



UPPSALA  
UNIVERSITET



UPTEC W 17012

Examensarbete 30 hp  
Juni 2017

# Vattenanvändning hos samhällsbrukare

En studie om flöden och maxfaktorer för  
en förbättrad dimensionering

---

Emelie Holm

## **REFERAT**

### **Vattenanvändning hos samhällsbrukare – en studie om flöden och maxfaktorer för en förbättrad dimensionering**

*Emelie Holm*

För att vatten ska kunna levereras enligt de krav som ställs från användarna i samhället behövs ett väl anpassat ledningsnät. Det innebär bland annat att vatten ska finnas tillgängligt i den mängd som behövs och vid den tidpunkt som vatten krävs. För att vattenreningsverken ska kunna leverera rätt mängd vatten måste ledningsnätet vara dimensionerat för att kunna transportera allt vatten som skall pumpas ut till användarna. Detta kräver en god uppskattning om de vattenflöden som behövs. Det förväntade vattenflödet till olika samhällsanvändare uppskattas utifrån befintliga användningsmönster samt publikation P83, framtagen av Svenskt Vatten. Allt eftersom samhället utvecklas behöver publikationen uppdateras för att denna ska stämma så väl överens med verkligheten som möjligt.

Vattenanvändningsmönster i skolor, kontor, handelsområden och industrier undersöktes som en del av ett pågående projekt för att undersöka om P83 bör uppdateras. För dessa har år- och dygnsvariationer, flöden och maxfaktorer analyserats från årslånga mätserier. Utifrån uppmätta värden kunde alternativa fördelningsnycklar som potentiellt skulle bidra till förbättring också analyseras. Resultaten tyder på att det finns förbättringsmöjligheter för flödesberäkningar för brukartyperna skolor, handel och industri jämfört med dagens metoder. För skolor och handel skulle inomhusarea vara en relevant fördelningsnyckel att använda vid beräkningar medan takyta vore en mer lämplig parameter att använda för industrier. De maxfaktorer som finns angivna i P83 stämde inte särskilt väl överens med de uppmätta i studien och skulle behöva uppdateras. Studien visar också på ett behov av att dela upp de brukarkategorier som finns i dagsläget till fler kategorier då de tre som finns i dagsläget är mycket generella. Dessutom undersöktes möjligheten att kombinera olika brukartyper för att utjämna vattenflöden under dygnet. Villor eller radhus bör lämpligen kombineras med skolor, kontor eller industrier för att få ett jämnare vattenflöde under dagtid.

Nyckelord: brukartyper, skolor, kontor, handel, industri, årsvariation, dygnsvariation, fördelningsnyckel, maxtimfaktor, maxdygnfaktor, utjämnande brukartyper

*Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet  
Lennart Hjelms väg 9, SE-750 07 Uppsala*

## **ABSTRACT**

### **Water usage for different users - a study on flows and max factors for an improved sizing**

*Emelie Holm*

For water to be delivered according to the requirements of the users in the society there is a need for the water pipelines to be well dimensioned. This means that the amount of water that is needed has to be available at the time when it is required. For the water treatment plants to be able to deliver the right amount of water the pipelines must be sized to carry the water that should be delivered to the users. This requires a good estimate of the amount of water needed. The expected water flow to different users is estimated based on existing water usage patterns as well as the P83 publication, developed by Swedish Water. As society develops the publication may need to be updated to correspond well with reality.

Water use patterns in schools, offices, retail stores and industries were examined as a part of an ongoing project to investigate whether P83 should be updated. For these annual and diurnal variations, water flows and max factors were analyzed from yearlong series of measurements. Based on the measured values alternate allocation keys that could potentially contribute to improvement were analyzed. The results suggest that there are possible improvements for flow calculations for schools, retail stores and industry compared to current methods. For schools and retail stores the indoor area would be a relevant variable to use for calculations, while the roof area would be a more appropriate variable to use for industries. The max factors listed in P83 did not agree with those measured in the study and would need to be updated. The study shows that the three categories used in P83 are very general and ought to be divided into more specific categories. Furthermore, the possibility to combine different types of water users to equalize the water flow to an area during the day was analyzed. Villas or semi-attached houses should preferably be combined with schools, offices or industries for evening out the flow during day time.

Key words: water user, schools, offices, retail stores, industrial, annual variation, diurnal variation, allocation key, maximum daily factor, maximum hourly factor, equalized flow

*Department of Energy and Technology, Swedish University of Agriculture Sciences  
Lennart Hjelms väg 9, SE-750 07 Uppsala  
ISSN 1401-5765*

## **FÖRORD**

Examensarbetet har utförts som avslutande moment på civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik, ett program som läses vid Uppsala universitet och Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetet ingick i ett Svenskt Vatten utvecklingsprojekt och utfördes på Tyréns AB vid avdelningen Vattenutredningar i Stockholm. Hans Hammarlund, specialist inom hydraulisk modellering, på Tyréns AB har varit handledare och Håkan Jönsson vid institutionen för energi och teknik på Sveriges lantbruksuniversitet var ämnesgranskare.

Ett stort tack till alla kollegor på Tyréns för ett härligt välkomnande. Tack till Hans och Håkan som kommit med goda idéer samt till Julia och Nazanin för värdefulla diskussioner. Tack riktas även till Mälarenergi och NSVA som bidragit med mätdata. Och sist med inte minst, tack Jesper för ovärderlig support och ett enormt tålamod.

*Emelie Holm*

*Uppsala, maj 2017*

Copyright © Emelie Holm och Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet.

UPTEC W 17 012, ISSN 1401-5765

Publicerad digitalt vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet, Uppsala, 2017

## POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

I Sverige är tillgång till vatten oftast en självklarhet och jämfört med många andra länder ligger Sverige i framkant vad gäller tillgång till rent vatten, dessutom i nästintill obegränsad mängd. För att säkerställa leverans av vatten till hushåll, arbetsplatser, sjukhus och andra samhällsresurser där vatten behövs finns ett välutvecklat vattensystem. Systemet är uppbyggt för att försörja samhället och invånarna med den mängd vatten som behövs.

Vattnet hämtas från naturen och rening sker i flera steg innan det får klassas som drickbart enligt Livsmedelsverket. Därefter transporteras det vidare till brukarna för användning. När vattnet pumpas ut behöver trycket i ledningarna vara tillräckligt för att vattnet ska kunna nå ut till användarna längst bort från reningsverket och allra högst upp i hus. När storleken på rören som transporterar vattnet bestäms är det viktigt att allt vatten som användarna i samhället behöver får plats i ledningarna. Det är också viktigt att rören är anpassade för den tiden under dygnet eller året då mest vatten samtidigt behöver transporteras. Rören måste därför vara anpassade efter det största vattenflödet som rimligtvis kan förekomma, eftersom kraven inte uppfylls om rören är för små eller trycket för lågt. Då går det inte att garantera att vattenbehovet tillfredsställs. Om ledningarna istället är för stora finns det en risk att vattnet blir stillastående vilket kan leda till en ökad tillväxt av bakterier. Ett annat problem är läckage som leder till förluster av producerat dricksvatten och om ledningarna inte är täta kan föroreningar potentiellt förorena vattnet.

När ledningarnas storlek bestäms görs flödesberäkningar och jämförelser med hur mycket vatten liknande områden använder. Vid dessa beräkningar är en av utgångspunkterna en publikation från Svenskt Vatten, P83 *Allmänna vattenledningsnät: Anvisningar för utformning, förnyelse och beräkning*. Eftersom samhället och vattenbehovet förändras utifrån bland annat folkmängd och en ökande andel vattenbesparande alternativ finns ett potentiellt behov av att uppdatera dagens standarder i P83. Denna studie är en del av ett projekt för att utvärdera om publikationen behöver uppdateras. Hur mycket vatten fyra olika typer av samhällsbrukare använder och hur väl detta stämmer överens med riktlinjerna i P83 har undersökts. De brukartyper som studerades var skolor, kontor, handel och industrier. För dessa undersöktes uppmätta vattenflöden, hur användningen av vatten varierade under ett dygn eller år och från dessa data beräknades ett antal maxfaktorer och jämfördes med riktlinjer från P83. Dessa parametrar kan i ett senare skede användas för att dimensionera ledningarna som ska transportera den mängd vatten som behövs till brukarna.

Vattenflödet för olika ändamål beräknas med olika metoder och ekvationer beroende på vilken brukartyp som använder vattnet. För hushåll beräknas vattenflödet på ett sätt, för skolor och allmänna ändamål såsom sjukvård eller motions- och fritidsanläggningar beräknas det på ett annat sätt och för kontor, handelsområden eller industrier beräknas vattenanvändningen på ett tredje sätt. För att undersöka om de beräkningssätt som används i dagsläget representerar den verkliga vattenanvändning hos de olika användarna jämfördes uppmätta värden med värden som beräknades utifrån P83 efter förutsättningarna för respektive uppmätt flöde. Dessutom undersöktes möjligheterna att använda andra parametrar, så kallade fördelningsnycklar, för att skatta vattenanvändningen bättre. Av de fördelningsnycklar som undersöktes gick det att hitta

bättre alternativ för skolor, handelsområden och industrier. För dessa vore bra fördelningsnycklar skolyta, butiksyta respektive takyta.

När rörens dimensionering bestäms görs det utifrån det högsta flödet som förekommer. Om skillnaden mellan det största flödet som förekommer är mycket stort jämfört med ett flöde vid liten vattenanvändning kan det leda till att rören måste ha en stor dimension. För att dämpa flödestoppar och på så sätt jämma ut dygnsflödet undersöktes möjligheten att hitta utjämnande brukarter. Dessa kan verka för att tillsammans bidra till ett jämnare flöde under dygnet. Då den ena brukartypen använder mycket vatten bör då den andra brukaren använda mindre vatten och tvärt om. Inga tydliga slutsatser kunde dras för vardagar eller helger men då jämförelsen istället gjordes för vardagar mellan klockan 06 – 22 var resultaten tydligare. Bra kombinationer skulle kunna vara skolor, kontor eller industrier i samma område som villor eller radhus.

Skolor, kontor och industrier alla hade störst vattenanvändning kring lunch medan handel hade en relativt jämn vattenanvändning från förmiddag till kväll med en liten ökning runt lunch. Skolor, kontor och industrier hade högst vattenanvändning under vardagar medan handelsområden hade en mer jämlig användning under hela veckan och under ett helt år fanns inga tydliga perioder då mindre vatten användes. För skolor var det däremot mycket tydligt att vattenanvändningen minskade under lov och kontor och industrier hade en lägre användning kring jul och nyår samt under juli månad vilket förmodligen sammanföll med ledighet för många anställda.

## ORDLISTA OCH BETECKNINGAR

|  |   |
|--|---|
| Fördelningsnyckel                                  | En tänkbar parameter för att uppskatta vattenflöde.   |
| MATLAB   | Datorprogram och programmeringsspråk för matematiska och tekniska beräkningar.                                  |
| Maxdygn  | Det dygn under året som har störst vattenanvändningen.  |
| Maxdygnfaktor, $C_{d, \max}$                       | Kvoten mellan största dygnanvändningen under året och medelanvändningen för alla dygn under året.               |
| Maximal timanvändning per ytenhet, $q_{t, \max}$   | Maximalt flöde för ett visst område, mäts i liter/sekund och hektar.  |
| Maxtimfaktor, $c_{t, \max}$                        | Kvoten mellan den största timanvändningen som mäts under ett maxdygn och samma dygns medelanvändning.           |
| Maxtimfaktor år, $c_{t, \max \text{ år}}$          | Kvoten mellan den största timanvändningen under året och hela årets medelanvändning per timme.                  |
| Medelanvändning                                    | Medelvärde för vattenanvändningen under en viss tid, exempelvis ett dygn.                                       |
| PE   | Polyeten.   |
| PVC  | Polyvinylklorid.  |
| RStudio  | Datorprogram och programmeringsspråk för statistiska beräkningar.   |
| Specifik vattenanvändning, $q_{d, \text{medel}}$   | Vattenanvändning i liter/person och dygn, används för hushålls- och allmän användning.                          |
| Trycknivå  | Mått på tryck i en viss punkt. Trycknivån mäts i meter vattenpelare, mvp, vilket motsvarar 0,1 atm eller 10kPa. |
| VA   | Vatten och avlopp.  |
| $Q_{\text{hushåll/allmän/kontor/handel/industri}}$ | Vattenflöde beräknat för en användartyp, beräknas i liter/sekund.   |

## Innehållsförteckning

|  |     |
|--|-----|
| REFERAT .....                            | i   |
| ABSTRACT .....                           | ii  |
| FÖRORD .....                             | iii |
| POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING ..... | iv  |
| ORDLISTA OCH BETECKNINGAR .....          | vi  |
| 1. INLEDNING .....                       | 1   |
| 1.1 BAKGRUND .....                       | 1   |
| 1.2 PROBLEMATIK .....                    | 2   |
| 1.3 SYFTE OCH MÅL .....                  | 3   |
| 1.4 AVGRÄNSNINGAR .....                  | 4   |
| 2. VATTENANVÄNDNING I SVERIGE .....      | 5   |
| 2.1 BRUKARKATEGORIER .....               | 5   |
| 2.1.1 Hushåll .....                      | 6   |
| 2.1.2 Allmän .....                       | 6   |
| 2.1.3 Handel/industri/kontor .....       | 6   |
| 2.2 LEDNINGSNÄT .....                    | 7   |
| 2.3 VARIATIONER OCH TREDER .....         | 8   |
| 3. TIDIGARE STUDIER .....                | 9   |
| 4. METOD .....                           | 11  |
| 4.1 DATA .....                           | 11  |
| 4.2 BERÄKNINGAR .....                    | 11  |
| 4.2.1 Variationer .....                  | 11  |
| 4.2.2 Flöden .....                       | 12  |
| 4.2.3 Maxfaktorer .....                  | 14  |
| 4.2.4 Utjämnande brukartyper .....       | 14  |
| 4.2.5 Statistik .....                    | 14  |
| 4.3 BESKRIVNING AV BRUKARTYPERNA .....   | 15  |
| 4.3.1 Skolor .....                       | 15  |
| 4.3.2 Kontor .....                       | 16  |
| 4.3.3 Handel .....                       | 16  |
| 4.3.4 Industri .....                     | 16  |
| 5. RESULTAT .....                        | 18  |
| 5.1 SKOLOR .....                         | 18  |
| 5.1.1 Variationer .....                  | 18  |
| 5.1.2 Flöden .....                       | 18  |



|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.1.3 | Maxfaktorer .....                            | 20 |
| 5.2   | KONTOR.....                                  | 21 |
| 5.2.1 | Variationer .....                            | 21 |
| 5.2.2 | Flöden .....                                 | 22 |
| 5.2.3 | Maxfaktorer .....                            | 23 |
| 5.3   | HANDEL .....                                 | 23 |
| 5.3.1 | Variationer .....                            | 23 |
| 5.3.2 | Flöden .....                                 | 24 |
| 5.3.3 | Maxfaktorer .....                            | 25 |
| 5.4   | INDUSTRI.....                                | 26 |
| 5.4.2 | Flöden .....                                 | 27 |
| 5.4.3 | Maxfaktorer .....                            | 28 |
| 5.5   | UTJÄMNANDE BRUKARTYPER.....                  | 29 |
| 6.    | DISKUSSION .....                             | 31 |
| 6.1   | SKOLOR .....                                 | 31 |
| 6.1.1 | Variationer .....                            | 31 |
| 6.1.2 | Flöden .....                                 | 31 |
| 6.1.3 | Maxfaktorer .....                            | 32 |
| 6.2   | KONTOR.....                                  | 32 |
| 6.2.1 | Variationer .....                            | 33 |
| 6.2.2 | Flöden .....                                 | 33 |
| 6.2.3 | Maxfaktorer .....                            | 33 |
| 6.3   | HANDEL .....                                 | 34 |
| 6.3.1 | Variationer .....                            | 34 |
| 6.3.2 | Flöden .....                                 | 34 |
| 6.3.3 | Maxfaktorer .....                            | 35 |
| 6.4   | INDUSTRI.....                                | 35 |
| 6.4.1 | Variationer .....                            | 35 |
| 6.4.2 | Flöden .....                                 | 35 |
| 6.4.3 | Maxfaktorer .....                            | 36 |
| 6.5   | UTJÄMNANDE BRUKARTYPER.....                  | 37 |
| 6.6   | GENERELL DISKUSSION .....                    | 38 |
| 6.7   | OSÄKERHETER.....                             | 39 |
| 6.8   | FÖRSLAG TILL FORTSATTA STUDIER.....          | 40 |
| 7     | SLUTSATSER .....                             | 42 |
| 8.    | REFERENSER.....                              | 43 |
| 8.1   | LITTERÄRA KÄLLOR OCH INTERNETREFERENSER..... | 43 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 8.2 | PERSONLIGA REFERENSER .....                                  | 44 |
|     | APPENDIX – VARIATIONER, FLÖDEN & UTJÄMNANDE BRUKARTYPER .... | 45 |
|     | SKOLOR .....   | 45 |
|     | KONTOR .....   | 46 |
|     | HANDEL.....  | 47 |
|     | INDUSTRI .....   | 48 |
|     | UTJÄMNANDE BRUKARTYPER .....                                 | 50 |

# 1. INLEDNING

## 1.1 BAKGRUND

Vattentillgången i världen är stor men av de cirka 1 500 miljoner km<sup>3</sup> vatten som finns är endast 3 % sötvatten. Av detta sötvatten är i sin tur knappt 1 % tillgängligt att använda för produktion av dricksvatten (Lidström, 2013). Sötvattnet tas från grundvatten, sjöar och vattendrag för att renas till dricksvatten. Vattentillgången i världen varierar och trots goda tillgångar totalt sett förekommer stora lokala och regionala variationer. Detta beror bland annat på torra, befolkningstäthet samt ojämnt fördelade färskvattenresurserna på jorden. Vattentillgången i Sverige anses generellt vara god året om (Lidström, 2013) men de senaste åren har det uppstått mycket låga grundvattennivåer på bland annat Gotland (SGU, 2017).

För att en människa ska må bra behövs i genomsnitt en daglig vattenanvändning på 25 – 45 liter/dygn, vilket ska täcka behovet för hälsa och hygien (Lidström, 2013). I Sverige används i genomsnitt cirka 160 liter/person och dygn i hushållen. Det kan jämföras med användningen i USA som är 570 liter/person, dygn eller med 20 liter/person, dygn i Etiopien (Svenska FN-förbundet, 2014). Tillgång till rent vatten är en mänsklig rättighet men inte en självklarhet (UNICEF, 2016). Ett av FN:s milleniemål var att halvera andelen människor som inte hade tillgång till säkert vatten. Detta mål nåddes 2010 och då hade 89 % av världens befolkning tillgång till rent vatten. Skillnaden mellan städer och landsbygd är stor och av de som saknar rent vatten bor 83 % på landsbygden (Svenska FN-förbundet, 2014).

För att samhället ska fungera krävs ett väl fungerande VA-system. När de svenska städerna växte under 1800-talet sågs behovet av att inrätta ett system för att leda vatten till invånarna. Till en början bestod systemet främst av vattenbrunnar men har genom åren utvecklats till dagens vattensystem. Genom rätt dimensionering på vattennätet kan vattenförsörjningen säkras och leverans ske till användarna efter deras behov. Dricksvattnet klassas numera som ett livsmedel och kontrolleras därför noggrant utifrån givna gränsvärden (Lidström, 2013). Idag är det bland annat Svenskt Vattens publikation P83 (VAV P83, 2001) som ligger till grund för dimensionering av systemet och dess ledningar ut till olika brukare (Hammarlund, pers. medd., 2016).

Mellan olika brukare varierar vattenanvändningen mycket. För att beskriva och beräkna vattenanvändningen brukar fördelningsnycklar med medelanvändningen för olika brukartyper samt maxdygn- och maxtimfaktorer användas. Beroende på hur dessa väljs för olika brukare kan stora variationer i beräknad vattenanvändning uppstå (tabell 1).

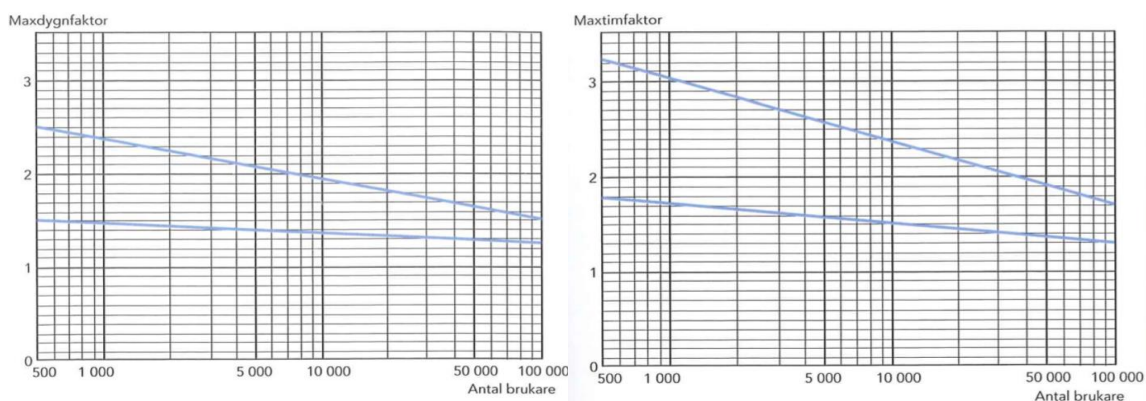
**Tabell 1.** Vattenanvändning beroende på brukartyp och fördelningsnyckel (VAV P83, 2001). Viktigt att notera vid jämförelse av dessa brukartyper är att enheterna skiljer sig åt. För industrierna avser uppgifterna användningen under vardagar

| Verksamhetstyp        | Fördelningsnyckel (enhet)    | Medelvärde | Variation   | Maxdygnfaktor | Maxtimfaktor |
|-----------------------|------------------------------|------------|-------------|---------------|--------------|
| Skolor                | m <sup>3</sup> /elev, år     | 8          | 4 – 12      | 2 – 3         | 3 – 4        |
| Kontor                | m <sup>3</sup> /anställd, år | 13         | 10 – 20     | 2             | 2 – 4        |
| Affärer och köpcenter | m <sup>3</sup> /anställd, år | 140        | -           | 2             | 2 – 4        |
| Småindustriområden    | liter/sekund, hektar         | 0,05       | 0,03 – 0,06 | 2             | 1,5 – 3      |
| Läkemedelsindustri    | m <sup>3</sup> /dygn         | -          | 900 – 4 200 | -             | 0,3 – 2      |

## 1.2 PROBLEMATIK

Dimensioneringen av vattenledningsnätet avgörs utifrån typen av område som vattnet ska ledas till. Användningen mellan brukare kan variera mycket både inom brukartypen men också mellan olika brukartyper (tabell 1). För att beräkna vattenanvändning används data från områden med liknande brukare samt beräkningsformler. Dessa beräkningar utgår från Svenskt Vattens publikation P83 och kräver information om antal brukare, maxdygn- och maxtimfaktorer, normalt flöde för brukartypen samt arean av verksamhetsområden (VAV P83, 2001).

Maxdygnfaktorn speglar variationen över en längre period, exempelvis ett år, medan maxtimfaktorn vanligtvis speglar variationen över ett dygn. Faktorerna varierar beroende på antal brukare och ju fler brukare desto mer exakt kan de genomsnittliga maxfaktorerna skattas (figur 1). Minsta antalet brukare för att läsa av maxfaktorer i figur 1 är 500 personer. Ofta är maxfaktorerna större för enhetlig bebyggelse än blandad, vilket beror på att användningsvariationer inte jämnas ut i enhetliga områden (Lidström, 2013).



**Figur 1.** Maximi- och minimivärden för maxdygnfaktor (vänster) och maxtimfaktor (höger) i hushåll (VAV P83, 2001). Figurer används med tillstånd.

En studie av Abdu & Ullén (2014) visar att valet av maxdygn- och maxtimfaktor spelar stor roll vid dimensionering av vattenledningsnätet i samhället och att det finns anledning att se över dessa faktorer med avseende på hur väl de idag beskriver olika brukartypers vattenanvändning. Studien omfattar bostadsområden och visar att maxdygnfaktorer och maxtimfaktorer ofta väljs för stora samt att maxdygnfaktorn är den som har störst påverkan vad gäller överdimensionering av ledningsnät. Maxtimfaktorn är eventuellt

mindre beroende på antalet brukare än vad som antas i dagens riktlinjer för dimensionering (Abdu & Ullén, 2014).

Problematiken kring dimensionering av vattenledningsnät rör flera aspekter. Användare vill alltid ha tillgång till vatten i obegränsad mängd och oberoende av tidpunkt. För att detta ska vara möjligt krävs ett tillräckligt högt tryck i ledningarna för att vattnet ska kunna pumpas ut (Lidström, 2013). Den ekonomiska aspekten är oftast också av stor betydelse. Genom att optimera dimensioneringen kan ekonomiska besparingar eventuellt göras om mindre material behövs för ledningsnätet. Det skulle också kunna leda till en miljömässig vinst och dessutom ge mer utrymme under gatorna om nya riktlinjer för dimensionering skulle innebära att mindre ledningar behövs.

Ledningarna dimensioneras utifrån att de ska klara det största flöde som förekommer utan för stort tryckfall. För en enskild brukare uppnås det högsta flödet endast under en kortare period under dygnet. För att undvika att dimensionering blir beroende av enbart denna flödestopp vore det gynnsamt att hitta brukartyper vars högsta flöden inte sammanfaller utan snarare utjämnar flödestoppen under dygnet. Utjämnande brukartyper skulle med fördel kunna kombineras i ett område för att balansera flödet till området (Hammarlund, pers. medd., 2016).

Vid tidpunkten för dimensionering av vattenledningsnätet för ett område hämtas ofta information för området från översiktsplaner eller detaljplaner inför byggnation av området. I dessa är det oftast parametern tomtarea som finns angiven. Dimensioneringen kan även ligga till grund för detaljplanen för att utreda huruvida området är möjlig att försörja med VA eller ej beroende på de förutsättningar som finns (Hammarlund, pers. medd., 2017).

Läckage utgör en stor del av vattenåtgången, ungefär 20 % enligt Svenskt Vatten (2016). Främst har läckage en betydande roll vid dimensionering av huvudledningarna. Läckage beror ofta på dåliga ledningar eller fogar men kan också bero på att ledningar gått sönder. Är ledningarna trasiga kan dessutom problem med smittoämnen uppstå och förorena vattnet. Nyare ledningar består ofta av PE och är mycket stöttåliga men är svårare att foga samman än PVC-ledningar. PVC-ledningar är lätta att sammanfoga men känsliga för stötar samt solljus. Ledningar av PVC är också vanliga bland de rör som läggs idag (Lidström, 2013).

### **1.3 SYFTE OCH MÅL**

Syftet var att utvärdera vattenanvändningen utifrån års- och dygnsvariationer samt flöden och maxfaktorer för dygn och timme för olika brukartyper. Brukartyperna som skulle undersökas var skolor, förskolor, kontor, butiker och handelsområden samt industrier. För dessa analyserades också lämpligheten av alternativa fördelningsnycklar. Statistiska fördelningar för vattenanvändningen i form av medelvärde, standardavvikelse, konfidensintervall och korrelation, för brukartyperna togs fram. Dessutom analyserades om det fanns lämpliga kombinationer av brukartyper så att framtida områden kan planeras utifrån att vattenanvändningen skulle kunna hållas relativt jämn under dygnet eller dagen. Det överordnade målet var att bidra till förbättring och uppdatering av dagens dimensioneringsriktlinjer för vattenledningsnät.

För att nå målet undersöktes följande frågeställningar:

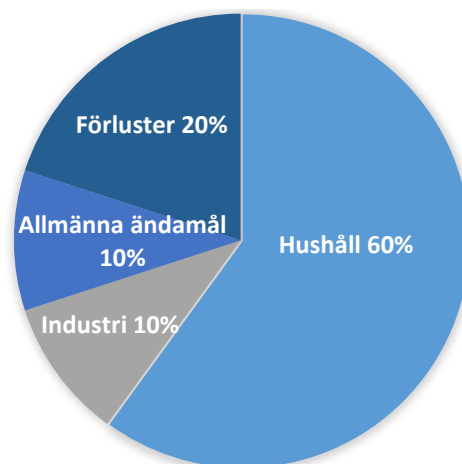
- Skiljer sig den uppmätta vattenanvändningen för brukartyperna från den som i dagsläget används för dimensionering enligt P83?
- Kan storleken på den uppskattade vattenanvändningen förbättras med nya fördelningsnycklar?
- Finns det kombinationer av brukartyper som jämnar ut vattenanvändningen under dygnet i ett område?

#### **1.4 AVGRÄNSNINGAR**

Arbetet innefattade endast brukartyper som inte var hushåll eftersom dessa inte var studerade i lika stor utsträckning som hushåll i tidigare arbeten. De specifika studerade brukartyperna valdes efter tillgänglig mätdata. Ytterligare en avgränsning var att släckvatten inte togs med i beräkningarna då det inte fanns några data för denna användning. Examensarbetet syftade inte till att resultera i färdiga förslag på dimensioneringsrekommendationer utan istället till att, tillsammans med annat material, fungera som underlag för förbättringar.

## 2. VATTENANVÄNDNING I SVERIGE

I Sverige används cirka 160 liter/person, dygn och en stor del, cirka 60 liter/person, dygn, brukas för personlig hygien (Svenskt Vatten, 2016). Nästan 900 miljarder liter dricksvatten produceras kommunalt i Sverige varje år och det mesta används i hushåll, men mycket förloras också genom läckage (figur 2). Många svenska industrier har egen vattenkälla och flödet från dessa redovisas inte som kommunalt vatten, vilket är det som visas i figur 2. Värt att notera är därför att industrier använder betydligt mer vatten är 10 % (Svenskt Vatten, 2016).



**Figur 2.** Användningen av kommunalt vatten i Sverige fördelat på brukarter enligt Svenskt Vatten (2016).

Vid dimensionering av vattenledningsnätet i samhället beräknas den vattenanvändning som förutses i olika områden. Ledningarna måste vara tillräckliga för att kunna distribuera vattnet vid tillräckligt tryck även när användningen är som allra störst. Vattenanvändningen kan beräknas för två olika fall hos brukarkategorierna, ett normalfall och ett kritiskt fall. Det fall som ger störst flöde används sedan för att beräkna det maximala totalflödet som kan uppstå. Ekvation 1 beskriver det totala vattenflödet för samtliga användare som också är det dimensionerande flödet. Normalfallet ges av timmen med störst flöde under dygnet med störst uttag under hela året (Lidström, 2013).

$$q_{dim} = q_{hushåll} + q_{allmän} + q_{handel/industri} + q_{rörnätsläckage} (+q_{släckvatten}) \quad (1)$$

Vid beräkning av det kritiska fallet läggs även en term för släckvatten till, men i regel anses det osannolikt att brandsläckning sker under årets maxdygn och maxtimme. Vid beräkning av det kritiska fallet, med brandsläckning, används därför istället medeldygn och maxtimme för hushålls- och allmänanvändning. För brukarkategorin handel och industri görs beräkningarna för normala och kritiskt fall på samma sätt eftersom maximal timanvändning per ytenhet används i båda fall men ett tillägg för släckvatten görs för kritiska förhållanden. Alternativet som ger störst vattenflöde av de två olika beräkningsfallen är det som sedan används vid dimensionering av vattenledningarna (Lidström, 2013).

### 2.1 BRUKARKATEGORIER

För de olika brukarkategorierna beräknas flödet enligt ekvation 2 – 4 där  $p$  står för antal brukare och  $c_{d, \max}$  samt  $c_{t, \max}$  står för maxdygnfaktorn respektive maxtimfaktorn för maxdygnet (VAV P83, 2001). Maxfaktorerna för hushåll hämtas ur diagram från VAV P83 och faktorernas osäkerhet beror på antalet brukare (figur 1). Faktorerna varierar inom

intervallet som begränsas av de blå linjerna i figuren. Enligt figur 1 är maxfaktorerna mer exakta för ett större antal brukare och har en större spridning för färre antal brukare.

### 2.1.1 Hushåll

Till hushållsanvändarna räknas en- och flerbostadshus såsom villor, lägenheter och radhus. Den specifika vattenanvändningen,  $q_{d, medel}$ , varierar mellan 100-260 liter/person, dygn beroende på bostadstypen. Ekvation 2 används för områden med fler än 500 brukare. För områden med färre brukare kan, enligt VAV P83 (2001), Byggvägledning 10 från Boverkets byggregler användas. Vattenanvändningen anges i liter/sekund för hushåll och beräknas enligt ekvation 2 (VAV P83, 2001).

$$q_{hushåll} = \frac{p \cdot q_{d, medel}}{3600 \cdot 24} * c_{d, max} * c_{t, max} \quad (2)$$

Där

$q_{hushåll}$  = vattenanvändningen i hushållet (l/s)

$p$  = antal personer

$q_{d, medel}$  = specifik genomsnittlig hushållsanvändning (l/p, d)

$c_{d, max}$  = maxdygnfaktor

$c_{t, max}$  = maxtimfaktor

### 2.1.2 Allmän

I den allmänna vattenanvändningen ingår vatten som används inom service såsom skolor, daghem, sjukhus, vårdcentraler samt motions- och fritidsanläggningar. Den specifika allmänna vattenanvändningen antas vara 30 liter/person, dygn för ett område med blandad bebyggelse. Den allmänna vattenanvändningen anges i liter/sekund och ekvation 3 visar hur den beräknas.  $q_{allmän}$  är det flöde som ihop med flöden för resterande brukarkategorier används för dimensionering medan  $q_{d, medel}$  är det genomsnittliga flödet som antas användas per person och dygn (VAV P83, 2001).

$$q_{allmän} = \frac{p \cdot q_{d, medel}}{3600 \cdot 24} * c_{d, max allmän} * c_{t, max allmän} \quad (3)$$

Där

$q_{allmän}$  = vattenanvändningen (l/s)

$p$  = antal elever, anställda eller liknande

$q_{d, medel}$  = specifik allmän vattenanvändning (l/p, d)

$c_{d, max allmän}$  = maxdygnfaktor

$c_{t, max allmän}$  = maxtimfaktor

### 2.1.3 Handel/industri/kontor

Vattenanvändningen inom handel/industri/kontor beräknas utifrån tomtarea och ges som maximal timanvändning per ytenhet. I brukarkategorin ingår handel och tjänsteservice som kontor samt industrier som är kopplade till det kommunala vattenledningsnätet. Den maximala timanvändningen per ytenhet,  $q_{t, max}$ , brukar anges som 0,8 liter/s, ha, medelanvändningen under arbetstid antas vara 0,4 liter/s, ha och den specifika användningen antas vara 0,1 liter/s, ha.  $q_{handel/industri/kontor}$  är det flöde som ihop med flöden för resterande brukarkategorier används för dimensionering av ledningsnätet medan  $q_{t, max}$



är den maximala användningen per timme beroende den specifika verksamhetens storlek (VAV P83, 2001).

$$q_{handel/industri/kontor} = A_{handel/industri} * q_{t,max} \quad (4)$$

Där

$A_{handel/industri}$  = handel-/industriområdets tomtarea (ha)

$q_{t,max}$  = maximal timanvändning (l/s, ha)

## 2.2 LEDNINGSNÄT

Ledningsnätet består av huvudledningar som transporterar vattnet från vattenverken till olika stadsdelar, därefter leds vattnet i distributionsledningar som ofta följer gatunätet och slutligen leds det via servisledningar in till brukarna. Den totala sträckan vattenledningar i Sverige beräknas vara cirka 71 000 km (Lidström, 2013).

Ledningsnätet kan utformas som ett förgreningsnät eller ett cirkulationsnät. I förgreningsnätet blir ledningarna mindre och mindre och vatten pumpas på de flesta ställen endast från ett håll. Denna nättyp innebär att en kortare ledningssträcka behövs men också att brukare längre ut på nätet blir utan vatten om en avstängning uppströms sker. Cirkulationsnätet är uppbyggt genom att alla ledningar är sammankopplade vilket ger möjligheten att cirkulera vatten från flera håll om en avstängning sker någonstans på nätet. Det ger också möjligheten att ändra flödesriktning i nätet. Cirkulationsnät kräver en längre ledningssträcka jämfört med förgreningsnät, men underlättar vid avstängning. Denna typ av nät är dyrare men ger istället högre leveranssäkerhet. Ofta väljs en kombination av dessa två typer av nät, där cirkulationsnät används i centrala delar och förgreningsnät längre ut i systemet (Lidström, 2013).

Dimensionering av ledningsnätet är viktigt för att kunna leverera tillräckligt med vatten till alla brukare. När vattenledningsnätet i samhället dimensioneras görs det utifrån hydrauliska beräkningar som beror av vattenflöde och tryck. Flödet varierar över dygn och år och dimensioneringen görs utifrån att ledningarna måste kunna hålla det maximala flödet som kan förekomma. Att bestämma trycket i nätets olika delar är en viktig del vid dimensionering av ett nytt ledningsnät (Lidström, 2013).

Trycket i ledningsnätet bestäms av det högsta tappstället, där trycket måste vara tillräckligt högt, och den lägsta förbindelsepunkten, där trycket inte får vara för högt. Förbindelsepunkten är den punkt där en allmän VA-anläggning och den privata VA-installationen möts. Trycknivån i denna punkt bör ligga mellan 15 och 70 meter vattenpelare. Trycket i en viss punkt bestäms utifrån nivåskillnaden och tryckförluster jämfört med en känd referenspunkt. Dessa beror på topografin, ledningsegenskaper samt momentan vattenanvändning (Lidström, 2013).

Ledningsnätet är en stor investering med en lång livslängd och bör därför dimensioneras utifrån framtida vattenbehov snarare än behovet i dagsläget. Dagens nät är baserat på de behov som vid tidpunkten för planeringen ansågs kunna uppstå under ledningens brukstid. Ofta har släckvatten, som används vid brandsläckning, varit av stor betydelse vid dimensioneringen. Ledningsnätet är ofta överdimensionerat på grund av att släckvatten oftast inte behövs, att befolkningen blir äldre och att användningen per person minskar (VAV P83, 2001).

### 2.3 VARIATIONER OCH TREDER

Vattenanvändningen varierar mycket över både dygn och år. I hushåll är användningen som lägst under natten och efter klockan 06 ökar den ofta mycket kraftigt och når en topp då många stiger upp för att duscha eller äta frukost. När de flesta åkt till jobbet sjunker kurvan åter och förblir relativt låg fram till sen eftermiddag när många kommer hem från jobbet. Användningen sjunker igen på kvällen när många går och lägger sig (VAV P83, 2001). Under året används mer vatten på sommaren än under vintern (Lidström, 2013).

Trenden för vattenanvändning i svenska hushåll har länge varit minskande. År 2005 sågs för första gången på 20 år en liten ökning för användningen i hushållen (SCB, 2012). Den över lag minskade vattenanvändningen tros bero på en ökad medvetenhet hos brukarna och att tekniken gått framåt bland annat med moderna tvätt- och diskmaskiner samt toaletter som kräver mindre vatten (VAV P83, 2001). Å andra sidan finns det på många håll också andra förutsättningar som lett till att högre kapacitet krävs. Rätt dimensionering kräver rimliga framtidsprognoser vad gäller antal brukare och typ av brukare (VAV P83, 2001).

Faktorerna som kan bidra till variationer i vattenanvändning är många. Ahlberg & Ivansen (2016) har studerat samband mellan vattenanvändning och temperatur samt medelålder i hushåll. Under sommarhalvåret visade studien på en viss koppling mellan vattenanvändning och temperatur. Hur stark kopplingen var varierade mellan olika månader men enligt studien var den som störst mellan maj och juli. Bostadstypen hade också inverkan, i villaområden var denna koppling större än för flerbostadshus. I studien kunde vattenanvändningen även kopplas till hushållets medelålder och hushåll med en äldre snittålder hade snarare en topp mitt på dagen än toppar på morgon och eftermiddag. Hushåll med högre medelålder kunde kopplas till en större vattenanvändning till skillnad från vad som spåddes i P83 (Ahlberg & Ivansen, 2016).

Enligt VAV P83 (2001) är vattenanvändningen i en skola med matsal oftast som störst runt lunch under ett dygn. Det kan då antas vara många elever som har rast samtidigt och dessutom förbereds mycket mat strax innan lunch vilket resulterar i en stor användning. För ett kontor eller industri är användningen mer jämn under dagens arbetstimmar och minskar succesivt under eftermiddagen och kvällen. Toppar finns strax innan klockan 12 och på eftermiddagen, vilket skulle kunna tolkas som effekter av lunch och eftermiddagsrast (VAV P83, 2001).

En minskande trend har länge setts inom den svenska industrins vattenanvändning där den totala vattenanvändningen minskade från 1980-talet fram till tidigt 2000-tal. Användningen ökade därefter något och har fram till 2010 legat relativt konstant för att sedan minska år 2015, trots att fler användningsområden då räknades in jämfört med tidigare mätningar. En möjlig anledning till minskningen under åren kan vara att viss utflyttning av industri skett till utlandet. Dessutom har medvetenheten kring vattenanvändning ökat och processerna blivit mer effektiva vad gäller användning av vatten (SCB, 2016).

### 3. TIDIGARE STUDIER

De flesta undersökningar inom området har gjorts för vattenanvändning i hushåll. Det innebär att det finns relativt lite underlag att jämföra med för vattenanvändningen hos de brukartyper och flöden som är aktuella i denna studie.

Dziegielewski *et al.* (2000) studerade vattenanvändningen i bland annat statliga gymnasier (high schools) och kontor i ett antal städer i delstaterna Arizona och Kalifornien i USA. Resultatet varierade mellan skolorna och skolan i Phoenix var den skola där mest vatten användes (tabell 2). För att lättare kunna jämföra resultaten från studien med svenska användningsmönster har vattenanvändningen räknats om till specifik vattenanvändning. Tre av fyra skolor hade lägre vattenanvändning än den som används vid beräkningar i Sverige, 30 liter/elev, dygn. Endast antalet elever och anställda framgick och värdena är därför beräknade på detta antal. Om den specifika vattenanvändningen istället skulle beräknats utifrån enbart antalet elever hade värdena ökat något men förmodligen inte så mycket att det passerat det svenska riktvärdet.

Liksom för skolorna varierade resultatet för kontoren. Kontoret i Los Angeles var det där mest vatten användes (tabell 2). Viktigt att notera är dock att 58 % av vattnet användes till kylning samt att de alla ligger långt söderut jämfört med Sverige. Det fanns också säsongsvariationer och utomhusanvändning för bland annat bevattning.

**Tabell 2.** Vattenanvändning i skolor och kontor i olika städer i USA (Dziegielewski *et al.*, 2000)

|   | Irvine | Los Angeles | Phoenix | Santa Monica | San Diego |
|---|--------|-------------|---------|--------------|-----------|
| <i>Skolor</i>                                   |        |             |         |              |           |
| Antal elever & anställda                        | 2 640  | 3 850       | 2 186   | 3 065        |           |
| Medelanvändning (m <sup>3</sup> /dygn)*         | 25,7   | 54,5        | 118,9   | 28,0         |           |
| Specifik vattenanvändning (l/p, dygn)*          | 9,8    | 14,2        | 54,4    | 9,1          |           |
| <i>Kontor</i>                                   |        |             |         |              |           |
| Antal anställda                                 | Okänt  | 650         | Okänt   | 110          | Okänt     |
| Byggnadsarea (ha)*                              | 0,5    | 1,6         | 0,1     | 0,1          | 1,7       |
| Medelanvändning inomhus (m <sup>3</sup> /dygn)* | 5,9    | 41,9        | 1,4     | 3,7          | 7,8       |

\*Har räknats om från de amerikanska enheter som gavs i ursprungskällan.

Nikell (1994) visade att vattenanvändningen för industrier varierar mycket och beror av typen av industri samt om verksamhet bedrivs dygnet runt eller enbart under dagtid. Gemensamt för industrierna var att samtliga använde mest vatten under dagen jämfört med natten och de allra flesta använde mest vatten på förmiddagen. Studien baserades dock på få mätserier mätta under endast ett fåtal veckor. Läkemedelsindustrierna var de som använde mest vatten av de studerade (tabell 3). Hur stora till ytan dessa industrier var eller andra nyckeltal framgår inte i rapporten.

**Tabell 3.** Vattenanvändning i olika typer av industrier (Nikell, 1994)

| Verksamhet  | Läkemedels-<br>industri | Livsmedels-<br>industri | Foto-<br>laboratorium | Tvättereri |
|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------------|
| Vattenanvändning<br>vardagar (m <sup>3</sup> /dygn) | 1 900 – 4 200           | 900                     | 40                    | 45         |

## 4. METOD

### 4.1 DATA

Data som användes var mätta av Mälarenergi (Västerås) samt NSVA (Bjuv). Data från Västerås hämtades ur filer som innehöll vattenanvändning, datum och tid. För att hämta rätt datasekvens användes en programkod i RStudio (version 1.0.44) skriven av Eliasson (2016). Koden valde ut rätt data och sparade ner dessa till en separat fil. Filen laddades sedan in i MATLAB (version 8.6.0.267246 R2015b) med en kod, skriven av Ekwall (2016), för kvalitetssäkring. Ekwalls kod plockade bort extremvärden, negativa värden, utförde statistiska beräkningar och kvalitetsmarkerade värden som var anmärkningsvärda. Dessa markeringar bestod av *felaktigt värde*, *felaktig mätning*, *läcka*, *ingen mätning*, *upprepat värde*, *ersatt minvärde* och för de värden som ansågs vara troligen korrekta *OK*. Värden som kvalitetsmarkerats med något annat än *OK* kallas hädanefter ”flaggade”. Koden skapade slutligen en Excel-fil med en kolumn som visade datum och tid, en kolumn som visade vattenanvändningen för varje timme under året samt kolumner som visade kvalitetsmarkeringen. Mätserier med stora brister i kvalitet valdes bort och analyserades ej vidare. Data från NSVA var sedan tidigare sammanställd med datum, tid, vattenanvändning och datakvalitet.

Senare erhöles också adresser till respektive mätserie. Information kring antal elever, antal anställda på skolorna, tomtareor, husstorlek och antal våningar hämtades utifrån denna information från olika hemsidor såsom respektive skolors hemsidor, valjaskola.se, Eniro.se och Google Maps.

Mätserierna som användes var ett kalenderår långa och för vissa adresser användes mätserier från flera år. I vissa fall förekom mätserier där mätningarna började eller slutade mitt under året. Dessa valdes bort och likaså valdes serier som saknade mätdata för perioder under året bort. Tre undantag gjordes dock, Hökåsenskolan 2012, Norra Vallbyskolan 2013 samt Findus 2014 där data användes trots att dataserierna inte innehöll data för hela året. Värden som användes var medelvärden för användningen under varje timme, med enheten  $\text{m}^3/\text{h}$ , och tidsupplösningen var alltså på timbasis.

### 4.2 BERÄKNINGAR

Sammanställning av data och vidare beräkningar gjordes i Excel (version 15.0.4911.1000). Beräkningar av genomsnittlig vattenanvändning under ett år och årets medeldygn gjordes för varje brukartyp. Helger och vardagar separerades för att jämföra skillnader i vattenanvändning under en typisk vecka. Högtider samt ledigheter markerades också som helger. För maxfaktorer och flödesberäkningar analyserades endast de värden som markerades som *OK* i kvalitetsgranskningen.

#### 4.2.1 Variationer

Den genomsnittliga vattenanvändningen för varje timme under ett dygn beräknades utifrån genomsnittlig vattenanvändningen för varje timme under ett dygn för samtliga mätserier. Om något eller några värden under ett dygn flaggats beräknades ett medelvärde utifrån de värden som var *OK*. För skolor delades årets dagar upp i skoldagar samt helger där även lovdagar ingick. I kontor och industrier delades användningen upp i vardagar samt helger. Till helgerna räknades också jul- och nyårsledigheterna samt juli månad då vattenanvändningen ofta var synligt lägre än resterande året medan övriga dagar klassades som vardagar. Handelns data delades upp i vardagar och helger efter veckodagar då ingen synlig minskad vattenanvändning fanns under någon period av året.

För att skapa ett genomsnittligt år och undersöka årsvariationen för brukartyperna beräknades genomsnittlig vattenanvändning för varje dygn under ett år utifrån samtliga mätserier för respektive brukartyp.

#### 4.2.2 Flöden

De dimensionerande flödena (ekvation 3 samt ekvation 4) som kan beräknas utifrån från P83 (VAV P83, 2001) jämfördes med de uppmätta flödena, samt alla ingående variabler i ekvationerna, för att undersöka hur väl de stämde överens med verkliga värden. Värden från de givna mätserierna för uppmätta flödena användes för att beräkna totalt flöde samt ingående parametrar i ekvation 3 samt 4. Motsvarande parametrar hämtades från P83 och jämfördes med de uppmätta för att undersöka om P83 bör uppdateras. Undantaget för de värden beräknade utifrån P83 var parametrarna antal elever samt tomtarea som inte finns att hämta ur P83 utan krävde verkliga värden.

Förutom att beräkna dimensionerande flöden enligt ekvation 3 och 4 beräknades flöden även utifrån andra parametrar, så kallade fördelningsnycklar. Korrelationer mellan uppmätt flöde samt alternativa fördelningsnycklar beräknades för att hitta bättre alternativ. Takyta motsvarar ytan som byggnaden tar upp på tomten medan inomhusytan är antalet kvadratmeter i byggnaden.

För att undersöka samband mellan det uppmätta flödet och alternativa fördelningsnycklar användes korrelationsanalys. Om absolutvärdet på korrelationen var hög och signifikant ansågs parametern ha en stark koppling till det aktuella flödet och ansågs därmed vara en bra fördelningsnyckel som potentiellt är värd att använda i framtiden eller alternativt göra fortsatta studier kring.

Tabell 4 visar de flöden som beräknades för respektive brukartyp. Samtliga utom  $q_{d, \text{medel}}$  och  $q_{t, \text{max}}$  analyserades som fördelningsnycklar. Takyta och inomhusyta beräknades genom att byta ut tomtarean mot dessa areor i ekvation 4. Anledningen till att antal anställda eller  $q_{d, \text{medel}}$  inte kunde beräknas för kontor, handel eller industri berodde på att uppgifter om antal anställda inte fanns tillgängliga.

**Tabell 4.** Analyserade och beräknade flöden samt fördelningsnycklar för respektive brukartyp

| Flödesberäkningar och undersökta fördelningsnycklar | Skolor | Kontor | Handel | Industri |
|---|--------|--------|--------|----------|
| $Q_{\text{allmän}}$                                 | X      |        |        |          |
| Antal elever  | X      |        |        |          |
| Antal elever & anställda                            | X      |        |        |          |
| $Q_{\text{handel/industri/kontor}}$ (tomtarea)      | X      | X      | X      | X        |
| Takyta  | X      | X      | X      | X        |
| Inomhusyta (skolyta, butiksyta etc.)                | X      | X      | X      | X        |
| Antal kontorsplatser                                |        | X      |        |          |
| $q_{d, \text{medel}}$                               | X      |        |        |          |
| $q_{t, \text{max}}$                                 |        | X      | X      | X        |

För att nya fördelningsnycklar ska kunna få genomslag är det enligt Hammarlund (pers. medd., 2016) viktigt att information om dessa är enkla att få fram. Det får inte vara för tidskrävande att hitta de fördelningsnycklar som behövs. Beräkningarna ska inte göras mer omfattande eller krävande än vad som är nödvändigt. Detta har tagits i åtanke vid undersökning av alternativa fördelningsnycklar.

Tillgången till vissa parametrar kan bero på vilket skede under byggnadsprocessen som VA-utredningen sker i. Till en början finns eventuellt bara information om hur stort området kommer bli och först senare framkommer information om hur stora specifika byggnader i området kommer bli. I de fall då en ny skola planeras utgår beräkningarna från hur stort skolans upptagningsområde är. Trots det fria skolvalet, som innebär att elever från andra områden skulle kunna gå på skolan, antas antalet elever bli ungefär detsamma då det antagligen sker både ett in- och utflöde av elever (Hammarlund, pers. medd., 2016).

För kontor samt handels- och industriområden beräknas det dimensionerande flödet idag utifrån hela tomtens area. Det skulle eventuellt kunna beräknas mera exakt utifrån exempelvis arean för den specifika byggnaden eller någon annan fördelningsnyckel. Det kan dock vara svårt att få information om verksamheten samt storlek på byggnad eller antal anställda i ett tidigt skede. Under planeringsstadiet är den informationen som ofta finns tillgänglig tomtarean, vilken därför blivit den som används för beräkningar av dimensionerande flöde. Vilka variabler som är möjliga att använda som fördelningsnycklar beror i stor grad av vilka som är möjliga att finna snabbt, enkelt och tidigt i planeringsprocessen (Hammarlund, pers. medd., 2016).

#### *Skolor*

Flödet som undersöktes utifrån ekvation 3 för skolor var  $q_{\text{allmän}}$ , dessutom undersöktes det ingående flödet  $q_{d, \text{medel}}$  och maxfaktorer. De verkliga värdena beräknades utifrån uppmätt data. Maxfaktorer och specifik allmän vattenanvändning beräknades för respektive mätserie.  $q_{d, \text{medel}}$  beräknades genom att summera vattenanvändningen per dygn. Ett dygnsmedelvärde beräknades och dividerades sedan på antalet elever för att få fram ett värde som beskrev användningen i liter/elev och dygn. Detta gjordes utifrån skoldagar, det vill säga de dagar under ett år då elever befinner sig i skolan.

För beräkning av dimensionerande flöden i skolor, enligt P83, användes ekvation 3 med ingående värden. För skolor användes medelvärden av maxfaktorerna i Tabell 1,  $c_{d, \text{max}} = 2,5$  och  $c_{t, \text{max}} = 3,5$ . En jämförelse av specifik allmän vattenanvändning,  $q_{d, \text{medel}}$ , gjordes också för skolor för att kontrollera hur väl det stämde med det dimensionerande värdet. Dessa flöden benämns härnäst som P83-värden eller P83-flöden.

#### *Kontor/industrier/handelsområden*

De flöden som undersöktes utifrån ekvation 4 var  $q_{\text{kontor/handel/industri}}$ , dessutom undersöktes det ingående flödet  $q_{t, \text{max}}$ . De verkliga flödena,  $q_{\text{kontor/handel/industri}}$ , var uppmätta i given data som den timme då störst vattenanvändning under året inträffade och räknades om till liter/sekund. Utifrån uppmätt flöde kunde även maximal timanvändning per ytenhet beräknas. Motsvarande dimensionerande värde som används för kontor, industrier och handelsområden är enligt P83  $q_{t, \text{max}} = 0,8$  l/s, ha. Dessa flöden benämns härnäst som P83-värden eller P83-flöden.

En jämförelse gjordes mellan uppmätt och dimensionerande maximal timanvändning per ytenhet för att kontrollera om värdet givet i P83 var relevant. Den verkliga maximala timanvändningen per ytenhet beräknades som uppmätt flöde omräknat till liter/sekund dividerat med tomtarean.

Enligt Arbetsmiljöverket (2006) behövs en yta på  $25 \text{ m}^2$  per arbetsplats i ett kontor. Denna yta är inklusive arbetsplats och allmänna ytor men exklusive trapphus. För beräkning av vattenanvändningen per kontorsplats användes  $25 \text{ m}^2$ .

### 4.2.3 Maxfaktorer

#### *Maxdygnfaktor*

Maxdygnfaktorer beräknades genom att summera samtliga timvärden för varje dygn under året för att få den sammanlagda användningen under varje dygn. Maxdygnfaktorn beräknades utifrån det dygn under hela året då störst användning uppmättes, maxdygnet, dividerat med medelanvändningen för samtliga dygn under året. I studien definierades ett dygn som klockan 00:00-23:59 och ett år som 1 januari till 31 december. En timme definierades som klockan XX:00-XX:59 och värden som visas klockan 01:00 är uppmätta mellan klockan 00:00-00:59.

Maxdygnfaktor används i dagsläget inte för att beräkna dimensionerande flöde för kontor, handel eller industrier men det finns rekommenderade värden för dessa maxfaktorer i P83 (VAV P83, 2001) vilka anges i tabell 1.

#### *Maxtimfaktor*

Maxtimfaktorer beräknades på två sätt, maxtimfaktorn för maxdygnet och maxtimfaktorn för året. Dessa benämns härnäst som maxtimfaktor (dygn) respektive maxtimfaktor (år). Maxtimfaktorn (dygn) beräknades som den maximala timanvändningen under det dygnet med högst användning dividerat med genomsnittlig timanvändning under samma dygn. Maxtimfaktorn (år) beräknades utifrån den timme under hela året då störst användning uppmättes dividerat med medelanvändningen för samtliga timmar under året. Eftersom maxtimmen under året inte nödvändigtvis måste sammanfalla med maxdygnet var det intressant att även beräkna en maxtimfaktor för hela året. Maxtimfaktor (år) ska vara större än eller lika med produkten mellan maxdygnfaktor och maxtimfaktor (dygn).

Maxtimfaktor används i dagsläget inte för att beräkna flöde för kontor, handel eller industrier men det finns rekommenderade värden för dessa i P83 (VAV P83, 2001) vilka anges i tabell 1.

### 4.2.4 Utjämnande brukarter

För utjämnande brukarter är en förutsättning att de ska använda vatten under olika tider på dygnet. För brukarna jämfördes vattenanvändningen för en genomsnittlig brukare under varje timme under ett dygn med korrelation för att utvärdera om brukare kunde utjämna flödestoppar och på så vis komplettera varandra under ett dygn. För jämförelse under dygn användes värden för hushåll från två parallella studier som undersökt vattenanvändning i lägenhetshus (Mahmoudi, pers. medd., 2017) och villa- samt radhusområden (Holm, pers. medd., 2017). En jämförelse för genomsnittliga år gjordes också för att undersöka om årsvariationer kunde utjämnas. I den jämfördes dock endast brukarterna som ingick i denna studie.

### 4.2.5 Statistik

Konfidensintervall används för att visa sannolikheten för att framtida värden kommer ligga inom ett visst intervall. Ett 99 % konfidensintervall innebär att ett nytt värde med 99 % säkerhet kommer ligga inom konfidensintervallet. Intervallet bestäms utifrån en viss sannolikhet, konfidensgraden (Nationalencyklopedin, u.å.). Konfidensintervallet beräknades som en t-fördelning och utifrån konfidensgrad, standardavvikelse samt antal observationer. Användningen av en t-fördelning motiveras med att standardavvikelsen är skattad utifrån data och inte känd sedan tidigare. För flöden och dygnsvariationer beräknades konfidensintervall ej utifrån enskilda mätvärden utan för ett medelvärde för de olika mätserierna.

Korrelation,  $r$ , beskriver linjära samband mellan parametrar och varierar mellan  $r = \pm 1$ . Korrelationen är som starkast för  $\pm 1$  och som lägst då den är noll. En positiv korrelation



innebär att höga värden för den ena parametern sammanfaller med höga värden för den andra parametern. En negativ korrelation tyder istället på att höga värde överensstämmer med låga värden för den andra parametern (Nationalencyklopedin, u.å.).

För att en skola eller adress varifrån det fanns mätserier från flera år inte skulle få större vikt, jämfört med en som endast givit en mätserie från ett år, beräknades korrelationen endast utifrån en mätserie för varje skola eller adress.

För att undersöka statistisk kvalitet och säkerhet i jämförelser används signifikans och p-värde. Förenklat beskriver p-värdet vilken signifikansnivå som uppnås och ett lägre värde tyder på att mer signifikant resultat. För ett p-värde på 0,01 är signifikansnivån 1 % (SCB, 2015). P-värden beräknades via en statistisk hemsida (Lowry 2017). P-värde  $p < 0,10$  klassas hädanefter som signifikant.

Mätserierna som användes i studien följde relativt väl en normalfördelad kurva och de statistiska beräkningarna gjordes därför enligt funktioner som kräver normalfördelad data.

### 4.3 BESKRIVNING AV BRUKARTYPERNA

#### 4.3.1 Skolor

Totalt användes 22 mätserier från nio olika skolor i Västerås (tabell 5). Skolytan beräknades utifrån takyten och antalet våningar. Variablerna är inhämtade från Eniro.se samt Google Maps. Information om antal barn vid Vetterslunds förskola fanns inte att tillgå och elevantalet är därför baserat på antalet avdelningar på förskolan samt information om att det i genomsnitt för landet gick 16,7 barn på varje avdelning år 2015 (Sveriges kommuner och landsting, 2016).

**Tabell 5.** Information om skolorna

| Skola                 | År          | Antal elever | Antal elever & anställda | Tomt-area (m <sup>2</sup> ) | Takyta (m <sup>2</sup> ) | Skolyta (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|-------------|--------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Hökåsenskolan         | 2012-2015   | 350          | 390                      | 5 158                       | 1 102                    | 1 102                     |
| Norra Vallbyskolan    | 2013-2015   | 205          | 235                      | 19 470                      | 3 354                    | 3 354                     |
| Bäckbyskolan F-3      | 2013 & 2015 | 95           | 120                      | 40 063                      | 4 966                    | 4 966                     |
| Bäckbyskolan 4-9      | 2013 & 2015 | 195          | 240                      | 40 063                      | 13 101                   | 13 101                    |
| Nybyggeskolan         | 2013 & 2015 | 650          | 766                      | 43 247                      | 9 183                    | 9 183                     |
| Fryxellska skolan     | 2013-2015   | 790          | 940                      | 9 033                       | 3 345                    | 13 380                    |
| Storängskolan         | 2015        | 200          | 263                      | 11 113                      | 3 252                    | 3 252                     |
| Hammarbyskolan        | 2013-2015   | 175          | 200                      | 6 594                       | 2 201                    | 2 201                     |
| Vetterslunds förskola | 2013 & 2015 | 84*          | 103                      | 6192                        | 1 233                    | 1 233                     |

\*Baserat på värden från Sveriges kommuner och landsting (2016).

### 4.3.2 Kontor

Sex mätserier fördelade på fyra adresser i Västerås användes vid beräkningar för kontor (tabell 6). Kontorsytan beräknades utifrån takyten och antalet våningar. Variablerna är inhämtade från eniro.se samt Google Maps.

**Tabell 6.** Information om kontoren

| Adress               | År        | Tomtarea (m <sup>2</sup> ) | Takyta (m <sup>2</sup> ) | Kontorsyta (m <sup>2</sup> ) | Antal kontorsplatser |
|----------------------|-----------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|
| Slottsgatan 21       | 2013-2014 | 3 312                      | 516                      | 2 580                        | 103,2                |
| Badhusgatan 6-12     | 2014      | 3 662                      | 2 424                    | 9 430                        | 377,2                |
| Carl Hennings gata 4 | 2013-2014 | 15 607                     | 163                      | 652                          | 26,1                 |
| Västra Ringvägen 1   | 2013      | 22 859                     | 2 942                    | 7 432                        | 297,3                |

### 4.3.3 Handel

Totalt 17 mätserier för handel, fördelade på tio adresser i Västerås ingick (tabell 7). I kategorin handel förekom butiker och handelsområden. De blandade handelsområdena innefattade exempelvis matbutiker, optiker, caféer, apotek, frisörer, bensinstationer, restauranger samt butiker. Butiksytan beräknades utifrån takyten och antalet våningar. Variablerna är inhämtade från eniro.se samt Google Maps.

**Tabell 7.** Information om handelsområdena

| Adress                | År        | Tomtarea (m <sup>2</sup> ) | Takyta (m <sup>2</sup> ) | Butiksyta (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|-----------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Traversgatan 12       | 2013-2015 | 56 138                     | 13 894                   | 14 700                      |
| Löpkranegatan 1-3     | 2015      | 92 302                     | 19 453                   | 19 453                      |
| Hallsta Gårdsgata 17  | 2013-2015 | 78 984                     | 6 699                    | 6 699                       |
| Österleden 2          | 2013-2015 | 9 497                      | 1 842                    | 2 359                       |
| Hallsta Gårdsgata 11D | 2015      | 78 984                     | 6 184                    | 10 049                      |
| Gjutjärnsgatan 5      | 2014-2015 | 10 517                     | 2 686                    | 2 686                       |
| Hammarbyrampen 1      | 2015      | 8 011                      | 670                      | 670                         |
| Gunnilbogatan 1A      | 2015      | 4 629                      | 1 179                    | 1 179                       |
| Fältnätargatan 5      | 2015      | 7 735                      | 3 727                    | 3 727                       |
| Arosvägen 43          | 2015      | 3 828                      | 396                      | 396                         |

### 4.3.4 Industri

För industrierna användes 32 mätserier fördelade på 15 adresser (tabell 8). Kategorin industrier var blandad då det i vissa fall var ottydligt om samtliga verksamheter på adressen verkligen bör klassas som industrier eller ej men eftersom de markerats som industrier av Mälarenergi behölls majoriteten. Exempel på vad som ingår i kategorin är tryckeri, bilservice, plåtslageri, slakteri, målerifirma och bokbinderi.

Findus i Bjuv var en storanvändare och därför inte fullt jämförbar med övriga industrier. Av den anledningen har en uppdelning gjorts för industrierna och i den statistik som ges i resultatet är Findus därför inte medräknat. Industrierna är främst sådana som

huvudsakligen bedriver verksamhet bara under dagen. Industriytan beräknades utifrån takytan och antalet våningar. Variablerna är inhämtade från eniro.se samt Google Maps.

**Tabell 8.** Information om industrierna

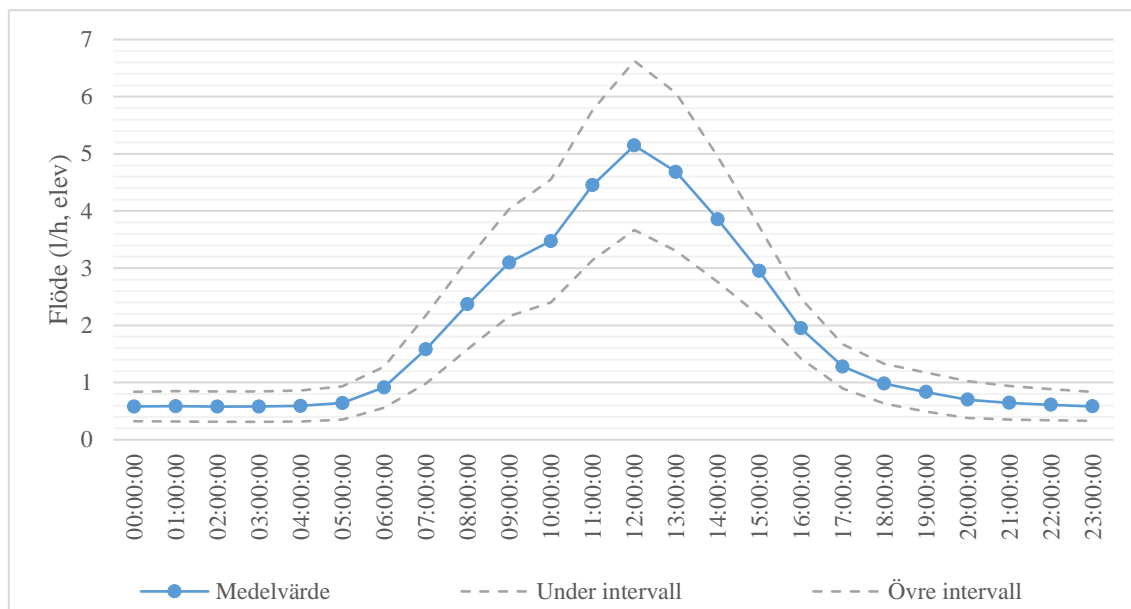
| Adress              | År             | Tomtarea (m <sup>2</sup> ) | Takyta (m <sup>2</sup> ) | Industriyta (m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|----------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Vagnbodsvägen 3     | 2013 &<br>2015 | 7 479                      | 3 352                    | 3 352                         |
| Slakterigatan 7     | 2013           | 4 988                      | 790                      | 1 580                         |
| Lågspänningsgatan 5 | 2013-<br>2015  | 2 001                      | 411                      | 411                           |
| Stenbygatan 10      | 2015           | 43 711                     | 10 541                   | 15 812                        |
| Stora gatan 3       | 2015           | 41 749                     | 19 683                   | 78 732                        |
| Tunbytorpsgatan 8   | 2013-<br>2015  | 9 995                      | 5 350                    | 6 578                         |
| Bruksgatan 8        | 2013-<br>2015  | 39 264                     | 4 954                    | 5 557                         |
| Bastborregatan 10   | 2013 &<br>2015 | 2 000                      | 924                      | 1 177                         |
| Omformargatan 18    | 2013-<br>2015  | 8 925                      | 1 209                    | 1 209                         |
| Fältnätargatan 9    | 2013-<br>2015  | 10 176                     | 3 399                    | 5 098                         |
| Brandthovdagatan 16 | 2013-<br>2015  | 9 107                      | 3 247                    | 5 016                         |
| Tallnätargatan 2    | 2014-<br>2015  | 51 548                     | 6 453                    | 11 799                        |
| Brandthovdagatan 15 | 2015           | 8 448                      | 5 286                    | 5 519                         |
| Stolpgatan 3        | 2014-<br>2015  | 15 599                     | 4 884                    | 4 884                         |
| Findus, Bjuv        | 2014-<br>2015  | 463 824                    | 80 828                   | 80 828                        |

## 5. RESULTAT

### 5.1 SKOLOR

#### 5.1.1 Variationer

Vattenanvändningen i en genomsnittlig skola under ett dygn är som störst kring lunch och vattenanvändningen är koncentrerad mellan klockan 06 – 18 under en skoldag (figur 3).



**Figur 3.** Vattenanvändning under ett genomsnittligt skoldygn och med 99 % konfidensintervall för 22 mätserierna från nio skolor.

#### 5.1.2 Flöden

Medelvärdet av maxflödet  $q_{\text{allmän}}$  i skolor under skoldagar är 0,0039 l/s, elev och motsvarande P83-medelflöde är 0,0030 l/s, elev (tabell 9). Medelvärdet som beräknades fram utifrån P83 faller inom konfidensintervallet för det uppmätta under skoldagar. Det fanns en alternativ fördelningsnyckel som var bättre än dagens alternativ, det var skolyta och den korrelerade till flödet med  $r = 0,827$  och  $p = 0,006$ . Det kan jämföras med dagens alternativ som korrelerade till flödet med  $r = 0,768$  och  $p = 0,016$ .

Flödet på Bäckbyskolan F-3 var högt under helger och ofta lägre under vissa skoldagar, av den anledningen beräknades medelvärde och medianvärde även utan denna skola.

**Tabell 9.** Uppmätta värden och statistik för  $q_{\text{allmän}}$  samt motsvarande P83-värde samt en procentuell jämförelse mellan dessa

| Skola                 | År   | $q_{\text{allmän}}$ uppmätt<br>skoldagar (l/s, elev) | $q_{\text{allmän}}$ P83<br>(l/s, elev) | % av P83 |
|-----------------------|------|--|--|----------|
| Hökåsenskolan         | 2012 | 0,0052   | 0,0030                                 | 170      |
|                       | 2013 | 0,0083   | 0,0030                                 | 273      |
|                       | 2014 | 0,0049   | 0,0030                                 | 161      |
|                       | 2015 | 0,0023   | 0,0030                                 | 76       |
| Norra Vallbyskolan    | 2014 | 0,0065   | 0,0030                                 | 215      |
|                       | 2015 | 0,0054   | 0,0030                                 | 176      |
| Bäckbyskolan F-3      | 2013 | 0,0083   | 0,0030                                 | 272      |
|                       | 2015 | 0,0064   | 0,0030                                 | 210      |
| Bäckbyskolan 4-9      | 2013 | 0,0037   | 0,0030                                 | 123      |
|                       | 2015 | 0,0049   | 0,0030                                 | 161      |
| Nybyggeskolan         | 2013 | 0,0021   | 0,0030                                 | 68       |
|                       | 2015 | 0,0018   | 0,0030                                 | 60       |
| Fryxellska skolan     | 2013 | 0,0011   | 0,0030                                 | 37       |
|                       | 2014 | 0,0015   | 0,0030                                 | 51       |
|                       | 2015 | 0,0018   | 0,0030                                 | 58       |
| Storängskolan         | 2015 | 0,0024   | 0,0030                                 | 78       |
| Hammarbyskolan        | 2013 | 0,0025   | 0,0030                                 | 84       |
|                       | 2014 | 0,0028   | 0,0030                                 | 92       |
|                       | 2015 | 0,0025   | 0,0030                                 | 83       |
| Vetterslunds förskola | 2013 | 0,0040   | 0,0030                                 | 132      |
|                       | 2015 | 0,0040   | 0,0030                                 | 133      |
| Medelvärde            |      | 0,0039   | 0,0030                                 | 129      |
| Medianvärde           |      | 0,0037   | 0,0030                                 | 123      |
| Standardavvikelse     |      | 0,0021   |  | 71       |
| Konfidensintervall    |      | 0,0026 – 0,0053                                      |  | 85 – 173 |

Medelvärdet för den uppmätta specifika vattenanvändningen,  $q_{d, \text{medel}}$ , under skoldagar är 48 l/elev, dygn (tabell 10). Det är högre än det värde som används i P83 (VAV P83, 2001) på 30 liter/elev, dygn. P83-värdet faller inte inom konfidensintervallet för värdena uppmätta för skoldagar.

**Tabell 10.** Uppmätta specifika vattenanvändningen,  $q_{d, \text{medel}}$ , för samtliga skolor och år. Tabellen visar även statistik samt en procentuell jämförelse med P83-värdena

| Skola                                   | År   | $q_{d, \text{medel}}$ uppmätt<br>skoldagar (l/elev, d) | $q_{d, \text{medel}}$ P83<br>(l/elev, d) | % av P83  |
|---|------|--|--|-----------|
| Hökåsensskolan                          | 2012 | 53,6   | 30                                       | 179       |
|   | 2013 | 54,1   | 30                                       | 180       |
|   | 2014 | 53,5   | 30                                       | 178       |
|   | 2015 | 47,7   | 30                                       | 159       |
| Norra Vallbyskolan                      | 2014 | 31,5   | 30                                       | 105       |
|   | 2015 | 37,1   | 30                                       | 124       |
| Bäckbyskolan F-3                        | 2013 | 89,4   | 30                                       | 298       |
|   | 2015 | 107,1  | 30                                       | 357       |
| Bäckbyskolan 4-9                        | 2013 | 82,3   | 30                                       | 274       |
|   | 2015 | 96,6   | 30                                       | 322       |
| Nybyggeskolan                           | 2013 | 26,3   | 30                                       | 88        |
|   | 2015 | 22,6   | 30                                       | 75        |
| Fryxellska skolan                       | 2013 | 19,3   | 30                                       | 64        |
|   | 2014 | 24,4   | 30                                       | 81        |
|   | 2015 | 27,9   | 30                                       | 93        |
| Storängskolan                           | 2015 | 19,1   | 30                                       | 64        |
| Hammarbyskolan                          | 2013 | 55,2   | 30                                       | 184       |
|   | 2014 | 58,0   | 30                                       | 193       |
|   | 2015 | 57,0   | 30                                       | 190       |
| Vetterslunds förskola                   | 2013 | 27,2   | 30                                       | 91        |
|   | 2015 | 27,2   | 30                                       | 91        |
| Medelvärde                              |      | 48,4   | 30                                       | 161       |
| Medelvärde (exkl.<br>Bäckbyskolan F-3)  |      | 43,2   | 30                                       | 144       |
| Medianvärde                             |      | 47,7   | 30                                       | 159       |
| Medianvärde (exkl.<br>Bäckbyskolan F-3) |      | 37,1   |  | 124       |
| Standardavvikelse                       |      | 26,5   |  | 88        |
| Övre intervallgräns                     |      | 32,0 – 64,9  |  | 107 – 216 |

### 5.1.3 Maxfaktorer

Medelvärdena för maxfaktorerna var  $c_{d, \text{max}} = 3,4$ ,  $c_{t, \text{max}} (\text{dygn}) = 1,8$  och  $c_{t, \text{max}} (\text{år}) = 7,4$  (tabell 11). Då korrelationer till fördelningsnycklar undersöktes var den enda korrelationen som gav ett signifikant värde,  $p = 0,092$ , korrelationen mellan maxtimfaktor (år) och skolyta med  $r = -0,593$ .

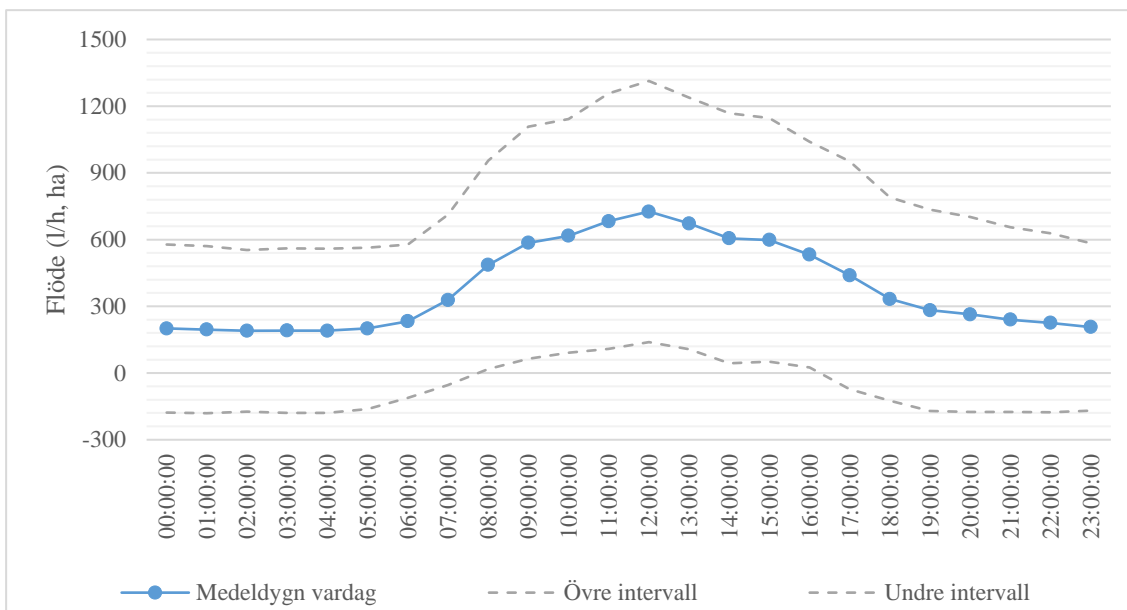
**Tabell 11.** Maxfaktorer med statistik för skolor

| Skola                 | År   | Maxdygnfaktor | Maxtimfaktor<br>(dygn) | Maxtimfaktor<br>(år) |
|-----------------------|------|---------------|------------------------|----------------------|
| Hökåsensskolan        | 2012 | 2,9           | 2,9                    | 8,9                  |
|                       | 2013 | 5,2           | 1,1                    | 9,0                  |
|                       | 2014 | 4,3           | 1,7                    | 9,7                  |
|                       | 2015 | 3,6           | 2,4                    | 12,9                 |
| Norra Vallbyskolan    | 2013 | -             | -                      | 9,4                  |
|                       | 2014 | 4,4           | 2,3                    | 13,2                 |
|                       | 2015 | 4,2           | 1,7                    | 10,6                 |
| Bäckbyskolan F-3      | 2013 | 2,5           | 2,1                    | 5,5                  |
|                       | 2015 | 2,8           | 1,5                    | 4,9                  |
| Bäckbyskolan 4-9      | 2013 | 2,2           | 1,8                    | 4,4                  |
|                       | 2015 | 2,5           | 1,5                    | 3,8                  |
| Nybyggeskolan         | 2013 | 3,2           | 1,8                    | 6,8                  |
|                       | 2015 | 3,5           | 1,4                    | 6,7                  |
| Fryxellska skolan     | 2013 | 4,3           | 1,2                    | 7,5                  |
|                       | 2014 | 2,9           | 1,5                    | 4,6                  |
|                       | 2015 | 2,3           | 1,6                    | 3,9                  |
| Storängskolan         | 2015 | 6,0           | 1,3                    | 8,1                  |
| Hammarbyskolan        | 2013 | 2,3           | 1,4                    | 3,7                  |
|                       | 2014 | 2,4           | 1,6                    | 4,1                  |
|                       | 2015 | 2,0           | 1,9                    | 3,9                  |
| Vetterslunds förskola | 2013 | 3,7           | 3,4                    | 12,7                 |
|                       | 2015 | 3,4           | 2,4                    | 8,8                  |
| Medelvärde            |      | 3,4           | 1,8                    | 7,4                  |
| Medianvärde           |      | 3,2           | 1,7                    | 7,2                  |
| Standardavvikelse     |      | 1,1           | 0,6                    | 3,2                  |
| Konfidensintervall    |      | 2,7 - 4,0     | 1,5 - 2,2              | 5,5 - 9,3            |

## 5.2 KONTOR

### 5.2.1 Variationer

Figur 4 visar att den genomsnittliga vattenanvändningen på ett kontor har en topp runt lunchtid och utplanande vattenanvändning från eftermiddagen fram till sen kväll. Att flödet potentiellt skulle kunna vara lägre än noll, vilket den undre konfidensgränsen indikerar, är orimligt då flödet inte kan vara negativt.



**Figur 4.** Vattenanvändning under ett genomsnittligt dygn och 99 % konfidensintervall baserat på data för vardagar under ett helt år för de 9 mätserierna. Vattenflödet kan ej vara negativt, vilket den undre konfidensgränsen visar för vissa timmar på dygnet.

### 5.2.2 Flöden

Uppmätta flöden och P83-flöden beräknade med ekvation 4 för kontor överensstämmer bra för ungefär hälften av mätserierna men sämre för resterande hälften (tabell 12). Medelvärdet för de uppmätta flödena är 0,5 l/s medan medelvärdet för värdena enligt P83 är 0,9 l/s vilket faller inom konfidensintervallet för de uppmätta värdena.

Vad gäller maximal timanvändning per ytenhet,  $q_{t, \max}$ , är medelvärde och medianvärde för flöden 0,6 l/s, ha respektive 0,7 l/s, ha vilket jämförs med värdet som anges i P83, 0,8 l/s, ha (tabell 12). P83-värdet faller inom det konfidensintervall som beräknats för uppmätta  $q_{t, \max}$ . För kontor fanns inga fördelningsnycklar som gav signifikant korrelation.

**Tabell 12.** Uppmätta samt P83-flöden för  $q_{\text{kontor}}$  samt  $q_{t, \max}$  för samtliga mätserier inom brukartypen kontor. Tabellen visar även statistik samt en procentuell jämförelse med P83-värden

| Adress               | År   | $q_{t, \max}$<br>(l/s, ha) | $q_{t, \max}$ P83<br>(l/s, ha) | $q_{\text{kontor}}$<br>(l/s) | $q_{\text{kontor}}$<br>P83 (l/s) | % av<br>P83 |
|----------------------|------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------|
| Slottsgatan 21       | 2013 | 0,6                        | 0,8                            | 0,2                          | 0,3                              | 80          |
|                      | 2014 | 0,8                        | 0,8                            | 0,3                          | 0,3                              | 103         |
| Badhusgatan 6-12     | 2014 | 1,1                        | 0,8                            | 0,4                          | 0,3                              | 133         |
| Carl Hennings gata 4 | 2013 | 0,3                        | 0,8                            | 0,4                          | 1,2                              | 33          |
|                      | 2014 | 0,7                        | 0,8                            | 1,1                          | 1,2                              | 90          |
| Västra Ringgatan 1   | 2013 | 0,2                        | 0,8                            | 0,4                          | 1,8                              | 22          |
| Medelvärde           |      | 0,6                        | 0,8                            | 0,5                          | 0,9                              | 77          |
| Medianvärde          |      | 0,7                        | 0,8                            | 0,4                          | 0,8                              | 85          |
| Standardavvikelse    |      | 0,3                        |                                | 0,3                          | 0,7                              | 42          |
| Konfidensintervall   |      | 0,1 – 1,2                  |                                | – 0,1 – 1,0                  | – 0,3 – 2,0                      | 7 – 146     |



### 5.2.3 Maxfaktorer

Tabell 13 visar att medelvärdena för maxfaktorerna var  $c_{d, \max} = 4,2$ ,  $c_{t, \max} (\text{dygn}) = 1,7$  och  $c_{t, \max} (\text{år}) = 8,8$ . Då korrelationer till fördelningsnycklar undersöktes fanns inga signifikanta korrelationer.

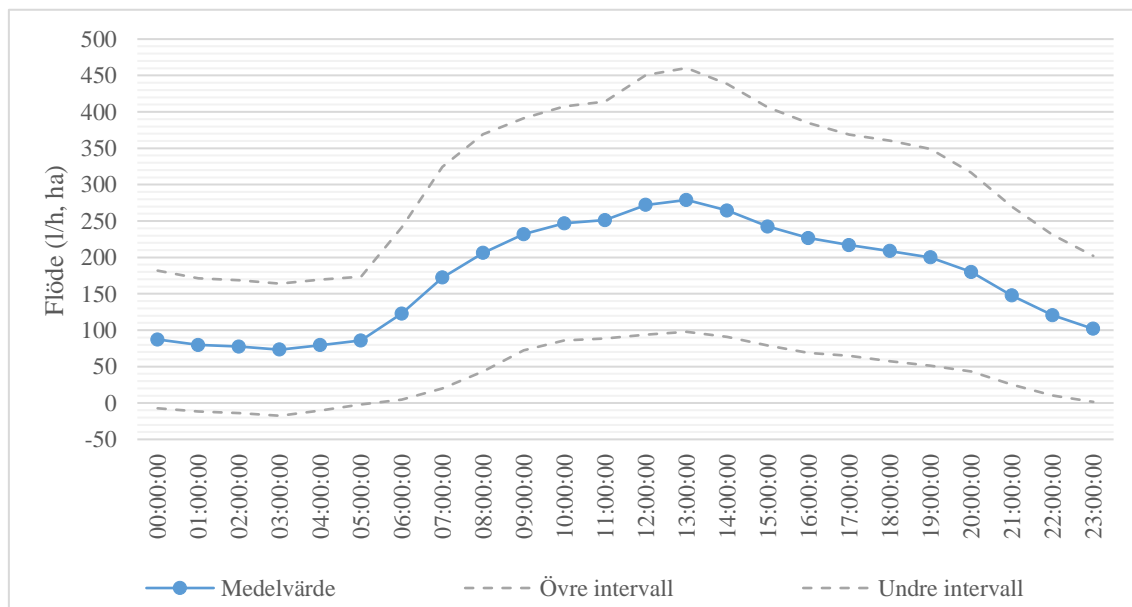
**Tabell 13.** Maxfaktorer med statistik för kontor

| Adress               | År   | Maxdygnfaktor | Maxtimfaktor (dygn) | Maxtimfaktor (år) |
|----------------------|------|---------------|---------------------|-------------------|
| Slottsgatan 21       | 2013 | 3,7           | 1,1                 | 4,6               |
|                      | 2014 | 5,6           | 3,3                 | 18,6              |
| Badhusgatan 6-12     | 2014 | 3,4           | 1,1                 | 4,6               |
| Carl Hennings gata 4 | 2013 | 2,9           | 1,1                 | 7,1               |
|                      | 2014 | 4,4           | 1,9                 | 10,3              |
| Västra Ringgatan 1   | 2013 | 4,9           | 1,4                 | 7,7               |
| Medelvärde           |      | 4,2           | 1,7                 | 1,7               |
| Medianvärde          |      | 4,1           | 1,3                 | 1,3               |
| Standardavvikelse    |      | 1,0           | 0,9                 | 0,9               |
| Konfidsensintervall  |      | 2,5 – 5,8     | 0,2 – 3,1           | 0,1 – 17,5        |

## 5.3 HANDEL

### 5.3.1 Variationer

Det förekommer vattenanvändning från tidigt på morgon till sen kväll i handelsområden (figur 5). Användningen når en topp runt lunch men har en relativt jämn medelanvändning mellan klockan 08 – 20. Att flödet potentiellt skulle kunna vara lägre än noll, vilket den undre konfidsensgränsen indikerar, är orimligt då flödet inte kan vara negativt.



**Figur 5.** Vattenanvändning under ett genomsnittligt dygn med 99 % konfidsensintervall baserat på data för vardagar under ett helt år för de 17 mätserier som analyserades för handel. Vattenflödet kan ej vara negativt, vilket den undre konfidsensgränsen visar för enstaka tider på dygnet.

### 5.3.2 Flöden

P83-flödena följer de uppmätta flödena mycket bra för flera adresser men det finns även många adresser där P83-värdet är mycket högre än det uppmätta (tabell 14). För de uppmätta flödena var medelvärde och medianvärde 0,35 l/s respektive 0,30 l/s medan motsvarande värden enligt P83 var 3,06 l/s respektive 0,84 l/s. De värden beräknade enligt P83 är mycket högre än de uppmätta för handelsområden samt butiker och medelvärdet faller inte inom det beräknade konfidensintervallet.

Även den uppmätta maximala timanvändningen,  $q_{t, \max}$ , för handel för samtliga värden är lägre än det värde som anges i P83 på 0,8 l/s, ha. För uppmätt  $q_{t, \max}$  är medelvärdet = 0,2 l/s och P83-värdet faller inte inom konfidensintervallet för de uppmätta värdena. De nya fördelningsnycklar som jämfördes med det uppmätta flödet är alla relativt bra och signifikant ( $p < 0,10$ ) korrelerade. Fördelningsnyckeln som korrelerar allra bäst är butiksyta,  $r = 0,846$  ( $p = 0,002$ ), men det finns även en stark korrelation till takytan,  $r = 0,818$  ( $p = 0,004$ ). Tomtarean, som används i dagsläget, korrelerar med  $r = 0,606$  ( $p = 0,063$ ).

Hallsta Gårdsgata 11D hade en mycket stor vattenanvändning under första två och en halv månad av året, av denna anledning beräknades också medelvärde samt medianvärde utan denna adress.

**Tabell 14.** Uppmätta flöden för handelsområden mätt i  $q_{\text{handel}}$  samt  $q_{t, \text{max}}$  samt motsvarande P83-flöden. Tabellen visar även statistik samt en procentuell jämförelse med P83-värden

| Adress                                       | År   | $q_{t, \text{max}}$<br>(l/s, ha) | $q_{t, \text{max}}$ P83<br>(l/s, ha) | $q_{\text{handel}}$<br>(l/s) | $q_{\text{handel}}$ P83<br>(l/s) | % av<br>P83 |
|--|------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------|
| Traversgatan 12                              | 2013 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,6                          | 4,5                              | 14          |
|  | 2014 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,4                          | 4,5                              | 9           |
|  | 2015 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,4                          | 4,5                              | 10          |
| Löpkranegatan 1-3                            | 2015 | 0,1                              | 0,8                                  | 1,0                          | 7,4                              | 14          |
| Hallsta Gårdsgata 17                         | 2013 | 0,0*                             | 0,8                                  | 0,1                          | 6,3                              | 2           |
|  | 2014 | 0,0*                             | 0,8                                  | 0,1                          | 6,3                              | 2           |
|  | 2015 | 0,0*                             | 0,8                                  | 0,1                          | 6,3                              | 1           |
| Österleden 2                                 | 2013 | 0,6                              | 0,8                                  | 0,6                          | 0,8                              | 73          |
|  | 2014 | 0,2                              | 0,8                                  | 0,2                          | 0,8                              | 29          |
|  | 2015 | 0,2                              | 0,8                                  | 0,2                          | 0,8                              | 29          |
| Hallsta Gårdsgata 11D                        | 2015 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,5                          | 6,3                              | 8           |
| Gjutjärnsgatan 5                             | 2014 | 0,3                              | 0,8                                  | 0,3                          | 0,8                              | 36          |
|  | 2015 | 0,3                              | 0,8                                  | 0,4                          | 0,8                              | 42          |
| Hammarbyrampen 1                             | 2015 | 0,2                              | 0,8                                  | 0,2                          | 0,6                              | 26          |
| Gunnilbogatan 1A                             | 2015 | 0,7                              | 0,8                                  | 0,3                          | 0,4                              | 82          |
| Fältnätargatan 5                             | 2015 | 0,3                              | 0,8                                  | 0,2                          | 0,6                              | 40          |
| Arosvägen 43                                 | 2015 | 0,5                              | 0,8                                  | 0,2                          | 0,3                              | 63          |
| Medelvärde                                   |      | 0,2                              | 0,8                                  | 0,3                          | 3,1                              | 28          |
| Medelvärde (exkl.<br>Hallsta Gårdsgata 11D)  |      | 0,3                              | 0,8                                  | 0,4                          | 2,4                              | 34          |
| Medianvärde                                  |      | 0,2                              | 0,8                                  | 0,3                          | 0,8                              | 26          |
| Medianvärde (exkl.<br>Hallsta Gårdsgata 11D) |      | 0,2                              | 0,8                                  | 0,3                          | 0,8                              | 29          |
| Standardavvikelse                            |      | 0,2                              |                                      | 0,2                          | 2,7                              | 25          |
| Konfidensintervall                           |      | 0,1 – 0,4                        |                                      | 0,2 – 0,5                    | 1,1 – 5,0                        | 10 – 46     |

\*Värdet uppgår till 0,01 l/s, ha

### 5.3.3 Maxfaktorer

Medelvärdena för maxfaktorerna var  $c_{d, \text{max}} = 3,0$ ,  $c_{t, \text{max}} (\text{dygn}) = 1,6$  och  $c_{t, \text{max}} (\text{år}) = 5,1$  (tabell 15). Då alternativa fördelningsnycklar undersöktes fanns inga korrelationer som gav signifikans ( $p < 0,10$ ).

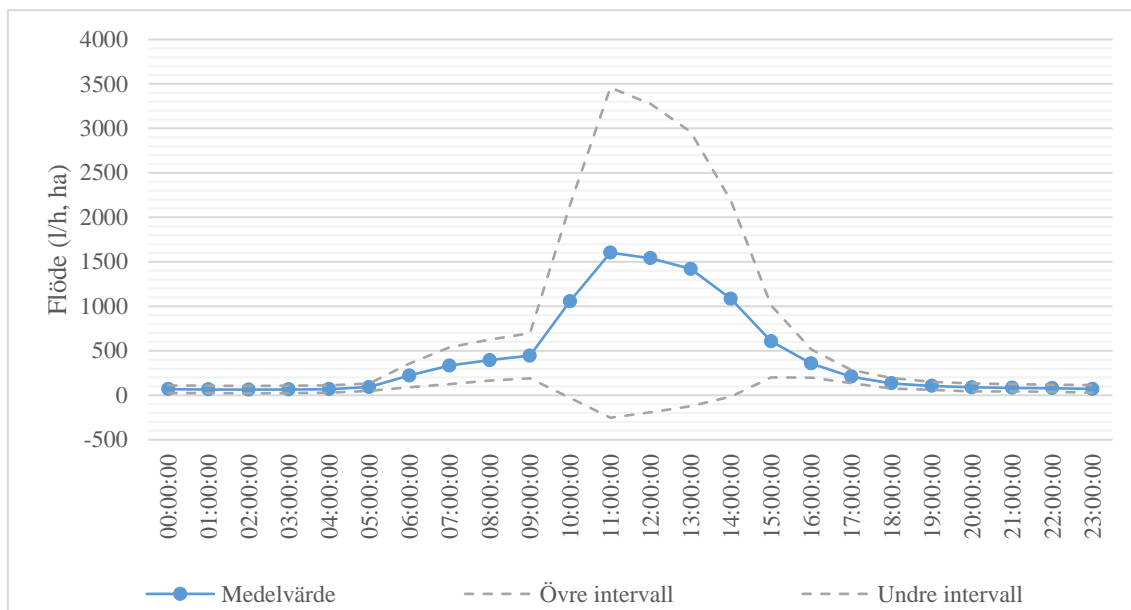
**Tabell 15.** Maxfaktorer med statistik för handel

| Adress                | År   | Maxdygnfaktor | Maxtimfaktor<br>(dygn) | Maxtimfaktor<br>(år) |
|-----------------------|------|---------------|------------------------|----------------------|
| Traversgatan 12       | 2013 | 3,3           | 1,4                    | 5,6                  |
|                       | 2014 | 2,9           | 1,5                    | 5,0                  |
|                       | 2015 | 2,3           | 1,5                    | 5,1                  |
| Löpkranegatan 1-3     | 2015 | 1,5           | 1,7                    | 3,2                  |
| Hallsta Gårdsgata 17  | 2013 | 1,6           | 2,9                    | 4,7                  |
|                       | 2014 | 2,1           | 1,8                    | 4,6                  |
|                       | 2015 | 1,9           | 2,1                    | 3,9                  |
| Österleden 2          | 2013 | 3,1           | 1,6                    | 4,8                  |
|                       | 2014 | 4,2           | 1,3                    | 5,3                  |
|                       | 2015 | 2,6           | 1,9                    | 6,6                  |
| Hallsta Gårdsgata 11D | 2015 | 4,6           | 1,0                    | 4,8                  |
| Gjutjärnsgatan 5      | 2014 | 4,6           | 1,4                    | 6,9                  |
|                       | 2015 | 5,0           | 1,4                    | 7,0                  |
| Hammarbyrampen 1      | 2015 | 2,9           | 1,9                    | 5,4                  |
| Gunnilbogatan 1A      | 2015 | 3,0           | 1,2                    | 3,6                  |
| Fältmätargatan 5      | 2015 | 2,8           | 1,7                    | 6,2                  |
| Arosvägen 43          | 2015 | 2,0           | 1,6                    | 3,9                  |
| Medelvärde            |      | 3,0           | 1,6                    | 5,1                  |
| Medianvärde           |      | 2,9           | 1,6                    | 5,0                  |
| Standardavvikelse     |      | 1,1           | 0,4                    | 1,1                  |
| Konfidensintervall    |      | 2,2 – 3,7     | 1,3 – 1,9              | 4,3 – 5,9            |

## 5.4 INDUSTRI

### 5.4.1 Variationer

Den genomsnittliga dygnsanvändningen för industrier (figur 6) är som störst runt lunch och liknar till viss del vattenanvändningen i skolor (figur 3) med en tydlig topp kring lunch. Att flödet potentiellt skulle kunna vara lägre än noll, vilket den undre konfidensgränsen indikerar, är orimligt då flödet inte kan vara negativt.



**Figur 6.** Vattenanvändning under ett genomsnittligt dygn med 99 % konfidensintervall baserat på data för vardagar under ett helt år för de 30 mätserierna för industrier. Vattenflödet kan ej vara negativt, vilket den undre konfidensgränsen visar för enstaka tider på dygnet.

#### 5.4.2 Flöden

Många flöden beräknade från P83 var högre än motsvarande uppmätt flöde (tabell 16). För vissa adresser gav P83-värdet ett mycket högt flöde. Medelvärde och medianvärde för uppmätta flöden var 0,6 l/s respektive 0,3 l/s medan de för P83-flödena var 1,3 l/s respektive 0,8 l/s. Medelvärdet för P83-värdena faller inte inom konfidensintervallet för de uppmätta värdena.

Tabell 16 visar också att majoriteten av mätserierna har en maximal timanvändning,  $q_{t, \max}$ , som är lägre än P83-värdet. Undantagen är Vagnbodsvägen 2, Slakterigatan 7 och Lågpanningsgatan 5 där de uppmätta värdena för de två sistnämnda är mycket högre än P83-värdet som är 0,8 l/s, ha. Medelvärde och medianvärde för de uppmätta värdena är 1,2 l/s, ha respektive 0,3 l/s, ha. Värdet som finns angivet i P83 faller inom intervallet för den maximala timanvändningen per ytenhet som beräknades utifrån de uppmätta flödena.

Av de undersökta fördelningsnycklarna som uppnår signifikans ( $p < 0,10$ ) för industrier finns den starkaste korrelationen med takytan,  $r = 0,490$  och  $p = 0,075$ , men även industriyta är ett bra alternativ,  $r = 0,463$  och  $p = 0,082$ . Dagens alternativ som utgår från tomtyta nådde inte en signifikant nivå.

**Tabell 16.** Uppmätta och P83-värden för  $q_{\text{industri}}$  samt  $q_{t, \text{max}}$ . Tabellen visar också statistik och procentuell jämförelse mot P83-värden

| Adress              | År   | $q_{t, \text{max}}$<br>(l/s, ha) | $q_{t, \text{max}}$ P83<br>(l/s, ha) | $q_{\text{industri}}$<br>(l/s) | $q_{\text{industri}}$<br>P83 (l/s) | % av P83 |
|---------------------|------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------|
| Vagnbodsvägen 2     | 2013 | 1,1                              | 0,8                                  | 0,8                            | 0,6                                | 135      |
|                     | 2015 | 1,2                              | 0,8                                  | 0,9                            | 0,6                                | 153      |
| Slakterigatan 7     | 2013 | 2,8                              | 0,8                                  | 1,4                            | 0,4                                | 355      |
| Lågspänningsgatan 5 | 2013 | 6,7                              | 0,8                                  | 1,3                            | 0,2                                | 833      |
|                     | 2014 | 8,3                              | 0,8                                  | 1,7                            | 0,2                                | 1 041    |
|                     | 2015 | 8,2                              | 0,8                                  | 1,6                            | 0,2                                | 1 024    |
| Stenbygatan 10      | 2015 | 0,4                              | 0,8                                  | 1,8                            | 3,5                                | 52       |
| Stora gatan 3       | 2015 | 0,4                              | 0,8                                  | 1,6                            | 3,3                                | 48       |
| Tunbytorpsgatan 8   | 2013 | 0,3                              | 0,8                                  | 0,3                            | 0,8                                | 38       |
|                     | 2014 | 0,4                              | 0,8                                  | 0,4                            | 0,8                                | 52       |
|                     | 2015 | 0,4                              | 0,8                                  | 0,4                            | 0,8                                | 49       |
| Bruksgatan 8        | 2013 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,3                            | 3,1                                | 10       |
|                     | 2014 | 0,3                              | 0,8                                  | 1,1                            | 3,1                                | 35       |
|                     | 2015 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,3                            | 3,1                                | 11       |
| Bastborregatan 10   | 2013 | 0,3                              | 0,8                                  | 0,1                            | 0,2                                | 33       |
|                     | 2015 | 0,6                              | 0,8                                  | 0,1                            | 0,2                                | 75       |
| Omformargatan 18    | 2013 | 0,3                              | 0,8                                  | 0,3                            | 0,7                                | 43       |
|                     | 2014 | 0,4                              | 0,8                                  | 0,3                            | 0,7                                | 47       |
|                     | 2015 | 0,3                              | 0,8                                  | 0,3                            | 0,7                                | 43       |
| Fältmätargatan 9    | 2013 | 0,2                              | 0,8                                  | 0,2                            | 0,8                                | 20       |
|                     | 2014 | 0,2                              | 0,8                                  | 0,2                            | 0,8                                | 20       |
|                     | 2015 | 0,2                              | 0,8                                  | 0,2                            | 0,8                                | 24       |
| Brandthovdagatan 16 | 2013 | 0,3                              | 0,8                                  | 0,3                            | 0,7                                | 42       |
|                     | 2014 | 0,6                              | 0,8                                  | 0,6                            | 0,7                                | 76       |
|                     | 2015 | 0,2                              | 0,8                                  | 0,2                            | 0,7                                | 31       |
| Tallmätargatan 2    | 2014 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,7                            | 4,1                                | 18       |
|                     | 2015 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,6                            | 4,1                                | 13       |
| Brandthovdagatan 15 | 2015 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,1                            | 0,7                                | 16       |
| Stolpgatan 2        | 2014 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,1                            | 1,2                                | 9        |
|                     | 2015 | 0,1                              | 0,8                                  | 0,1                            | 1,2                                | 11       |
| Medelvärde          |      | 1,2                              | 0,8                                  | 0,6                            | 1,3                                | 145      |
| Medianvärde         |      | 0,3                              | 0,8                                  | 0,3                            | 0,8                                | 42       |
| Standardavvikelse   |      | 2,3                              |                                      | 0,6                            | 1,3                                | 288      |
| Konfidensintervall  |      | 0 – 2,3                          |                                      | 0,3 – 0,9                      | 0,7 – 2,0                          | 0 – 290  |
| Findus              | 2014 | 3,3                              | 0,8                                  | 153,6                          | 37,1                               | 414      |
|                     | 2015 | 3,3                              | 0,8                                  | 154,4                          | 37,1                               | 416      |

### 5.4.3 Maxfaktorer

Medelvärdena för maxfaktorerna var  $c_{d, \text{max}} = 5,3$ ,  $c_{t, \text{max}} (\text{dygn}) = 2,4$  och  $c_{t, \text{max}} (\text{år}) = 14,8$  (tabell 17). Då korrelationer till fördelningsnycklar undersöktes fanns en korrelation som gav ett signifikant värde,  $p = 0,064$ . Det var korrelationen mellan maxdygnfaktorn och

takytan med  $r = 0,508$ . Två korrelationer som var nära signifikans på 90 % -nivå var maxdygnfaktor och industriyta,  $p = 0,115$ , samt maxtimfaktor (år) och takyta,  $p = 0,120$ .

**Tabell 17.** Maxfaktorer med statistik för industrier

| Adress              | År   | Maxdygnfaktor | Maxtimfaktor<br>(dygn) | Maxtimfaktor<br>(år) |
|---------------------|------|---------------|------------------------|----------------------|
| Vagnbodsvägen 2     | 2013 | 3,2           | 1,9                    | 8                    |
|                     | 2015 | 3,5           | 2,5                    | 10                   |
| Slakterigatan 7     | 2013 | 2,9           | 5,6                    | 17                   |
| Lågspänningsgatan 5 | 2013 | 4,8           | 3,3                    | 20                   |
|                     | 2014 | 3,7           | 5,4                    | 20                   |
|                     | 2015 | 3,9           | 4,0                    | 18                   |
| Stenbygatan 10      | 2015 | 9,1           | 1,0                    | 9                    |
| Stora gatan 3       | 2015 | 8,5           | 1,6                    | 13                   |
| Tunbytorpsgatan 8   | 2013 | 3,2           | 2,1                    | 9                    |
|                     | 2014 | 6,9           | 1,2                    | 8                    |
|                     | 2015 | 2,7           | 2,6                    | 7                    |
| Bruksgatan 8        | 2013 | 5,2           | 1,1                    | 8                    |
|                     | 2014 | 7,2           | 1,2                    | 16                   |
|                     | 2015 | 4,0           | 1,3                    | 9                    |
| Bastborregatan 10   | 2013 | 3,2           | 2,7                    | 14                   |
|                     | 2015 | 4,9           | 5,9                    | 35                   |
| Omformargatan 18    | 2013 | 3,2           | 1,0                    | 4                    |
|                     | 2014 | 2,1           | 1,0                    | 4                    |
|                     | 2015 | 2,3           | 1,1                    | 5                    |
| Fältmätargatan 9    | 2013 | 3,1           | 6,6                    | 21                   |
|                     | 2014 | 3,9           | 5,0                    | 24                   |
|                     | 2015 | 6,3           | 3,1                    | 23                   |
| Brandthovdagatan 16 | 2013 | 16,7          | 1,1                    | 33                   |
|                     | 2014 | 16,3          | 3,0                    | 49                   |
|                     | 2015 | 7,3           | 1,4                    | 14                   |
| Tallmätargatan 2    | 2014 | 5,0           | 1,6                    | 14                   |
|                     | 2015 | 3,5           | 1,0                    | 12                   |
| Brandthovdagatan 15 | 2015 | 2,8           | 1,5                    | 4                    |
| Stolpgatan 2        | 2014 | 6,1           | 1,4                    | 8                    |
|                     | 2015 | 4,9           | 1,2                    | 8                    |
| Medelvärde          |      | 5,3           | 2,4                    | 14,8                 |
| Medianvärde         |      | 4,0           | 1,6                    | 12,6                 |
| Standardavvikelse   |      | 3,5           | 1,7                    | 10,1                 |
| Konfidensintervall  |      | 3,6 – 7,1     | 1,6 – 3,3              | 9,7 – 19,9           |
| Findus              | 2014 | 2,9           | 1,2                    | 3,5                  |
|                     | 2015 | 3,3           | 1,1                    | 3,8                  |

## 5.5 UTJÄMNANDE BRUKARTYPER

Under veckor, vardagar och helger är korrelationerna mellan de olika brukartyperna vattenanvändning relativt starka och positiva (tabell 18). För vardagar klockan 06 – 22, då vatten främst används av brukartyperna i studien samt i hushåll, är skillnaden däremot

stor. För både villor och radhus finns flera starka, negativa korrelationer till brukartyperna i studien. Den starkaste negativa korrelationen finns mellan villor och kontor,  $r = -0,816$ .

**Tabell 18.** Korrelation mellan vattenanvändningen hos de olika brukartyperna. Korrelationen visas för ett medeldygn under hela veckan, vardagar samt helg och för en vardag klockan 06 – 22. Samtliga korrelationer starkare än  $r = \pm 0,344$  är signifikanta

| Korrelation                               | Handel | Kontor | Industri | Skola  | Lägenhet | Villa |
|---|--------|--------|----------|--------|----------|-------|
| <i>Genomsnittlig vecka</i>                |        |        |          |        |          |       |
| Kontor                                    | 0,817  |        |          |        |          |       |
| Industri                                  | 0,770  | 0,976  |          |        |          |       |
| Skola                                     | 0,745  | 0,964  | 0,991    |        |          |       |
| Lägenhetshus                              | 0,949  | 0,657  | 0,583    | 0,547  |          |       |
| Villa                                     | 0,804  | 0,356  | 0,308    | 0,277  | 0,925    |       |
| Radhus                                    | 0,823  | 0,431  | 0,369    | 0,341  | 0,940    | 0,991 |
| <i>Genomsnittlig vardag</i>               |        |        |          |        |          |       |
| Kontor                                    | 0,897  |        |          |        |          |       |
| Industri                                  | 0,829  | 0,972  |          |        |          |       |
| Skola                                     | 0,737  | 0,956  | 0,990    |        |          |       |
| Lägenhetshus                              | 0,912  | 0,580  | 0,481    | 0,434  |          |       |
| Villa                                     | 0,667  | 0,188  | 0,110    | 0,070  | 0,880    |       |
| Radhus                                    | 0,692  | 0,245  | 0,160    | 0,120  | 0,889    | 0,992 |
| <i>Genomsnittlig vardag klockan 06-22</i> |        |        |          |        |          |       |
| Lägenhetshus                              | 0,530  | -0,014 | -0,147   | -0,172 |          |       |
| Villa                                     | -0,331 | -0,816 | -0,813   | -0,799 |          |       |
| Radhus                                    | -0,321 | -0,766 | -0,785   | -0,772 |          |       |
| <i>Genomsnittlig helg</i>                 |        |        |          |        |          |       |
| Kontor                                    | 0,940  |        |          |        |          |       |
| Industri                                  | 0,797  | 0,909  |          |        |          |       |
| Skola                                     | 0,733  | 0,856  | 0,976    |        |          |       |
| Lägenhetshus                              | 0,946  | 0,873  | 0,757    | 0,735  |          |       |
| Villa                                     | 0,948  | 0,845  | 0,691    | 0,641  | 0,975    |       |
| Radhus                                    | 0,890  | 0,858  | 0,744    | 0,707  | 0,984    | 0,992 |



## 6. DISKUSSION

### 6.1 SKOLOR

#### 6.1.1 Variationer

De genomsnittliga dygnen följer mönstret som setts i tidigare studier (VAV P83, 2001) med en ökad användning kring lunch. Vattenanvändningen i skolor startar tidigare än förväntad undervisning vilket skulle kunna bero på att städning sker tidigt på morgonen eller att barn i vissa skolor går på fritids innan skolan och detsamma skulle kunna förklara vattenanvändning som finns efter skoltid (figur 3). Mönstret under helger (appendix figur 7) ser ut som mönstret under vardagar, dock med ett lägre flöde. Det beror antagligen på att många barn går på fritids under delar av lov samt att skolans lokaler eventuellt används för andra syften än skolverksamhet. Exempel på annan användning skulle kunna vara idrottsföreningar som under helger och lov använder skolornas lokaler och omklädningsrum.

Att konfidensintervallet för användning under genomsnittliga dygn (figur 3) är smalt under morgon, kväll och natt tyder på att mönstret är likt och variationen låg för samtliga skolor i studien medan en större spridning finns under dagen för de undersökta skolorna.

Variationen för vattenanvändningen under ett genomsnittligt år visade som väntat (appendix figur 8) en tydligt minskad vattenanvändning under sommarmånaderna då sommarlov infaller. I slutet av december och början av januari ses också en tydligt minskande vattenanvändning som sammanfaller med förväntat jullov. Samma mönster kan även ses då övriga lov infaller om än inte lika tydligt, att dessa inte är lika tydliga skulle kunna bero på att påsklov inte infaller samma vecka varje år.

#### 6.1.2 Flöden

Det uppmätta flödet,  $q_{\text{allmän}}$ , följer relativt väl P83-flödet. För många av skolorna är det beräknade P83-flödet lägre än det uppmätta värdet för skoldagar, men för flera skolor stämmer det också mycket bra överens med det uppmätta (tabell 9). För Nybyggeskolan och Fryxellska skolan är värdena från P83 betydligt högre än de uppmätta, dessa två skolor är de med störst elevantal. Det skulle kunna tyda på att ekvation 3 är mindre lämplig för större skolor.

Den specifika vattenanvändningen,  $q_{d, \text{medel}}$ , varierar mycket och det är svårt att dra några slutsatser (tabell 10). Det går inte heller att dra några paralleller mellan exempelvis antal elever eller skolans storlek och höga värden på  $q_{d, \text{medel}}$ . En större undersökning skulle behöva göras och på så sätt skulle  $q_{d, \text{medel}}$  eventuellt kunna optimeras och förbättras. Baserat på beräkningar under skoldagar är den specifika vattenanvändningen, 48 liter/elev, dygn, högre än den enligt P83. Flödet är viktigt för dimensioneringen och för att uppskatta vattenbehovet.

En skola vars användning är något avvikande är Bäckbyskolan F-3. Där var flödet per elev och dygn högt jämfört med många andra skolor och då mätserierna studerades mer ingående befanns att vattenanvändningen ofta var hög under helger. Skolan verkar användas för många fritidsaktiviteter samt sportarrangemang under helger vilket skulle kunna förklara detta. Eftersom skolan var avvikande beräknades medelvärde och medianvärde för  $q_{d, \text{medel}}$  även utan denna skola, och dessa blev 43 l/elev, d respektive 37 l/elev, d. Det är lägre än värdena som inkluderar skolan men värdena överstiger fortfarande rekommenderat värde från P83.

Flödes- och korrelationsberäkningar ger att beräkningssättet som används idag ett bra alternativ men även det finns bättre förslag. Att använda skolyta som fördelningsnyckel

är det bästa signifikanta alternativet (tabell 9). Det kan bero på att det är en specifik parameter som bör vara relaterad till hur mycket vatten som behövs i en skola.

I skolorna som undersöktes användes i genomsnitt 8,5 m<sup>3</sup>/elev, år vilket kan jämföras med medelvärdet som föreslås enligt P83 (tabell 1) på 8 m<sup>3</sup>/elev, år. Användningen i skolorna stämmer alltså bra överens med tidigare uppskattningar.

För att jämföra vattenanvändningen i svenska skolor med användning i amerikanska skolor (tabell 2) beräknades ett genomsnitt för de svenska skolorna. Motsvarande medelanvändning för alla skolor sammanlagt blev 39,6 l/p, dygn för skolor i Västerås. I tre av fyra fall användes mer vatten per person i svenska skolor jämfört med i USA. Det skulle kunna bero på att vattenmätningarna till viss del inkluderat olika användningsområden. En faktor som skulle kunna spela in är att det kanske inte är lika vanligt med skolmatsal och matlagning i skolorna i USA. Det skulle kunna utgöra en betydande del av skillnaden. Det skulle även kunna bero på att idrottsanläggningar i anslutning till de amerikanska skolorna eventuellt inte är medräknade medan de svenska gymnasalarna och omklädningsrummen eventuellt är medräknade.

För data som samlades in för att beskriva brukarna fanns vissa felkällor. Motstridig information förekom ibland från olika källor och det var därför svårt att avgöra vilket värde som stämde bäst med verkligheten. Detta gällde antal elever, antal anställda samt tomtarea (tabell 5). Det fanns heller inte möjlighet att kontrollera om matlagning skedde på plats i skolorna eller om gymnasal och omklädningsrum fanns kopplade till mätarna. Om det förekom skillnader har det antagligen påverkat resultatet och inneburit en osäkerhet då tillagning av mat eller att duscha efter idrottslektioner kräver relativt stora vattenmängder.

### **6.1.3 Maxfaktorer**

Maxfaktorerna säger inget om hur mycket vatten som används utan är istället relevant för att uppskatta hur stor variation som förekommer under året eller dygnet. Enligt P83 (tabell 1) ska maxdygnfaktorn ligga mellan 2 – 3 vilket är lägre än medelvärdet för de undersökta skolorna (tabell 11). Maxtimfaktorn ska ligga mellan 3 – 4, vilket är relativt mycket högre än uppmätt medelvärde för skolorna.

Den enda signifikanta korrelationen var mellan maxtimfaktor (år) och skolyta med  $r = -0,593$  ( $p = 0,092$ ), det vill säga för samma fördelningsnyckel som också gav bäst korrelation för flöden (tabell 11). Att just skolyta korrelerade bäst skulle kunna bero på att det är en specifik variabel och att vattenanvändningen bör bero av hur stor skolan är. Korrelationen till antal elever förväntades bli starkare men gav inget signifikant resultat, eventuellt hade en tydligare korrelation kunnat ses om elevantalet i skolorna varierat mer.

## **6.2 KONTOR**

Generellt var det svårt att avgöra vilka adresser och mätserier som bör klassas till kategorin kontor eftersom det bland annat fanns butiker på bottenplan för vissa adresser. Dessutom var underlaget för vattenanvändningen i kontor litet då många mätserier inte var fullständiga eller även mätt vattenanvändning för andra brukare, vilket gav till slut minskade datasetet till endast sex mätserier och fyra adresser (tabell 6).

Många kontor, framförallt de som är belägna i stadskärnor, har ofta liten tomt och i vissa fall ingen tomt alls utöver den tomtarea som byggnaden tar upp. Det sågs som en anledning till att se över huruvida det verkligen är relevant att använda tomtarean som fördelningsnyckel. Dessutom var tomtareorna i staden ofta kopplade till flera adresser vilket innebär att det kan vara missvisande om inte vattenanvändningen för hela huset

eller samtliga adresser på tomtarean beräknas. Tomtarean var för några adresser kopplade till flera adresser men vattendata var inte mätt för samtliga adresser på tomten. Det kan ha lett till vissa fel då tomtarean användes i beräkningar trots att den även delades med flera adresser vars vattenanvändning inte mättes.

Flera mätserier som i ett första skede klassades som kontor, handel eller industrier var svåra att avgöra om dessa verkligen borde klassas som kontor, handelsområden eller industrier. Det var svårt att uppskatta antalet anställda på arbetsplatser, särskilt på de adresser där flera verksamheter fanns registrerade och av den anledningen valdes antal anställda bort som alternativ fördelningsnyckel.

### **6.2.1 Variationer**

Vattenanvändningsmönstret under vardagar ser ut som förväntat, med störst användning kring lunch. En skillnad som ses från skolor är att användningen pågår senare på kvällen och är mer långsamt avtagande. Konfidensintervallet är relativt brett under hela dagen vilket förmodligen beror på att användningen varierade mycket. Under helger (appendix figur 9) var användningen mer jämn mellan dagen och kvällen och det går att ana en viss ökning kring lunch.

Användningen är jämn under största delen av året (appendix figur 10). De variationer som syns är främst under juli, då många antagligen har semester vilket leder till en lägre vattenanvändning. Kring jul och nyår är användningen ännu lägre vilket förmodligen beror på att ännu färre jobbar kring dessa helger.

### **6.2.2 Flöden**

För flödet,  $q_{\text{kontor}}$ , följer de uppmätta flödena de beräknade enligt P83 väl för ungefär hälften av mätserierna (tabell 14). Det är dock svårt att dra slutsatser utan att undersöka fler adresser då underlaget var litet. Vad gäller uppmätt  $q_{t, \text{max}}$  är detta ofta något högre för adresser med små tomtareor.

Bland de fördelningsnycklar vars korrelation till vattenflödena undersöktes fanns ingen som gav ett tillräckligt signifikant resultat, men av de som undersöktes gav tomtarean bäst korrelation till uppmätt flöde. Tomtarean är också den faktor som används för beräkningar i dagsläget.

Ett svenskt kontor använde i genomsnitt  $6,8 \text{ m}^3/\text{dygn}$  under vardagar. Jämfört med amerikanska kontor (tabell 2) var det relativt likt vattenanvändningen på två av kontoren. Liksom för skolorna kan skillnaderna bero på hur mätningarna gjorts och vad de inkluderat, exempelvis skulle kontoren i USA kunnat inkluderat vatten till kylning, som i Los Angeles fall. Dessutom skulle genomsnittlig arbetstid kunna ha betydelse om anställda på kontor i USA arbetar fler timmar i veckan än kontorsanställda i Sverige.

Signifikanstesterna visade inte på några signifikanta samband för fördelningsnycklarna i studien. Detta beror antagligen till stor del av att få mätserier analyserades eller att de undersökta inte var bra alternativ. Anledningen till att fler mätserier inte användes var att det inte fanns fler som innehöll längre perioder och att alternativa, lättillgängliga fördelningsnycklar var svåra att finna. Dessutom förekom flera aktiviteter på flera av adresserna, affärsverksamhet, frisörsalonger och bostäder fanns i vissa fall också registrerade på de aktuella adresserna och de valdes då bort.

### **6.2.3 Maxfaktorer**

Medelvärdet för maxdygnfaktor (tabell 13) var högre än vad som rekommenderas i P83 (VAV P83, 2001) (tabell 1) medan maxtimfaktor (dygn) var något lägre. Då

korrelationer till fördelningsnycklar undersöktes fanns endast en signifikant ( $p < 0,10$ ) korrelation, den var mellan maxtimfaktorn (år) och tomtarean ( $r = 0,731$ ). Det skulle kunna tyda på att maxtimfaktor (år) är en bättre utgångspunkt än maxtimfaktor (dygn). Eftersom signifikanserna var låga även för maxfaktorerna skulle fler kontor skulle behöva studeras för att generera mer tillförlitliga resultat.

## 6.3 HANDEL

### 6.3.1 Variationer

Flödet under vardagar (figur 5) och helger (appendix figur 11) för handelsområden är mycket lika, även om det används mer vatten under veckodagarna. Under året finns det inga tydliga perioder då vattenanvändningen minskar (appendix figur 12). Vattenanvändningen är relativt jämn hela dagen, med en liten topp kring lunch. I och med att många butiker har öppet till runt klockan 20 stämmer det väl överens med att vattenanvändningen börjar minska runt denna tid. Många matbutiker samt bensinstationer har dock öppet längre vilket skulle kunna förklara att användningen fortsätter även efter klockan 20.

Att det uppmättes större vattenanvändning de första två och en halv månaderna av året är märkligt (appendix figur 12). Detta kan kopplas till adressen Hallsta Gårdsgata 11D och skulle kunna bero på läckage som inte detekterats i kvalitetsgranskningen. På adressen finns ingen verksamhet som direkt kan kopplas till en högre vattenanvändning de första månaderna. Medelvärde samt medianvärde utan denna adress blev lägre och fick framförallt betydelse för medelvärde för de värden som beräknats utifrån ekvationen i P83. Medelvärdet beräknat utan Hallsta Gårdsgata 11D blev istället 2,4 l/s.

Användningen i handelsområden bör vara ungefär lika stor under hela året, eventuellt öka något under stora rea-perioder eller om många tvättar bilen på bensinstationer under en period. Användningen skulle också kunna minska något under sommaren om många eventuellt lämnar staden för semester och därmed inte handlar lika mycket. Detta skulle dock kunna kompenseras av att många är lediga och därmed handlar mer, samt av inresande besökare. Om det var snöfattigt och smutsigt på vägarna under tidig vår skulle det kunna leda till ett ökat antal biltvättar vilket därmed skulle kunna öka vattenanvändningen i biltvättar.

### 6.3.2 Flöden

P83-flöden som beräknats utifrån ekvation 4 för handelsområden följer de uppmätta värdena relativt väl, dock är de beräknade flödena mycket större för många av adresserna (tabell 14). De höga värdena från P83 sammanfaller med adresser med en stor tomtarea. Vid jämförelse mellan uppmätt maximal timanvändning,  $q_{t, \max}$ , och värde angivet i P83 (VAV P83, 2001) är samtliga uppmätta värden lägre. De flöden som är högre än genomsnittet tillhör de adresser vars tomtarea är liten. För samtliga adresser är det uppmätta värdet på  $q_{t, \max}$  mycket lägre än P83-värdet vilket därför bör ses över och bättre anpassas efter verkligheten. Förslagsvis skulle brukarkategorin handel/industri i P83 kunna delas upp i underkategorier för att bättre kunna anpassas efter olika förutsättningar.

Både medelvärde och medianvärde för de uppmätta flödena för  $q_{\text{handel}}$  samt  $q_{t, \max}$  var mycket lägre än de motsvarande P83-flöde (ekvation 4). Det tyder på behovet att se över beräkningssättet för handel.

Tomtarean har korrelationen  $r = 0,606$  till de uppmätta värdena. Det är en relativt stark korrelation men ännu bättre fördelningsnycklar är takyta eller butiksytan vars korrelationer till de uppmätta flödena var mycket höga och signifikanta. Det är ytterligare en anledning

för att dela upp kategorierna och anpassa flödesberäkningar bättre till verkligheten då dagens kategorier är mycket generella. Om dessa skulle vara möjliga att använda istället för tomtarea skulle förbättringar potentiellt kunna göras. Signifikansen är hög för takyta och butiksyta. Det beror förmodligen på de höga korrelationerna och att antalet mätserier som jämförts är fler än för exempelvis kontor.

För de flesta handelsområden är tomterna relativt väl använda förutom att delar ofta används för parkering vilket antagligen också är en av orsakerna att tomtarean inte är fullt utbyggd. Att en del av tomtarean används för parkering är svårt att undvika då det ofta är en förutsättning för att kunderna skall komma och handla, speciellt om handelsplatserna ligger något utanför stadskärnan. Det behöver också finnas plats för leverans till butikerna vilket också kräver visst utrymme på tomten. Om P83 förutsätter att den tomtarea som användes för beräkningar skall vara fullt utbyggd och alltså dimensionering sker utifrån förutsättningen att hela området kan bli fullt utbyggt skulle det i dessa situationer kunna skapa problem då hela tomten sällan tas upp av byggnaden.

Det finns möjligheter att handelsområden i framtiden byggs ut på de tomter där det finns plats. Det måste också tas i åtanke vid dimensioneringen av ledningsnätet eftersom det skall vara hållbart och kunna försörja området med vatten under många år framöver. Om det inte är möjligt att använda fördelningsnyckeln butiksyta från start skulle det eventuellt kunna användas i ett senare skede för att avgöra om det är möjligt att bygga ut området utan att bygga om det befintliga ledningsnätet.

### **6.3.3 Maxfaktorer**

Vid jämförelse av maxfaktorerna för handel som ges i P83 (tabell 1) och uppmätta maxfaktorerna (tabell 15) ses att maxdygnfaktorn är något högre än värdena i P83 medan maxtimfaktorn ligger lägre än intervallet som ges i P83.

## **6.4 INDUSTRI**

### **6.4.1 Variationer**

De flesta industrier i studien är främst verksamma under dagtid och vardagar. Det finns en tydlig ökad vattenanvändning vid lunchtid under vardagar (figur 6) medan det under helger (appendix figur 13) är stor spridning mellan olika industrier. Det kan bero på att vissa industrier också har verksamhet året om oberoende av helger eller högtider. Under helgerna är dock användningen mer utplanad och jämn under de timmar som användning sker. Vattenanvändningen är låg under juli då många antas ha semester och många verksamheter har mindre aktivitet (appendix figur 14). Kring jul och nyår är användningen som lägst vilket antagligen beror på att många är lediga. Det går att ana en viss ökning under våren, augusti och september. Det skulle kunna bero på att någon eller några industrier har fler uppdrag eller högre produktion.

Att konfidensintervallet är som bredast då vattenanvändningen är som störst beror antagligen på att skillnaden mellan olika industrier också är som störst då (figur 6). Konfidensintervallet är smalt under morgon, kväll och natt vilket tyder på att vattenanvändningen inte varierar särskilt mycket mellan industrierna under denna tid på dygnet.

### **6.4.2 Flöden**

För många adresser fanns ett mycket högt värde på P83-flödet jämfört med motsvarande uppmätt flöde. Dessa toppar sammanföll i samtliga fall med adresser vars tomtarea var stor. För adresser med liten tomtarea var istället det uppmätta värdet högre än värdet från P83. Det skulle kunna tyda på att tomtarean får för stor inverkan vid beräkning av vattenflödet. För de flesta adresser var den uppmätta maximala timanvändningen lägre än

det värde som återfinns i P83 (VAV P83, 2001). För Slakterigatan 7 och Lågspänningsgatan 5 var uppmätta värden dock mycket höga. Vad detta beror på är osäkert men de har båda en relativt liten tomtarea vilket för handelsområden sammanföll med höga maximala timanvändningar per ytenhet. På Slakterigatan ligger ett slakteri och på Lågspänningsgatan finns ett antal byggföretag registrerade. Slakteriet skulle troligtvis kunna vara en stor vattenanvändare vilket förklarar det höga vattenflödet på adressen.

Liksom för handel var de beräknade flödesmedel- och medianvärdena mycket högre än de uppmätta. För maximala timanvändningen per ytenhet är medelvärdet högre än det enligt P83 medan medianvärdet är mycket lägre. Att medelvärdet för de uppmätta  $q_{t, \max}$  är högt beror på att den maximala timanvändningen per ytenhet är mycket hög för två industrier i studien. Det bör finnas möjlighet till stora förbättringar av dimensioneringsriktlinjerna. Precis som för handelsområden måste industritomterna planeras utifrån eventuell utbyggnation och framtida behov. Om det inte är möjligt att använda takyta eller industrietage vid tidpunkten för dimensionering skulle det potentiellt kunna användas för att avgöra om det går att bygga ut området men behålla befintligt ledningsnät.

Korrelationen mellan uppmätta värden och tomtarea, som är dagens sätt att beräkna flödet, är det alternativ som ger lägst korrelation av de undersökta. Användning av takyta istället för tomtarea skulle kunna förbättra uppskattningen avsevärt då takytan korrelerar bättre med uppmätta flöden. För takytan och industrietage är signifikansen mycket bättre än för tomtarean med lägre korrelation (tabell 16). Anledningen till att takytan i detta fall visade sig vara en bättre fördelningsnyckel än industrietage skulle kunna bero på att det i vissa fall var svårt att uppskatta inomhusarean utifrån antalet våningar. Det var svårt att avgöra om byggnaden på vissa ställen hade högt i tak eller flera våningar. Det skulle kunna ha bidragit till ett visst fel men måste inte ha gjort det.

Genomsnittlig vattenanvändning per industri under vardagar var  $7,2 \text{ m}^3/\text{dygn}$ , vilket är mycket mindre än för samtliga industrier som Nikell (1994) undersökte (tabell 3). Vattenanvändningen är som förväntat mycket beroende på industrityp samt storleken och åter igen blir frågan om vad som klassas som en industri eller inte viktig. Findus (appendix figur 15) använde genomsnittligen  $4\,427 \text{ m}^3/\text{dygn}$  vilket är mer jämförbart med de stora läkemedelsindustrierna som undersöktes av Nikell (1994).

#### **6.4.3 Maxfaktorer**

Höga maxfaktorer tyder på stora variationer i vattenanvändning under ett dygn eller år. Maxfaktorerna för industrierna är relativt höga jämfört med de andra brukartyperna (tabell 17). Det beror antagligen på att den maximala timanvändning är mycket större än användningen under många andra timmar då aktiviteten är låg och att denna skillnad är större än för många andra brukartyper. Det skulle innebära att industrierna är mycket vattenkrävande under den period som verksamhet bedrivs.

Maxfaktorerna för Findus (tabell 17) tyder på att en stor industri inte nödvändigtvis måste innebära högre faktorer. Det är antagligen rimligt då användningen förmodligen är högre under hela dygnet och året vilket innebär att skillnaden mellan högsta värde och medelvärde blir likvärdigt med de för mindre industrier. Eventuellt är vattenanvändning i en stor industri jämnare under ett dygn och år vilket i så fall skulle innebära att lägre maxfaktorer återfinns hos större industrier. Samtliga maxfaktorer för Findus var lägre än medelvärdena för resterande industrier vilket tyder på att Findus har ett jämnare flöde.

Att bäst korrelation fanns till takyta skulle kunna bero på att stora industrier ofta har en större takyta. En stor industri som främst använder vatten under en period av dygnet bör

ha högre maxfaktorer än mindre industrier med samma typ av användning. Det eftersom skillnaden mellan maximal användning och medelanvändning bör blir större för de stora industrierna jämfört med de mindre. Detta stämmer antagligen inte för industrier vars verksamhet pågår under hela dygnet då en jämnare vattenanvändning sker, men så är inte fallet för de undersökta industrierna då de huvudsakligen använder vatten under dagtid.

Bland maxfaktorerna var den enda signifikanta ( $p < 0,10$ ) korrelationen den mellan maxdygnfaktorn och takytan ( $r = 0,508$ ). Den genomsnittliga maxtimfaktorn (dygn) som uppmättes för industrierna (tabell 17) ligger inom intervallet som ges i P83 (tabell 1). Uppmätt maxdygnfaktor däremot är högre än riktvärdet i P83.

## 6.5 UTJÄMNANDE BRUKARTYPER

Att hitta utjämnande brukare vore bra ur aspekten att det skulle vara möjligt att dimensionera ledningsnätet efter ett jämnare flöde under dygnet istället för att ledningarna skall anpassas efter enstaka timme under dygnet då mycket vatten behövs till ett område eller brukare. Att ledningsnätet inte behöver dimensioneras större enbart för en eller ett par timmar bör också bidra till att ett jämnare tryck lättare kan hållas. För att områden ska kunna klassas som utjämnande och därmed kompensera varandras flöde och utjämna det totala flödet över ett dygn krävs att vattenanvändning sker olika tider på dygnet. För samtliga brukartyper är användningen mycket låg nattetid. För att hitta optimala samverkande brukare hade någon som använder vatten under kvällar och nätter varit bra.

En negativ korrelation mellan brukarkategoriernas vattenanvändning indikerar att den ena brukaren använder mycket vatten samtidigt som den andra använder lite vatten. Eftersom samtliga brukartypers vattenanvändning var lägre på natten var det dock svårt att visa detta genom korrelation. Av den anledningen gjordes även en korrelationsanalys mellan 06 – 22 samt en visuell jämförelse mellan olika brukartypers genomsnittliga dygnsvariationer. Trots att inte hela dygnet eller året följer varandra kan delar av perioden göra det, exempelvis under natten, och korrelationsfaktorn påverkas då och indikerar att vattenanvändningen är relativt lika. I det verkliga fallet skulle det dock kunna vara en stor vattenanvändning tidigt på morgonen och på eftermiddag/kväll i hushåll medan skolor och kontor snarare använder mycket vatten däremellan.

För att dimensionera ledningsnätet på ett bra sätt till olika områden kan det också vara viktigt att flödet är ungefär lika stort för att samma tryck ska bibehållas. Därför bör brukare vars flödestoppar inte sammanfaller och dessutom är ungefär lika höga samverka bättre än de vars toppar är mycket olika stora. Det är också viktigt att ta hänsyn till att en viss storlek på skola behövs för ett visst antal hushåll.

Under vardagar använder hushållen främst vatten på morgon och kväll, det motsvarar tiden innan respektive efter arbete eller skola. Skolor, kontor och industrier använder mest vatten kring lunch medan handelsområden har en relativ jämn användning under dagen. Hushåll skulle därför kunna utjämna flödet till skolor, kontor, och industrier till viss del, under dagtid (appendix figur 16).

Skolor och handelsområden kunna vara en potentiell kombination. Skolor använder främst vatten på vardagar och som mest kring lunch medan handel använder mycket även under helger och under kvällar. Problemet skulle dock kunna vara att toppen kring lunch snarare förstärks eftersom handel har en relativt jämn vattenanvändning under hela dagen med en svag topp kring lunch för både vardagar och helger.

Under veckodagar utjämnar skolor och hushåll varandras flöden bra under dagtid (klockan 06 – 22). Då skolor når en topp i vattenanvändningen runt lunch är användningen i hushåll lägre. När hushållens användning är högre, på morgon och eftermiddag, är användningen i skolor betydligt lägre. Samma trend finns även mellan hushåll och kontor samt industri (appendix figur 16). Under helger var flödena mer utplanade under dagen för skolor, kontor, handel och industrier med en liten topp kring lunch medan vattenanvändningen i hushåll var högst under förmiddagen (appendix figur 17).

Vid korrelationsanalys för hela dygn fanns inga brukartyper som korrelerade negativt, vilket hade varit det optimala alternativet för att utjämna flödet under hela dygnet. Under vardagar är det skolor och handel som har lägst korrelation,  $r = 0,737$ . Dessa brukartyper förstärker alltså varandras vattenanvändning men av de alternativ som jämfördes var dessa de minst förstärkande. Handel och industri har en liknande korrelation och skulle eventuellt även det kunna vara ett likartat alternativ. Under helger fanns en svagare korrelation och den lägsta korrelationen är då mellan skolor och kontor. Kontor och industri har också en likande korrelation.

När korrelationsanalyser görs mellan klockan 06 – 22 under vardagar finns flera relativt starka, negativa korrelationer (tabell 18). Det tyder på att den ena brukartypen använder mycket vatten när den andra använder lite. Resultaten för villor och radhus är mycket likvärdiga och dessa bör främst kombineras med industri, skolor eller kontor. Lägenheter har ingen stark negativ korrelation med någon av brukartyperna.

Något som också är värt att tänka på är att vissa områden eventuellt inte är lämpliga att kombinera av andra anledningar. Många vill kanske inte bo nära eller i ett industriområde. Dessutom är det viktigt att inte kombinera områden så att vattnet i ledningarna blir alltför stillastående under längre perioder, såsom under sommaren. Det kan bland annat leda till att risken för bakterietillväxt i vattnet ökar vilket inte är önskvärt.

## 6.6 GENERELL DISKUSSION

I många fall kan det antagligen vara svårt att i ett tidigt stadiet få information om hur stor en byggnad kommer vara då vattenledningsnätet dimensioneras. Dock kan det i många fall vara en förbättringsmöjlighet att använda byggnadsstorlek. Kanske kan det också användas i ett senare skede för att uppskatta om nätet tål att fler verksamheter ansluts. Då ledningsnätet dimensioneras görs det utifrån att räkna till under en lång tid framöver. För att avgöra om ett befintligt ledningsnät har kapacitet att försörja ytterligare verksamheter utifrån de ledningar som finns skulle inomhusarea eller takyta kunna vara möjliga att använda. Om vattenanvändningen kan korreleras till storleken på byggnaden kan det användas för att förutspå om fler påkopplingar till befintligt nät är möjliga då byggnadens storlek i detta fall antagligen är möjlig att uppskatta.

Att det finns andra faktorer och fördelningsnycklar som är bättre än de som används i dagsläget tyder också på att det kan finnas ytterligare nycklar som inte undersökts som är bättre, exempelvis antal anställda. Eftersom de flöden som beräknades utifrån ekvation 4 är beräknade från tomtarea och en bestämd faktor ( $q_{t, \max} = 0,8 \text{ l/s, ha}$ ) blev korrelationen mellan denna och uppmätta flöde densamma som korrelationen mellan tomtarea och uppmätta flöde. Eftersom dessa två endast skiljer med samma faktor för samtliga adresser blir korrelationen samma.

En mer specifik area bör vara mer relevant, eftersom tomtarea kan variera mycket och inte nödvändigtvis måste säga något om hur stor verksamheten på tomten faktiskt är. En stor del av tomtarean skulle exempelvis kunna användas för parkering, stå tom, användas till förvaring eller potentiellt kunna byggas ytterligare på. Mer relevant bör alltså vara att



utgå från hur stor en butik eller industri faktiskt är då det är mer specifikt än tomtarea. Samma sak gäller för takyta som förmodligen säger mer om hur mycket vatten som krävs till verksamheten än vad tomtens storlek gör. Trots att det ofta är tomtarean som finns tillgänglig utifrån de detaljplaner eller översiktsplaner skulle det kanske vara möjligt att avgöra på ett ungefär hur stor en skola eller handelsplats förväntas bli. Om det vore möjligt skulle det kunna bidra till en förbättrad uppskattning av det vattenflöde som kommer krävas i området.

Att uppdatera P83 verkar nödvändigt för att publikationen i framtiden ska stämma väl överens med verkligheten. Ett stort behov ses gällande maximal timanvändning per ytenhet, som i dagsläget används för att beräkna dimensionerande flöden för kontor, handel samt industrier, men sällan stämmer överens med uppmätta flöden. Dessa tre brukartyper ingår i samma kategori men skiljer sig mycket sinsemellan. För att anpassa dessa bättre till verkligheten skulle ett alternativ möjligtvis vara att dela upp dem i fler kategorier eller underkategorier utifrån det mest lämpade beräkningssättet. Nackdelen med en uppdelning skulle däremot kunna vara att det i ett tidigt skede försvårar uppskattningen av vattenflöden för området om det inte är helt bestämt vilken typ av verksamhet som skall finnas på platsen. För många kategorier skulle också kunna leda till en större problematik kring vilken kategori vissa verksamheter ska klassas till.

Korrelationen beräknades utifrån en mätserie för varje adress för att dessa skulle få lika stor vikt i den statistiska analysen. När samtliga värden användes blev korrelationen något annorlunda.

## **6.7 OSÄKERHETER**

Koden som användes för kvalitetsgranskningen var i huvudsak skriven för att analysera vattenanvändning i hushåll. När koden kördes i MATLAB skulle de tre timmarna under ett dygn med lägst vattenanvändning markeras. Koden förutsatte att dessa tre timmar inföll efter varandra vilket de sällan gjorde för de undersökta brukartyperna. För de flesta mätserier gjordes istället bedömning av vilka timmar som motsvarade lägst medelanvändning i följd. Detta kan ha inneburit vissa osäkerheter i kvalitetsgranskningen. Det är dock osäkert om detta fick någon påverkan och i sådant fall hur stor.

Data som flaggats i kvalitetsgranskningen vid analys av medeldygn och år plockades inte bort. Det på grund av att det skulle gett en statistisk påverkan om dessa data inte ersatts. Arbetets tidsbegränsningar innebar att det inte fanns möjlighet att ersätta dessa värden på ett bra sätt och de behölls därför. Ofta sammanföll flera flaggade värden under samma period. Det tros bero på fel i mätutrustningen eller överföringsfel då data sparades ned från mätare. Vid kvalitetsgranskning flaggades ibland värden för att samma värde uppmättes tre timmar i sträck. I många fall kunde detta antagligen bortses från då användningen under exempelvis nätter bör vara relativt jämn och flera låga värden i rad inte nödvändigtvis behöver innebära att värdet är felaktigt.

Det förekom många toppar som flaggades som misstänkta. Dessa antogs vara osannolika och uppstod antagligen på grund av problem då data sparades ner eller mättes. Då det förekom flera nollvärden i samband med dessa toppar tros samtliga värden under perioden felaktigt ha summerats till en tidpunkt, till exempel på grund av att mätaren under en tid inte kunnat få kontakt med loggern. I dessa fall beräknades en medelanvändning för de aktuella timmarna och toppen samt nollvärdena ersattes med medelvärdet. Det kan ha påverkat medelvärdena för vissa timmar men bör inte haft nämnvärd effekt då de berörda värdena var få i jämförelse till den totala mängden värden.

Då husstorlek bestämdes med en funktion på Eniro.se markeras huset manuellt av användaren. Det kan ha inneburit vissa fel då det var svårt att markera exakt, samt att avgöra antalet våningar på grund av begränsningar i tillgängliga vyer.

## 6.8 FÖRSLAG TILL FORTSATTA STUDIER

Fler undersökningar behöver göras, gärna med fokus på en brukartyp i taget och med fler mätserier. För att få tydliga och tillförlitliga resultat krävs fler observationer. Fler mätserier krävs också för att inte avvikande värden skall få för stor påverkan på resultatet. När analys av flera brukartyper görs parallellt är det svårt att analysera ett stort antal från varje grupp under en kort tid, något som är av stor vikt vid statistiska beräkningar. Det är viktigt att analysera variationer under längre perioder men måste inte nödvändigtvis göras efter ett kalenderår. Så länge säsongsvariationer är möjliga att se bör det ha mindre betydelse när på året mätningarna börjar.

Fortsatta analyser av potentiella fördelningsnycklar bör göras. Förslagsvis bör det undersökas om antal anställda på kontor, butiker eller industrier går att korrelera till vattenanvändningen. Eventuellt vore det möjligt att beräkna dessa utifrån maxfaktorer och antal anställda på ett liknande sätt som hushållsanvändning (ekvation 2) och allmän vattenanvändning (ekvation 3). Dessa undersökningar kräver dock mer information om hur många anställda det finns på arbetsplatsen dagligen vilket skulle kunna kräva att nya mätningar görs där denna information samtidigt kan samlas in. Dessa variabler skulle troligen inte finnas tillgängliga i planeringsstadiet, men kanske kan vara användbara om ett befintligt ledningsnät ska utvärderas vid exempelvis en utbyggnation av ett område. Även fler potentiella fördelningsnycklar bör undersökas om möjligt.

Det är också av stor vikt att analysera kvalitetskontrollen för att avgöra om denna är relevant eller ej för alla brukartyper. Dessutom måste tydliga kontroller göras för att säkerställa att de adresser som undersöks verkligen inkluderar de verksamheter som finns på adressen och inte består av blandade brukartyper, om det inte är målet med undersökningen.

Då maxfaktorerna för brukartyperna inte stämmer särskilt väl överens med de som föreslås i P83 (tabell 1) bör dessa uppdateras i publikationen och anpassas efter lämpliga fördelningsnycklar. Det bör undersökas vilken fördelningsnyckel som är mest relevant att använda som utgångspunkt för respektive brukartyp för att skapa intervall likt de för hushåll (figur 1).

För de flesta skolorna var takyta och skolyta densamma då det var mestadels var enplansskolor som användes i studien. Det hade varit intressant att använda fler skolor vars takyta och skolyta skiljer åt för att undersöka om det hade gett större utslag i korrelationsanalysen.

För samtliga brukartyper i studien bör det gå att förbättra P83-värden så att de stämmer bättre överens med verkliga, uppmätta värden. Det skulle bidra till att dimensionering av ledningsnätet i framtiden kan förbättras.

Förslagsvis bör även fortsatta studier kring utjämnande brukartyper göras. För att hitta optimala samverkande brukartyper bör fler användare studeras för att undersöka fler alternativ. Industrier skulle kunna analyseras beroende på industrityp då detta visat sig ha betydelse för vattenanvändningen. Motions- och fritidsanläggningar skulle potentiellt kunna vara en bra kombination med kontor då dessa skulle kunna förväntas använda mycket vatten på kvällstid och under helger då kontor använder desto mindre. Exempel på brukartyper att undersöka skulle kunna vara motions- och fritidsanläggningar, museer

och likande, vårdcentraler eller andra användare som skulle kunna använda mycket vatten under tider då många är lediga.

Då brukarkategorierna i P83 i dagsläget är mycket breda och innefattar mycket olika användare rekommenderas att dessa delas upp i fler kategorier utifrån de brukartyper som finns. Det är stora variationer i hur väl P83-flöden överensstämmer med uppmätta dimensionerande flöden. För vissa adresser inom vissa brukartyper går det att göra tydliga kopplingar till små eller stora tomtareor medan det är svårare för andra brukartyper. De olika brukartyperna korrelerar också till olika variabler och bör förslagsvis delas upp efter det för att optimeras. Handel kan förslagsvis göras till en egen kategori och likaså kontor. Industri är en problematisk kategori då stora variationer kan förekomma men vidare undersökningar skulle potentiellt kunna leda till underkategorier inom industri.

Det skulle eventuellt vara möjligt att kategorisera utifrån vilka brukartyper som korrelerar bra till samma fördelningsnycklar, exempelvis tomtarea, takyta eller antal användare. Kategorierna är i dagsläget mycket breda och en uppdatering skulle kunna ge bättre resultat.

## 7 SLUTSATSER

- Korrelationer till potentiella fördelningsnycklar är generellt sett starkare för flöden jämfört med maxfaktorer.
- För skolor och handel rekommenderas att fördelningsnyckeln skolyta respektive butiksyta studeras vidare och eventuellt användas medan den som rekommenderas för industri är takyta som möjligtvis kan användas i framtiden. För handel är även takyta potentiellt en mer lämplig fördelningsnyckel. Med hjälp av dessa fördelningsnycklar skulle flöden bättre kunna uppskattas.
- Stora tomtareor ger stora utslag vid beräkning av P83-flöden för  $q_{\text{kontor/handel/industri}}$  trots att det uppmätta värdet inte nödvändigtvis är större för stora tomtareor.
- Små tomtareor sammanfaller ofta med höga uppmätta värden för maximal timanvändning per ytenhet,  $q_{t, \text{max}}$ .
- Maxtimfaktorn (år) korrelerar oftast bättre än maxtimfaktor (dygn) för brukarna i studien och bör därför vara mer relevant att använda.
- För kontor och industri var korrelationen för flöde och maxfaktor starkast för samma fördelningsnyckel. Dessa var tomtarea för kontor och takyta för industrier.
- Maxdygnfaktorerna för brukartyperna var i genomsnitt högre än de intervall som ges i P83 medan maxtimfaktorerna (dygn) var lägre än motsvarande intervall från P83 för samtliga brukartyper utom industrier.
- För utjämnande brukartyper bör villor eller radhus kombineras med skolor, kontor eller industrier för att utjämna flödet dagtid då brukarnas flöden mellan 06 – 22 under vardagar utjämnar varandras.
- Brukarkategorin handel/industri bör delas upp i fler kategorier för att kunna optimera den förväntade vattenanvändningen för dessa brukartyper. Kategorierna bör sedan fortsätta utvärderas för att anpassas bättre efter verkliga värden, eventuellt kan det finnas icke-linjära samband eftersom P83-värdena följer de uppmätta i varierad grad.

## 8. REFERENSER

### 8.1 LITTERÄRA KÄLLOR OCH INTERNETREFERENSER

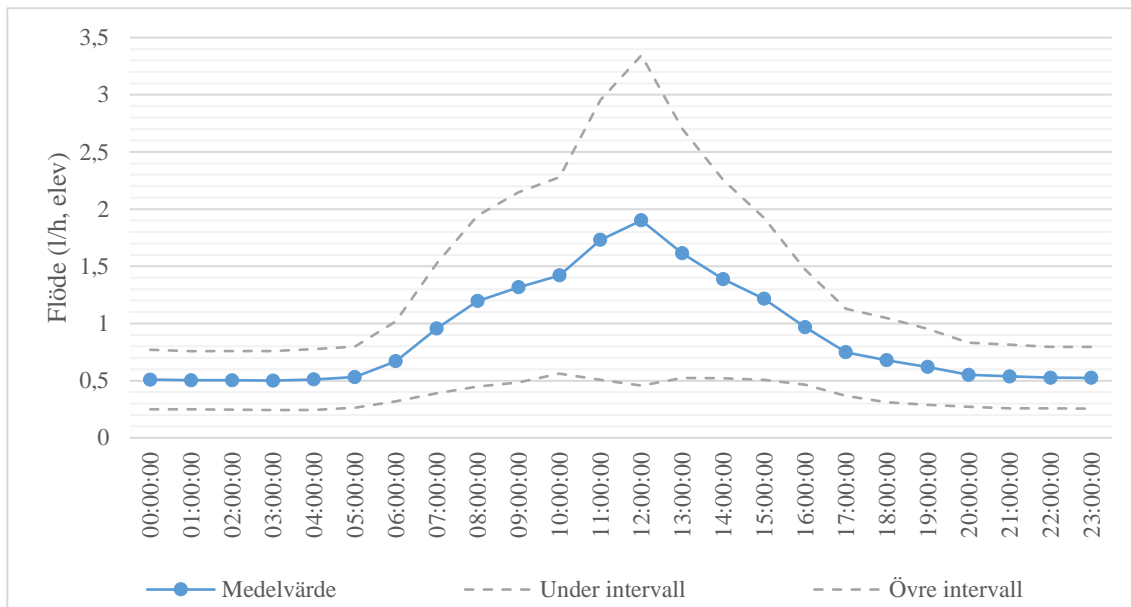
- Abdu, M. & Ullén, P. (2014). Dimensionerande vattenförbrukning och dess variationer. Tillgänglig från: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:729076>. [Hämtad 2016-10-06].
- Ahlberg, F. & Ivansen, A. (2016). Analys över variationer i vattenförbrukning och dess påverkandefaktorer: En fallstudie över områden i Borås. Tillgänglig från: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:943369>. [Hämtad 2016-11-07].
- Arbetsmiljöverket. (2006-04-26). Information om regler för kontor. Tillgänglig från: [http://www.isv.liu.se/for-medarbetare/arbetsmiljo/arkiv/1.157582/PM\\_hur\\_trangt.pdf](http://www.isv.liu.se/for-medarbetare/arbetsmiljo/arkiv/1.157582/PM_hur_trangt.pdf). [Hämtad 2017-01-27].
- Dziegielewski, B., Kiefer, J. C., Opitz, E. M., Porter, G. A., Lantz, G. L., DeOreo, W. B., Mayer, P. W. & Nelson, J. O. (2000). Commercial and Institutional End Uses of Water. AWWA.
- Ekwall, J. (2016). Kvalitetskontroll av vattenförbrukningsdata - ursprung till fel och osäkerheter i mätdata från Göteborg kommun. KTH. Tillgänglig från: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:944026/FULLTEXT01.pdf>. [Hämtad 2016-11-02].
- Eliasson, V. (2016). Kvalitetsgranskning av flödesdata från vattenledningsnätet. Uppsala Universitet. Tillgänglig från: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:935396>. [Hämtad 2016-11-02].
- Lidström, V. (2013). Vårt Vatten: Grundläggande lärobok i vatten- och avloppsteknik. 2. ed Svenskt Vatten. ISBN 1654-5117.
- Lowry, R. (2017). Significance of a Correlation Coefficient. [online]. Tillgänglig från: <http://vassarstats.net/textbook/ch4apx.html>. [Hämtad 2017-02-28].
- Nationalencyklopedin. (u.å.). Konfidensintervall, uppslagsord. [online]. Tillgänglig från: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/konfidensintervall>. [Hämtad 2017a-01-27].
- Nationalencyklopedin. (u.å.). Korrelation, uppslagsord. [online]. Tillgänglig från: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/korrelation>. [Hämtad 2017b-01-27].
- Nikell, L. (1994). Vattenförbrukningens dygnsvariation [online]. (VAV - VA-FORSK; 1994 - 05).
- SCB. (2012-11-07). Vattenuttag och vattenanvändning i Sverige 2010: Redovisning för vattendistrikt och län. [online] Tillgänglig från: [http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0902/2010A01/MI0902\\_2010A01\\_SM\\_MI27SM1001.pdf](http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0902/2010A01/MI0902_2010A01_SM_MI27SM1001.pdf). [Hämtad 2016-11-03].
- SCB. (2015-12-07). Är det statistiskt säkerställt? [online]. (Statistiska Centralbyrån). Tillgänglig från: [http://www.scb.se/sv/\\_hitta-statistik/artiklar/ar-det-statistiskt-sakerstallt/](http://www.scb.se/sv/_hitta-statistik/artiklar/ar-det-statistiskt-sakerstallt/). [Hämtad 2017-03-07].
- SCB. (2016-09-19). Industrins vattenanvändning. [online] (Statistiska Centralbyrån). Tillgänglig från: [http://www.scb.se/sv/\\_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Vattenanvandning/Industrins-vattenanvandning/38891/38898/Behallare-for-Press/409004/](http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Miljo/Vattenanvandning/Industrins-vattenanvandning/38891/38898/Behallare-for-Press/409004/). [Hämtad 2016-11-03].

- SGU. (2017). Låga grundvattennivåer. [online]. Tillgänglig från: <http://www.sgu.se/grundvatten/brunnar-och-dricksvatten/laga-grundvattennivaer/>. [Hämtad 2017-03-09].
- Svenska FN-förbundet. (2014-08-26). Vatten i världen – hur många har tillgång till rent vatten? Världskoll - Part 1665. [online]. Tillgänglig från: <http://varldskoll.se/vatten-i-varlden-hur-manga-har-tillgang-till-rent-vatten/1665/>. [Hämtad 2016-11-03].
- Svenskt Vatten. (2016-10-14). Dricksvattenfakta. [online]. Tillgänglig från: <http://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/>. [Hämtad 2016-11-01].
- Sveriges kommuner och landsting. (2016-05-23). Barngruppers storlek och personaltäthet. [online]. Tillgänglig från: <https://skl.se/skolakulturfritid/skolaforskola/forskolafritidshem/forskola/barngruppersstorlekochochpersonaltathet.3244.html>. [Hämtad 2017-01-25].
- UNICEF. (2016-08). Fakta om vatten och sanitet. [online]. (UNICEF Sverige). Tillgänglig från: <https://unicef.se/fakta/vatten-och-sanitet>. [Hämtad 2016-11-24].
- VAV P83. (2001). Allmänna vattenledningsnät: Anvisningar för utformning, förnyelse och beräkning. VAV AB.

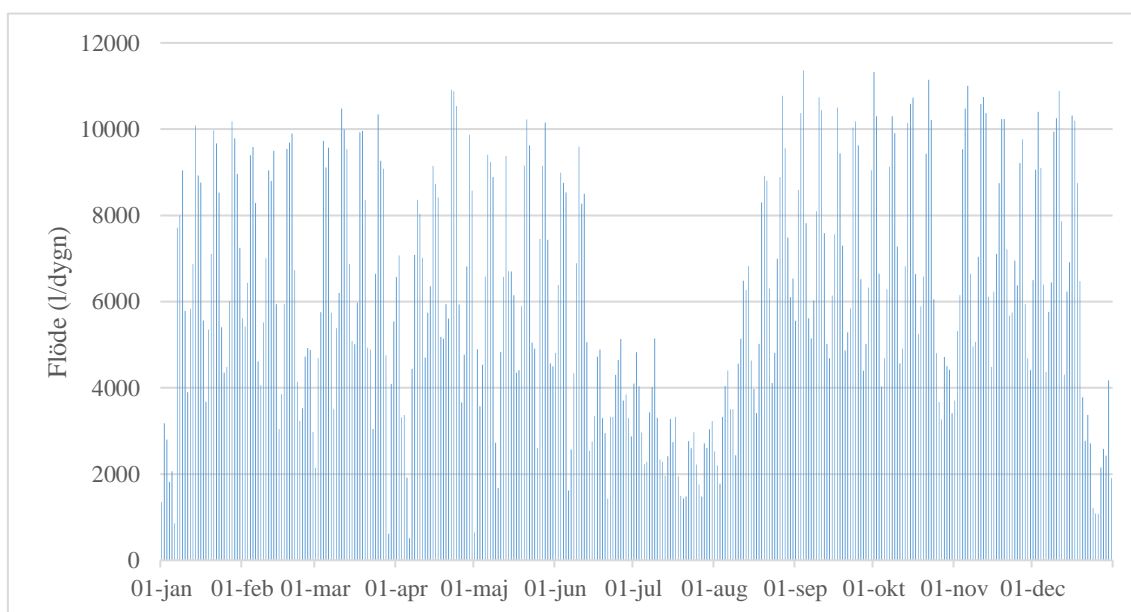
## **8.2 PERSONLIGA REFERENSER**

- Hammarlund, H. (2016). Hans Hammarlund, specialist inom hydraulisk modellering, Tyréns AB.
- Hammarlund, H. (2017). Hans Hammarlund, specialist inom hydraulisk modellering, Tyréns AB.
- Holm, J. (2017). Julia Holm, examensarbetare Tyréns AB.
- Mahmoudi, N. (2017). Nazanin Mahmoudi, examensarbetare Tyréns AB.

## APPENDIX – VARIATIONER, FLÖDEN & UTJÄMNANDE BRUKARTYPER SKOLOR

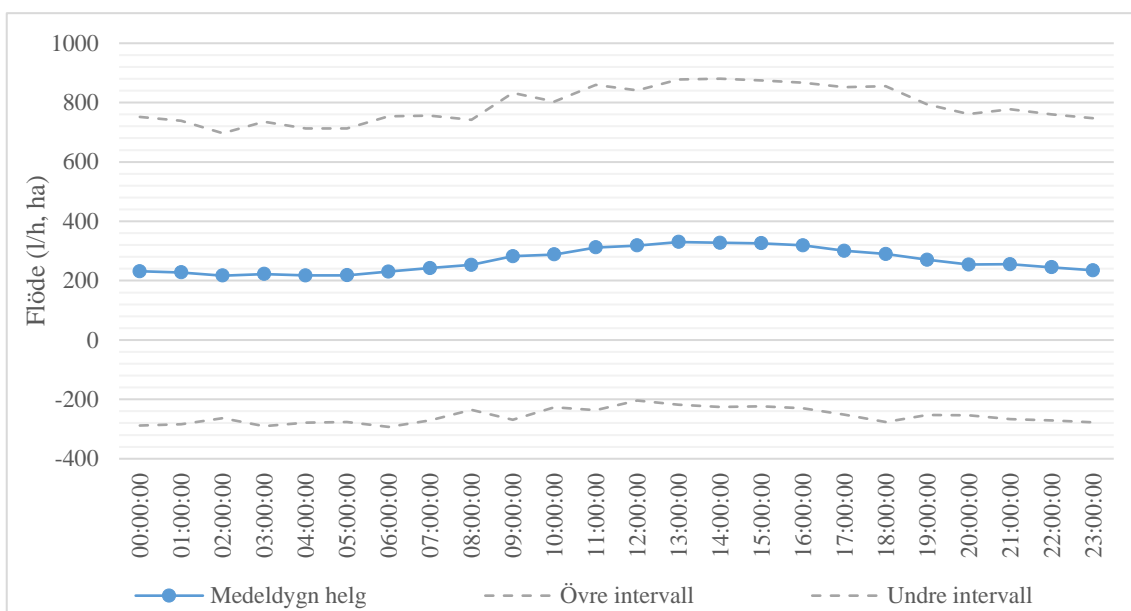


**Figur 7.** Vattenanvändning under ett genomsnittligt dygn med 99 % konfidensintervall baserat på data för helg- och lovdygn under ett helt år för de 22 mätserier som analyserades för skolor.

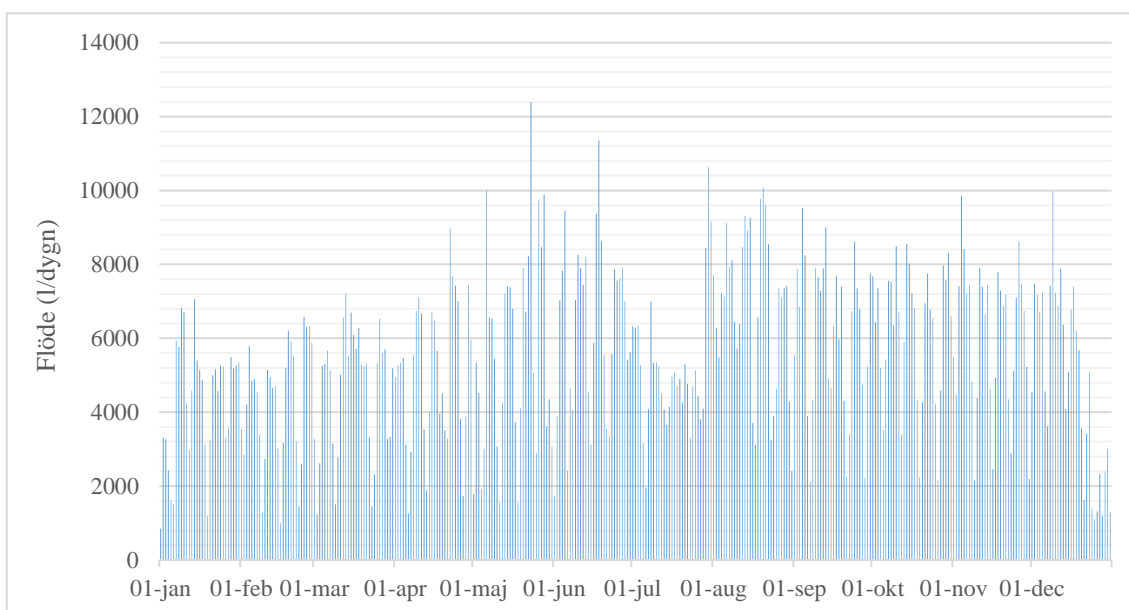


**Figur 8.** Genomsnittlig användning per dygn under ett år, baserat på de 22 mätserierna för skolor.

## KONTOR



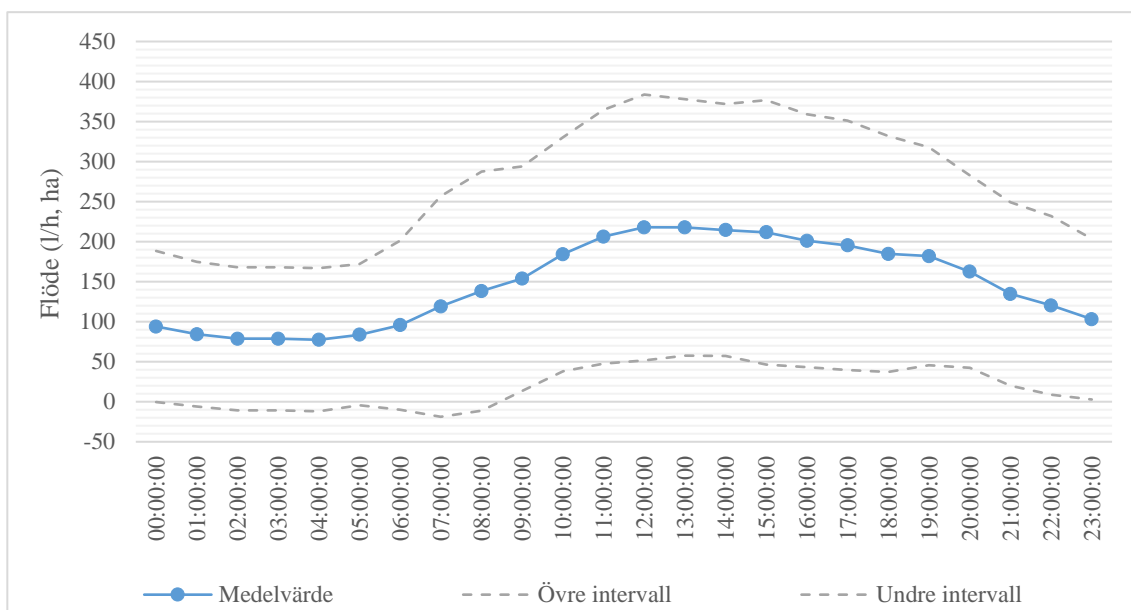
**Figur 9.** Vattenanvändning under ett genomsnittligt dygn med 99 % konfidensintervall baserat på data för helger under ett helt år för de sex mätserier som analyserades för kontor. Vattenflödet kan ej vara negativt, vilket den undre konfidensgränsen visar.



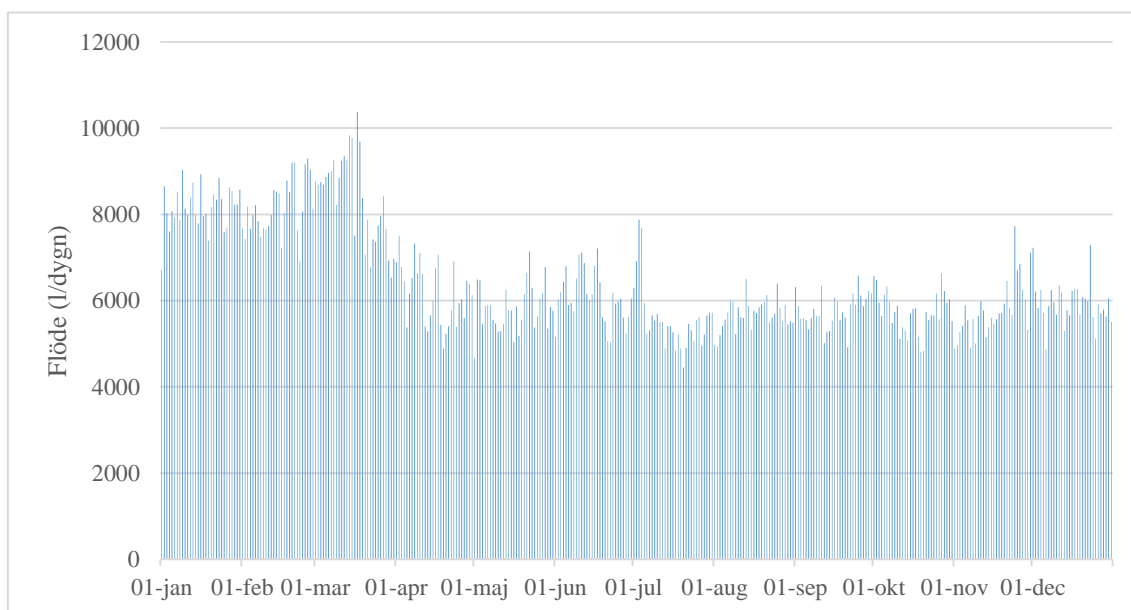
**Figur 10.** Genomsnittlig användning per dygn för ett kontor under ett år, baserat på de sex mätserier som användes i studien.



## HANDEL

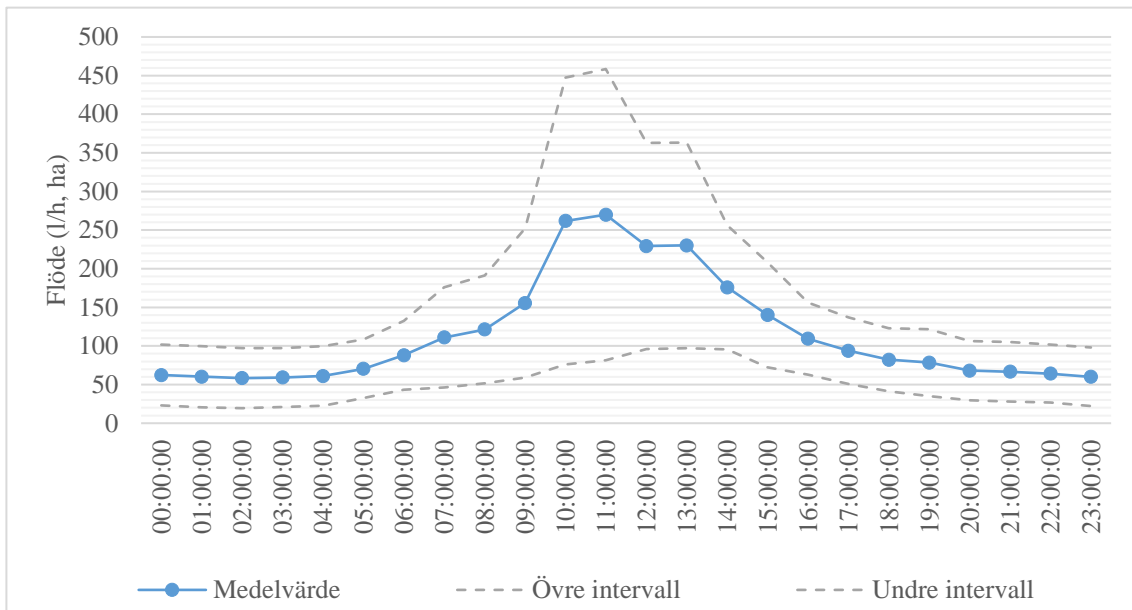


**Figur 11.** Vattenanvändning under ett genomsnittligt dygn med 99 % konfidensintervall baserat på data för helger under ett helt år för de 17 mätserier som analyserades för handel. Vattenflödet kan ej vara negativt, vilket den undre konfidensgränsen visar för vissa tider på dygnet.

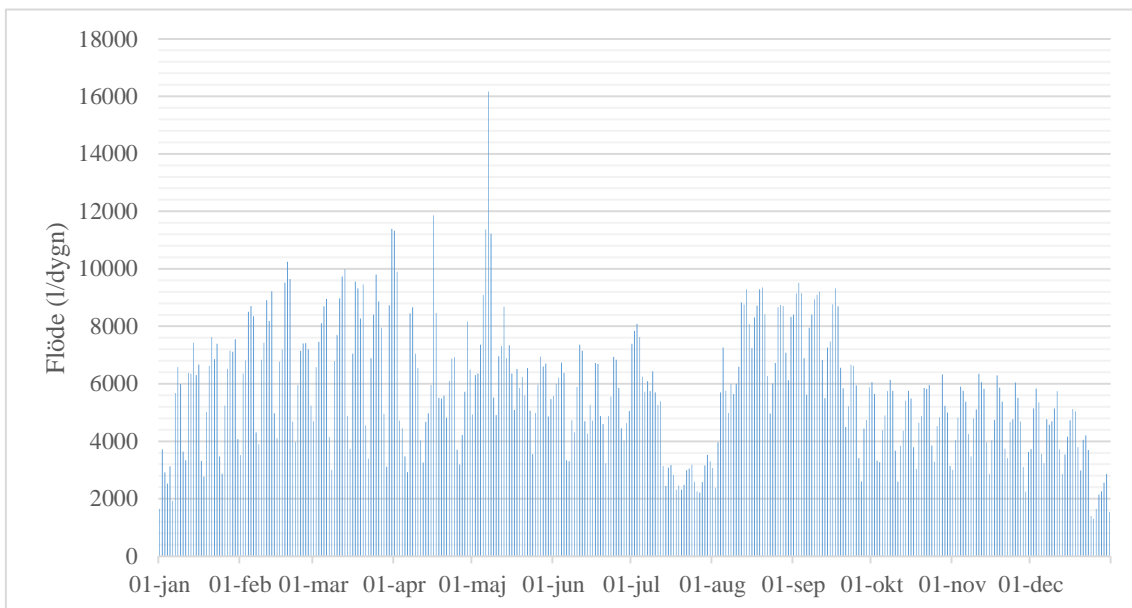


**Figur 12.** Genomsnittlig vattenanvändning per dygn under ett år för handel, baserat på de 17 mätserier som ingick i studien.

## INDUSTRI

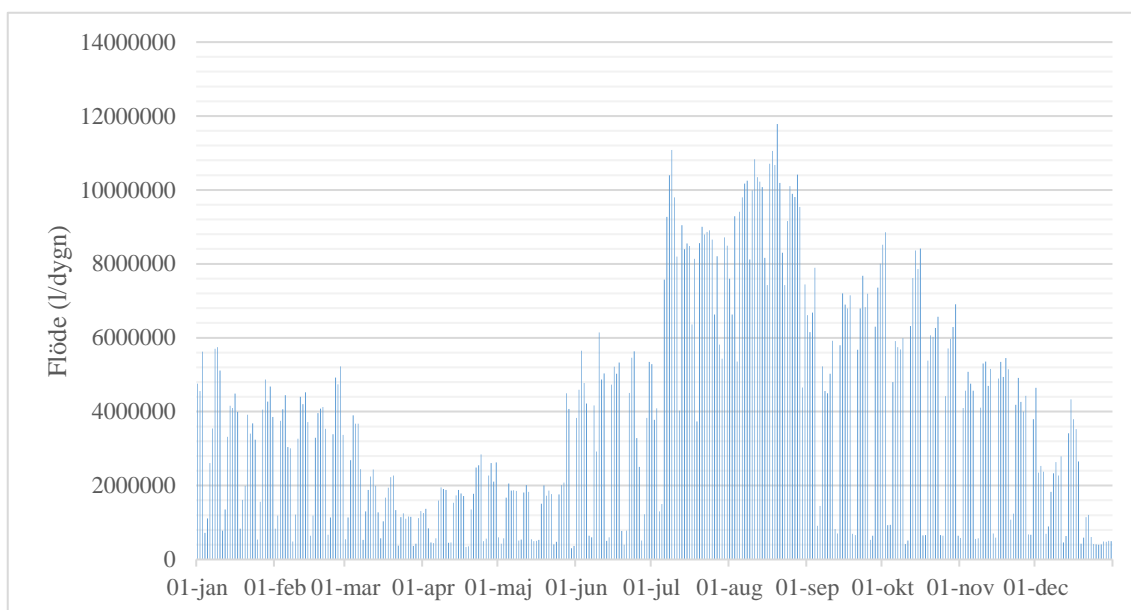


**Figur 13.** Vattenanvändning under ett genomsnittligt dygn med 99 % konfidensintervall baserat på data för helger under ett helt år för de 30 mätserier som analyserades för industrier.



**Figur 14.** Genomsnittlig vattenanvändning per dygn under ett år för industri, baserat på det 30 mätserier som användes i studien.

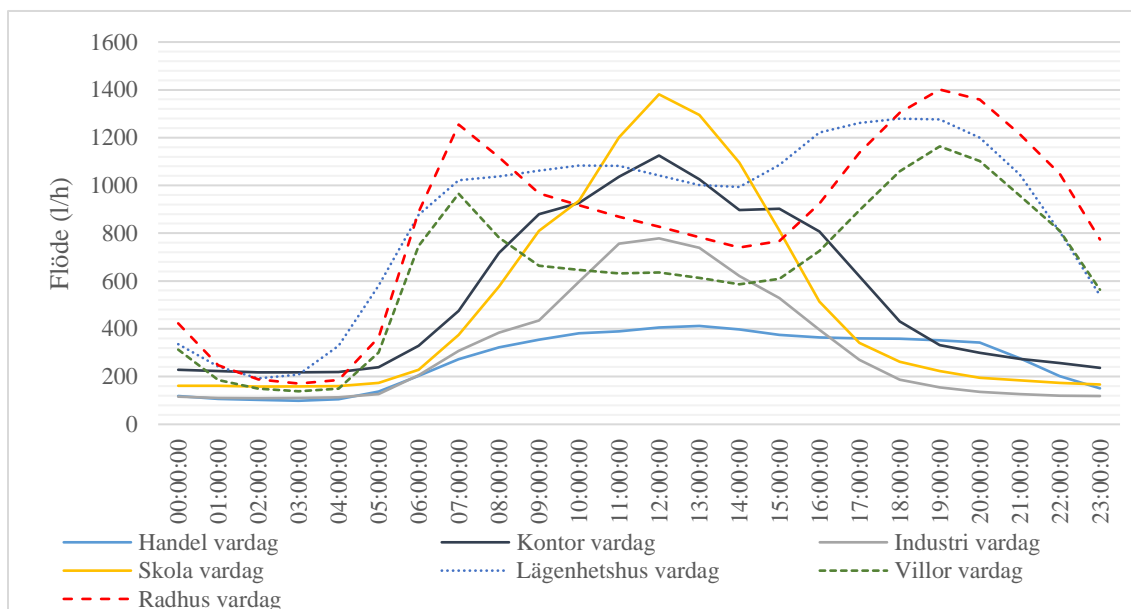
## Findus



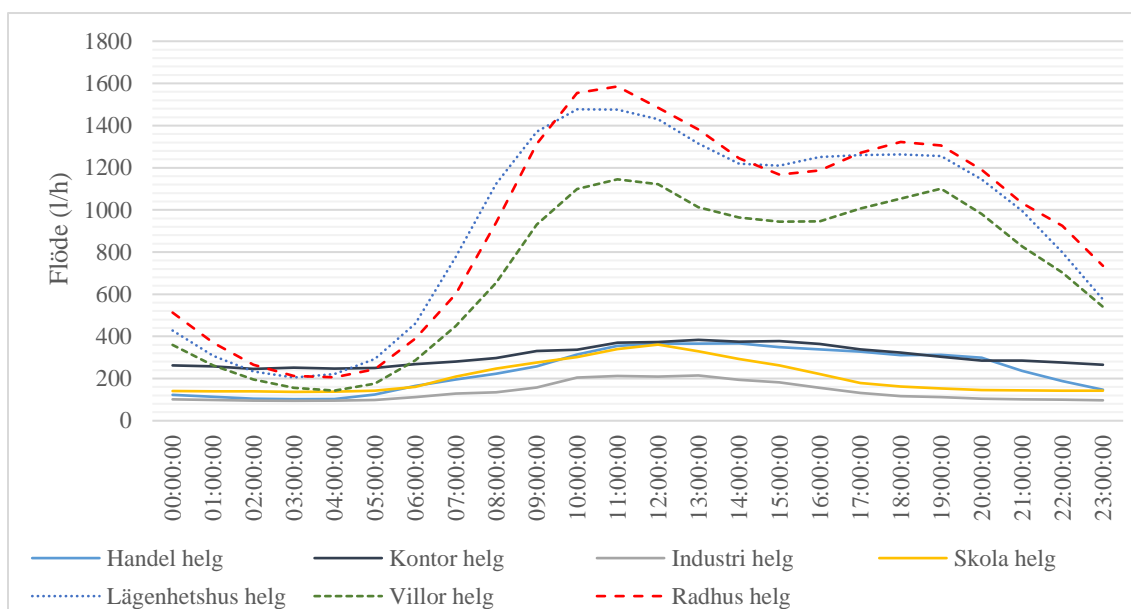
**Figur 15.** Genomsnittlig vattenanvändning per dygn under ett år för industrin Findus, baserat på de 2 mätserier som användes i studien.

## UTJÄMNANDE BRUKARTYPER

Flödena för lägenheter är beräknade på ett genomsnittligt lägenhetshus och för villor och radhus är flödena beräknade på 50 genomsnittliga hushåll eftersom en skola eller arbetsplats har upptagningsområde från ett större bostadsområde. Samtliga hushållstyper följer samma mönster under både vardagar och helger. I det genomsnittliga lägenhetshuset bodde 131 personer, i en villa bodde i genomsnitt 2,8 personer och i ett radhus 2,7 personer. Information om storlek på skolor, kontor, handelsområden samt industrier som användes i jämförelsen återfinns i tabellerna 5-8.



**Figur 16.** Flöden under vardagar för de undersökta utjämnande brukartyperna.



**Figur 17.** Flöden under helger och ledigheter för de undersökta utjämnande brukartyperna.