala: SGU.
- Pleijel, C. & Nordström, A., 2018. *Water Saving Challenge, a smart guide to water management*. Office of Tonino Picula, Member of the European Parliament (S&D).
- Sandhamn Seglarhotell AB, u.d.. *Sandhamn.se - Boende*. [Online]  
Tillgänglig på: <https://www.sandhamn.com/boende/>  
[Använd 7 April 2019].
- Sandhamn.se, u.d.. *Skogen*. [Online]  
Tillgänglig på: <http://www.sandhamn.se/skogen/>  
[Använd 18 Februari 2019].
- SMHI, 2014. *Dataserier med normalvärden för perioden 1961-1990*. [Online]  
Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/dataserier-med-normalvarder-1.7354>  
[Använd 18 Februari 2019].
- SMHI, 2017. *Årsavdunstning medelvärde 1961-1990*. [Online]  
Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/vattenstand-2-2-338/arsavdunstning-medelvarde-1961-1990-1.4096>  
[Använd 18 Februari 2019].
- Stockholms Tingsrätt, Miljödomstolen, Mål nr: M13416-05 (2006)*.
- Strömma, 2019. *Tours & Excursions*. [Online]  
Tillgänglig på: <https://www.stromma.com/en-se/stockholm/excursions/>  
[Använd 14 Maj 2019].
- Svensk Ekologikonsult AB, 2015. *Utvärdering av grundvattentillgång i Värmdö kommun*, Spånga: Värmdö kommun.
- Svensk Ekologikonsult AB, 2016. *Telegrafholmens reningsverk - konsekvensbedömning av utsläpp från Telegrafholmens reningsverk, Värmdö kommun*, Spånga: Värmdö kommun.

- Svenskt Vatten, 2019. *Svenskt Vatten/ Fakta om vatten/ Dricksvattenfakta*. [Online]  
Tillgänglig på: <http://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/>  
[Använd 26 April 2019].
- Waxholmsbolaget, u.d.. *Sandhamn*. [Online]  
Tillgänglig på: <https://waxholmsbolaget.se/bryggor-och-resmal/sodra/sandhamn>  
[Använd 14 Maj 2019].
- Wici Concept, u.d.. *WiCi Concept - Toilet with sink*. [Online]  
Tillgänglig på: <http://www.toilet-with-sink.com/index.php>  
[Använd 21 Maj 2019].
- VISS, 2017. *Sandhamn*. [Online]  
Tillgänglig på: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA54711715>  
[Använd 31 Maj 2019].
- Värmdö kommun, 2011. *Översiktsplan för Värmdö kommun 2012-2030*, Gustavsberg: Värmdö kommun.
- Värmdö Kommun, 2018. *VA-taxa 2019*, Värmdö: Värmdö Kommun.
- Värmdö kommun, 2019a. *Aktuell information om vatten och avlopp - Spara på vattnet i Sandhamn!*. [Online]  
Tillgänglig på:  
<http://www.varmdo.se/byggaboochmiljo/vattenochavlopp/kommunaltvattenochavlopp/aktuellinformationomva.4.535f453b144f9c99a8319c6a.html>  
[Använd 20 Juni 2019].
- Värmdö kommun, 2019b. *Vattensituationen på Sandhamn, Intervju med Fladvad, L & Baggström, E*, [25 Mars 2019]
- Ö för Ö, u.d.. *Allmänt om Sandhamns skärgård*. [Online]  
Tillgänglig på: <http://www.oforo.se/island-facts/sandon/1729/>  
[Använd 25 Januari 2019].