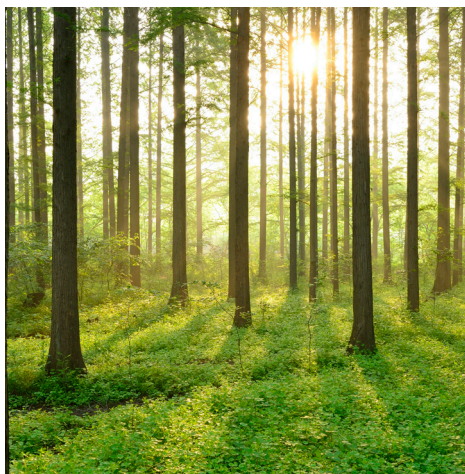


FAKTISKA VARMVATTENFLÖDEN I FLERFAMILJSHUS

RAPPORT 2021:800



 FUTUREHEAT



Faktiska varmvattenflöden i flerfamiljshus

HELGE AVERFALK

ISBN 978-91-7673-800-9 | © Energiforsk oktober 2021

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Den nuvarande normen för dimensionerande flöde för tappvarmvatten är gammal och till stora delar endast beräknad teoretiskt. Tack vare individuell mätning och debitering, så kallad IMD, under lång tid finns det nu tillgång till faktiska data kring förbrukning som kan ligga till grund för en förbättrad och mer aktuell norm.

Projektet har letts av Gunnar Forsberg, Ngenic Sverige och har genomförts tillsammans med Helge Averfalk från Högskolan i Halmstad.

En referensgrupp bestående av Holger Feurstein, Krafringen (ordförande), Patrick Lauenburg, E.ON, Johan Lenner, Tekniska verken i Linköping, Morgan Nielsen, Jämtkraft och Cecilia Ibáñez-Sörenson, Vattenfall har följt och kvalitetssäkrat projektet.

Projektet ingår i programmet Futureheat vars långsiktiga mål är att bidra till visionen om ett hållbart uppvärmningssystem med framgångsrika företag som utnyttjar nya tekniska möjligheter och där de samhällsinvesteringar som gjorts i fjärrvärme- och fjärrkyla tas till vara på bästa sätt. Detta projekt ingår i programmets andra etapp.

Programmet leds av en styrgrupp bestående av Jonas Cognell, Göteborg Energi (ordförande); Anders Moritz, Tekniska verken i Linköping; Anna Hinderson, Vattenfall AB; Charlotte Tengborg, E.ON Värme Sverige; Fabian Levihn, Stockholm Exergi; Holger Feurstein, Krafringen; Dan Bruhn, Jönköping Energi; Patrik Grönbeck, Borlänge Energi; Leif Bodinson, Söderenergi; Lena Olsson Ingvarson, Mölndal Energi; Magnus Ohlsson, Öresundskraft; Niklas Lindmark, Gävle Energi; Per Örvind, Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö; Petra Nilsson, Växjö Energi; Staffan Stymne, Norrenergi; Stefan Hjärtstam, Borås Energi och Miljö; Svante Carlsson, Skellefteå Kraft; Ulf Lindquist, Jämtkraft och Julia Kuylenstierna (adjungerande), Energiforsk.

Suppleanter utgörs av Ann Britt Larsson, Tekniska verken i Linköping; och Peter Rosenkvist, Gävle Energi.

Julia Kuylenstierna, programansvarig FutureHeat

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Detta projekt innehåller insamling av mätdata från tappvarmvattenanvändning från flerbostadshus och bearbetning av densamma. Målet med projektet är att undersöka om det finns förutsättningar att korrigera nuvarande norm för dimensionerande flöde för tappvarmvatten. Resultaten påvisar potential att reducera normen för tappvarmvattenflöde.

Detta projekt består av genomgång samt sammanställning av litteratur för fastställande av dimensionering av tappvarmvattenflöden till i huvudsak flerbostadshus. Därtill har datainsamling samt dataanalys utförts på tappvarmvattenmätningar tillhandahållna av Ngenic AB.

Studien syftar till att uppdatera dimensionerande varmvattenbehov vid nybyggnation samt att ge råd till varmvattendimensionering i hus för att förbättra precisionen för den dimensionerade kapaciteten. Bättre dimensionering av bland annat ventiler och värmeväxlare ger mindre slitage och därmed längre livslängd men också förbättrad avkylning.

Insamlad data har olika tidsupplösning: 6-sekunder (clamp-on, ultraljudsteknik), 1-minut och 15 minuter (enstrålig vinghjulsmätare). Mätningarna har skett vid olika tidsperioder där de längsta (1 år) varit för 15-minutersvärden och de övriga varierat runt cirka tre veckor. Därtill har data samlat för en uppsättning flerbostadshus med varierande storlek.

Efter bearbetning av data görs följande observationer:

1. 15-minutersvärden är olämpliga för att skatta momentant flöde (l/s)
2. I storleksordnad jämförelse mellan 15-minuters värden och 6-sekundersvärden erhöles en mycket mindre avvikelse i momentant flöde (l/s) än förväntat.
3. I storleksordnad jämförelse mellan 1-minutersvärden och 6-sekundersvärden erhöles så pass liten skillnad i momentant flöde (l/s) att dessa två perspektiv uppfattas som utbytbara och att det därmed inte nödvändigtvis föreligger något behov av att mäta med högre tidsupplösning än 1 minut.
4. 1-minutersvärden för en uppsättning flerbostadshus av varierande storlek indikerar att det finns möjlighet att reducera dimensioneringsförutsättningarna för tappvarmvattenflöden.

Denna studie verifierar nuvarande utformning av dimensionerande flöde för tappvarmvatten enligt F101. Vidare rekommenderas som en första ordningens anpassning av nuvarande Ekv. (7), där variabel A kan justeras från 2,10 till 0,84.

Nyckelord

Tappvarmvatten; Dimensionerande varmvattenflöden; Ventiler; Mätstudie; Fjärrvärme

Summary

This project includes the collection and assessment of measurement data from domestic hot water use in multi-family buildings. The aim of the project is to investigate whether there is potential to adjust the current standard for design flow for domestic hot water. The results show that there appears to exist potential to reduce the standard for domestic hot water flow.

This project consists of a review and compilation of literature for determining the design flow of domestic hot water to multi-family buildings. In addition, data collection and data analysis have been performed on domestic hot water measurements provided by Ngenic AB.

The study aims to update the design criteria for domestic hot water flows in multi-family buildings to improve the precision of the design heat power capacity. Improved design is expected to yield benefits, to among other things, valves, and heat exchangers, which would experience less wear and thus longer service life, but also improved temperature difference between supply and return pipes in the district heating network.

Collected data have different time resolutions: 6-seconds (clamp-on, ultrasonic technology), 1-minute and 15-minutes (single-jet impeller). The measurements have taken place at different time periods where the longest (1 year) was for 15-minute values and the others varied around about three weeks. In addition, data has been collected for a set of apartment buildings of varying sizes.

After processing the data, the following observations are made:

1. 15-minute values are unsuitable for estimating instantaneous flow (l/s)
2. In an order of magnitude comparison between 15-minute and 6-second values, a much smaller deviation in instantaneous flow (l/s) was obtained than expected.
3. In an order of magnitude comparison between 1-minute and 6-second values, the difference in instantaneous flow (l/s) obtained was of such size that it is perceived that these two perspectives are interchangeable and that it may not be necessary to measure with a higher time resolution than 1 minute.
4. 1-minute values for a set of apartment buildings of varying sizes indicate that it is possible to reduce the design conditions for domestic hot water flows.

This study verifies the current design of flow for domestic hot water according to F101. Furthermore, it is recommended as a first-order revision of the current Eq. (7), where variable A can be adjusted from 2.10 to 0.84.

Innehåll

| | | |
|------------------|---|-----------|
| 1 | Introduktion | 7 |
| 2 | Dataunderlag | 12 |
| 2.1 | Något om mätutrustningen | 12 |
| 2.2 | Datagrupp 1: 15-minutersdata | 12 |
| 2.3 | Datagrupp 2: 6-sekundersdata och 15-minutersdata | 13 |
| 2.4 | Datagrupp 3: 6-sekundersdata och 1-minutersdata | 13 |
| 2.5 | Datagrupp 4: 1-minutersdata (8 flerbostadshus) | 13 |
| 3 | Resultat: Dataframställning | 15 |
| 3.1 | Datagrupp 1: 15-minutersdata | 15 |
| 3.2 | Datagrupp2: 6-sekundersdata och 15-minutersdata | 16 |
| 3.2.1 | Undergrupp: 6-sekundersdata | 16 |
| 3.2.2 | Undergrupp: 15-minutersdata | 18 |
| 3.2.3 | Sammanställning – Datagrupp 2 | 20 |
| 3.3 | Datagrupp 3: 6-sekundersdata och 1-minutersdata | 20 |
| 3.3.1 | Undergrupp: 6-sekundersdata | 20 |
| 3.3.2 | Undergrupp: 1-minutersdata | 21 |
| 3.3.3 | Sammanställning – Datagrupp 3 | 23 |
| 3.4 | Datagrupp 4: 1-minutersdata (8 flerbostadshus) | 24 |
| 3.4.1 | Undergrupp 1: 24 lägenheter | 24 |
| 3.4.2 | Undergrupp 2: 45 lägenheter | 25 |
| 3.4.3 | Undergrupp 3: 70 lägenheter | 27 |
| 3.4.4 | Undergrupp 4: 80 lägenheter | 28 |
| 3.4.5 | Undergrupp 5: 106 lägenheter | 29 |
| 3.4.6 | Undergrupp 6: 118 lägenheter | 31 |
| 3.4.7 | Undergrupp 7: 145 lägenheter | 32 |
| 3.4.8 | Undergrupp 8: 151 lägenheter | 33 |
| 3.4.9 | Sammanställning: Datagrupp 4 | 34 |
| 4 | Slutsatser & diskussion | 36 |
| 4.1 | Datagrupp 1 | 36 |
| 4.2 | Datagrupp 2 | 37 |
| 4.3 | Datagrupp 3 | 37 |
| 4.4 | Datagrupp 4 | 37 |
| 5 | Referenslista | 38 |
| Bilaga A: | Normalfördelning | 38 |
| Bilaga B: | Datagrupp 1: Årlig distribution av 15-minutersdata | 41 |
| Bilaga C: | Datagrupp 2: Dygnsfördelning av 6-sekundersvärden | 55 |
| Bilaga D: | Datagrupp 2: Dygnsfördelning av 15-minutersdata | 71 |

1 Introduktion

Detta projekt syftar till att samla in mätdata för tappvarmvatten från flerbostadshus, analysera densamma samt redovisa om det föreligger potential att förändra nuvarande förutsättningar för dimensionerande tappvarmvattenflöde i flerbostadshus. Hypotesen för denna studie är att dimensionerande tappvarmvattenflöde är högre än nödvändigt. Motivet är att korrigera dimensionerande tappvarmvattenflöde för att erhålla systemfördelar, såsom bättre reglering och mindre komponenter.

Utbredningen av trycksatta vattenledningar i bebyggd miljö har gradvis expanderat i Sverige, främst under 1900-talet. Tillgång till vatten- och avloppsledningar innebar en enorm förbättring av folkhälsan men även till behovet av nya dimensioneringsförutsättningar. En viktig skillnad i de dimensioneringsförutsättningar som betraktas är att beakta huruvida underlaget avser tappkallvatten eller tappvarmvatten, ty det förefaller rimligt att tappkallvattenflöden är större än tappvarmvattenflöden. Detta påpekas även ur Svenska kommunaltekniska föreningens handling (1910), där det beskrivs *”Ledningar för varmt vatten kunna i allmänhet för motsvarande antal tappventiler göras med mindre dimensioner än kallvattenledningar”*. Tappvarmvattenbehov i samhället är ett stokastiskt fenomen, vilket gör det relativt oförutsägbart. I de över tid utvecklade metoderna för att förutsäga tappvarmvattenflöden har stokastiska angreppssätt tillämpats. I Svenska kommunaltekniska föreningens handling (1910) gjordes antagandet att varje tappställe kunde ge ett maximalt flöde om 0,3 liter per sekund och att ett hus innehöll n st. tappställen. Vidare antogs att det största antalet samtidiga tappningar motsvarade \sqrt{n} och således erhöles det maximala flödet q_{max} enligt Ekv. (1).

$$q_{max} = 0,3\sqrt{n} \quad (1)$$

Om ett genomsnittligt antal varmvatten tappställen per lägenhet n_{lgh} antas till fyra kan sambandet uttryckas i antal lägenheter enligt Ekv. (2).

$$q_{max} = 0,3\sqrt{4 n_{lgh}} \quad (2)$$

Utformningen av Ekv. (1) revideras av Svenska kommunaltekniska föreningens handling (1924), då det hade visat sig erfarenhetsmässigt att de faktiskt erhållna volymflödena var lägre. Sambandet ges av Ekv. (3).

$$q_{max} = \frac{0,3\sqrt{n}}{2} \quad (3)$$

Arbetet med vatteninstallationer fortlöpte med det framtagna sambandet, och vid 1960 hade sambandet vidareutvecklats till sambandet enligt Ekv. (4).

$$q_{max} = 0,3(n_o + 0,5\sqrt{n - n_o}) \quad (4)$$

Där n_o är antalet normaltappställen för det största vattenuttaget. För Ekv. (4) anges av Dirke (1960, december) att en badkarsblandare motsvarar två normaltappställen och kan antas utgöra den i särklass största uttagpunkten i en bostadslägenhet. Om

varje lägenhet dessutom antas ha totalt fyra tappställen kan sambandet istället uttryckas enligt Ekv. (5), vilket också illustreras i Figur 1.

$$q_{max} = 0,3(2 + 0,5\sqrt{4n_{lgh} - 2}) \quad (5)$$

Dirke (1960, december) skrev en artikel i tidningen VVS med utgångspunkt i en mätstudie med data i 1-minutsintervall. Artikelns summeras med följande "Det teoretiska värdet på maximal vattenmängd enligt "vattenverksformeln", stämmer således ganska väl" (Dirke, 1960, december, p. 411). Det framhävs då att mätningarna på 60-talet låg i linje med sambandet, enligt Ekv. (5).

Parallellt med det arbete som beskrivs i det föregående (Ekv. 1 till Ekv. 5) företogs i även arbete med att skriva fram analytiska tillvägagångssätt bland annat av Jonsson (1933), samt Rydberg (1945). I sin avhandling fortsatte Holmberg (1987) det analytiska arbetet med dimensioneringsförutsättningar för tappvarmvattenanvändning vilket resulterade i uttrycket enligt Ekv. (6), vilket fortfarande idag används i stor utsträckning. Motsvarande Ekv. (6) återfinns även i (Statens planverks författningssamling, 1983).

$$q = q_1 + \Theta(Q - q_1) + A\sqrt{q_m\Theta}\sqrt{Q - q_1} \quad (6)$$

I den senaste utgåvan av fjärrvärmecentralens utförande och installation, Svensk Fjärrvärme (2014) förekommer motsvarande ekvation med viss modifikation, enligt Ekv. (7).

$$q = q_m + O(nQ_m - q_m) + A\sqrt{Oq_m}\sqrt{nQ_m - q_m} \quad (7)$$

Några mindre förändringar förekommer, bland annat är q_1 ansatt till q_m samt Q ansatt till nQ_m . Den sistnämnda är av relativt betydande karaktär, ty Q i Ekv. (6) representerar summan av påkopplade flöden (varje tappställe kan approximeras till 0,2 l/s) på ledningen medan nQ_m i Ekv. (7) representerar produkten av antalet lägenheter (n) samt varje lägenhets maximala flöde (Q_m), vilken ansätts till 0,2 l/s. Detta kommer rimligtvis att leda till betydligt lägre dimensionerande tappvarmvattenflöden, ty endast ett tappställe per lägenhet beaktas. Vidare definierar Holmberg (1987) ett samband för att erhålla dimensionerande tappvarmvattenflöde, enligt Ekv. (8)

$$q_{dim,N} = 0,4(1 + \Theta(N - 1)) + A\sqrt{\frac{\Theta(N - 1)}{3}} \quad (8)$$

Det dimensionerande flödet enligt Svensk Fjärrvärme (2014) används främst för att dimensionera komponenter i fjärrvärmecentral, värmeväxlare och ventiler det är också dessa komponenter som är av huvudsakligt intresse i denna rapport. För fastställande av dimension på rör konsulteras CEN (2006), vilken ger ett dimensionerande flöde som ligger i paritet med Ekv. (6), enligt Figur 1.

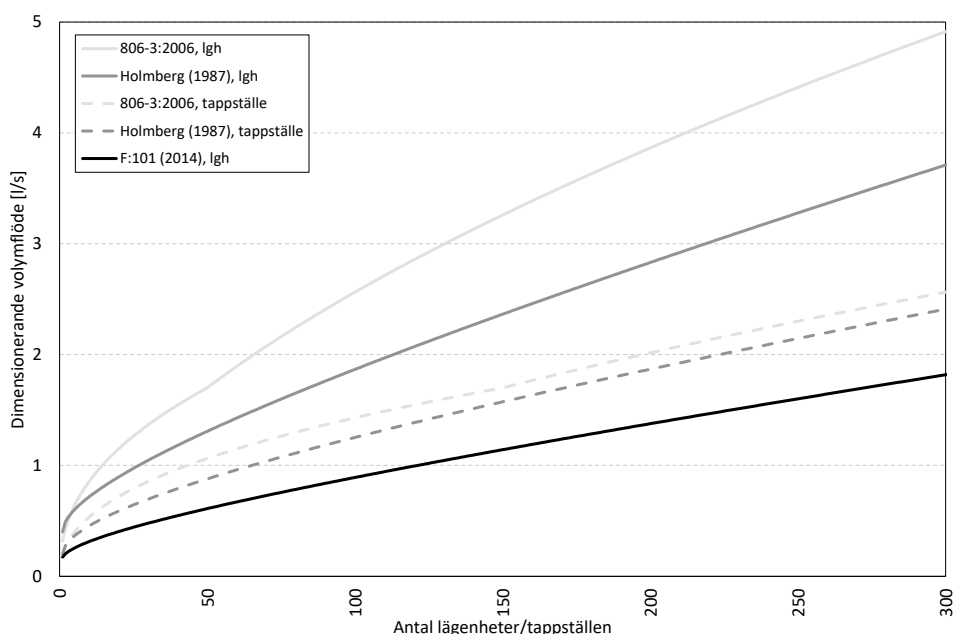
För att bilda sig en uppfattning om vilken parametervariation som förkommit för det dimensionerande tappvarmvattenflödet kan de olika versionerna av branschens utförande och installation av fjärrvärmecentraler beaktas. I förordet till skriften (Svenska Fjärrvärmeföreningen, 1996), anges att texten ersätter tidigare 'tekniska bestämmelser för Abonentcentraler, Fjärrvärme i Småhus och

Villavärmecentraler detta dokument har dock ej lokaliserats under projektets gång och jämförelsen utgår ifrån Svenska Fjärrvärmeföreningen (1996). Baserat på innehållet i Tabell 1, ses att endast mindre parametervariation förekommit. Främst har värdet för variabel q_m sänkts från 0,2 l/s till 0,15 l/s. Vidare har värdet för variabel A sänkts från 3,1 till 2,1 mellan version 2001 och 2004, mer om variabel A i bilaga A. Innehållet i branschens riktlinjer för fjärrvärmecentralens utförande och installation har tillgängliggjorts på engelska i bland annat EuroHeat&Power (2008) och Energiföretagen Sverige (2016).

Tabell 1. Sammanställning av parametervariation för fastställande av dimensionerande flöde för tappvarmvattenvärmeväxlare och styrventil.

| q_m | Q_m | $O (\Theta)$ | A | Referens |
|-------|-------|--------------|-----|--------------------------------------|
| 0,2 | 0,2 | 0,015 | 3,1 | (Holmberg, 1987) |
| - | - | - | - | (Svenska Fjärrvärmeföreningen, 1996) |
| 0,15 | 0,2 | 0,015 | 3,1 | (Svenska Fjärrvärmeföreningen, 2001) |
| 0,15 | 0,2 | 0,015 | 2,1 | (Svensk Fjärrvärme, 2004) |
| - | - | - | - | (Svensk Fjärrvärme, 2008) |
| 0,15 | 0,2 | 0,015 | 2,1 | (Svensk Fjärrvärme, 2014) |

Ett urval av de ovan omnämnda dimensioneringsförutsättningarna ges ur Figur 1 (de tidiga varianterna är exkluderade), dessa ges delvis i form av antal lägenheter men även tappställen, detta för att erhålla en uppfattning om variationen beroende på hur informationen presenteras. Det föreligger givetvis ett antagande om antal tappställen eller Load Units enligt CEN (2006) per lägenhet.



Figur 1. Sammanställning av olika dimensionerande varmvattenflöden, relaterat till antalet lägenheter/tappställen i ett flerfamiljshus. Observera variation i tiden men även att vissa hänförs till rördimensionering i byggande medan andra hänförs till dimensionering av komponenter i fjärrvärmecentral.

Motivet att undersöka dimensionerande tappvarmvattenflöde har i detta arbete relaterats till val av komponenterna värmeväxlare och reglerventiler i fjärrvärmecentral, med fokus på reglerventiler. Fjärrvärmecentralerna har antagits vara av parallellt indirekt kopplad variant. Det beskrivs i litteraturen hur överdimensionerade ventiler leder till olika problem för systemfunktionen, bland annat av Gumméus (1998), Wollerstrand (2002b), Petersson, Werner, Sandberg, and Wahlström (2004) och (Frederiksen & Werner, 2014). En av problemen som beskrivs är att överdimensionerade ventiler ofta arbeta nära stängt läge samt med hög frekvens av on/off drift. Detta anses medföra extra slitage på ventilsäte och kägla, de platser i ventilen som skall sluta tätt då den är stängd. Detta slitage kan kopplas ihop med erosion på de ytor som skall sluta tätt. Inträffar detta blir det mer 'oavkylda' kortslutningsflöden med förhöjda systemtemperaturer i fjärrvärmenäten.

I samband med utvecklingsarbetet mot framtidens hållbara fjärrvärmesystem råder det konsensus om att systemen bör drivas med lägre temperaturer, vilket beskrivs av bland annat Lund et al. (2014) och Buffa, Cozzini, D'Antoni, Baratieri, and Fedrizzi (2019). I förlängningen förväntas stora ekonomiska fördelar i tillförsedel kunna erhållas, vilket beskrivs av bland annat Averfalk and Werner (2020) och Geyer, Krail, Leitner, Schmidt, and Leoni (2021). I samband med att temperaturmarginalerna minskar i framtidens fjärrvärmesystem ökar intresset att undvika kortslutningsflöden och även om det finns flera andra motiv för att inte överdimensionera reglerventiler uppfattas komplikationen med kortslutningsflöden som en av de mer intressanta. Vidare har det dock inte identifierats litteratur som specificerats i kvantitativa termer hur stora konsekvenserna av dessa kortslutningsflöden.

Vid slutet på 1900-talet början på 2000-talet pågick ett omfattande arbete med att undersöka tappvarmvatten samt använda mindre reglerventiler. Detta arbete relateras i litteraturen till dynamisk dimensionering eller Gefle metoden, enligt bland annat Gumméus and Petersson (1999) och Wollerstrand (2002a). I litteraturen är det här lite oklart när den ena börjar och den andra slutar. Gumméus and Petersson (1999) presenterar i Figur 25 (OBS ej i denna rapport) dimensionerande kurvor den ena kurvan anges vara från Svenska 'Fjärrvärmeföreningen '98' (denna referens har ej lokaliserats) om denna kurva jämförs med Ekv. (6) tycks de ligga någorlunda i paritet med varandra. Vidare, den andra kurvan anger 'Gefle dimensionering (7% KRF)' om denna kurva jämförs med Ekv. (7) tycks de ligga i någorlunda paritet med varandra. Det förefaller sig därmed rimligt att anpassning av dimensioneringskurvan gjordes utifrån de mätningar som utfördes i samband med arbetet runt Gefle metoden. Då denna förbättrade metod tillämpats i Sverige under +20 års tid, kan det rimligtvis tolkas som att justeringen inte var för snäv.

Val av ventilstorlek utgörs av faktorer utöver dimensionerande tappvarmvattenflöde, såsom det faktum att ventiler endast tillverkas i ett begränsat antal storlekar. Om dimensioneringsförutsättningarna är större än nödvändigt och närmsta större styrventil väljs erhålls en seriell förstärkning av överdimensioneringen. Därtill påverkas det maximala flödet genom reglerventilen av tryckskillnaden mellan framledning och returledning i fjärrvärmenätet. Om

dimensionerande förutsättning för ventilen bygger på 100 kPa skillnad mellan ledningarna, vilket antas förekomma endast i de yttre delarna av systemet. Med större differenstryck erhålls ett större maxflöde, vilket motverkar att en mindre ventil ger för lite flöde. Enligt Svensk Fjärrvärme (2014) finns beräkningsmall för att fastställa styrventilens storlek och det antas att storleken på ventil anpassas till det förväntade differenstrycket på en given plats i nätet och således är det dimensioneringsförutsättningar för tappvarmvattenflöde som har utslagsverkan avseende storlek på reglerventil.

Några aspekter rörande de förutsättningarna som förekommer i detta arbete är att reglerventilen som är av betydande intresse huvudsakligen är placerad på primärsidans efter värmeväxlare, samtidigt är mätningarna utförda på sekundärsidan. Här finns således en betydande avvikelse som behöver beaktas. Det är inte säkert att volymflödet på primärsidan är detsamma som det på sekundärsidan, vilket tillför osäkerhet avseende mätningarnas validitet i förhållande till dess lämplighet att användas för att dimensionera tappvarmvattenflödet. Om temperaturdifferensen är lika på båda sidorna om värmeväxlaren då borde även massflödet för densamma vara lika. Det kan dock förekomma avvikelser. Ett sådant exempel är varmvattencirkulation som ofta förekommer i flerbostadshus, denna sänker temperaturdifferensen på sekundärsidan (då den blandas med inkommande kallvatten). Denna form av inverkan på flödet mellan primär- och sekundärsida beaktas ej i rapporten. Vidare anges det förekommande att ett standardtappställe kan ge 0,2 liter per sekund. Det är dock oklart hur det beaktas att ett tappställe kanske inte alltid använder fullt flöde. Likaså sker det vid de allra flesta varmvattentappningar en iblandning av kallt vatten, vilket reducerar flödet av tappvarmvatten i förhållande till det flöde som tappas. Information om hur detta beaktas har inte identifierats i litteraturen.

2 Dataunderlag

Detta kapitel ger översiktlig information om den mätutrustning som använts för att samla in data, samt information om den data som samlats in.

Datainsamlingen är utförd under ett antal olika mätinsamlingstillfällen (specificeras ytterligare under respektive avsnitt 2.2, 2.3, 2.4 och 2.5) och utgörs principiellt av tre olika konfigurationer. Gemensamt för dessa tre konfigurationer är att de loggar mätarställningen för varmvattenvolymen som passerat givet gränssnitt. Varje konfiguration indelas i en tidsupplösning samt en volymupplösning och kan sammanfattas enligt följande:

- Data med 15-minutersintervall mellan loggning, upplösning liter, sker på lägenhetsnivå
- Data med 1-minutersintervall mellan loggning, upplösning liter, sker på lägenhetsnivå
- Data med 6-sekundersintervall mellan loggning, upplösning deciliter, sker på byggnadsnivå

Utifrån de ovan beskrivna mätinsamlingssätten ges möjlighet att undersöka betydelsen av att mäta med olika loggningsintervall samt erhålla information om flödesbehovet i relation till det dimensionerande flödet.

2.1 NÅGOT OM MÄTUTRUSTNINGEN

Mätningar på lägenhetsnivå (individuellt per lägenhet) sker med enstrålig vinghjulsmätare, torrlöpande med 8-siffrigt rullsifferverk. Rörstorlek DN15 med ett normalflöde om 1,6 m³/h och ett maximalt flöde om 2 m³/h. Mängden för varje puls är 1 liter och det är magnetisk överföring mellan vinghjul och räkneverk.

Mätningar på byggnadsnivå sker med clamp-on (utanpåliggande) ultraljudsteknik. Utrustningen kalibreras i förväg efter rörets storlek där mätutrustningen installeras (76,1 mm kopparrör) och på plats genomförs nollflödeskalibrering. Mätning startar vid flöden större än 25 l/h med 0,1 liter per puls. Denna typ av mätning har utförts på ett flerbostadshus.

2.2 DATAGRUPP 1: 15-MINUTERSDATA

I studien ingår data i 15-minuters intervall för 14 flerbostadshus. Denna data stäcker sig över ett år (2019). För ett av husen ingår data för både 2017 och 2019, i detta fall gäller gemensam debitering för 2017 och individuell mätning och debitering (IMD) för 2019. Information om detta dataunderlag sammanfattas i Tabell 2.

Tabell 2. Sammanfattning av dataunderlag, 15-minutersdata.

| Byggnads ID | År | Antal lägenheter | Dimensionerande flöde [l/s] | Typ | IMD Y/N |
|-------------|------|------------------|-----------------------------|--------|---------|
| 121 | 2019 | 28 | 0,46 | 15 min | Y |
| 42 | 2019 | 28 | 0,46 | 15 min | Y |
| 99 | 2019 | 39 | 0,54 | 15 min | Y |
| 150 | 2019 | 43 | 0,57 | 15 min | Y |
| 150 | 2017 | 43 | 0,57 | 15 min | N |
| 118 | 2019 | 45 | 0,58 | 15 min | Y |
| 116 | 2019 | 48 | 0,60 | 15 min | Y |
| 159 | 2019 | 57 | 0,65 | 15 min | N |
| 163 | 2019 | 63 | 0,69 | 15 min | N |
| 156 | 2019 | 64 | 0,69 | 15 min | Y |
| 162 | 2019 | 73 | 0,75 | 15 min | N |
| 127 | 2019 | 73 | 0,75 | 15 min | Y |
| 148 | 2019 | 104 | 0,91 | 15 min | N |
| 143 | 2019 | 114 | 0,96 | 15 min | Y |
| 165 | 2019 | 146 | 1,12 | 15 min | N |

2.3 DATAGRUPP 2: 6-SEKUNDERSDATA OCH 15-MINUTERSDATA

I studien ingår data för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (ej IMD). Data är insamlad under perioden 2020-10-31 till 2020-11-17 (18 dygn). Mellan 2020-10-31 och 2020-11-16 (17 dygn) har data samlats in med ordinarie mätutrustning, 15-minutersintervall för varje lägenhet. Därtill har under samma tidsperiod clamp-on mätare använts vilken har loggat mätarställning med 6-sekundersintervall.

2.4 DATAGRUPP 3: 6-SEKUNDERSDATA OCH 1-MINUTERSDATA

För 2020-11-17 (1 dygn) ändrades standardinställning så att 1-minutersvärden samlades för varje lägenhet, därtill skedde 6-sekundersmätningar med clamp-on utrustning parallellt i flerbostadshuset med 268 lägenheter (ej IMD).

2.5 DATAGRUPP 4: 1-MINUTERSDATA (8 FLERBOSTADSHUS)

I studien ingår data i 1-minuters intervall för 8 flerbostadshus. Denna data stäcker sig över en begränsad tidsperiod om 22 respektive 24 dagar. Information om detta dataunderlag sammanfattas i Tabell 3.

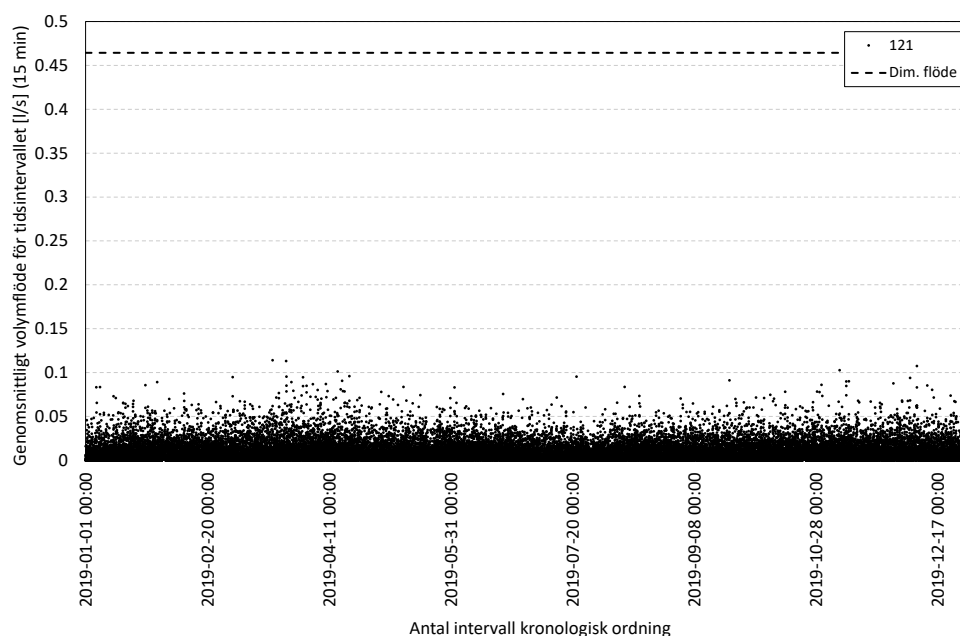
Tabell 3. Sammanfattning av dataunderlag, 1-minutersdata (8 flerbostadshus).

| Byggnads ID | År | Antal lägenheter | Dimensionerande flöde [l/s] | Typ | IMD Y/N |
|-------------|------|------------------|-----------------------------|-------|---------|
| 137 | 2021 | 24 | 0,43 | 1 min | Y |
| 150 | 2021 | 45 | 0,58 | 1 min | Y |
| 134 | 2021 | 70 | 0,73 | 1 min | N |
| 136 | 2021 | 80 | 0,78 | 1 min | N |
| 148 | 2021 | 106 | 0,92 | 1 min | N |
| 149 | 2021 | 118 | 0,98 | 1 min | N |
| 133 | 2021 | 145 | 1,12 | 1 min | Y |
| 138 | 2021 | 151 | 1,15 | 1 min | Y |

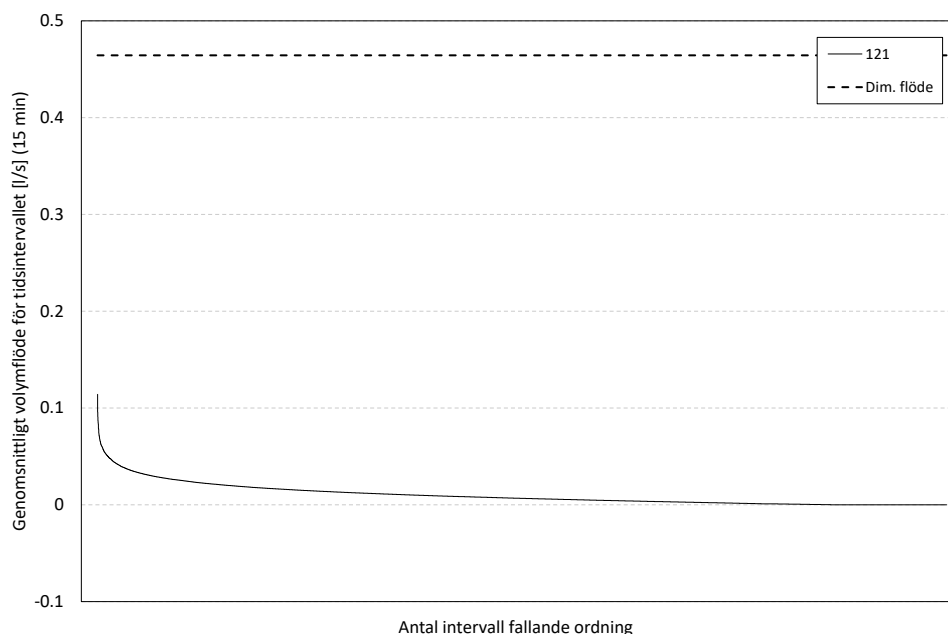
3 Resultat: Dataframställning

3.1 DATAGRUPP 1: 15-MINUTERSDATA

Sammanställningen av information från mätdata med samplingsintervallet 15-minuter och tidsperspektivet ett år ges för en av byggnaderna (ID = 121), enligt Tabell 2 ur Figur 2 och Figur 3. Ur sammanställningen dras slutsatsen att ett 15-minuters intervall för loggning är för långt för att säga något om amplituden på momentana tappningar av varmvatten. Antalet tappningar förväntas vara för korta, vilken ger en betydande dämpning av de resulterande skattningarna av momentana flöden. Motsvarande sammanställningar per flerbostadshus återfinns i Bilaga B, Figur 30 till Figur 58.



Figur 2. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 28 lägenheter (kronologisk ordning).



Figur 3. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 28 lägenheter (fallande ordning).

3.2 DATAGRUPP2: 6-SEKUNDERSDATA OCH 15-MINUTERSDATA

3.2.1 Undergrupp: 6-sekundersdata

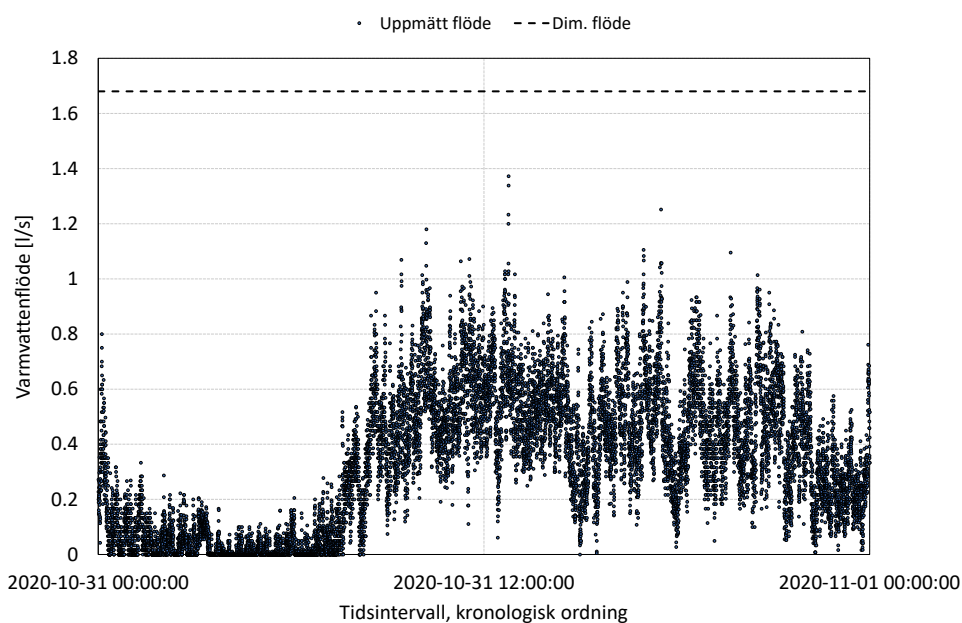
Data för 6-sekundersintervall är baserat på mätdata av varmvattenmätarställning, där volymen loggats var sjätte sekund med upplösningen tiondels liter. Mätning utförd gemensamt för hela byggnaden. Bearbetning av rådata utförd i Matlab, där ursprunglig data (stigande volymmätarställning) interpolerats till jämna 6-sekundersintervall. Mätning sker löpande för samtliga lägenheter, interpolering har således medfört att flöden från lägenheter adderats i jämna intervall. Detta kan innebära att data på lägenhetsnivå förskjutits några sekunder framåt eller bakåt i tiden, beroende på när den första mätningen loggades. Viss periodisk avvikelse i datamängden kan förekomma, exempelvis kan det handla om bortfall av ström under en kortare tidsperiod. Interpolering har i sådana fall givit ett genomsnittligt värde i mätarställningen under perioden.

För en flerbostadsfastighet med 268 lägenheter har mätningar med hög upplösning genererat följande genomsnittliga information, enligt Tabell 4. Den genomsnittliga dygnsanvändningen av varmvatten är 27,7 m³/dygn. Den genomsnittliga dygnsmaximum är 1,36 l/s, vilket är 0,32 l/s lägre än det dimensionerande flödet.

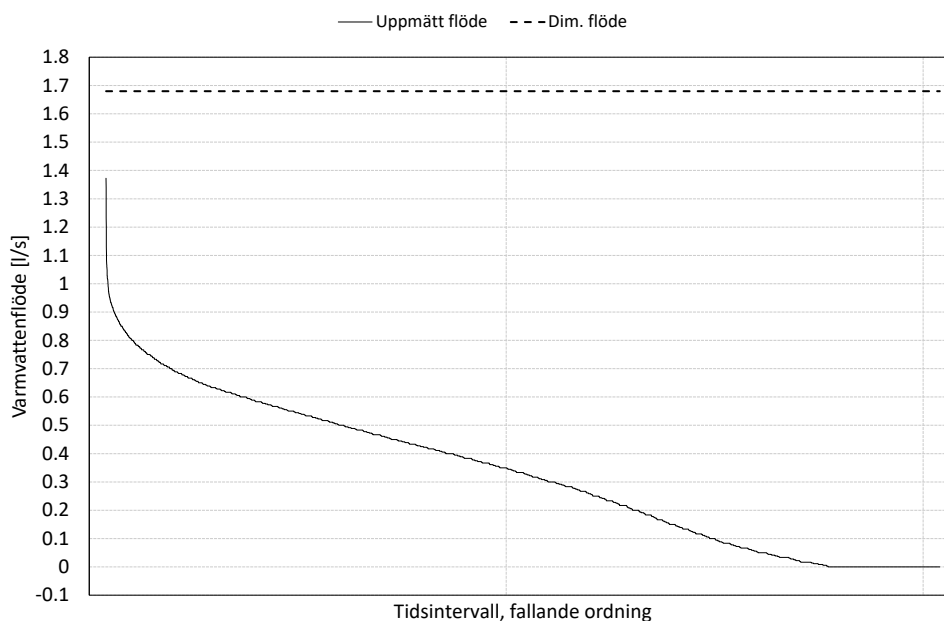
Tabell 4. Sammanfattande information för mätperioden 2020-10-31 till 2020-11-16 (6-sekundersdata).

| | 31-okt | 01-nov | 02-nov | 03-nov | 04-nov | 05-nov | 06-nov | 07-nov | 08-nov | 09-nov | 10-nov | 11-nov | 12-nov | 13-nov | 14-nov | 15-nov | 16-nov |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dygnsvolym [m ³ /dygn] | 28.5 | 30.6 | 27.5 | 27.2 | 26.5 | 27.5 | 27.1 | 28.2 | 30.8 | 26.6 | 26.7 | 26.5 | 26.3 | 25.6 | 30.1 | 28.9 | 26.5 |
| Medel [l/s] | 0.33 | 0.35 | 0.32 | 0.31 | 0.31 | 0.32 | 0.31 | 0.33 | 0.36 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.30 | 0.30 | 0.35 | 0.33 | 0.31 |
| Medel exkl. nollvärden [l/s] | 0.38 | 0.39 | 0.36 | 0.35 | 0.34 | 0.36 | 0.35 | 0.41 | 0.41 | 0.35 | 0.37 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.39 | 0.38 | 0.34 |
| Dim. flöde [l/s] | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 |
| Max [l/s] | 1.37 | 1.42 | 1.32 | 1.35 | 1.17 | 1.62 | 1.27 | 1.33 | 1.29 | 1.22 | 1.50 | 1.35 | 1.16 | 1.23 | 1.74 | 1.60 | 1.24 |

I Figur 4 och Figur 5 ges information om analyserade mätdata för mätseriens första dag, 2020-10-31. Mätningen pågick i 17 dagar. För de resterande mätningarna ges motsvarande dygnsfigurer i Bilaga C – Datagrupp 2: Dygnsfördelning av 6-sekundersdata, Figur 59 till Figur 90.



Figur 4. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-10-31 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



Figur 5. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-10-31 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).

3.2.2 Undergrupp: 15-minutersdata

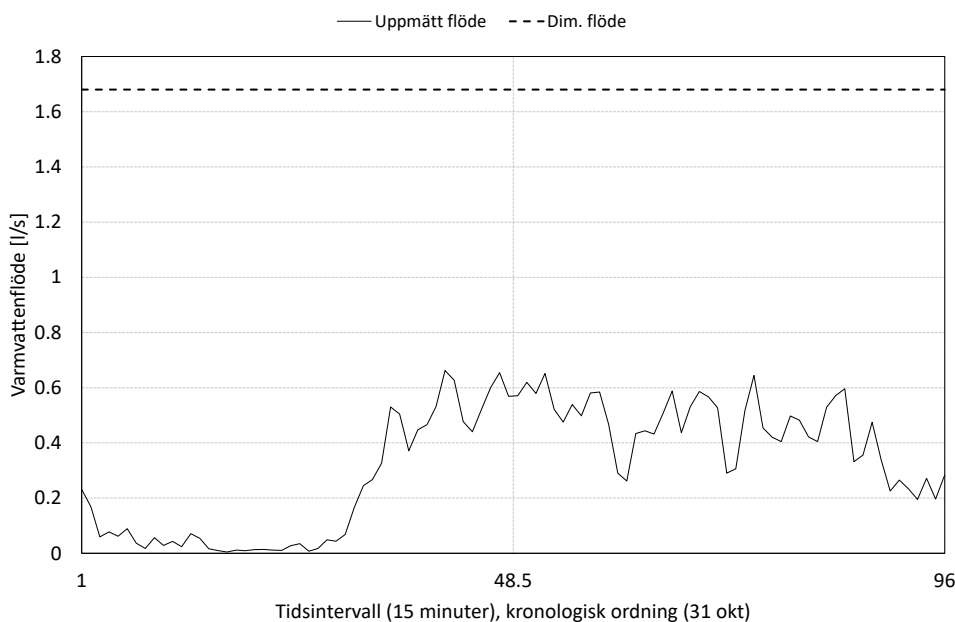
För 15-minutersdata sker datainsamling per respektive lägenhet. Samplingen av denna data sker kontinuerligt för hela huset med 15 minuters intervall för varje lägenhet. För att addera samman volymerna för samtliga lägenheter har ett jämnt 15-minuters intervall interpolerats för samtliga lägenheter, vilket sedan adderats. Samtliga värden är sedan dividerade med 900 sekunder (15 minuter) för att erhålla för perioden ett genomsnittligt värde av momentant flöde (l/s).

Analys av 15-minuters mätdata enligt Tabell 5 indikerar att medelvärdet för flödet [l/s] av varmvatten är i samma storleksordning som för 6-sekundersdata (Tabell 4), vilket indikerar motsvarighet i uppmätt volym per dygn mellan de båda mätmetoderna. Den betydande skillnaden av intresse är dock dämpningen av maximala värden av flödesbehov. Den genomsnittliga dygnsmaximum av varmvattenanvändningen är 0,79 l/s, vilket är 0,89 l/s lägre än det dimensionerande flödet.

Tabell 5. Sammanfattande information för mätperioden 2020-10-31 till 2020-11-16 (15-minutersvärden).

| | 31-okt | 01-nov | 02-nov | 03-nov | 04-nov | 05-nov | 06-nov | 07-nov | 08-nov | 09-nov | 10-nov | 11-nov | 12-nov | 13-nov | 14-nov | 15-nov | 16-nov |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dygnsvolym [m ³ /dygn] | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Medel [l/s] | 0.32 | 0.35 | 0.31 | 0.31 | 0.30 | 0.31 | 0.31 | 0.33 | 0.35 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.29 | 0.34 | 0.33 | 0.30 |
| Medel-nollvärden [l/s] | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Dim. flöde [l/s] | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 | 1.68 |
| Max [l/s] | 0.66 | 0.94 | 0.79 | 0.73 | 0.71 | 0.93 | 0.69 | 0.78 | 0.82 | 0.72 | 0.85 | 0.85 | 0.75 | 0.66 | 0.92 | 0.74 | 0.86 |

I Figur 7 ges information om analyserade mätdata för mätseriens första dag, 2020-10-31. Motsvarande information för de resterande 17 dagarna ges ur Bilaga 4 – Datagrupp D: Dygnsfördelning av 15-minutersdata enligt Figur 96 till Figur 106. Informationen innehåller inte lika mycket detaljkännedom, relativt 6-sekundersdata (Figur 4), men det går att urskilja de generella tendenserna under dygnet.



Figur 6. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-10-31 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).

3.2.3 Sammanställning – Datagrupp 2

Baserat på jämförelsen av mätdata mellan 6-sekundersintervall och 15-minutersintervall underbyggs uppfattningen av att 15-minuters mätintervall dämpar information om det faktiska flödet i för stor omfattning, inte enbart i form av amplitud men även ur temporalt perspektiv. Om det maximala värdet på amplituden betraktas på det momentana flödet är lägre, vilket skulle kunna vara acceptabelt om det temporala avståndet mellan kurvorna vore lägre. Det uppfattas som olämpligt att basera volymflöden av tappvarmvatten baserat på mätdata med 15-minuters loggningsintervall.

3.3 DATAGRUPP 3: 6-SEKUNDERSDATA OCH 1-MINUTERSDATA

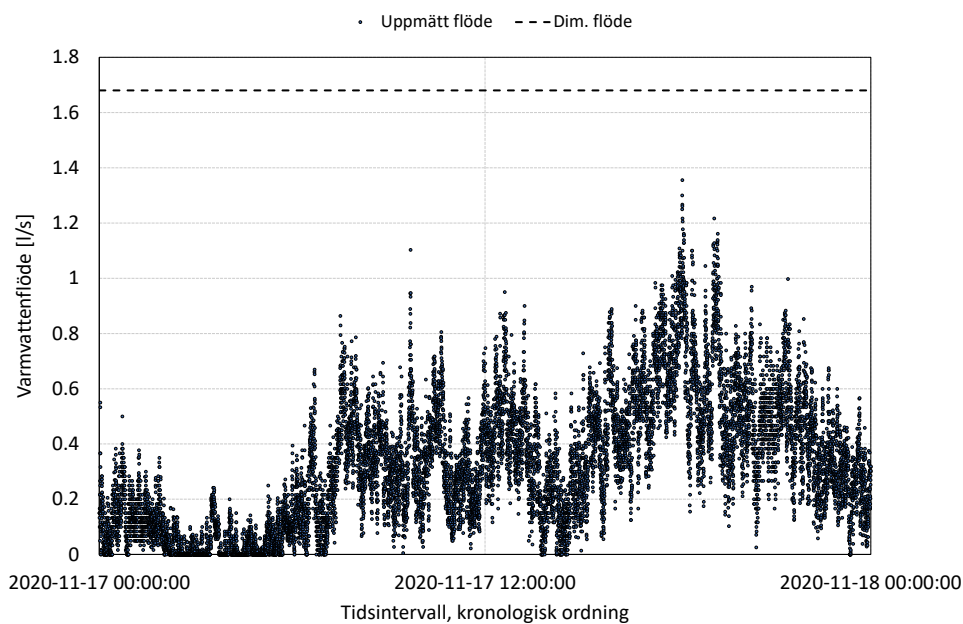
3.3.1 Undergrupp: 6-sekundersdata

Den 6-sekundersdata som är tillgänglig för 17 november är baserad på samma mätningstillfälle som beskrivits i avsnitt 3.2.1. Orsaken till att denna del av datamängden lyfts över till separat avsnitt är att jämförelse görs med 1-minutersdata istället för 15-minutersdata. Aggregerad information från den 17 november ges ur Tabell 6.

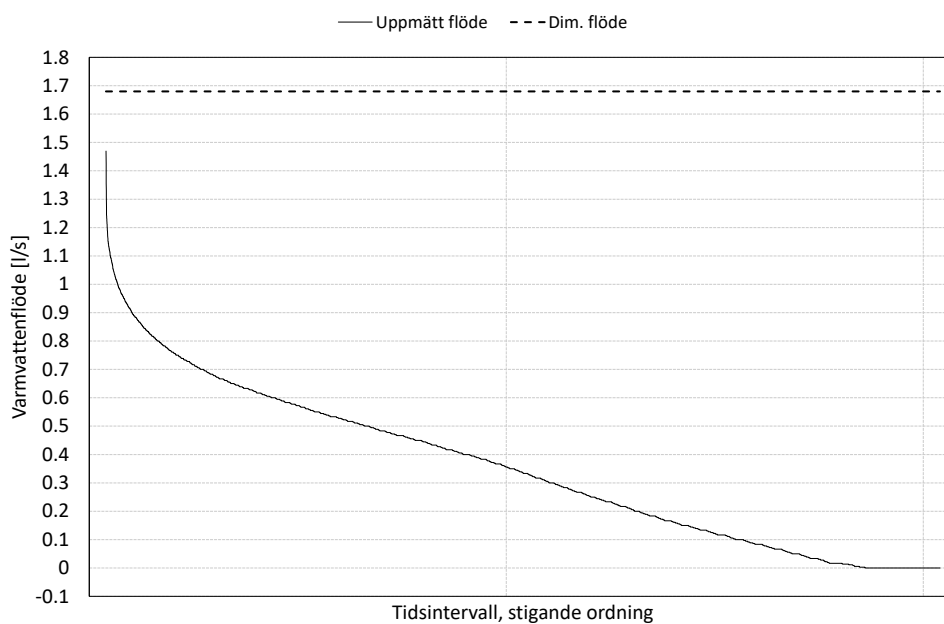
Tabell 6. Sammanfattande information för mätperioden 2020-11-17 (6-sekundersdata).

| | 17-nov |
|-----------------------------------|--------|
| Dygnsvolym [m ³ /dygn] | 27.7 |
| Medel [l/s] | 0.35 |
| Medel-nollvärden [l/s] | 0.39 |
| Dim. flöde [l/s] | 1.68 |
| Max [l/s] | 1.42 |

I Figur 7 och Figur 8 ges information om analyserade mätdata för mätseriens dag, 2020-11-17. Rapporten innehåller ingen bilaga för detta avsnitt, ty endast mätdata från en dag ingår.



Figur 7. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-17 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



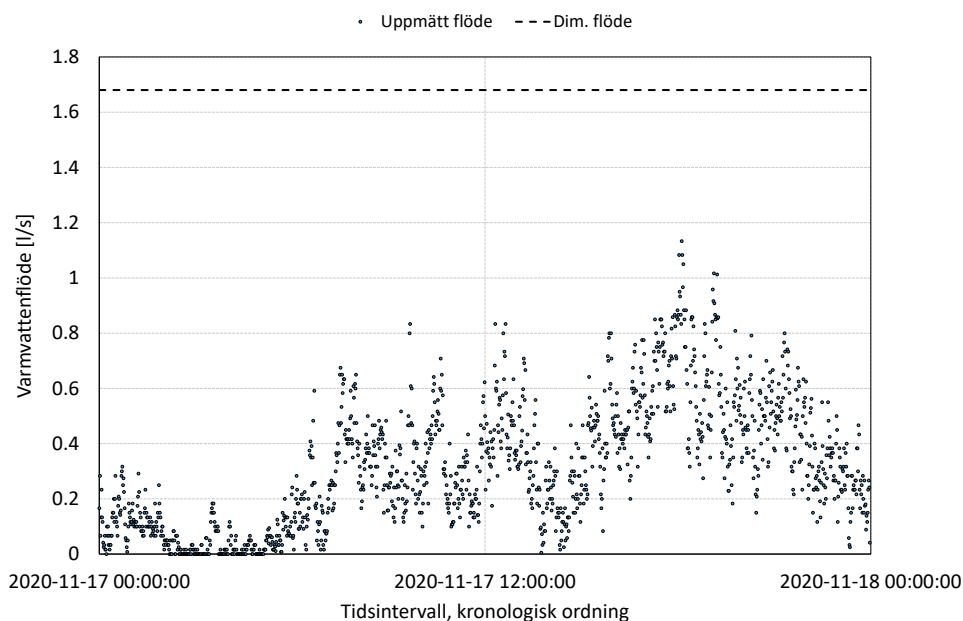
Figur 8. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-17 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).

3.3.2 Undergrupp: 1-minutersdata

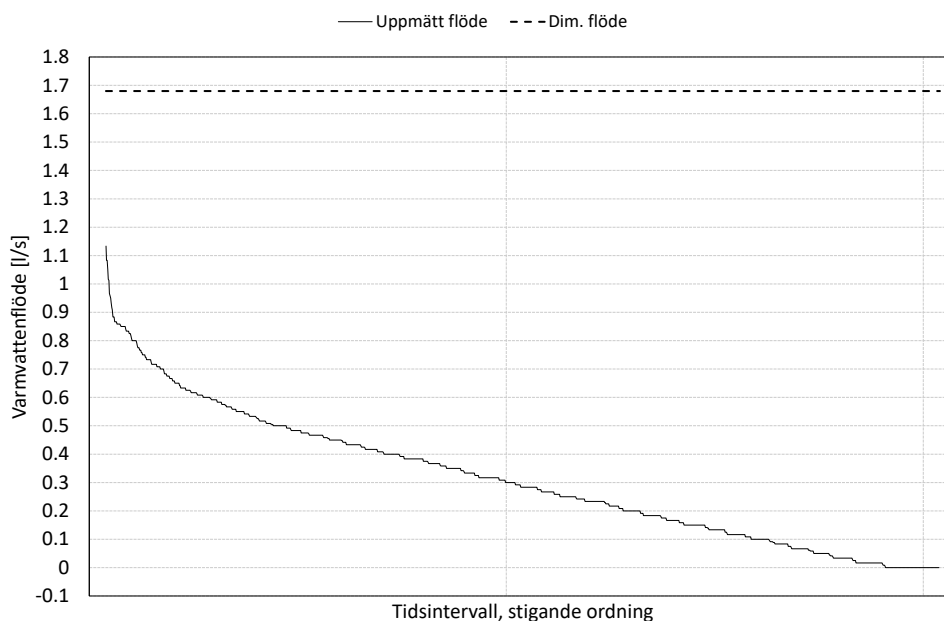
För 1-minutersdata sker datainsamling per respektive lägenhet. Samplingen av denna data sker kontinuerligt för hela huset med 1 minuts intervall för varje lägenhet. För att addera samman volymerna för samtliga lägenheter har ett jämnt 1-minuters intervall interpolerats för samtliga lägenheter, vilket sedan adderats.

Samtliga värden är sedan dividerade med 60 sekunder (1 minut) för att erhålla för perioden ett genomsnittligt värde av momentant flöde (l/s).

Följsamheten i 1-minutersdata enligt Figur 9 är betydligt bättre i förhållande till 6-sekundersdata (Figur 7). I jämförelse med 15-minutersdata enligt avsnitt (3.2). Viss dämpning förekommer dock.



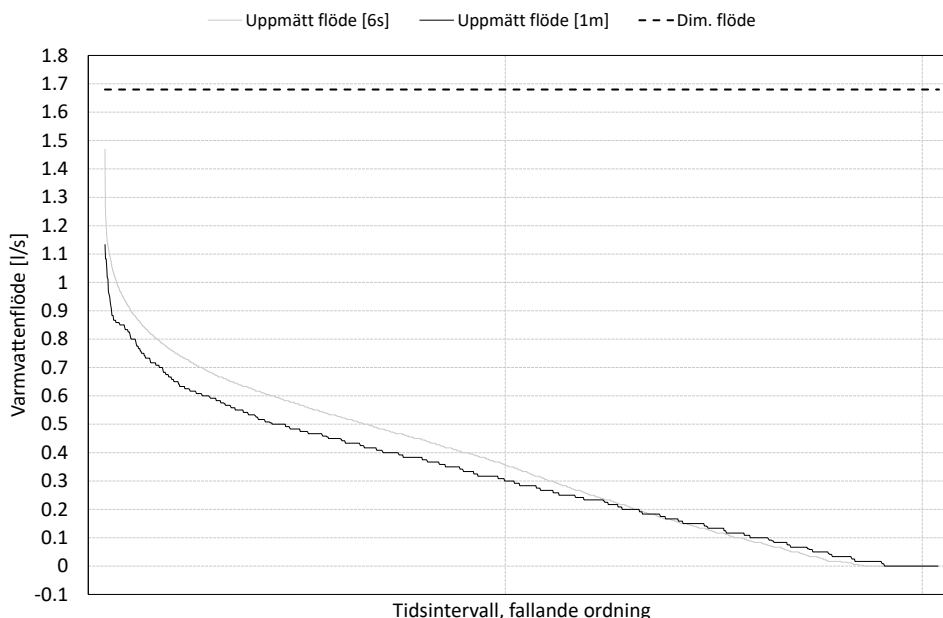
Figur 9. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-17 i 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



Figur 10. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-17 i 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).

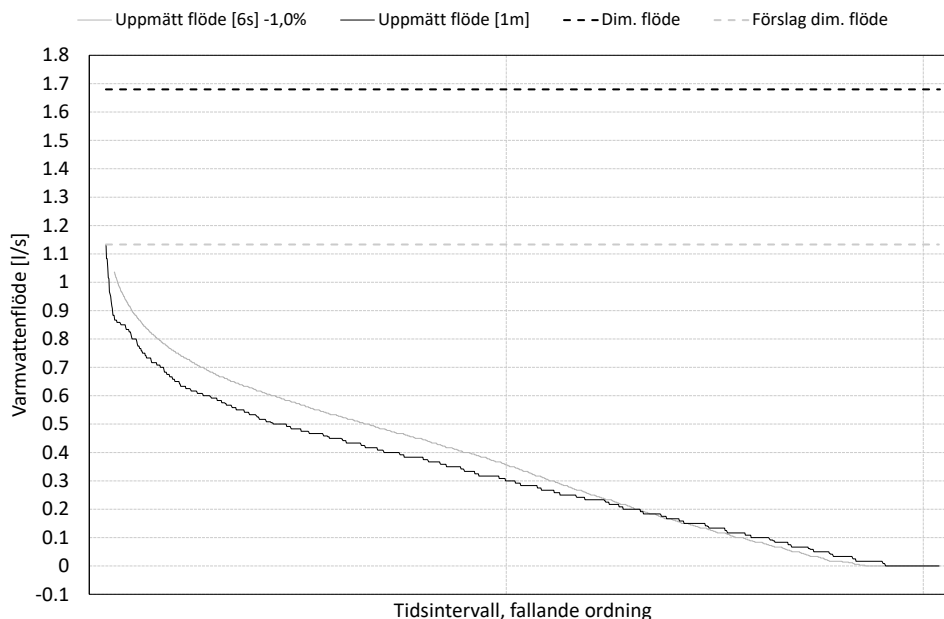
3.3.3 Sammanställning – Datagrupp 3

Skillnaden mellan flödesbehoven uttryckt i liter per sekund för data samplad med 6-sekundersintervall respektive 1-minutersintervall för ett dygn under mätningen ses i Figur 11.



Figur 11. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-17 i både 6-sekundersintervall och 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).

Det maximala flödet borde vara någorlunda av intresse med avseende formulering av dimensionerande flöde. Det framstår som givet att den nuvarande dimensioneringen (1,68 l/s för 268 lägenheter) är högre än nödvändigt. Det förekommer i statistiskt analysförslag på hur stor otillgängligheten bör vara om tappvarmvattenanvändningen betraktas som normalfördelad, enligt Bilaga A, kan ses att otillgängligheten enligt fjärrvärmecentralens utförande och installation (F:101) varierat mellan 0,1% och 1,8%. Ett avdrag av de högsta värdena från 6-sekundersdata om 1% (motsvarande 14,4 minuter per dygn) då flödet enligt mätdata (6-sekundersintervall) skulle understiga det efterfrågade behovet, denna nivå framgår ur Figur 12 till maximum 1,04 l/s. Om data för 6-sekundersintervall representerar den nivå av flöde som mest efterliknar verkligheten (det är medelvärden för varje intervall, stora fluktuationer däremellan verkar osannolikt men kan ej helt uteslutas) och att data för 1-minutersintervallet i förhållande representerar en mer dämpad version av verkligheten. I så fall skulle det vara tänkbart att för just detta dygn (2020-11-17) att det maximala värdet för 1-minutersdata har en dämpning som potentiellt lämpar sig för användning som underlag för ett empiriskt grundad dimensionerande flöde. I detta fall skulle förslag på dimensionerande flöde vara 1,13 l/s. Givetvis skulle ett sådant påstående behöva större empiriskt underlag för att bära kredibilitet. Både med avseende större antal dygn för respektive flerbostadshus och i form av mycket större ingående antal av lägenheter med varierande storlek.



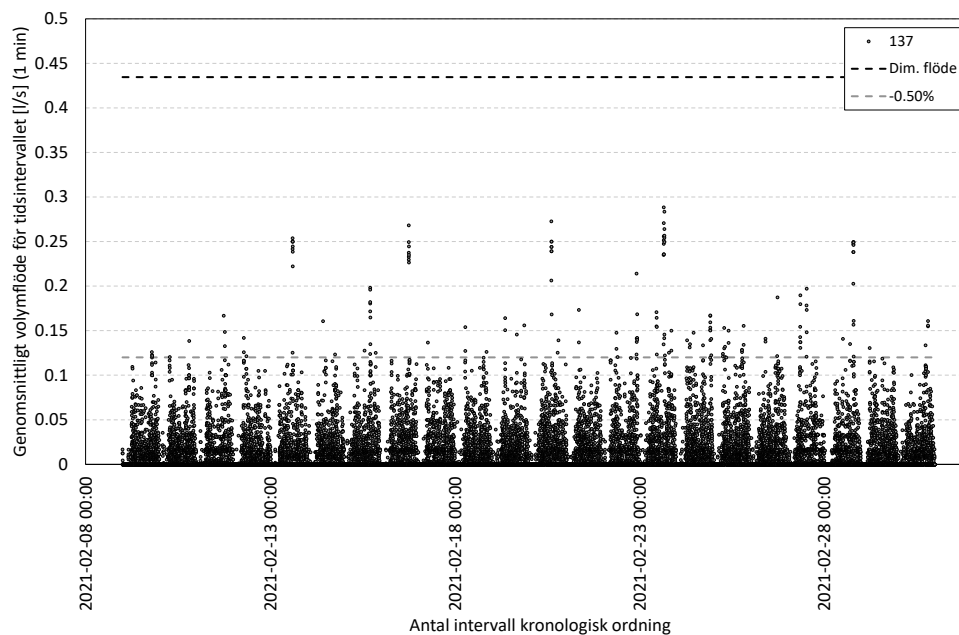
Figur 12. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-17 i både 6-sekundersintervall (-1% av högsta värden) och 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på empiriskt grundad dimensionerande flöde för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).

3.4 DATAGRUPP 4: 1-MINUTERSDATA (8 FLERBOSTADSHUS)

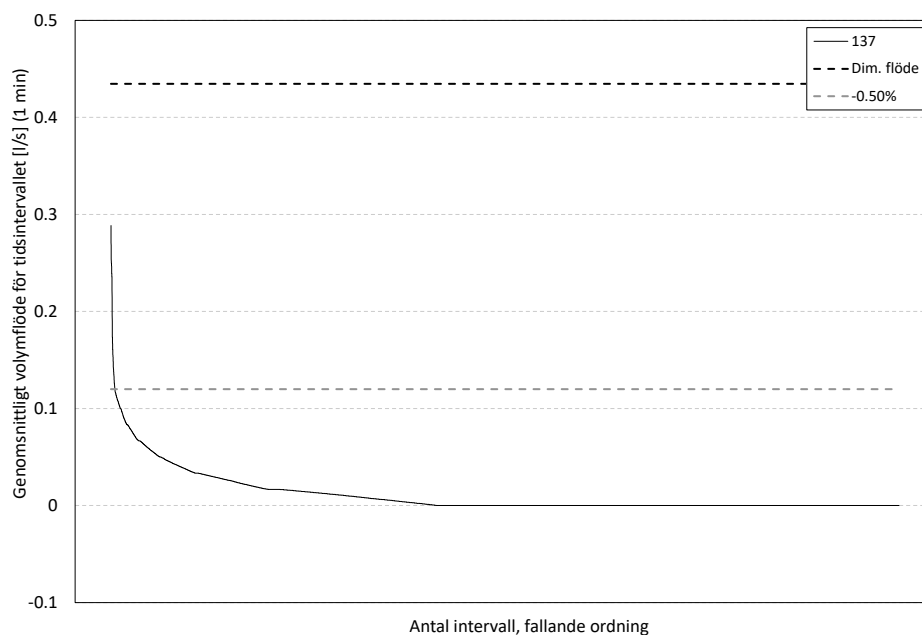
I följande avsnitt ges information om datagrupp 4, innehållande mätserier med tidsupplösning 1-minut och volymupplösning i liter. Informationen återges fullständigt i detta avsnitt eftersom den anses utgöra det mest relevanta perspektivet för betraktelse. Tillsammans med uppmätt data ges även information om nuvarande designförhållande enligt (Svensk Fjärrvärme, 2014), samt ett förslag på designnivå, vilken grundas i empirin och bygger på att 0,5% av mätdata ligger ovanför föreslagen designkurvan. Med andra ord en tillgänglighet om 99,5%, vid differenstrycket 1 bar. Eftersom viss dämpning av data förekommer är 0,5% otillgänglighet ett konservativt men godtyckligt val, då även 1% otillgänglighet förmodas kunna vara lämpligt, förutsatt att urvalet ställs i relation till en datamängd som ej är dämpad av det tidsintervall som använts.

3.4.1 Undergrupp 1: 24 lägenheter

För ett flerbostadshus med 24 lägenheter erhålls under en 22 dagars period en tappvarmvattensituation som återges i Figur 13 och Figur 14. Utifrån dimensionerande flöde erhålls en uppskattad tillgänglighet=100,00% vid det dimensionerande flödet 0,43 l/s ($k_{vs}=1,56$). Ett uppskattat dimensionerande flöde vid tillgänglighet $\geq 99,5\%$ erhålls till 0,12 l/s ($k_{vs}=0,43$) för den tillgängliga empirin. Det föreligger här en farhåga att dämpningen relativt sett blir större med färre antal lägenheter. Om uppmätt data väl speglar den faktiska situationen är sammanlagring av tappvarmvatten relativt sett underskattad. Det förekommer förmodligen variationer i beteende och därmed varmvattenkonsumtion mellan individer och om detta är ett exempel på ett ytterlighetsfall med lågvarmvattenkonsumtion bör aktsamhet tagas vid val av exempelvis ventiler.



Figur 13. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 24 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (kronologisk ordning).

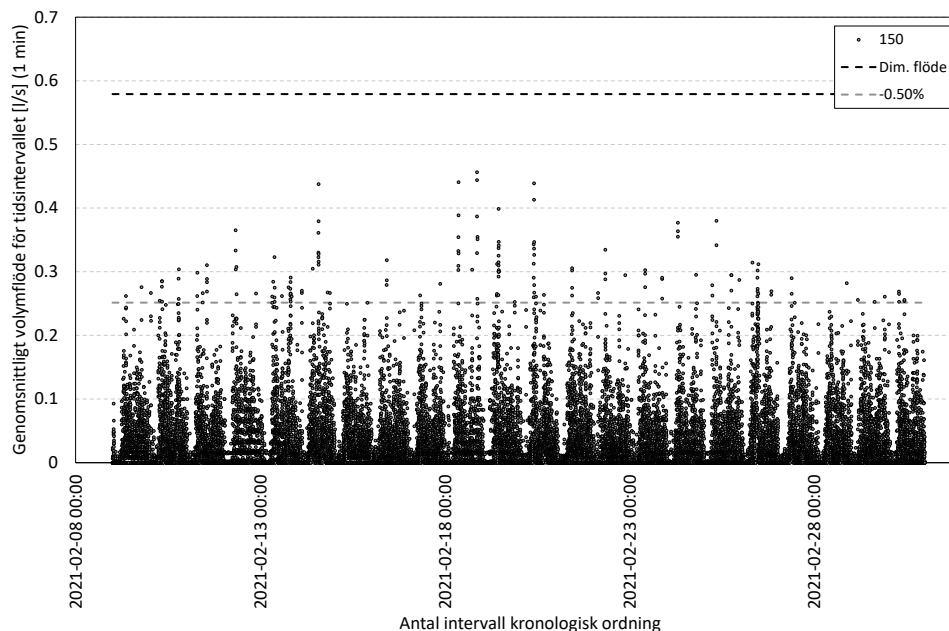


Figur 14. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 24 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (fallande ordning).

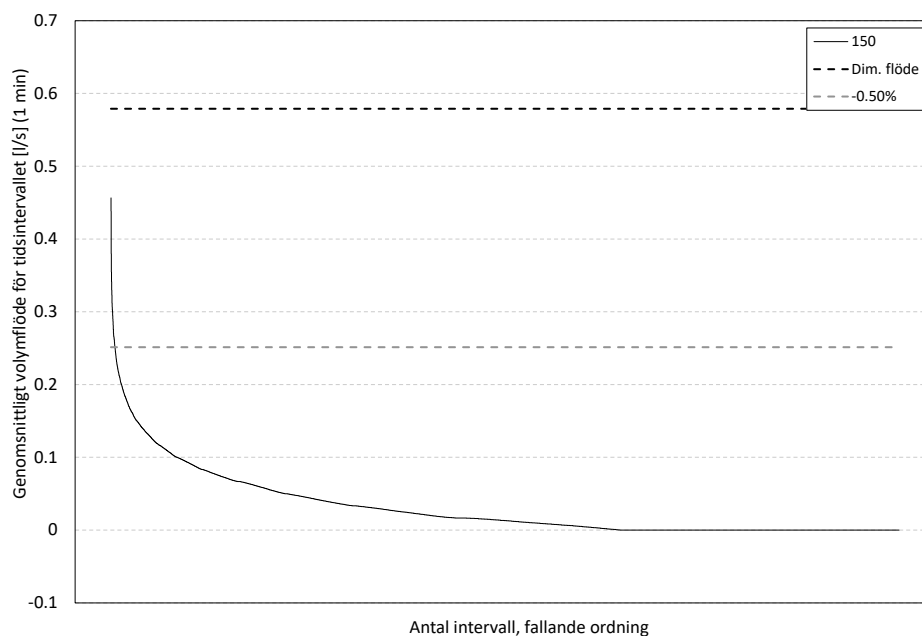
3.4.2 Undergrupp 2: 45 lägenheter

För ett flerbostadshus med 45 lägenheter erhålls under en 22 dagars period en tappvarmvattensituation som återges i Figur 15 och Figur 16. Utifrån dimensionerande flöde erhålls en uppskattad tillgänglighet=100,00% vid det

dimensionerande flödet 0,58 l/s ($k_{vs}=2,08$). Ett uppskattat dimensionerande flöde vid tillgänglighet $\geq 99,5\%$ erhålls till 0,12 l/s ($k_{vs}=0,90$) för den tillgängliga empirin.



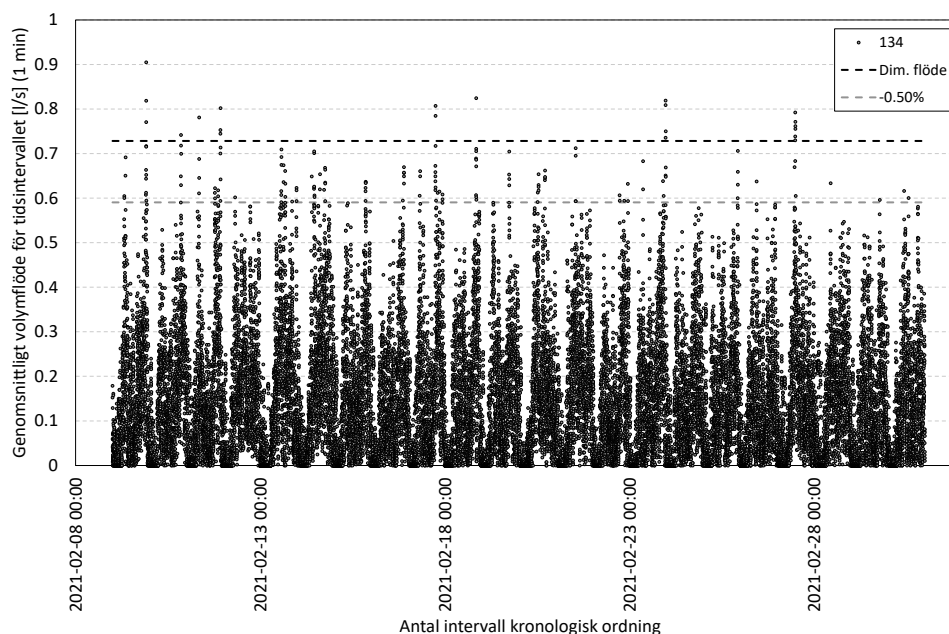
Figur 15. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 45 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (kronologisk ordning).



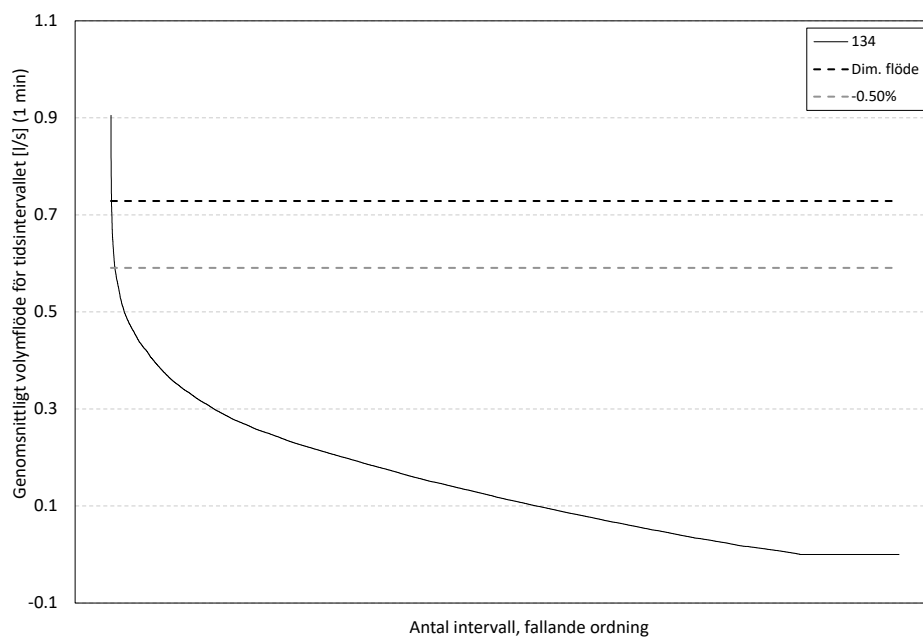
Figur 16 Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 45 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (fallande ordning).

3.4.3 Undergrupp 3: 70 lägenheter

För ett flerbostadshus med 70 lägenheter erhålls under en 22 dagars period en tappvarmvattensituation som återges i Figur 17 och Figur 18. Utifrån dimensionerande flöde erhålls en uppskattad tillgänglighet >99.93% vid det dimensionerande flödet 0,73 l/s ($k_{vs}=2,62$). Ett uppskattat dimensionerande flöde vid tillgänglighet $\geq 99,5\%$ erhålls till 0,59 l/s ($k_{vs}=2,13$) för den tillgängliga empirin.



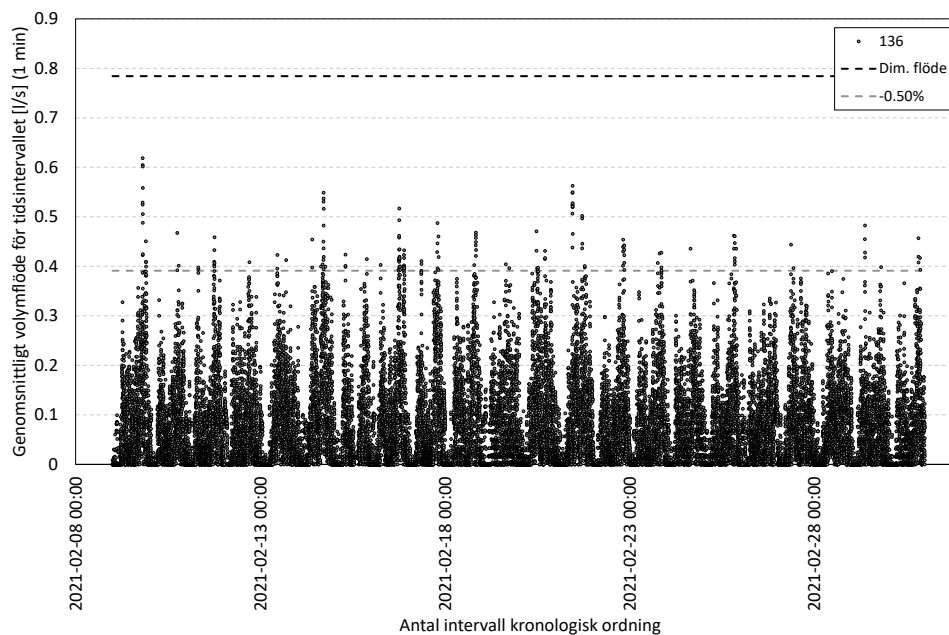
Figur 17. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 70 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (kronologisk ordning).



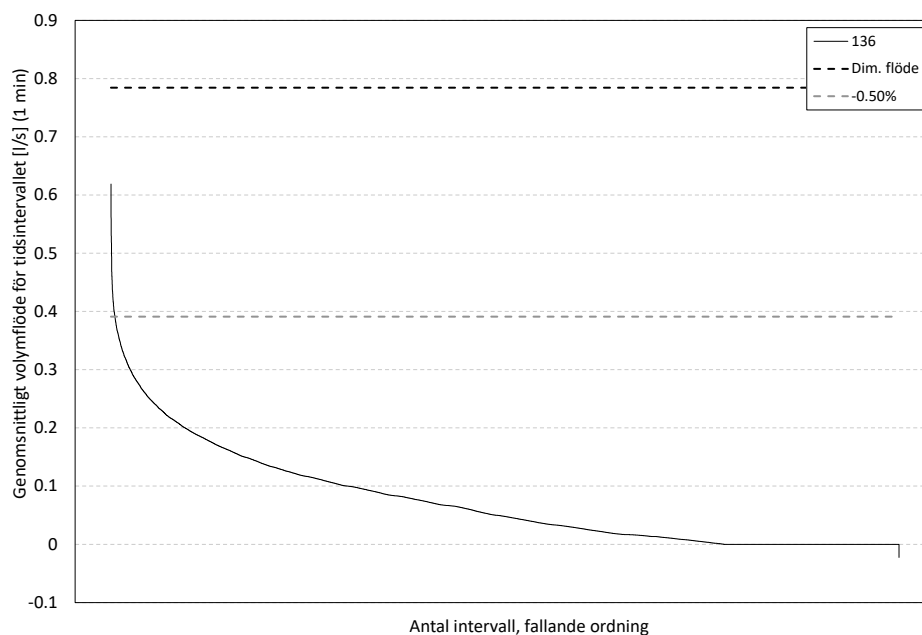
Figur 18. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 70 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (fallande ordning).

3.4.4 Undergrupp 4: 80 lägenheter

För ett flerbostadshus med 80 lägenheter erhålls under en 22 dagars period en tappvarmvattensituation som återges i Figur 19 och Figur 20. Utifrån dimensionerande flöde erhålls en uppskattad tillgänglighet=100.00% vid det dimensionerande flödet 0,78 l/s ($k_{vs}=2,82$). Ett uppskattat dimensionerande flöde vid tillgänglighet \geq 99,5% erhålls till 0,39 l/s ($k_{vs}=1,41$) för den tillgängliga empirin.



Figur 19. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 80 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (kronologisk ordning).

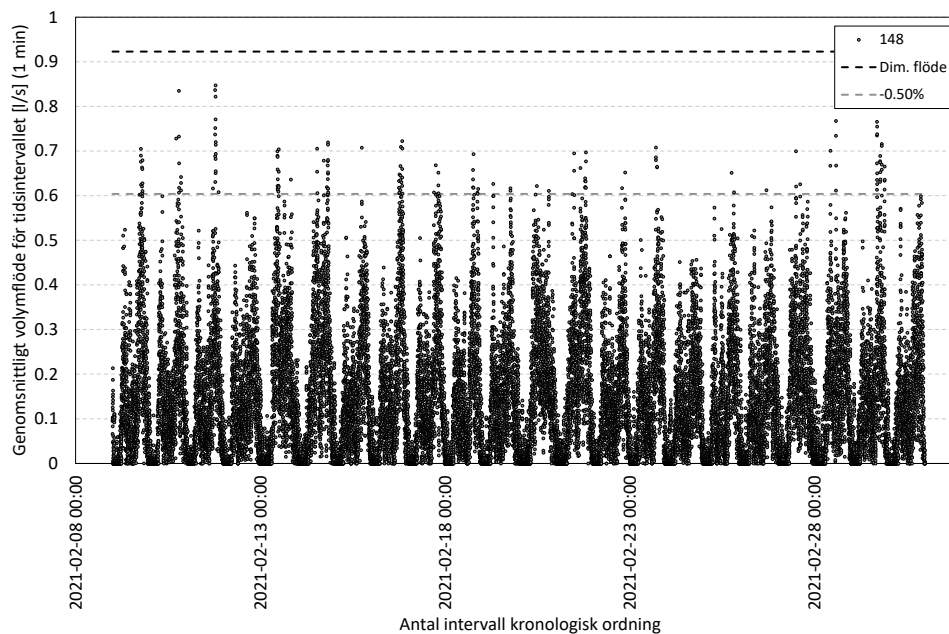


Figur 20. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 80 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (fallande ordning).

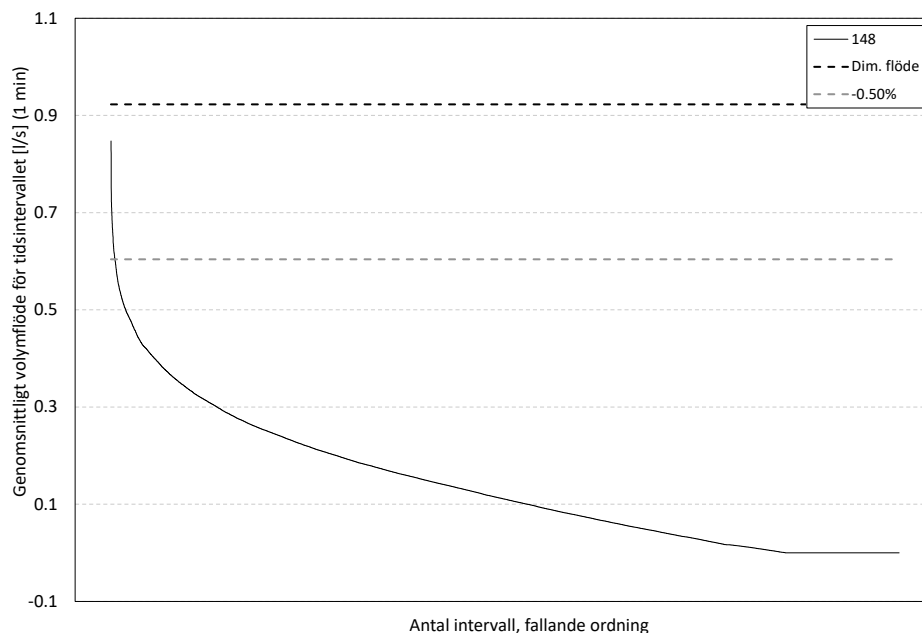
3.4.5 Undergrupp 5: 106 lägenheter

För ett flerbostadshus med 106 lägenheter erhålls under en 22 dagars period en tappvarmvattensituation som återges i Figur 21 och Figur 22. Utifrån dimensionerande flöde erhålls en uppskattad tillgänglighet=100.00% vid det

dimensionerande flödet 0,92 l/s ($k_{vs}=3,32$). Ett uppskattat dimensionerande flöde vid tillgänglighet $\geq 99,5\%$ erhålls till 0,60 l/s ($k_{vs}=2,17$) för den tillgängliga empirin.



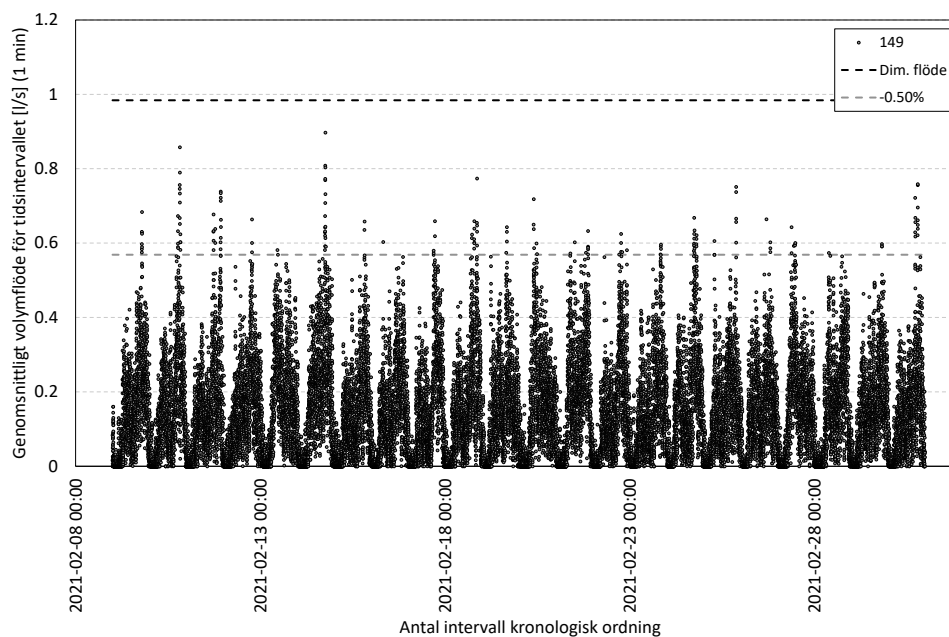
Figur 21. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 106 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (kronologisk ordning).



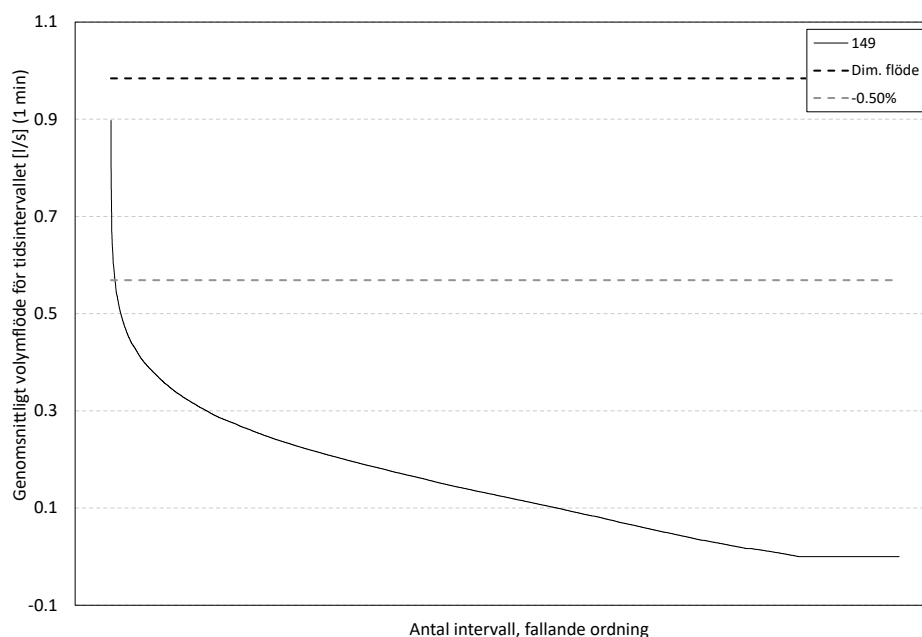
Figur 22. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 106 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (fallande ordning).

3.4.6 Undergrupp 6: 118 lägenheter

För ett flerbostadshus med 118 lägenheter erhålls under en 22 dagars period en tappvarmvattensituation som återges i Figur 23 och Figur 24. Utifrån dimensionerande flöde erhålls en uppskattad tillgänglighet=100.00% vid det dimensionerande flödet 0,98 l/s ($k_{vs}=3,54$). Ett uppskattat dimensionerande flöde vid tillgänglighet $\geq 99,5\%$ erhålls till 0,57 l/s ($k_{vs}=2,05$) för den tillgängliga empirin.



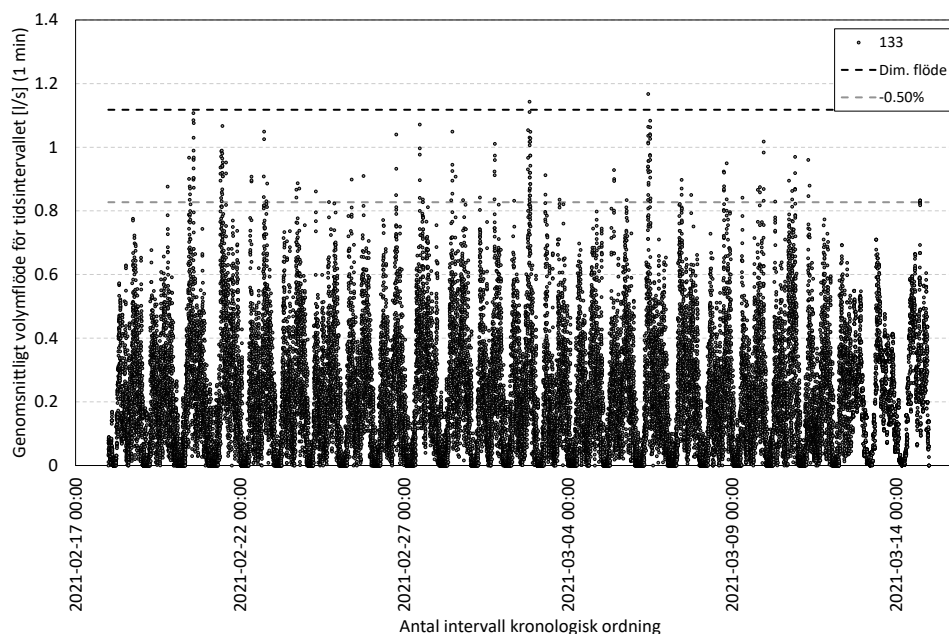
Figur 23. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 118 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (kronologisk ordning).



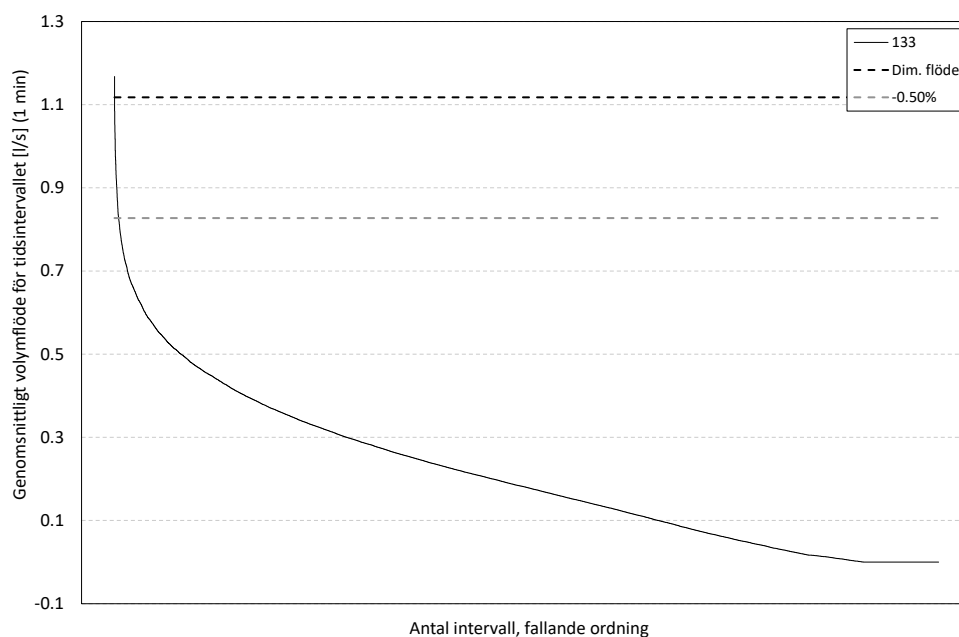
Figur 24. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 118 lägenheter mellan 2021-02-09 och 2021-03-02 (22 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (fallande ordning).

3.4.7 Undergrupp 7: 145 lägenheter

För ett flerbostadshus med 145 lägenheter erhålls under en 24 dagars period en tappvarmvattensituation som återges i Figur 25 och Figur 26. Utifrån dimensionerande flöde erhålls en uppskattad tillgänglighet >99,99% vid det dimensionerande flödet 1,12 l/s ($k_{vs}=4,02$). Ett uppskattat dimensionerande flöde vid tillgänglighet >99,5% erhålls till 0,83 l/s ($k_{vs}=2,98$) för den tillgängliga empirin.



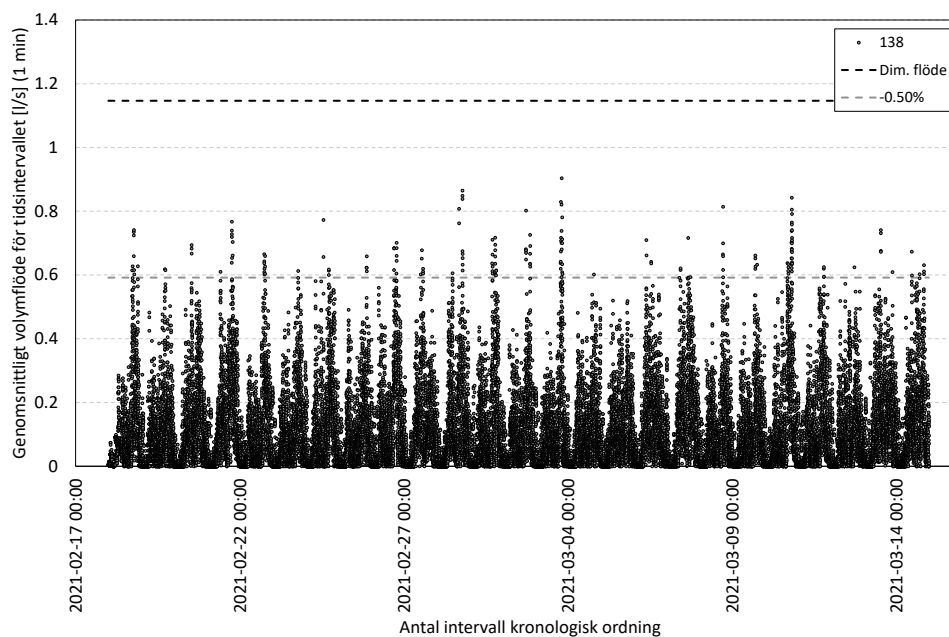
Figur 25. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 145 lägenheter mellan 2021-02-19 och 2021-03-14 (24 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (kronologisk ordning).



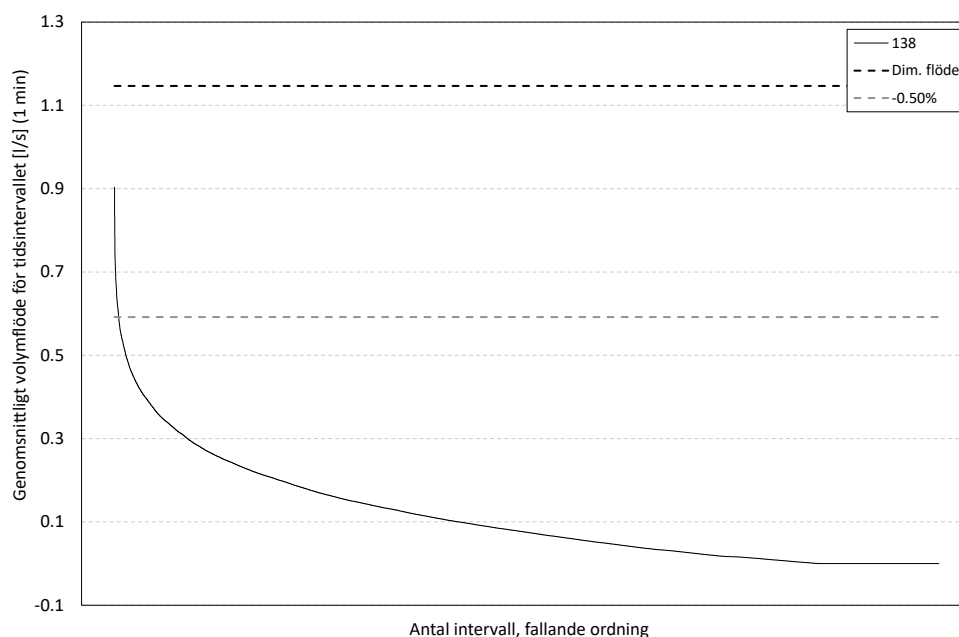
Figur 26. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 145 lägenheter mellan 2021-02-19 och 2021-03-14 (24 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (fallande ordning).

3.4.8 Undergrupp 8: 151 lägenheter

För ett flerbostadshus med 151 lägenheter erhålls under en 24 dagars period en tappvarmvattensituation som återges i Figur 27 och Figur 28. Utifrån dimensionerande flöde erhålls en uppskattad tillgänglighet=100.00% vid det dimensionerande flödet 1,15 l/s ($k_{vs}=4,13$). Ett uppskattat dimensionerande flöde vid tillgänglighet $\geq 99,5\%$ erhålls till 0,59 l/s ($k_{vs}=2,13$) för den tillgängliga empirin.



Figur 27. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 151 lägenheter mellan 2021-02-19 och 2021-03-14 (24 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (kronologisk ordning).



Figur 28. Uppmätt varmvattenflöde för flerbostadshus med 151 lägenheter mellan 2021-02-19 och 2021-03-14 (24 dagar), 1-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 samt förslag på nivå vid 99,5% tillgänglighet (fallande ordning).

3.4.9 Sammanställning: Datagrupp 4

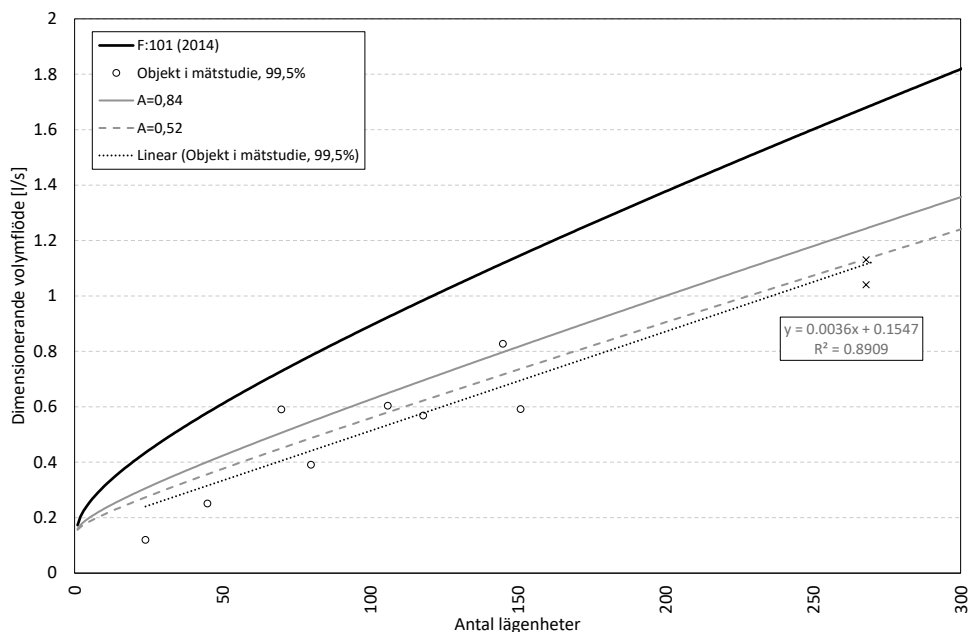
Då den analyserade datamängden (enligt Figur 13 till Figur 28) ställs i relation till nuvarande designkurva för dimensionerande tappvarmvattenflöde, enligt Figur 29, ses att det inte förekommer några indikationer på att nuvarande designkurva ligger för lågt. Tvärtom framstår det från mätdata att det fortfarande finns utrymme för ytterligare korrigering (sänkning) av dimensionerande tappvarmvattenflöde. En linjär approximation för analyserad data är inkluderad i Figur 29, denna ger en grovhuggen första ordningens skattning på det värde som dimensionerande volymflöde av tappvarmvatten. Utifrån detta framstår även att det förekommer betydande variation av tappvarmvattenanvändning i bostadshus med liknande antal lägenheter. Vilket också ger en indikation på det eventuella framtida behovet av att anpassa utrustning efter behov, detta kan kanske vara svårt ur perspektivet att tappvarmvatten är en social värmelast med betydande variationer inte bara mellan hus men även för vem som bor i byggande, en parameter som förändras över tid. Däremot så kan differensstrycket beaktas vid val av styrventil per individuell byggnad för att bättre anpassas till lägre marginaler som förväntas råda i framtida fjärrvärmesystem.

För det minsta flerbostadshuset med 24 lägenheter, erhålls ett värde som verkar vara väldigt lågt och det råder således tvivel kring om dämpningen från mätdata med 1-minutersintervall relativt sett blir större vid färre antal lägenheter, eller om värdet faktiskt är så lågt som uppmätt.

För det största flerbostadshuset med 268 lägenheter har värdena från avsnitt 3.3.3 inkluderats, då dessa avviker i den mån att de hämtats från annat avsnitt är de markerade med kryss istället för cirklar. För större flerbostadshus uppfattas att den relativa avvikelser från nuvarande designkurva ökar med antalet lägenheter, möjlig indikation på att sammanlagringen vid fler antal lägenheter underskattas.

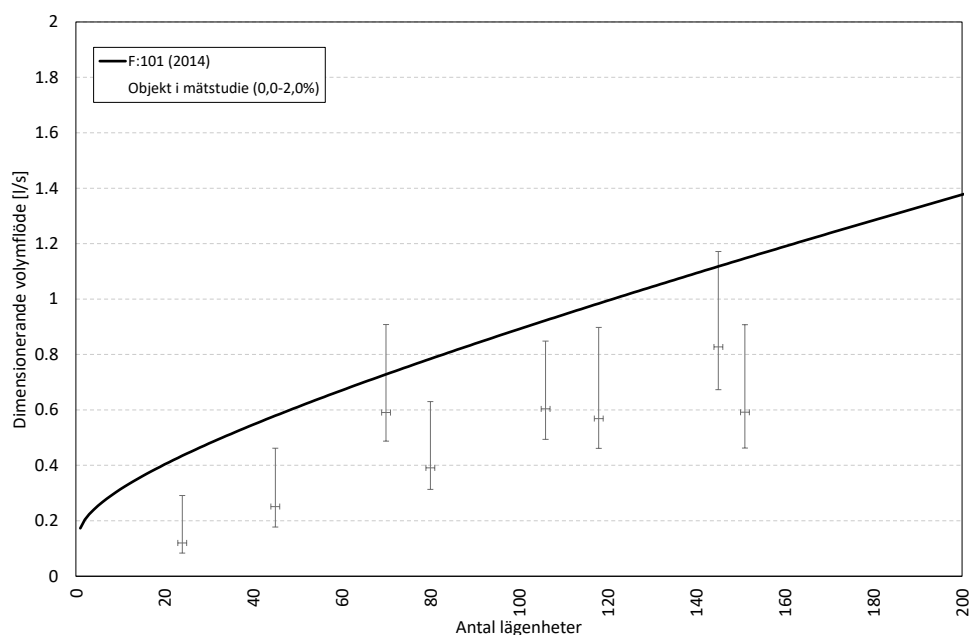
Utöver linjäroximationen inkluderas två alternativ för ändring av parameter A , enligt nuvarande ekvation. Idag har parameter A ett värde på 2,1. Medan det föreslås ett värde någonstans mellan 0,84 och 0,52 för att komma närmre uppmätta värden. De två föregående parametervärdena är godtyckligt valda men relateras till Bilaga A, där det ses att det motsvarar en sannolik tillgänglighet om 80% respektive 70%. Detta förhållande utgör en märklig avvikelse, ty enligt normalfördelningen borde 0,5% otillgänglighet generera ett A värde om 2,58. Bakomliggande orsak till avvikelserna enligt teorin är ej identifierad inom ramen för detta projekt.

Trots att möjlighet för reducerad dimensioneringskurva verkar föreligga, ter det sig vanskligt att ändra reglering av dimensionerande flödesvolym baserat på empiri när empirin utgörs av enbart åtta (nio inklusive avsnitt 3.3.3) mätobjekt som dessutom granskats under relativt kort tid. I arbetet med digitalisering kan utökad kännedom om tappvarmvatten med fördel vara ett av de områden som utvecklas och i samband med att empiriskt material kumulativt adderas går det att säga mer om det faktiska tappvarmvattenflödet. Samtidigt kan sägas att det ter sig osannolikt att samtliga mätobjekt i studien utgör anormala ytterlighetsfall.



Figur 29. Ordinarie designkurva (enligt F101) i förhållande till föreslagna dimensionerande flöde för de åtta studieobjekten. Därtill linjär anpassning av studieobjekten samt två alternativa parameterkorrigeringar (A) från nuvarande utformning.

Eftersom valet av 99,5% tillgänglighet i det föregående är godtyckligt adderas en kompletterande Figur 30 som indikerar variationen mellan att upprätthålla flödet i samtliga fall, 100% tillgänglighet (0,0% i figuren) ner till 98% tillgänglighet (2,0% i figuren). Karakteristiken för tappvarmvattnets varaktighetsdiagram exemplifieras här på det tydligt sätt, där avståndet mellan 100% och 99,5% är betydligt större än avståndet mellan 99,5% och 98%.



Figur 30. Ordinarie designkurva (enligt F101) i förhållande till mätta 1-minutersvärden från åtta flerbostadshus. Där 0,0% motsvarar ett varmvattenflöde med 100% tillgänglighet och 2,0% motsvarar ett scenario där 98% tillgänglighet uppnås. Mittdelaren är samma som cirkelarna från Figur 29.

4 Slutsatser & diskussion

Detta arbete utgör en sammanställning av tappvarmvattenmätdata ur flertalet olika perspektiv. Bidraget med detta arbete är ökad insikt i karaktistiken för tappvarmvattenanvändning baserat på ingående data. Den samlade kontexten är att den stundande digitaliseringen medför möjlighet att ha tillgång till stora mängder data med tillräcklig tidsupplösning och att denna innehållsrika empiri kan utgöra ett substitut till stokastiska modeller för att arrangera dimensioneringsförutsättningar för tappvarmvattenanvändning.

Det är förstått att fördelar med kännedom om tappvarmvatten främst kan kopplas till storleksvalet av ventil för tappvarmvattenberedning. Beträktelseperspektivet bottnar i fjärrvärmedistribution med indirekt kopplade fjärrvärmecentraler. Några övergripande perspektiv från rapporten inkluderar: (1) Det finns till synes ytterligare möjlighet att minska dimensioneringsförutsättningarna för tappvarmvattenflöden och därmed ha mindre ventiler, (2) fördelarna med mindre ventiler beskrivs i litteraturen, ofta ur ett kvalitativt perspektiv och det är således svårt att få grepp om hur mycket systemprestanda förbättras i kvantitativa termer, (3) ventiler tillhandahålls av tillverkare i standardiserade storlekar och i de betraktade intervallen finns endast ett fåtal alternativ att välja på och (4) relativt sett mycket arbete genomfördes på området tappvarmvatten i slutet på 1900-talet och under början på 2000-talet inom svensk fjärrvärmeforskning. I samband med detta reducerades dimensioneringsförutsättningarna av för tappvarmvattenflöden till en nivå som förmodas vara en av de bäst injusterade på internationell nivå.

Temperaturnytan med att använda mindre, mer behovsanpassade, ventiler på primärsidan i fjärrvärmecentralen är i skrivande stund oklar. Det förekommer i litteraturen kvalitativa anspråk på högre flöden än nödvändigt då reglerventil reglerar nära stäng läge och att detta högre flöde leder till förhöjda primära returtemperaturer. Någon kvantitativ uppskattning har ej identifierats.

Resultaten från studien verifierar den ändring i F101 som infördes under början på 2000-talet. Därtill görs anspråk på att dimensioneringsförutsättningarna kan justeras nedåt. Rekommendation utifrån innehållet i detta arbete ger att nuvarande Ekv. (7) används men att variabel A justeras från 2,10 till 0,84. På så sätt erhålls en första ordningens anpassning utifrån tillgänglig empiri och befintlig/väl bekant metod kan fortsätta tillämpas.

4.1 DATAGRUPP 1

Baserat på empiriskt underlag bedöms loggningsintervall om 15-minuter vara olämpliga för skattning av momentana varmvattenflöden. Då det förmodas att mycket information om amplitud i tappvarmvattenanvändning dämpas av det relativt sett långa samplingsintervallet och att informationen tenderar till att bli ett brus med för låga volymflöden, betraktat ur momentan synvinkel.

4.2 DATAGRUPP 2

Baserat på jämförelse av empiriskt underlag för två parallella mätserier, 6-sekunders- och 15-minutersintervall, förstärks uppfattningen att 15-minutersintervall för skattning av tappvarmvattenflödesvolym är olämplig. Det noteras dessutom att skillnaden mellan de två temporala perspektiven var mindre än förväntat.

4.3 DATAGRUPP 3

Baserat på empiriskt underlag, givet att begränsat perspektiv applicerats (1 dygn), finns betydligt starkare samband mellan 6-sekundersdata och 1-minutersdata. Variation mellan dessa två samplingsintervall uppfattas vara sådan att de är utbytbara i relation till skattning av momentana tappvarmvattenflöden (l/s).

4.4 DATAGRUPP 4

Baserat på empiriskt underlag i form av mättingsintervall om 1-minut för åtta olika stora flerbostadshus (24–151 lägenheter) finns indikation på att nedreglering av dimensionerande flödesvolymkurva är möjlig.

I samband med att dataunderlaget resulterar i ett väldigt lågt värde för det minsta flerbostadshuset uppkommer fundering på hur mer högupplöst data för flerbostadshus i storleksintervallet 10 till 50 lägenheter. Ytterligare detaljerade mätstudie för en population med lite mindre flerbostadshus mellan 10 och 50 lägenheter, torde vara av intresse. Detta perspektiv kan ställas i relation till Nils Holgerssonrapporten som inkluderar 15 lägenheter samt att det förmodas vara en stor andel av flerbostadshusen i landet som består av 50 lägenheter eller lägre.

5 Referenslista

- Averfalk, H., & Werner, S. (2020). Economic benefits of fourth generation district heating. *Energy*, 193, 116727. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116727>
- Buffa, S., Cozzini, M., D'Antoni, M., Baratieri, M., & Fedrizzi, R. (2019). 5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 504-522.
- CEN. (2006). Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption - Part 3: Pipe sizing - Simplified method (Vol. EN 806-3:2006: E). Brussels: European Committee for Standardization.
- Dirke, L. (1960, december). Varmvattenförbrukning i lägenheter med och utan varmvattenmätare. *VVS*, 12, 407-411.
- Energiföretagen Sverige. (2016). *District heating substations - Design and installation (Technical regulations F:101)*. Stockholm: Svensk Fjärrvärme.
- EuroHeat&Power. (2008). *Guidelines for District Heating Substations*. Retrieved from Euroheat & Power: <https://www.euroheat.org/publications/technical-guidelines/euroheat-power-guidelines-district-heating-substations/>
- Frederiksen, S., & Werner, S. (2014). *Fjärrvärme och fjärrkyla*. Lund: Studentlitteratur.
- Geyer, R., Krail, J., Leitner, B., Schmidt, R.-R., & Leoni, P. (2021). Energy-economic assessment of reduced district heating system temperatures. *Smart Energy*, 2, 100011.
- Gummérus, P. (1998). Gefle dimensionering - Stora vinster med strypta flöden (Gefle design - Large gains by smaller control valves). *Energimagasinet* (1:98).
- Gummérus, P., & Petersson, S. (1999). *Robust Fjärrvärmecentral (Robust District Heating Substation)*. Retrieved from Chalmers Tekniska Högskola:
- Holmberg, S. (1987). *Flow rates and power requirements in the design of water services (Tekniska Meddelanden 316)*. (Doktorsavhandling, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik), Kungliga Tekniska Högskola, 1987:2 (vol. 18), Stockholm.
- Jonsson, E. (1933). Bidrag till beräkningen av vattenledningars maximibelastning (Contribution to the calculation of the maximum load of water pipes). *VVS*, nr. 5.
- Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68(0), 1-11. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>
- Petersson, S., Werner, S., Sandberg, M., & Wahlström, Å. (2004). *Tappvarmvatten - Användning på hotell (Hot water use in hotels)*. Retrieved from Svensk Fjärrvärme AB. FOU 2004:115:
- Rydberg, J. (1945). Beräkning av maximala tappningseffekten för varmvattensberedningsanläggningar (Calculation of the maximum tapping effect for hot water treatment plants). *VVS*, nr. 5.
- Statens planverks författningssamling. (1983). Svensk Byggnorm (SBN 1980), 1983:2.
- Svensk Fjärrvärme. (2004). *Fjärrvärmecentralen - Utförande och installation (Tekniska bestämmelser F:101)*. Stockholm: Svensk Fjärrvärme.

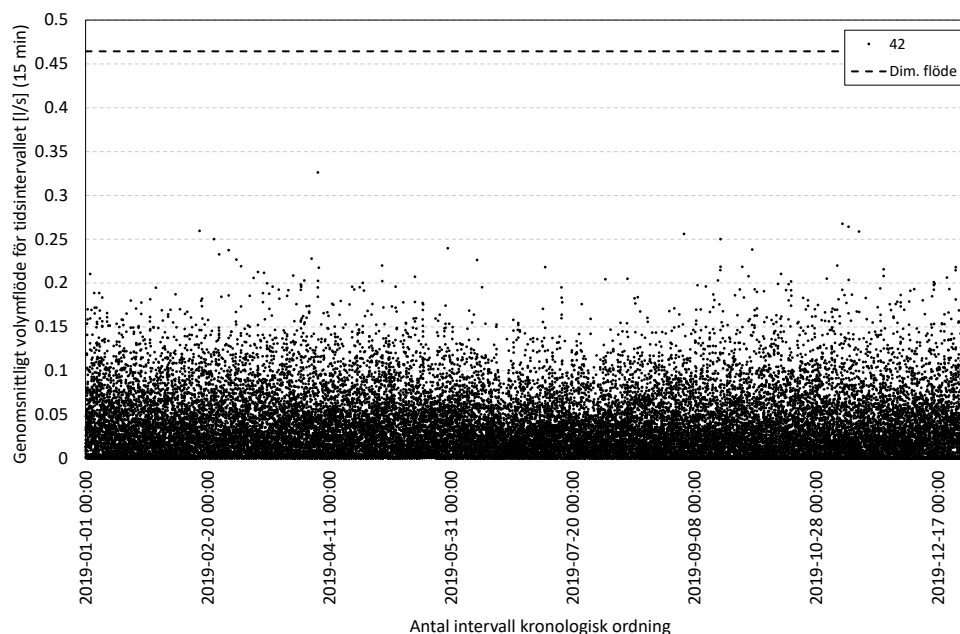
- Svensk Fjärrvärme. (2008). *Fjärroärmecentralen - Utförande och installation (Tekniska bestämmelser F:101)*. Stockholm: Svensk Fjärrvärme.
- Svensk Fjärrvärme. (2014). *Fjärroärmecentralen - Utförande och installation (Tekniska bestämmelser F:101)*. Stockholm: Svensk Fjärrvärme.
- Svenska Fjärrvärmeföreningen. (1996). *Fjärroärmecentralen - Råd och anvisningar för anslutning till fjärrvärmesystemet*. Stockholm: Svenska Fjärrvärmeföreningen.
- Svenska Fjärrvärmeföreningen. (2001). *Fjärroärmecentralen - Utförande och installation (F:101)*. Stockholm: Svenska Fjärrvärmeföreningen.
- Svenska kommunaltekniska föreningens handling. (1910). *Särskilda föreskrifter angående vattenledningar inom hus och tomt (Special regulations regarding water pipes within houses and plots)*. Stockholm.
- Svenska kommunaltekniska föreningens handling. (1924). *Reviderat reglemente för vattenledningsverk och särskilda föreskrifter angående vattenledningar inom fastighet mm (Revised regulations for water mains and special regulations regarding water mains within properties etc.)*. Stockholm.
- Wollerstrand, J. (2002a). Flexible sizing and its influence on DH network operating conditions. *Euroheat and Power*.
- Wollerstrand, J. (2002b). *TAPPVARMVATTENSYSTEM - Egenskaper, dimensionering och komfort (DHW systems - characteristics, design and comfort)*. Retrieved from

Bilaga A: Normalfördelning

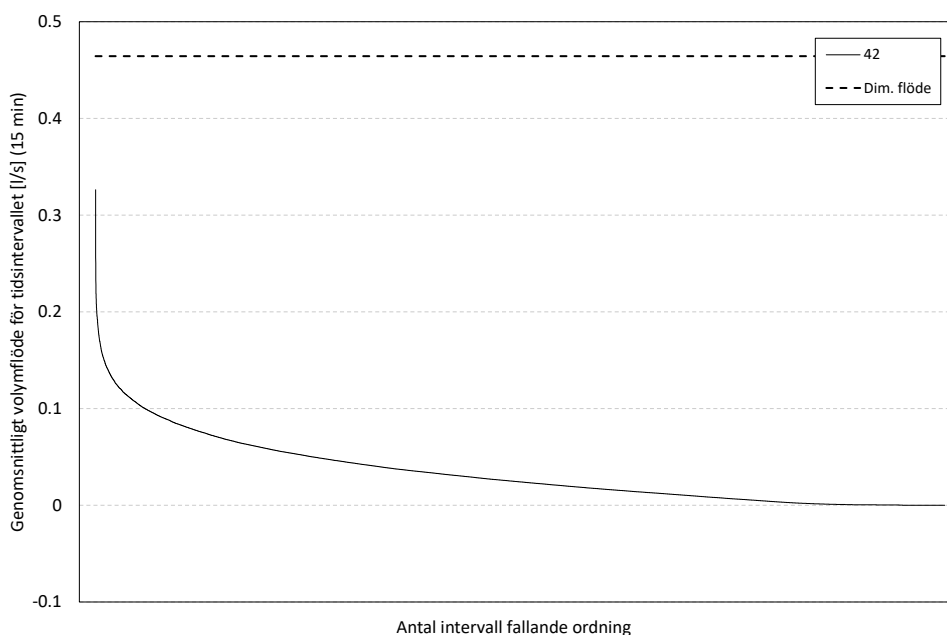
Tabell 7. Sammanfattning av variation för variabel A, i förhållande till sannolikhet för otillgänglighet/tillgänglighet.

| Sannolikhet för otillgänglighet | Sannolikhet för tillgänglighet | Variabel A enligt ekvation för dim. flöde | Kommentar |
|---------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| 0.0001% | 99.9999% | 4.75 | |
| 0.0010% | 99.9990% | 4.26 | |
| 0.0100% | 99.9900% | 3.72 | |
| 0.1000% | 99.9000% | 3.09 | 3.1 enligt (Holmberg, 1987) |
| 1.0000% | 99.0000% | 2.33 | |
| 1.1000% | 98.9000% | 2.29 | |
| 1.2000% | 98.8000% | 2.26 | |
| 1.3000% | 98.7000% | 2.23 | |
| 1.4000% | 98.6000% | 2.20 | |
| 1.5000% | 98.5000% | 2.17 | |
| 1.6000% | 98.4000% | 2.14 | |
| 1.7000% | 98.3000% | 2.12 | |
| 1.8000% | 98.2000% | 2.10 | Enligt (Svensk Fjärrvärme, 2014) |
| 1.9000% | 98.1000% | 2.07 | |
| 2.0000% | 98.0000% | 2.05 | |
| 2.0000% | 98.0000% | 2.05 | |
| 3.0000% | 97.0000% | 1.88 | |
| 4.0000% | 96.0000% | 1.75 | |
| 5.0000% | 95.0000% | 1.64 | |
| 6.0000% | 94.0000% | 1.55 | |
| 7.0000% | 93.0000% | 1.48 | |
| 8.0000% | 92.0000% | 1.41 | |
| 9.0000% | 91.0000% | 1.34 | |
| 10.0000% | 90.0000% | 1.28 | Nivå omnämnd i litteraturen (Gävle) |
| 20.0000% | 80.0000% | 0.84 | Förslag från (enligt Figur 29) |
| 30.0000% | 70.0000% | 0.52 | Förslag till (enligt Figur 29) |
| 40.0000% | 60.0000% | 0.25 | |
| 50.0000% | 50.0000% | 0.00 | |

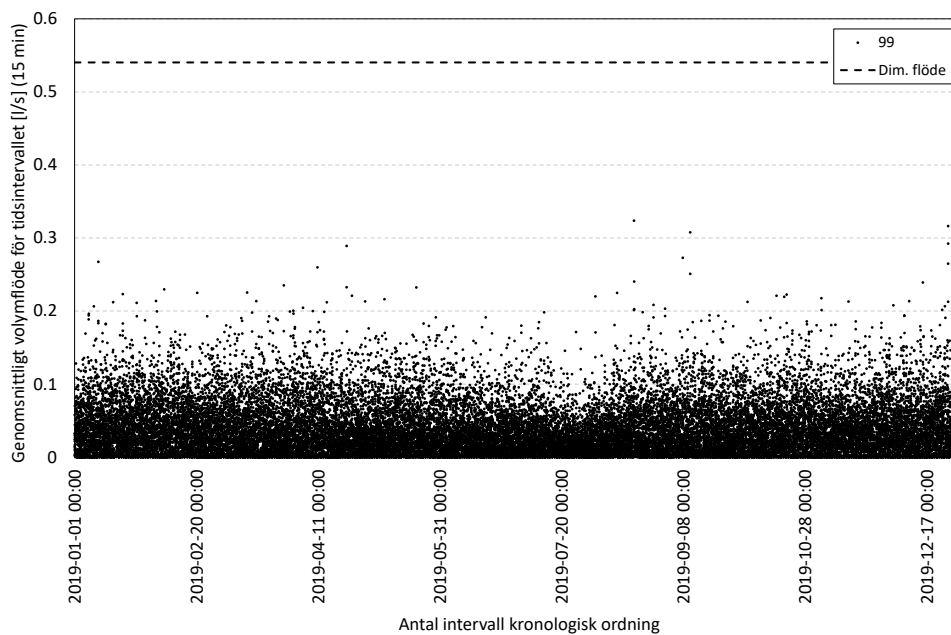
Bilaga B: Datagrupp 1: Årlig distribution av 15-minutersdata



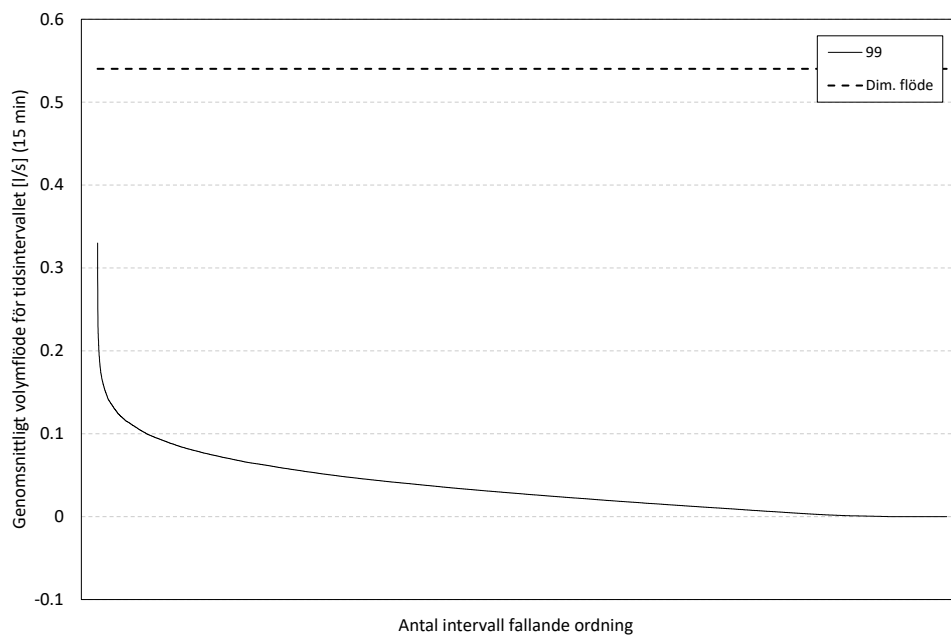
Figur 31. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 28 lägenheter (kronologisk ordning).



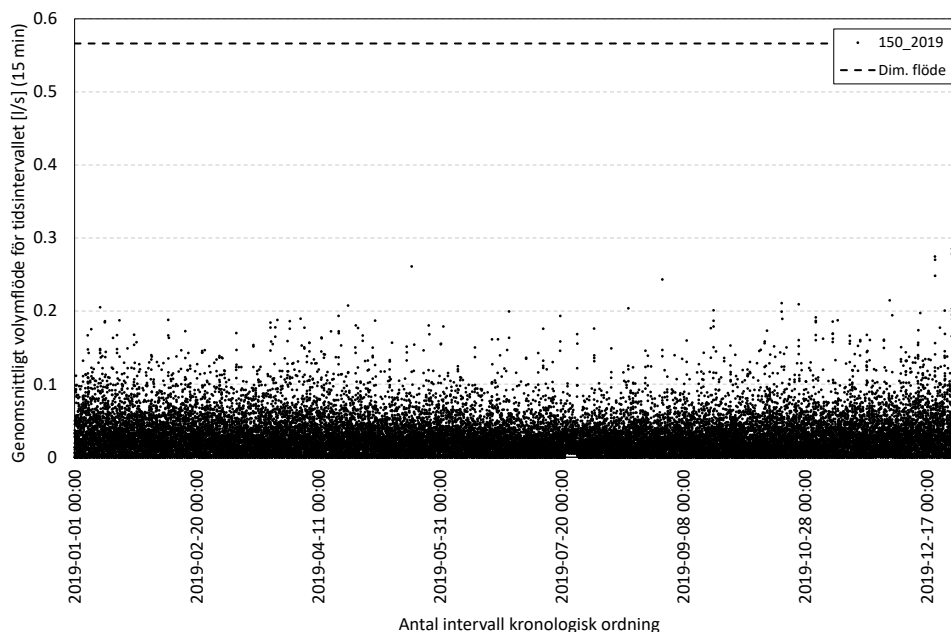
Figur 32. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 28 lägenheter (fallande ordning).



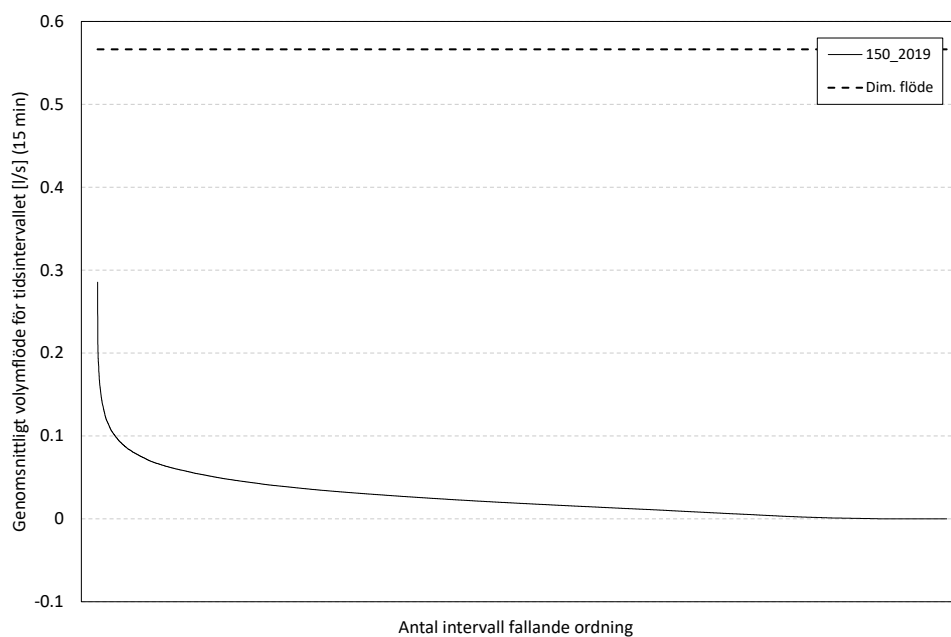
Figur 33. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 39 lägenheter (kronologisk ordning).



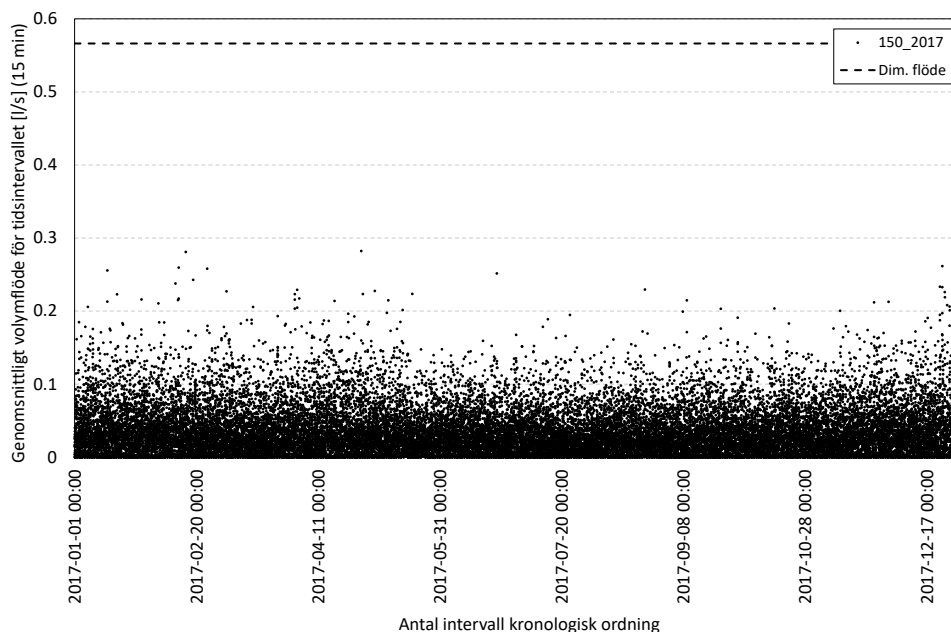
Figur 34. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 39 lägenheter (fallande ordning).



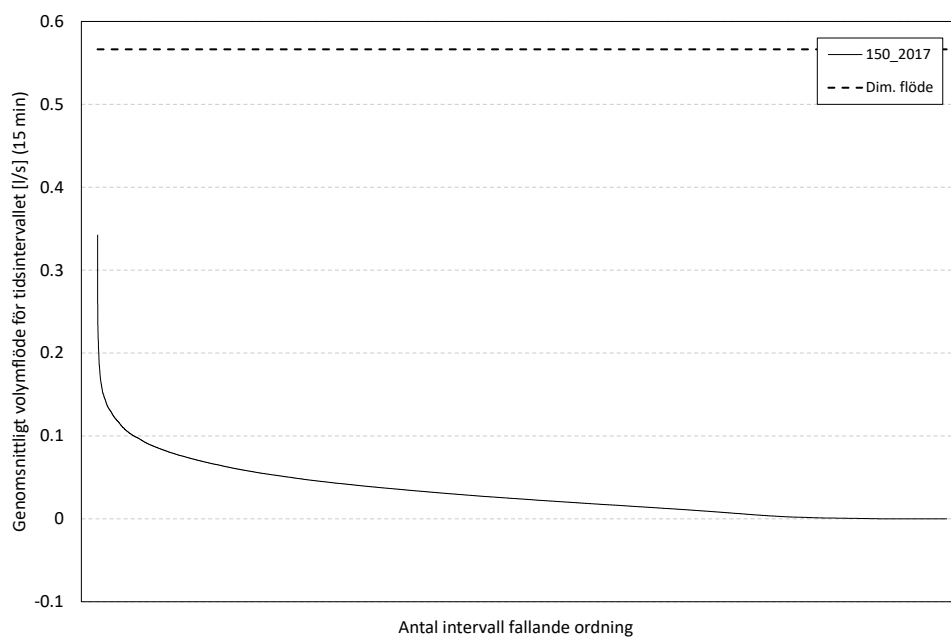
Figur 35. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 43 lägenheter (kronologisk ordning).



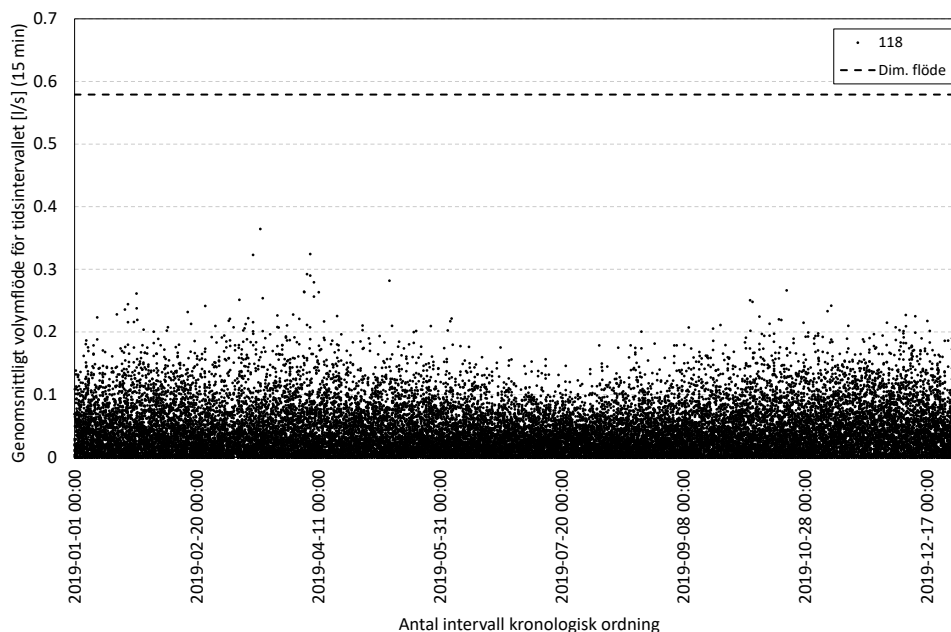
Figur 36. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 43 lägenheter (fallande ordning).



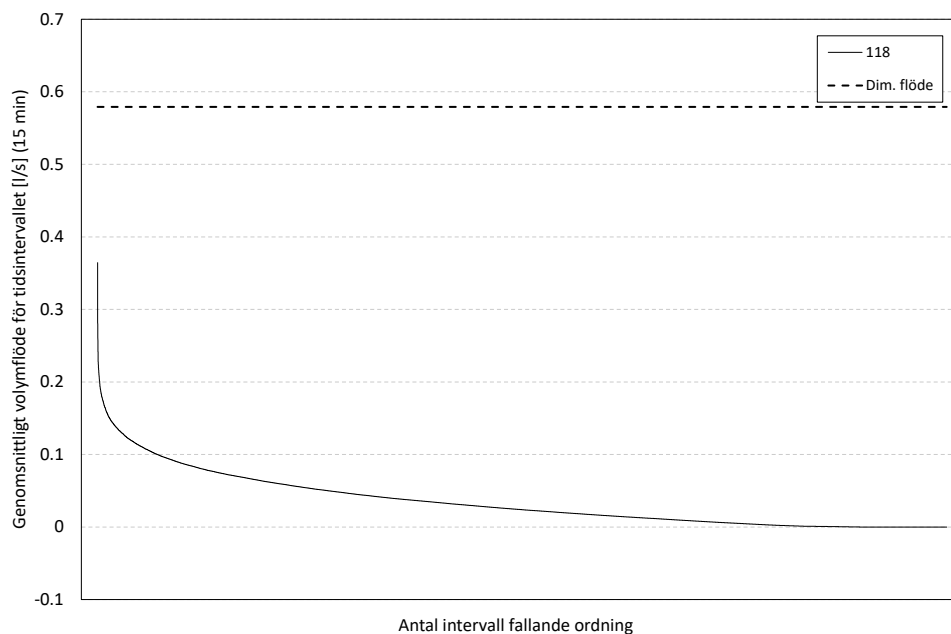
Figur 37. Uppmätt varmvattenflöde för 2017 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 43 lägenheter (kronologisk ordning).



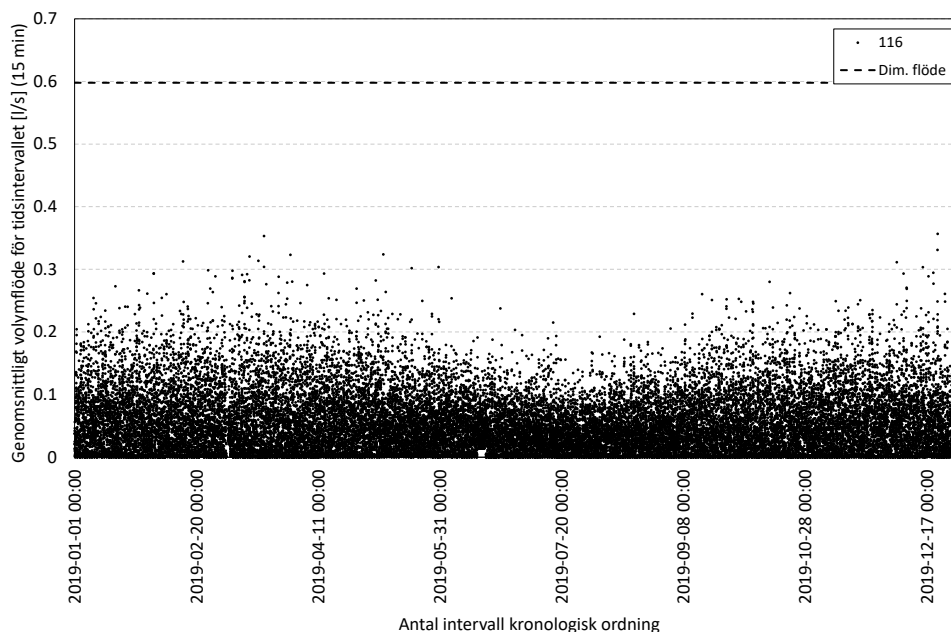
Figur 38. Uppmätt varmvattenflöde för 2017 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 43 lägenheter (fallande ordning).



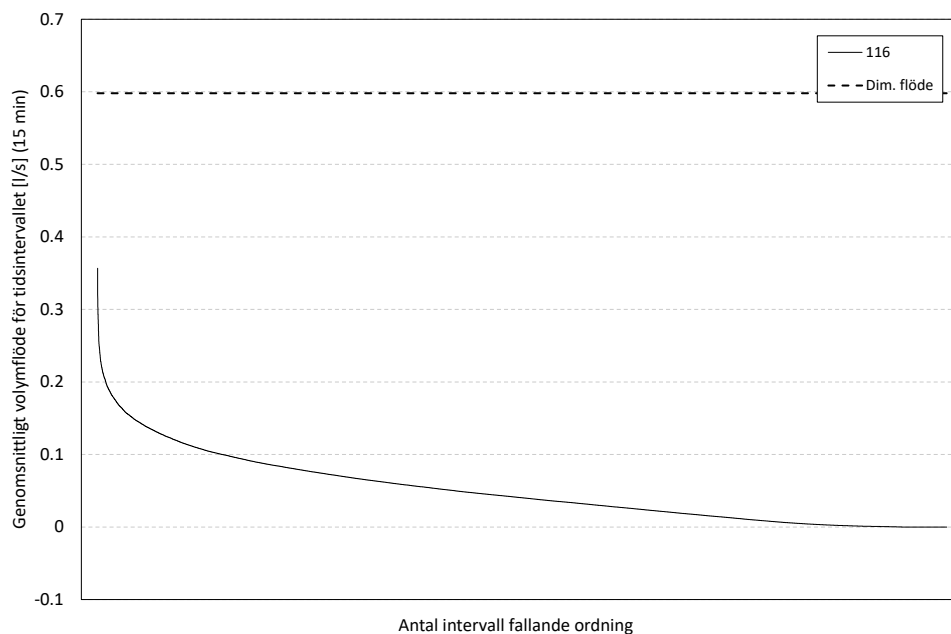
Figur 39. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 45 lägenheter (kronologisk ordning).



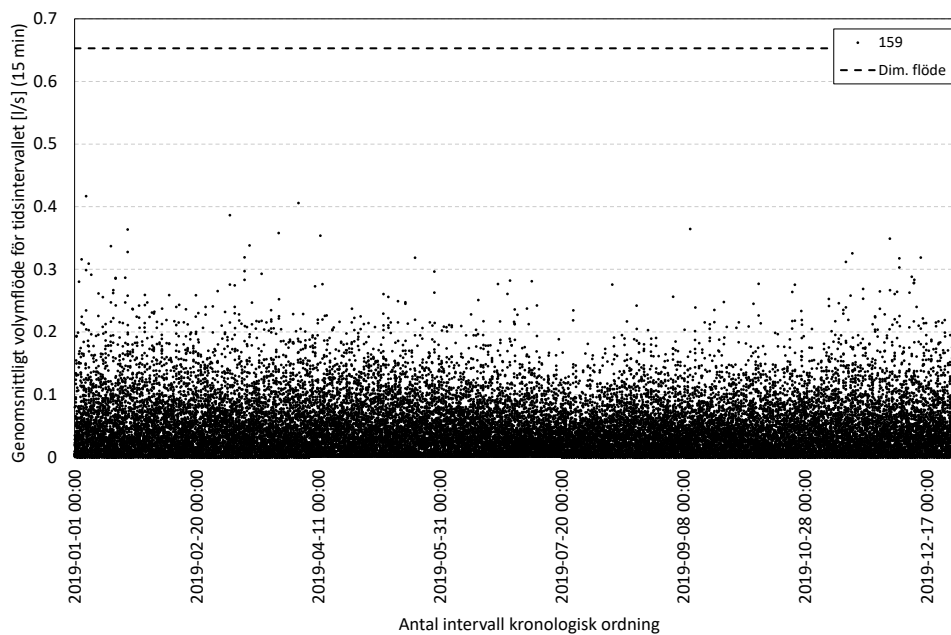
Figur 40. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 45 lägenheter (fallande ordning).



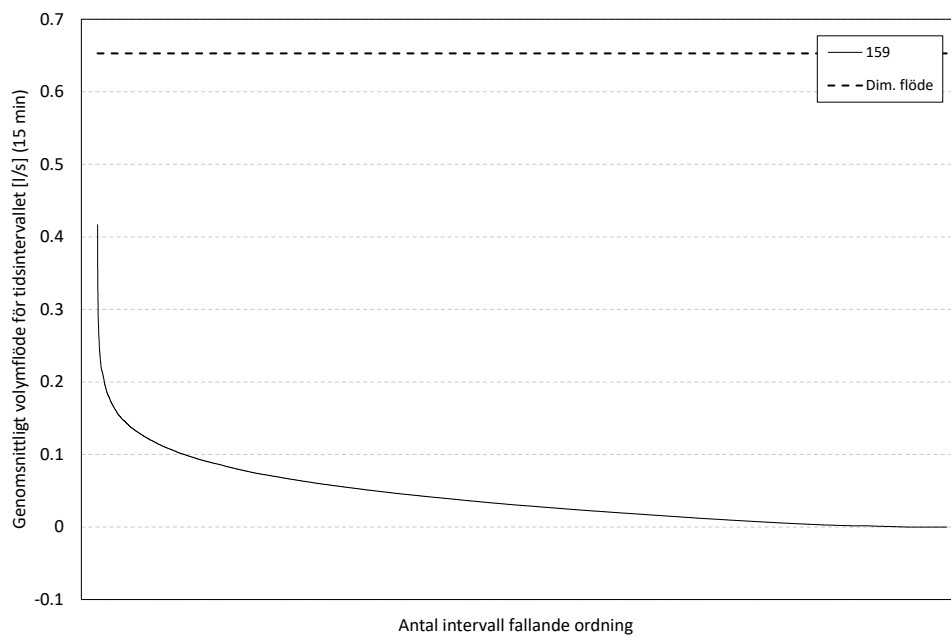
Figur 41. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 48 lägenheter (kronologisk ordning).



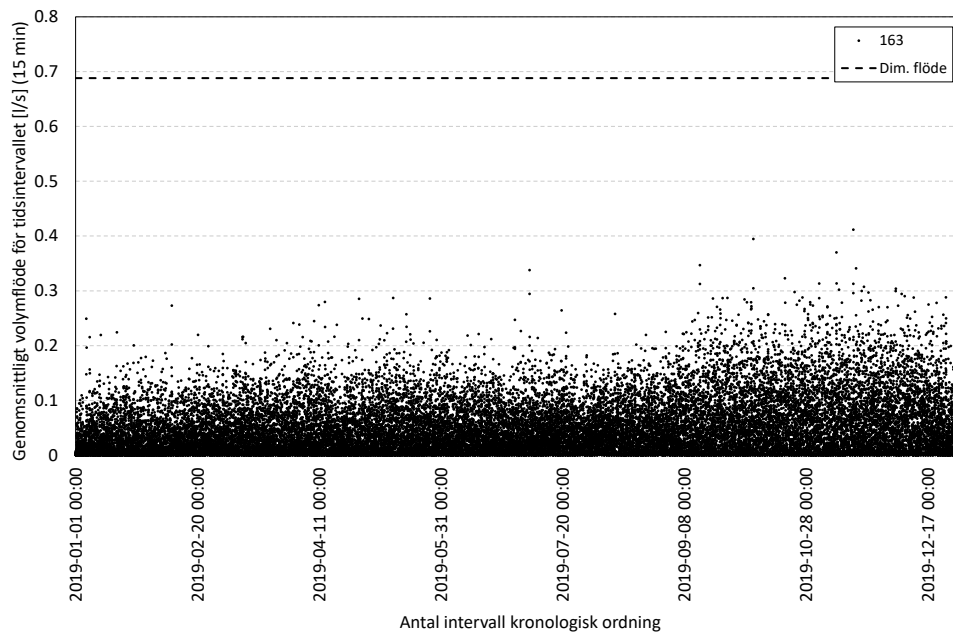
Figur 42. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 48 lägenheter (fallande ordning).



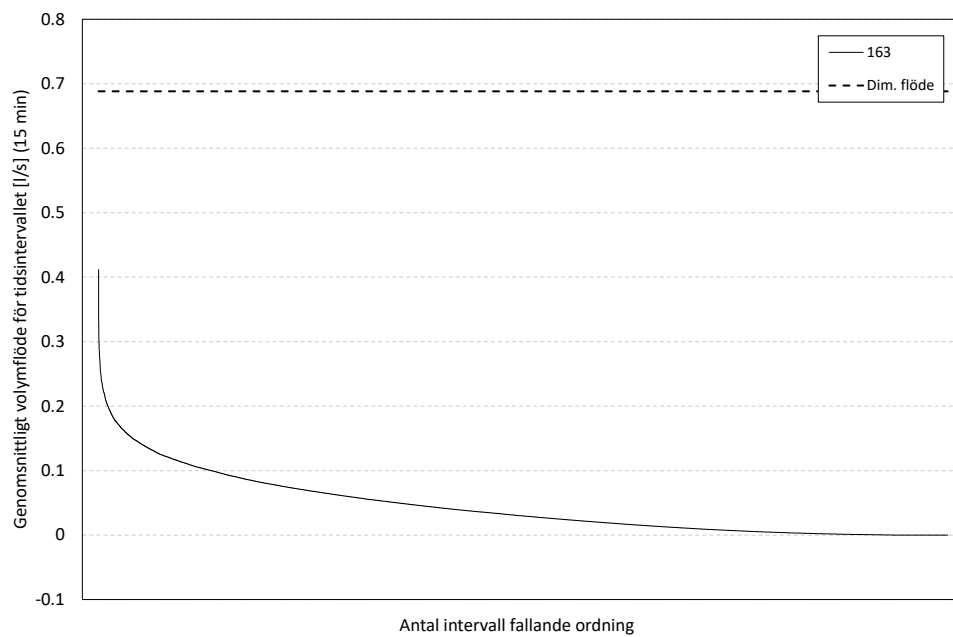
Figur 43. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 57 lägenheter (kronologisk ordning).



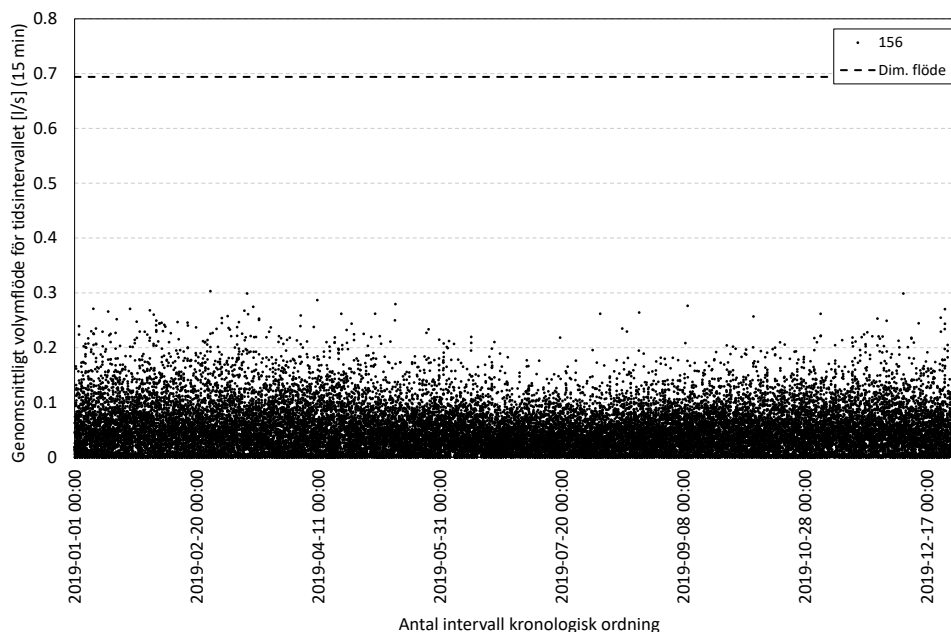
Figur 44. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 57 lägenheter (fallande ordning).



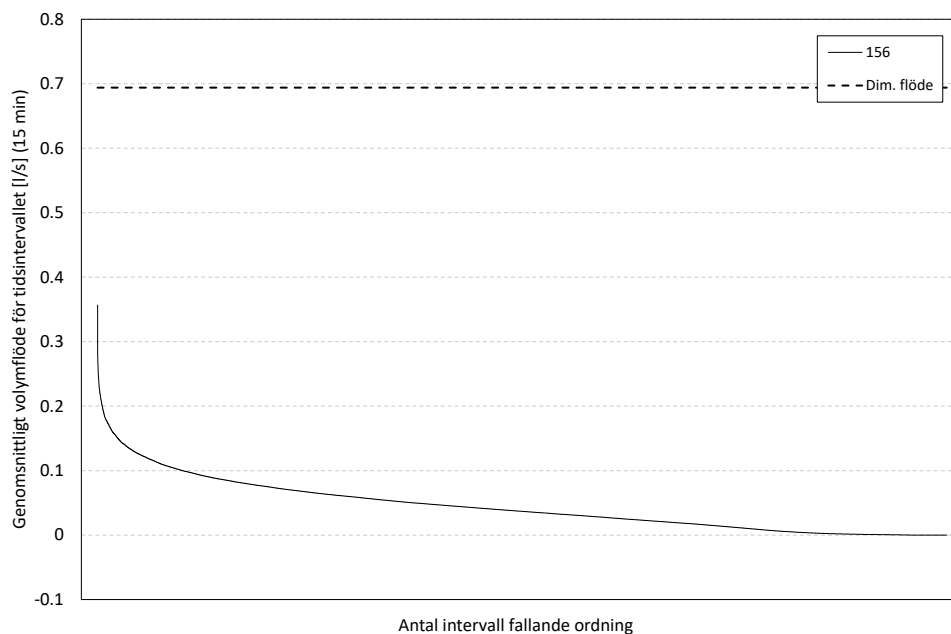
Figur 45. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 63 lägenheter (kronologisk ordning).



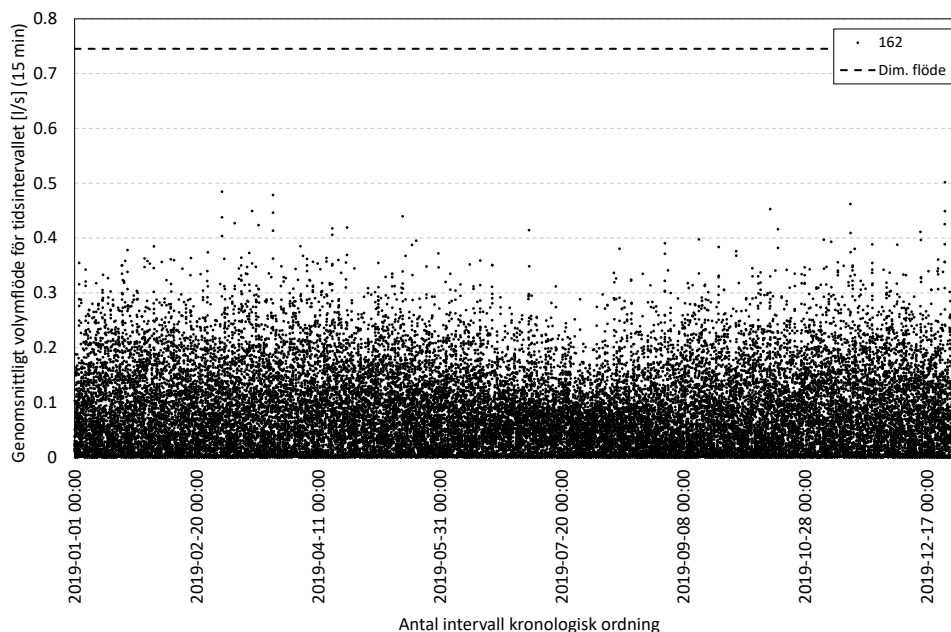
Figur 46. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 63 lägenheter (fallande ordning).



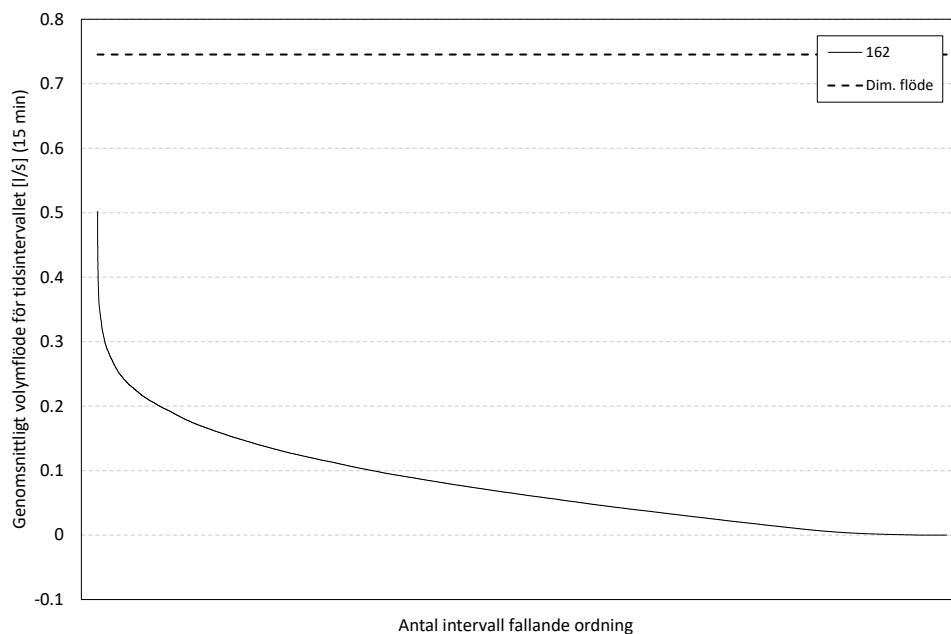
Figur 47. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 64 lägenheter (kronologisk ordning).



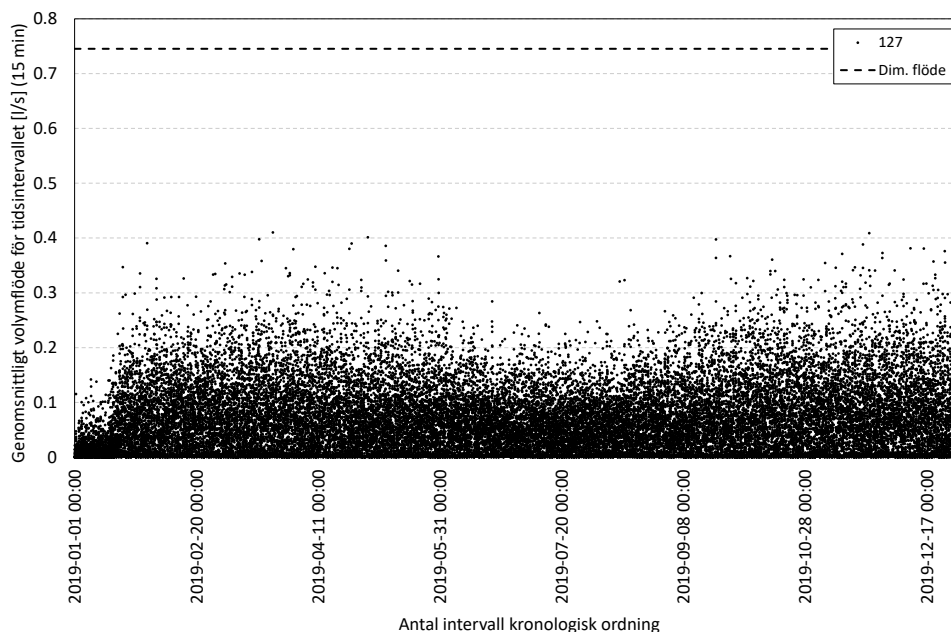
Figur 48. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 64 lägenheter (fallande ordning).



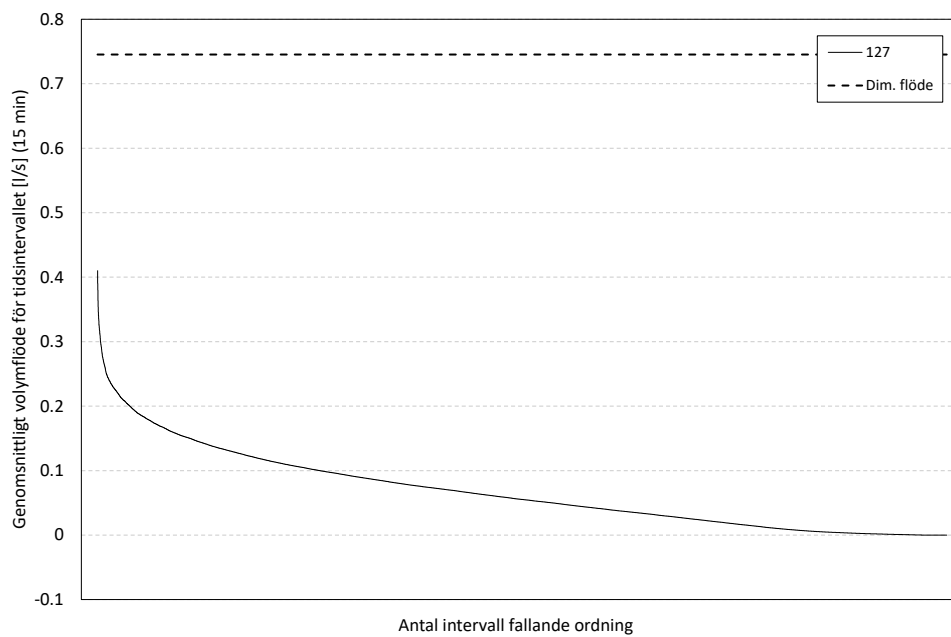
Figur 49. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 73 lägenheter (kronologisk ordning).



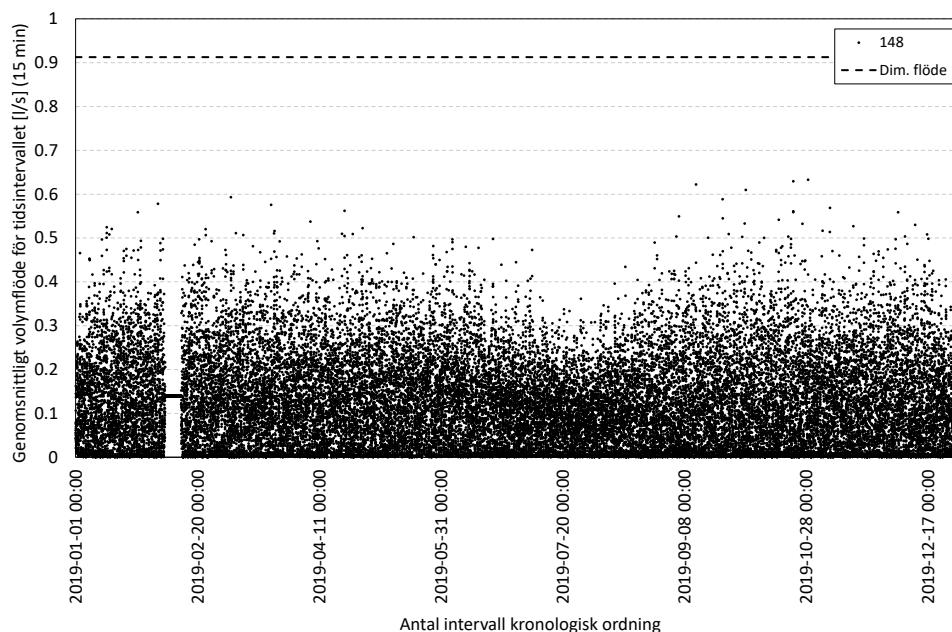
Figur 50. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 73 lägenheter (fallande ordning).



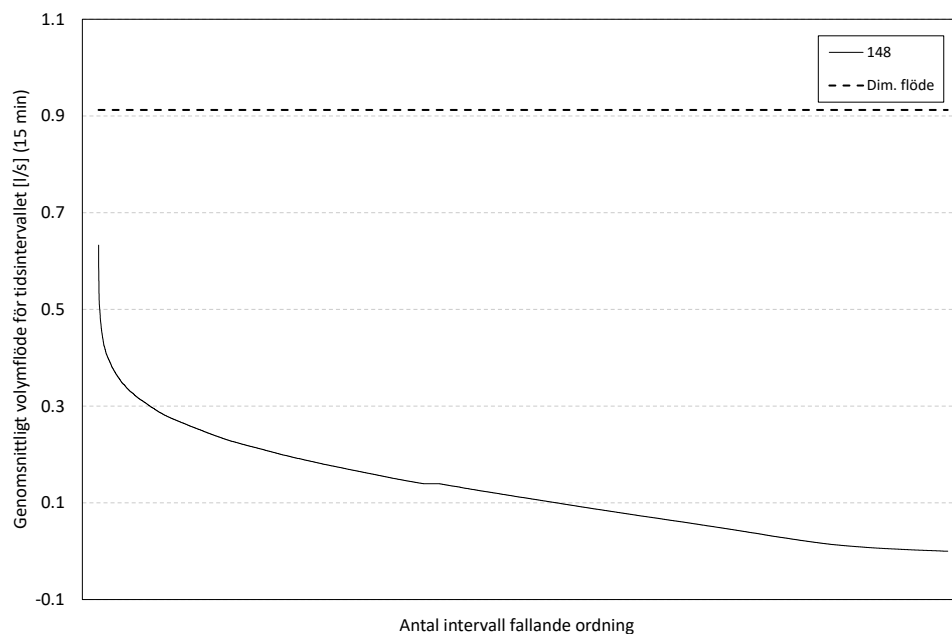
Figur 51. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 73 lägenheter (kronologisk ordning).



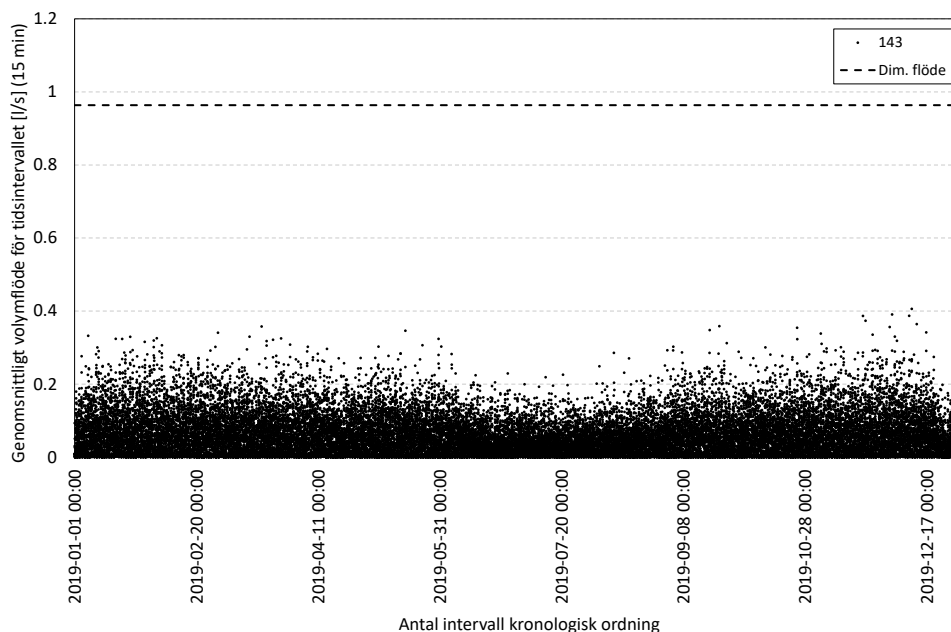
Figur 52. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 73 lägenheter (fallande ordning).



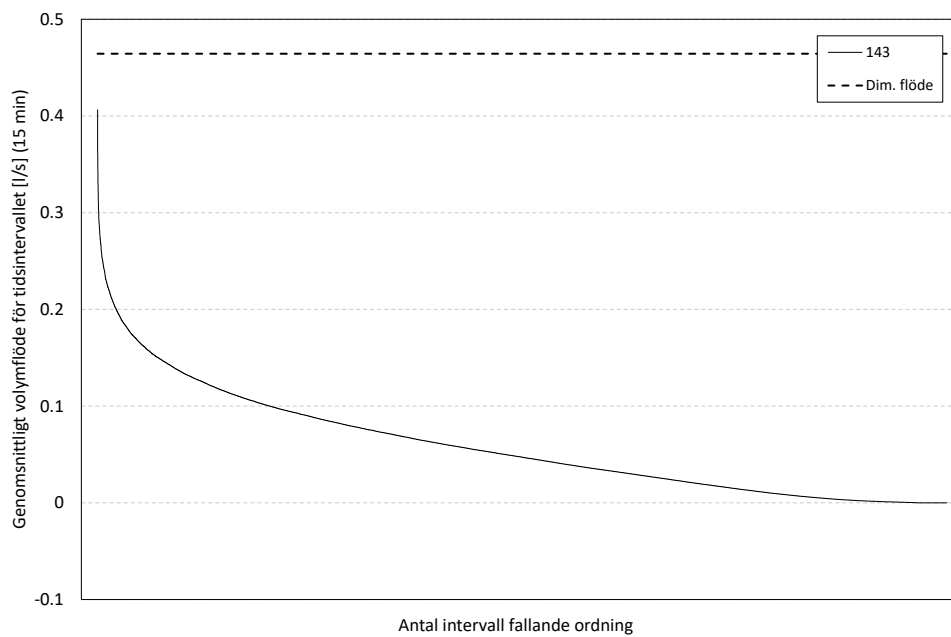
Figur 53. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 104 lägenheter (kronologisk ordning).



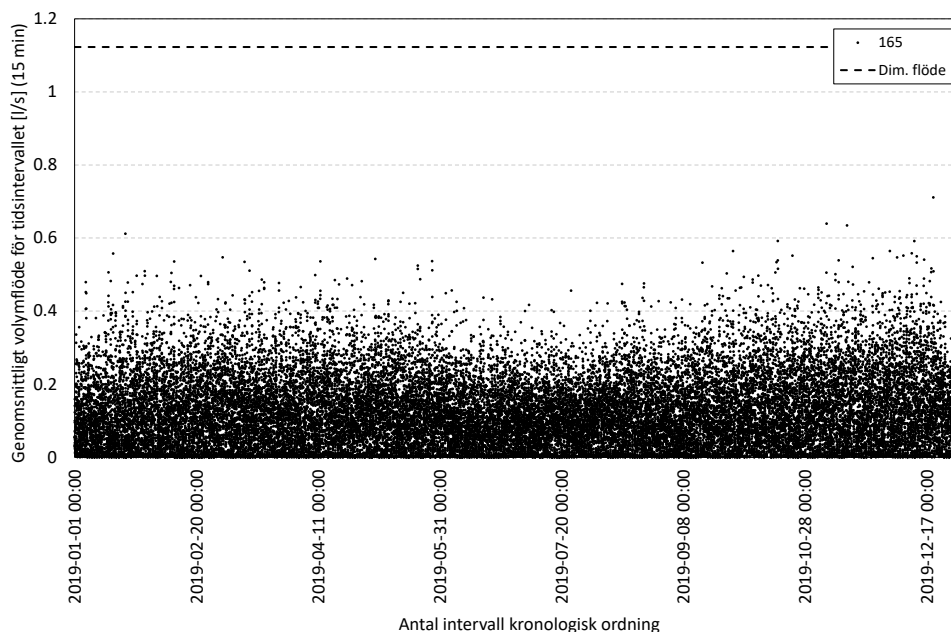
Figur 54. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 104 lägenheter (fallande ordning).



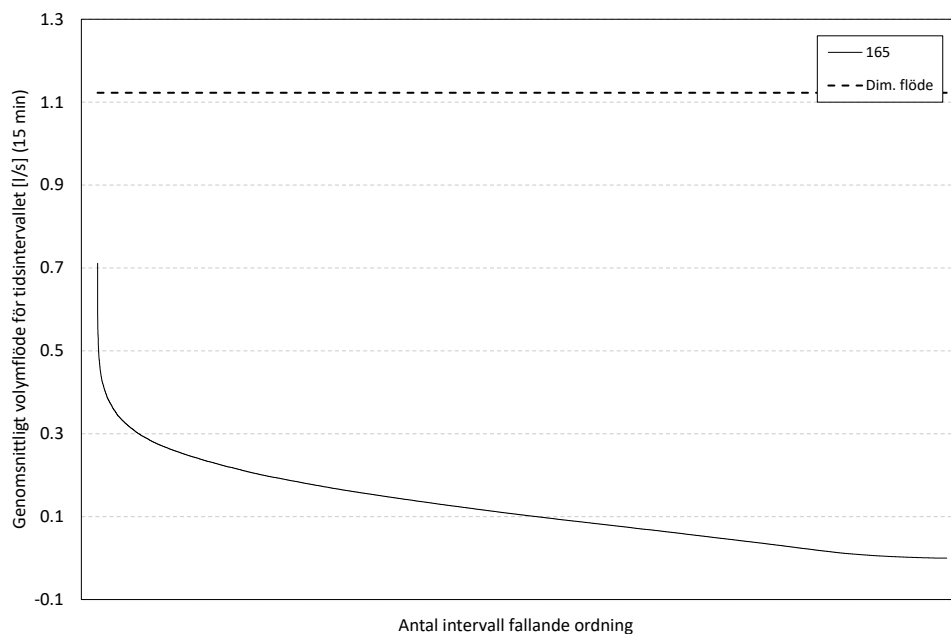
Figur 55. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 114 lägenheter (kronologisk ordning).



Figur 56. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 114 lägenheter (fallande ordning).

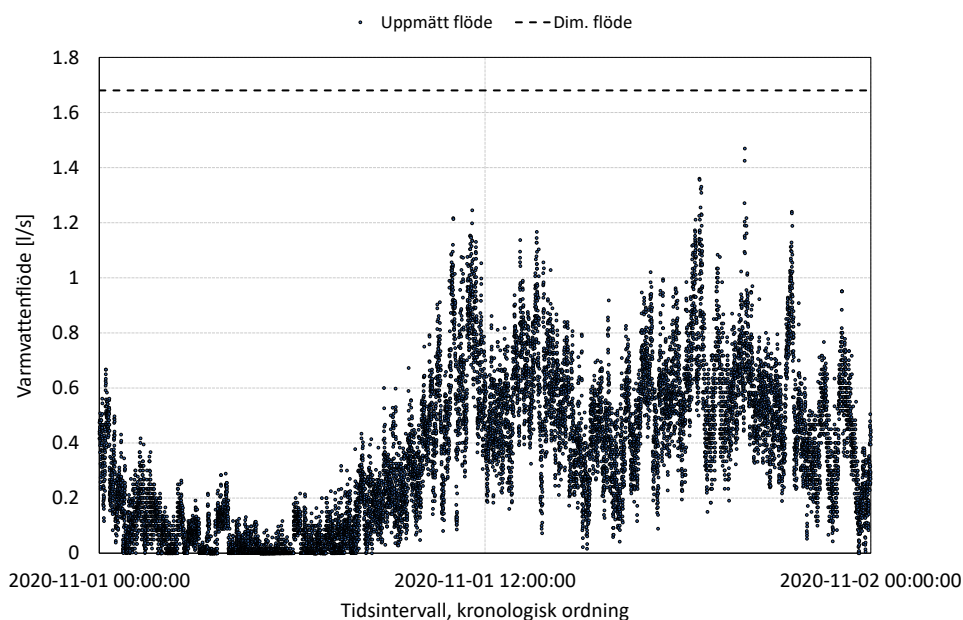


Figur 57. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 146 lägenheter (kronologisk ordning).

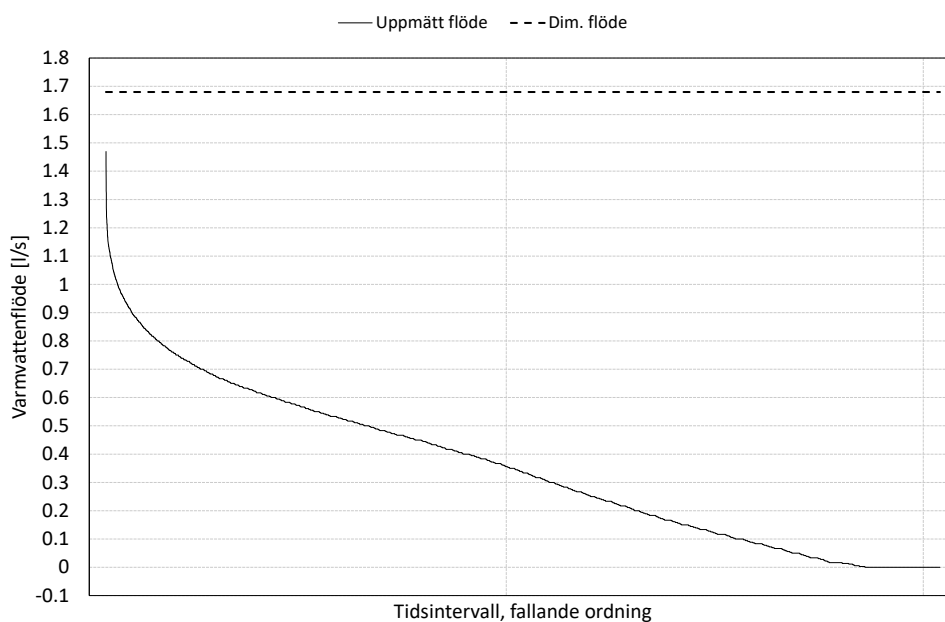


Figur 58. Uppmätt varmvattenflöde för 2019 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 146 lägenheter (fallande ordning).

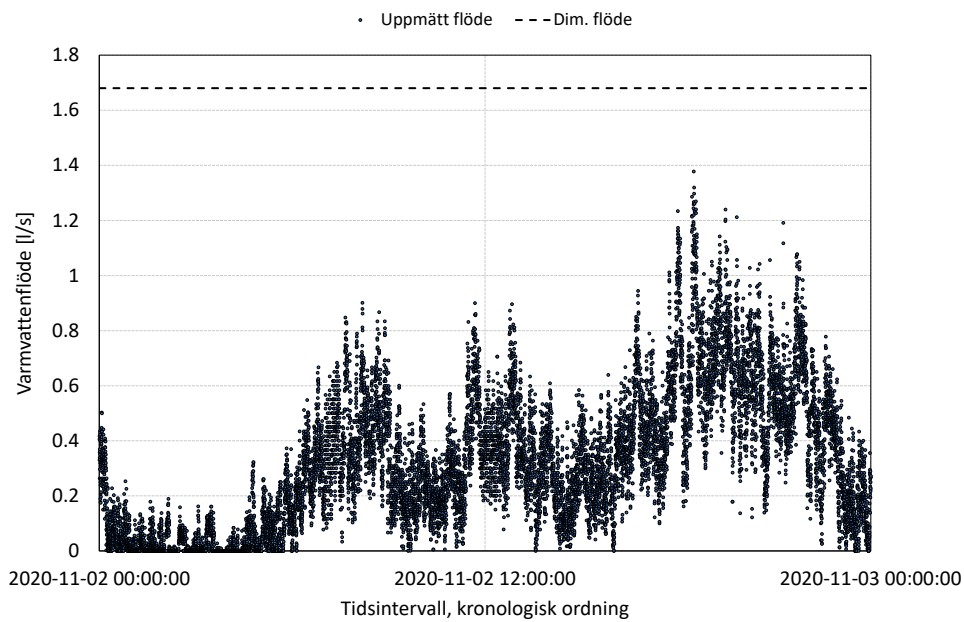
Bilaga C: Datagrupp 2: Dygnsfördelning av 6-sekundersvärden



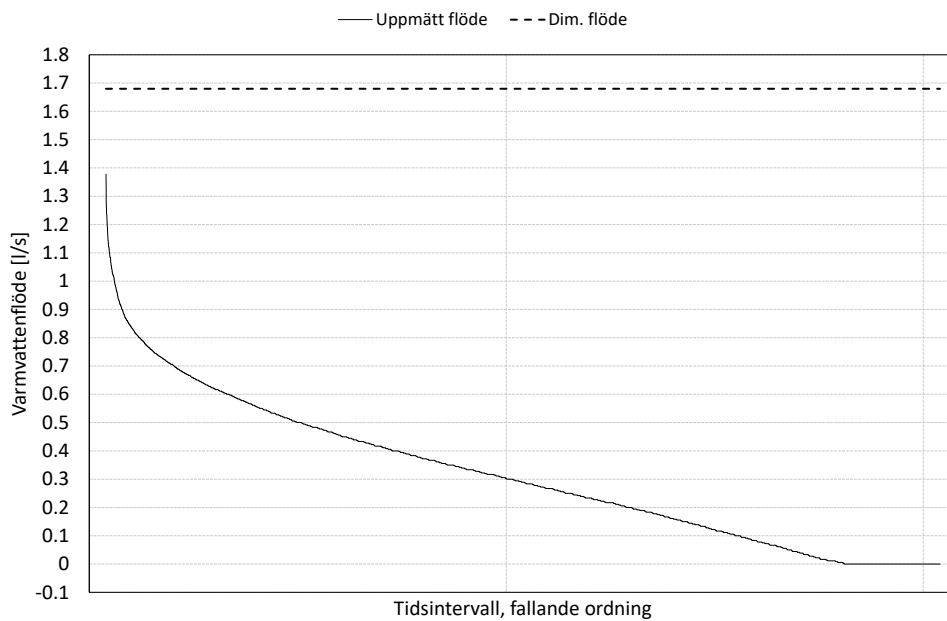
Figur 59. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-01 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



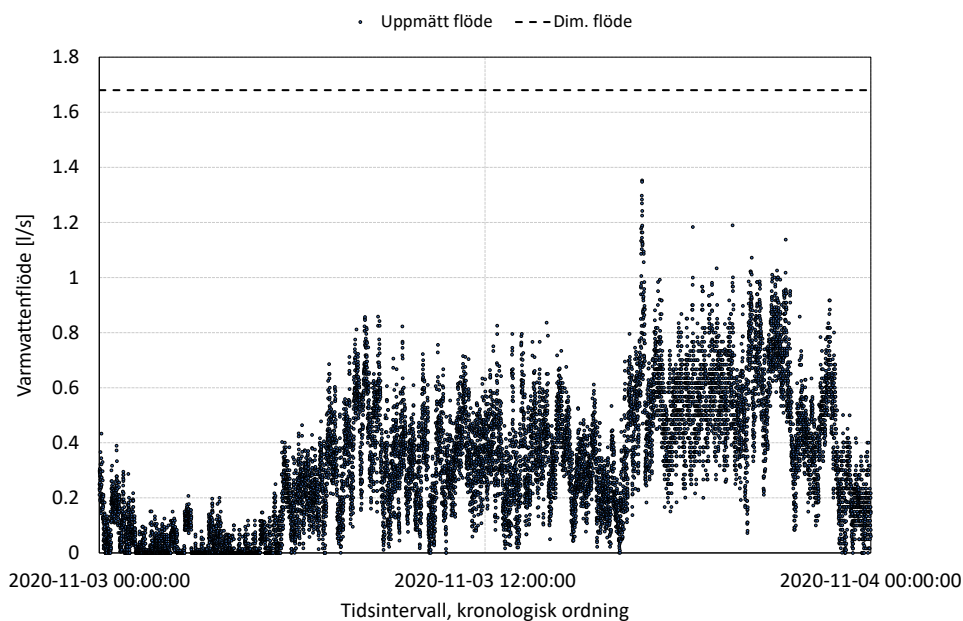
Figur 60. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-01 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



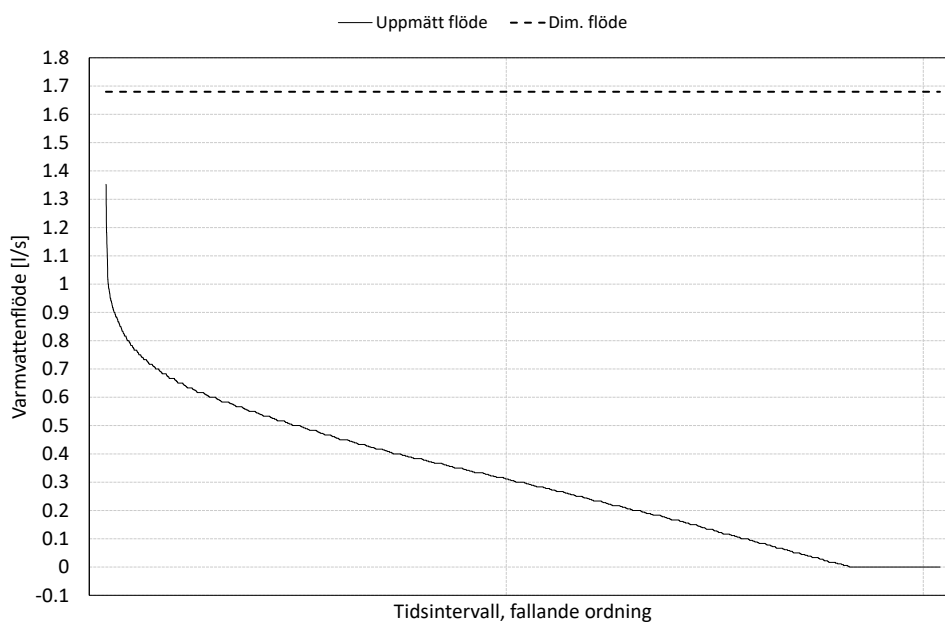
Figur 61. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-02 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



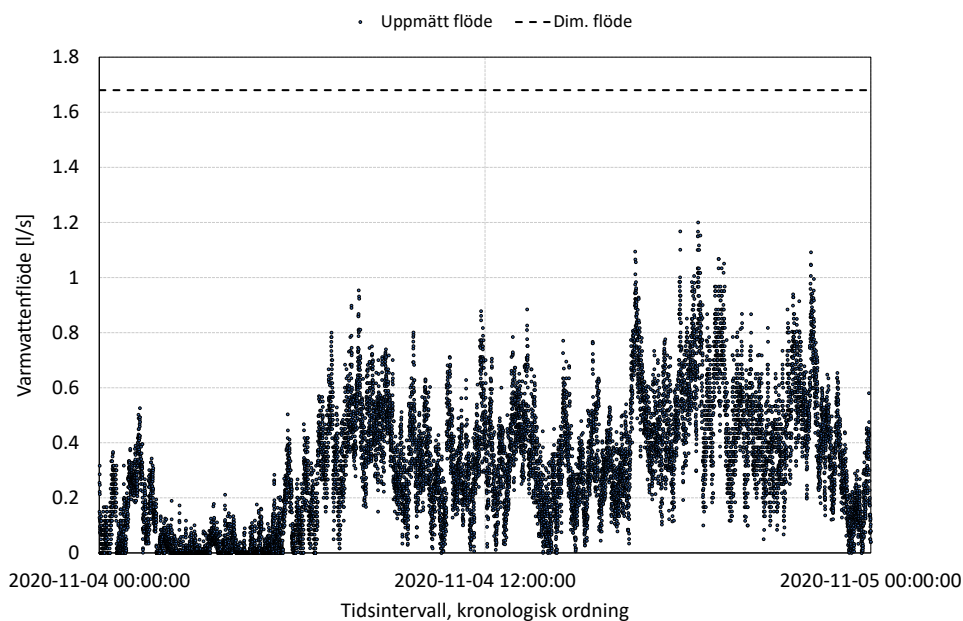
Figur 62. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-02 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



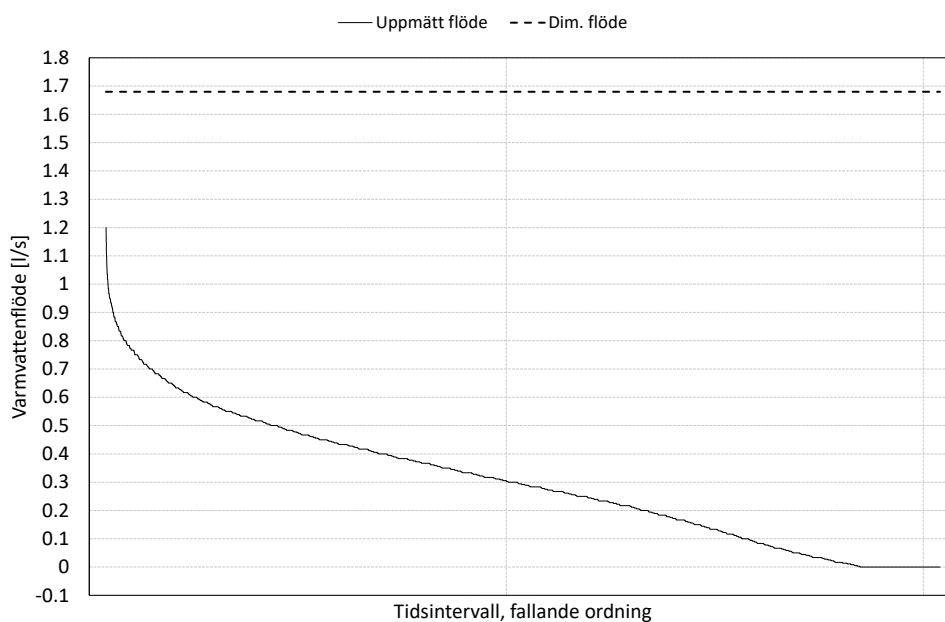
Figur 63. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-03 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



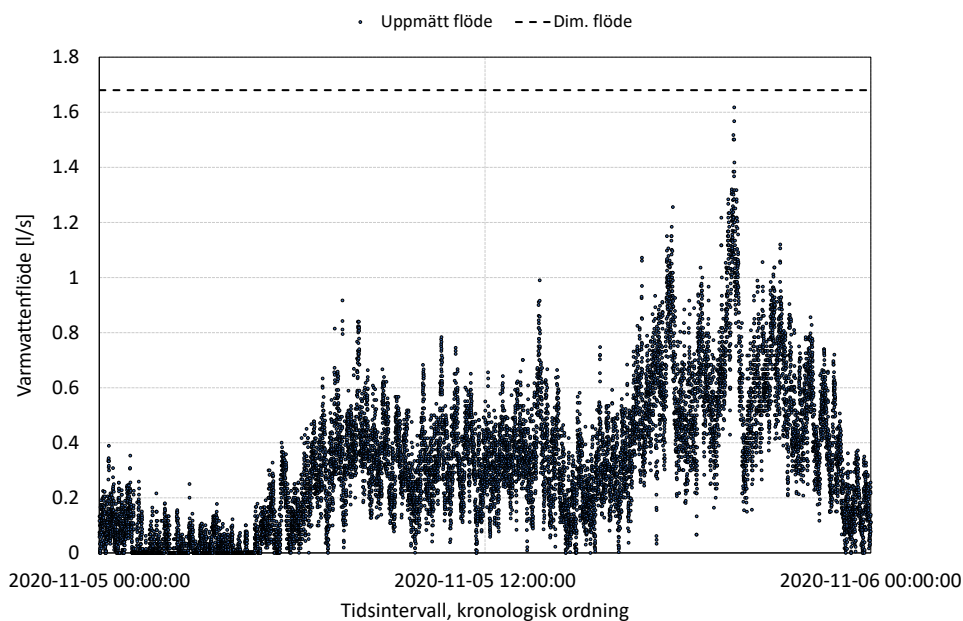
Figur 64. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-03 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



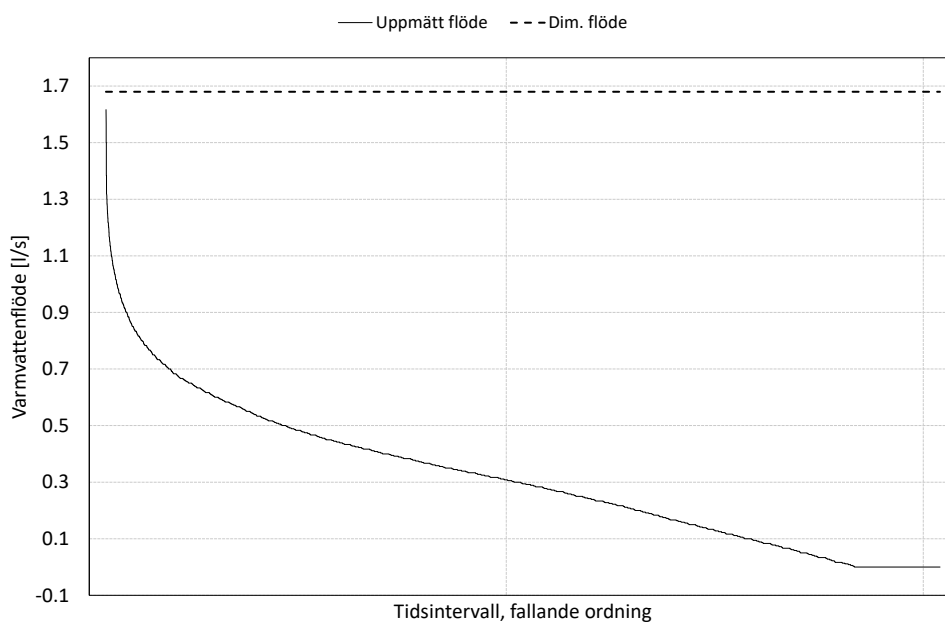
Figur 65. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-04 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



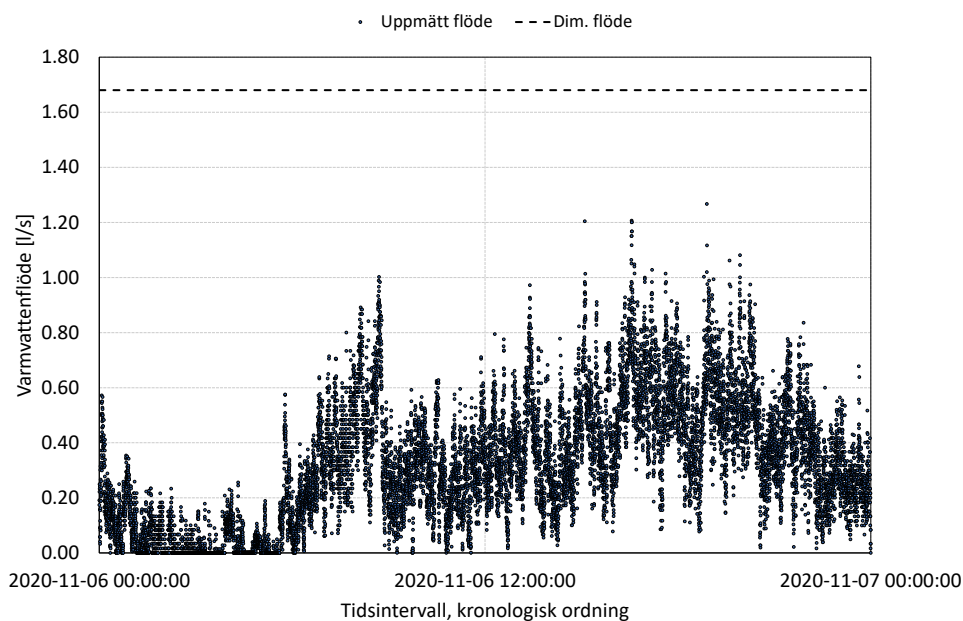
Figur 66. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-04 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



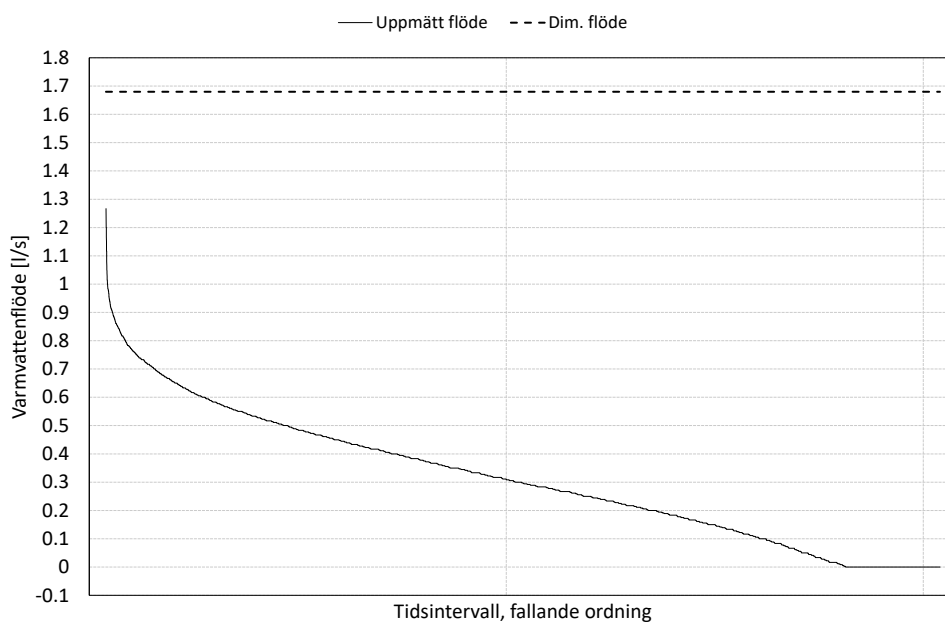
Figur 67. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-05 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



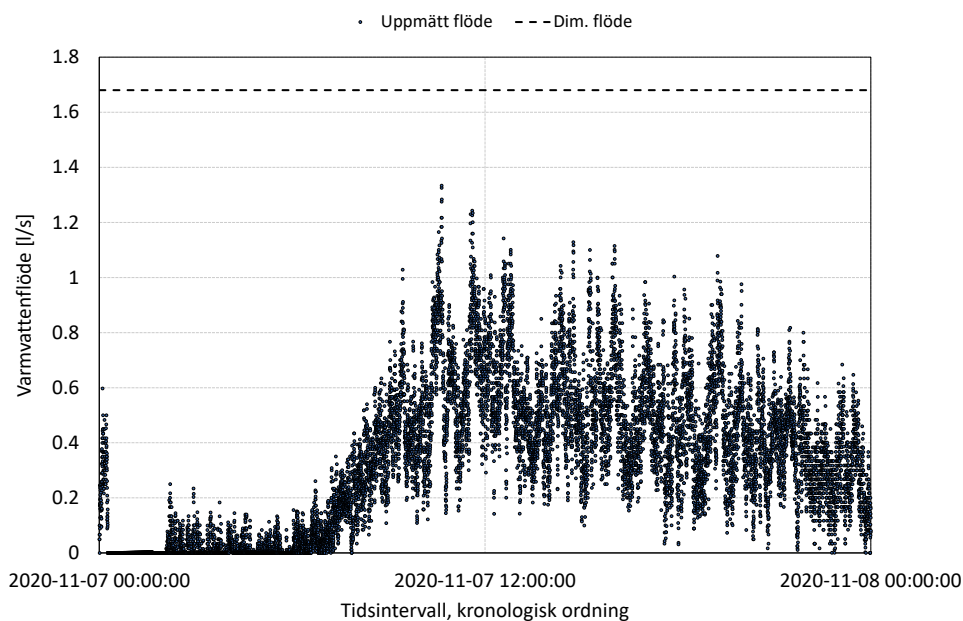
Figur 68. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-05 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



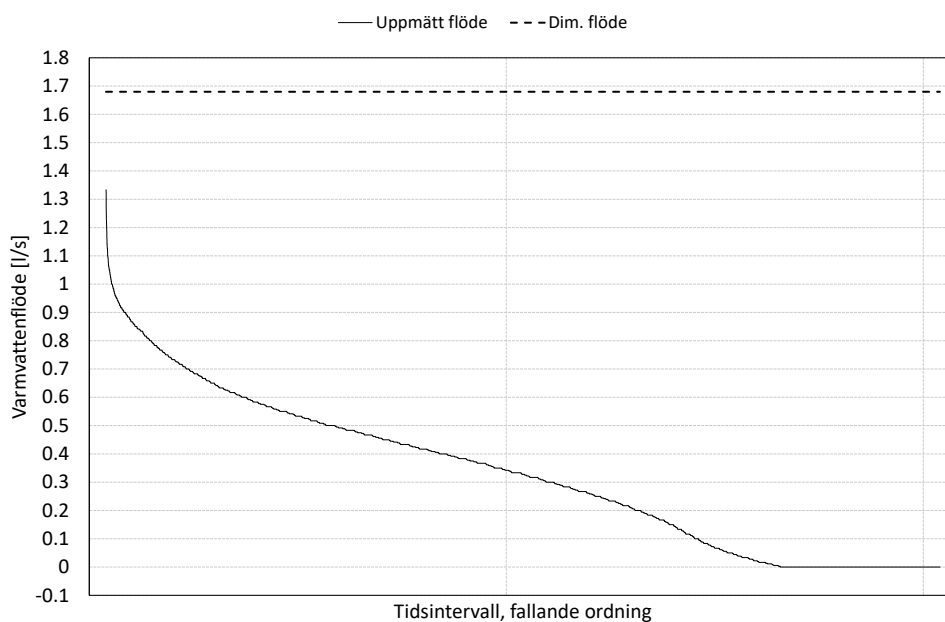
Figur 69. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-06 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



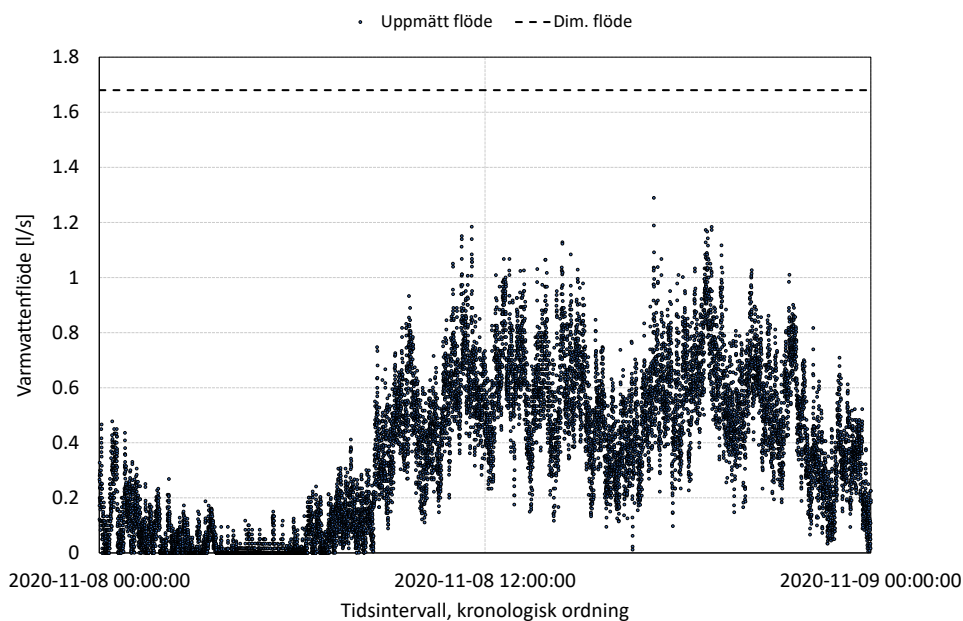
Figur 70. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-06 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



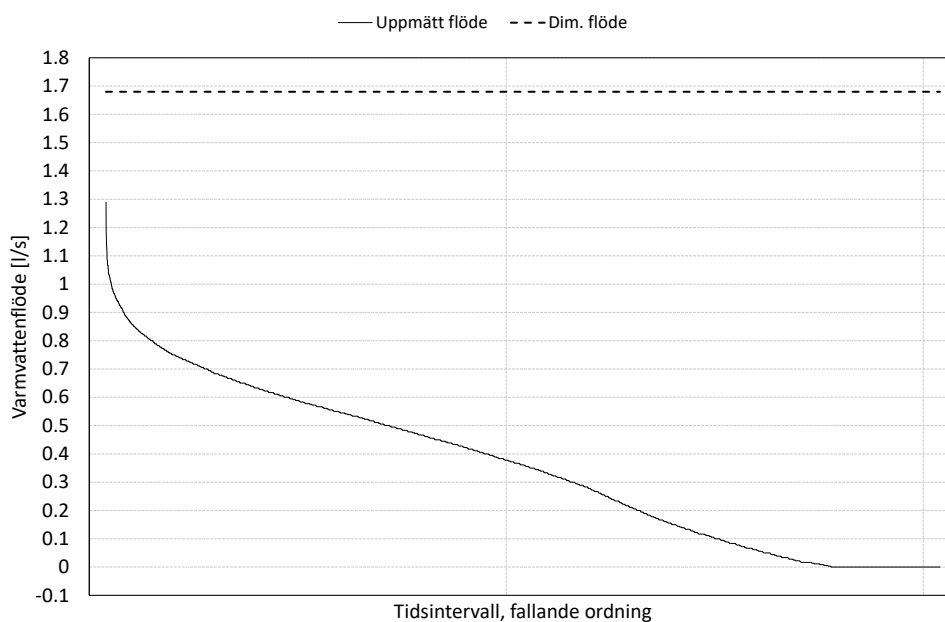
Figur 71. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-07 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



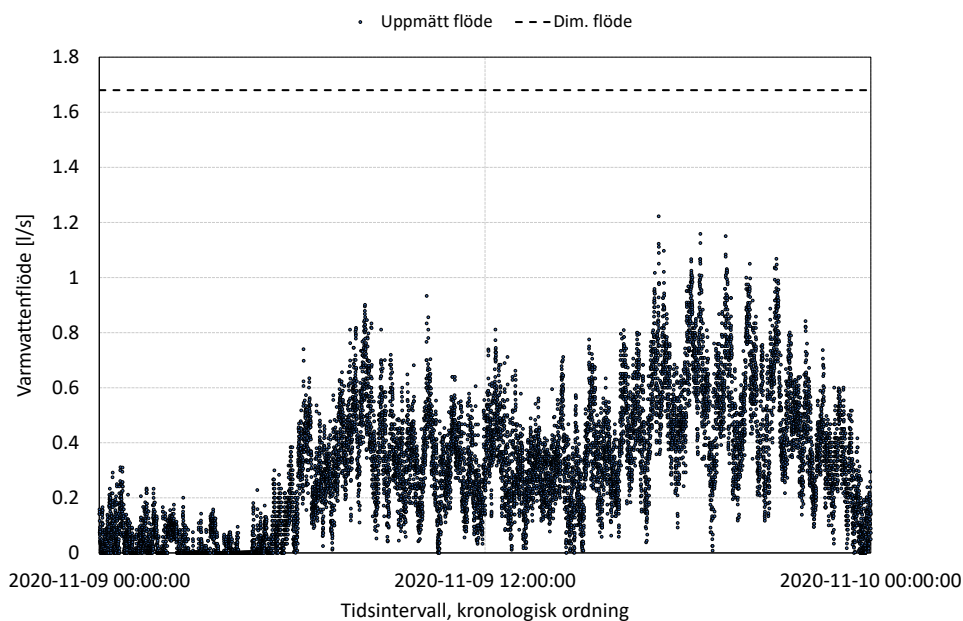
Figur 72. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-07 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



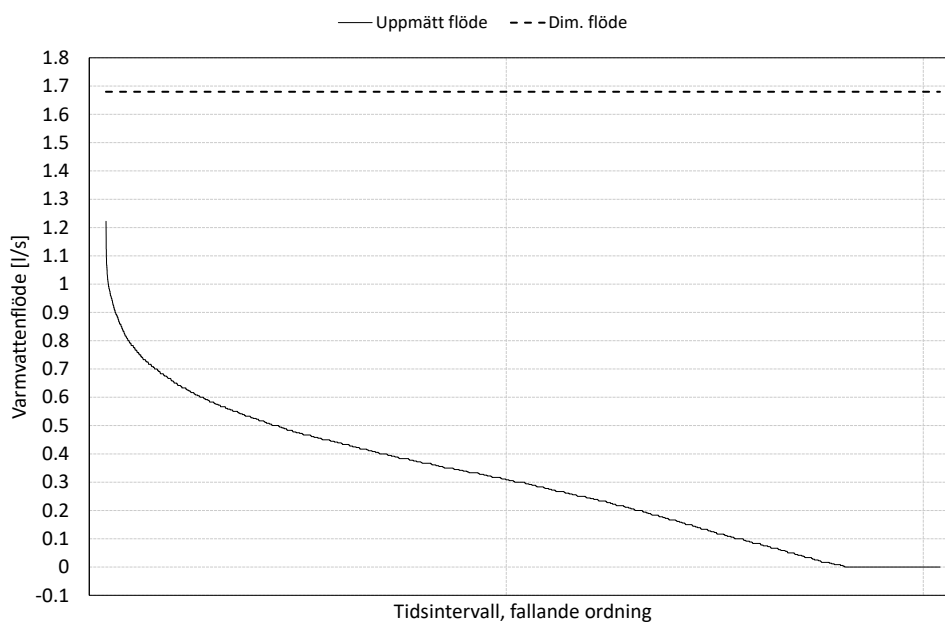
Figur 73. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-08 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



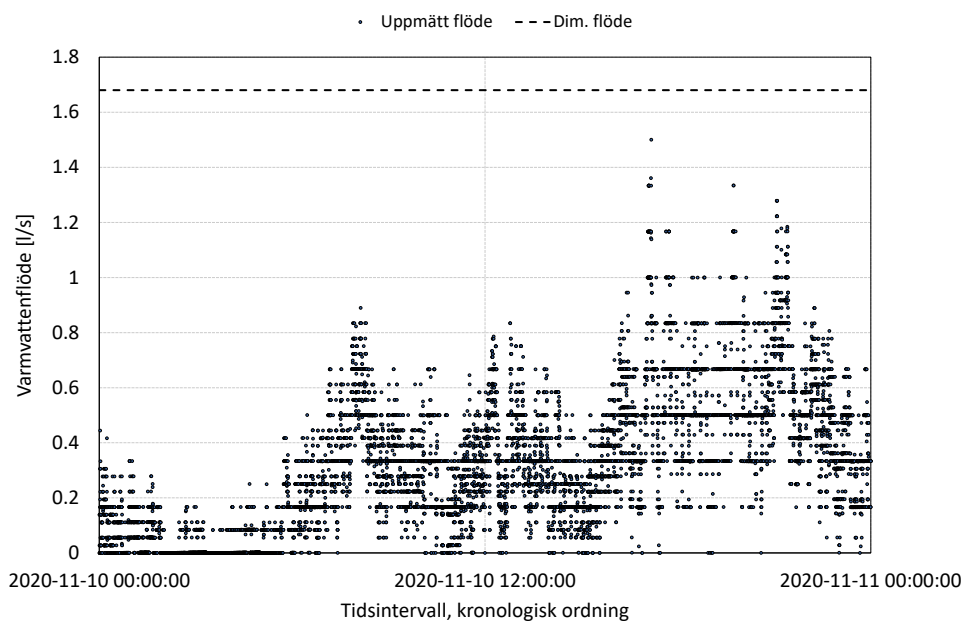
Figur 74. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-08 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



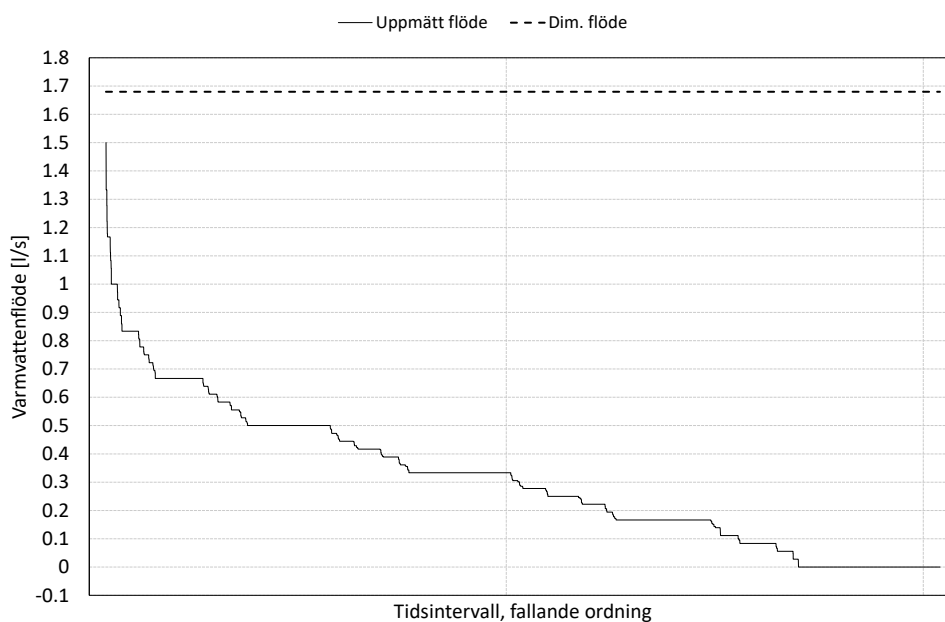
Figur 75. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-09 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



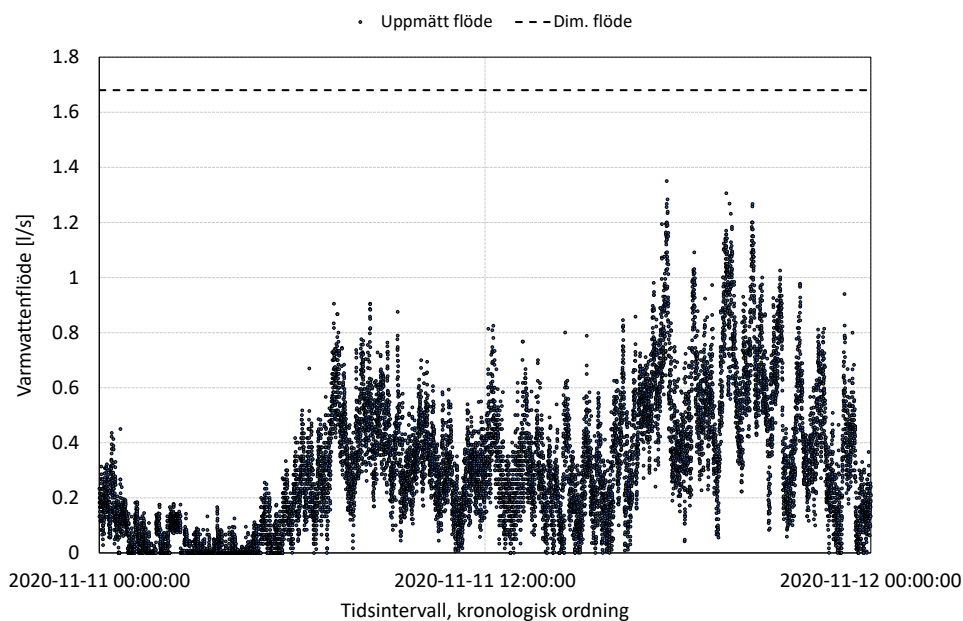
Figur 76. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-09 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



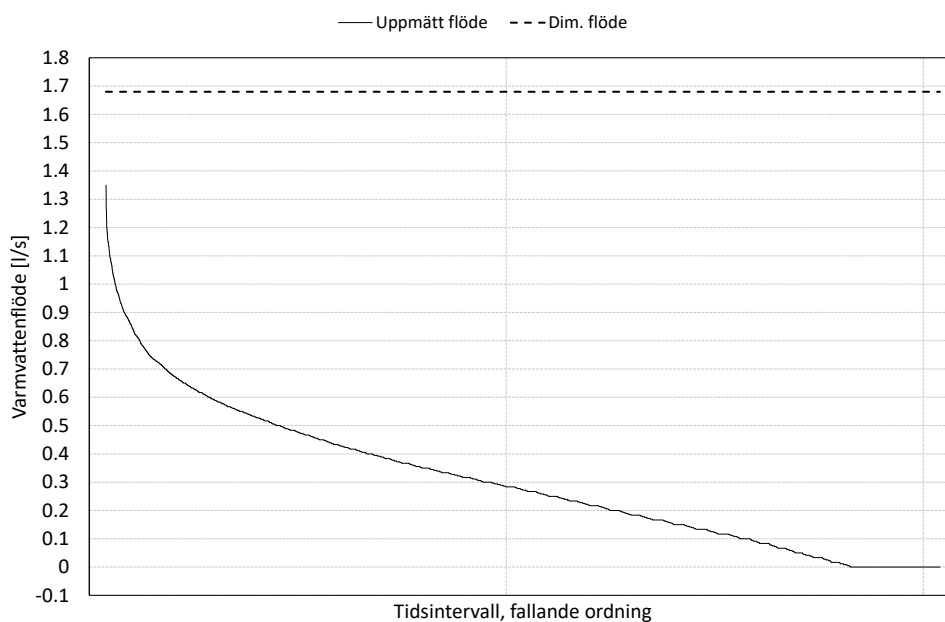
Figur 77. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-10 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



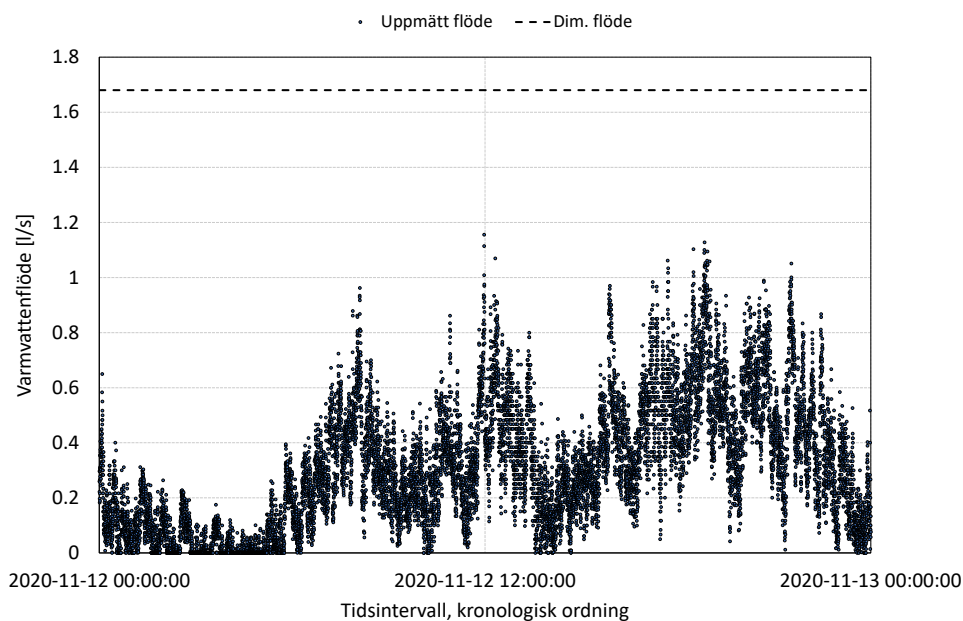
Figur 78. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-10 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



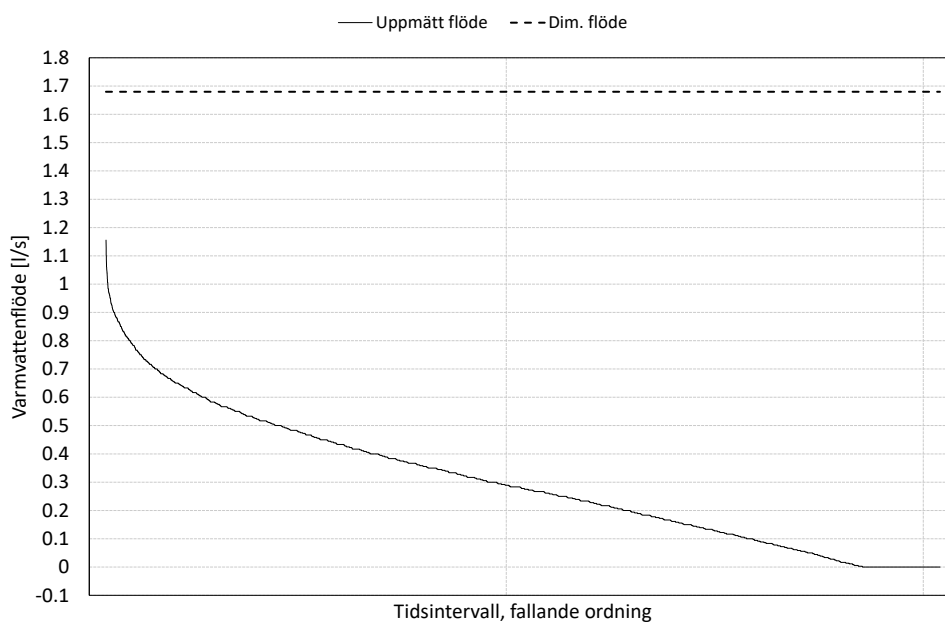
Figur 79. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-11 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



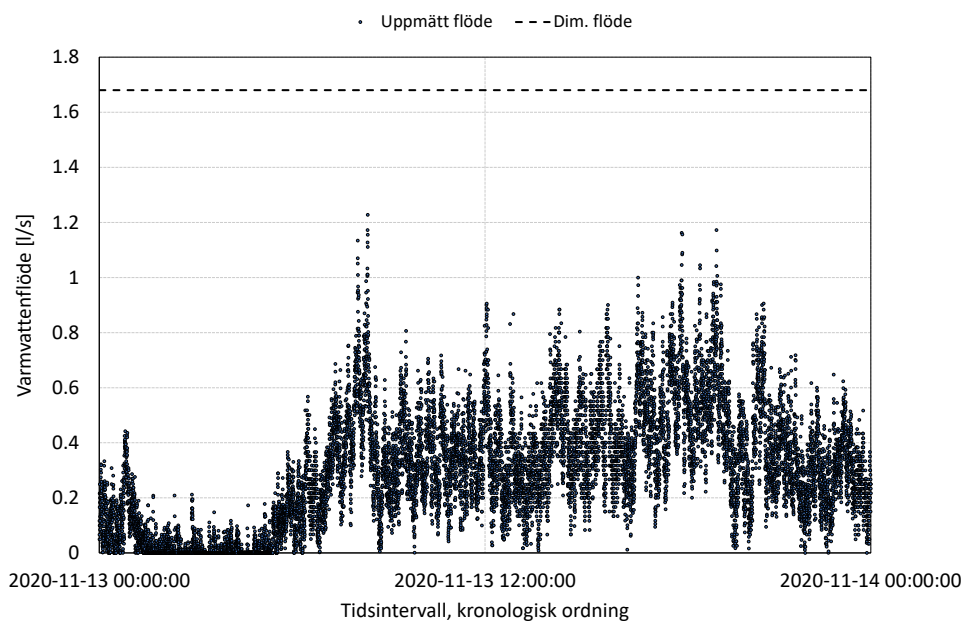
Figur 80. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-11 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



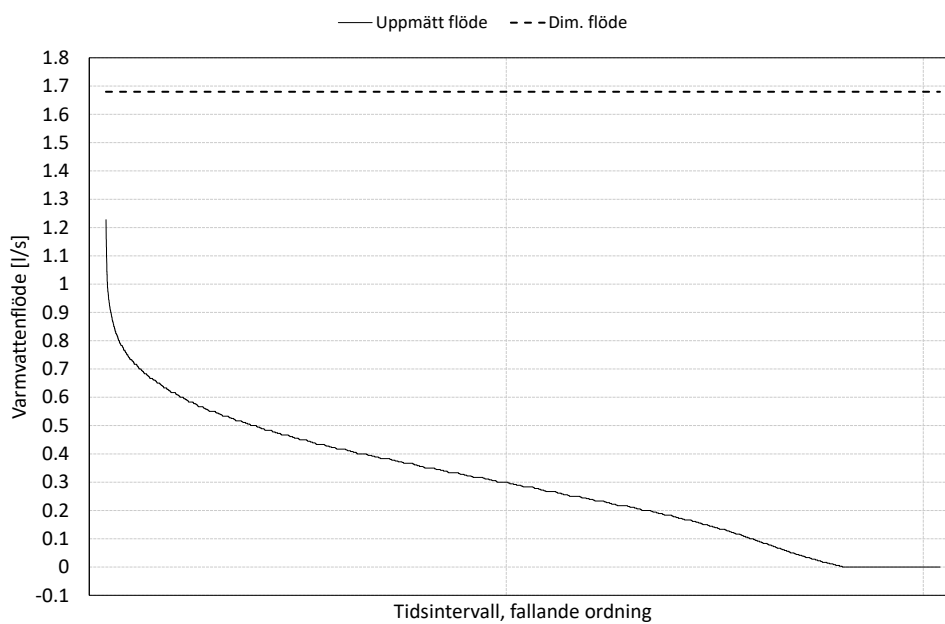
Figur 81. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-12 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



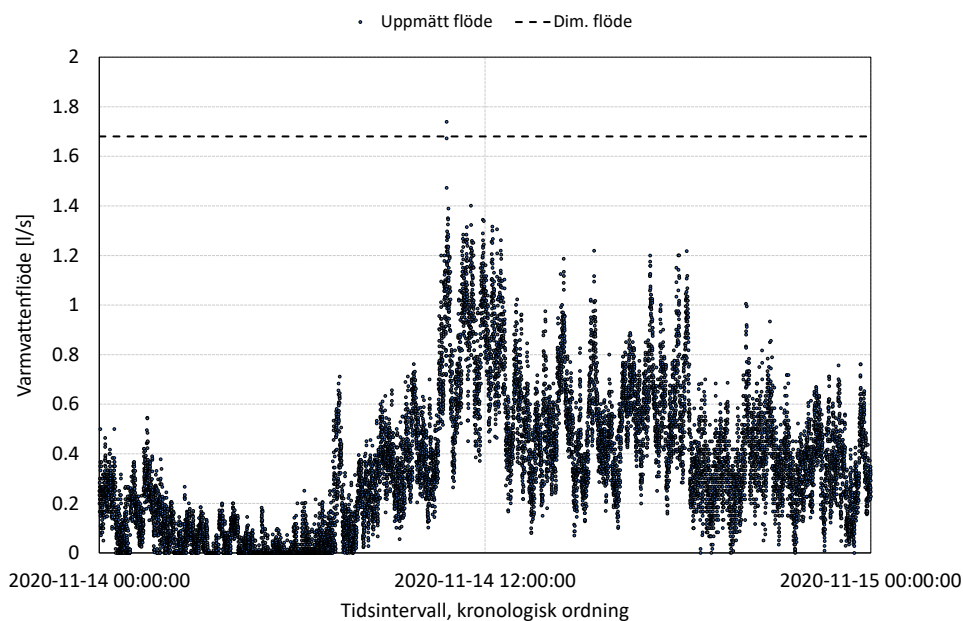
Figur 82. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-12 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



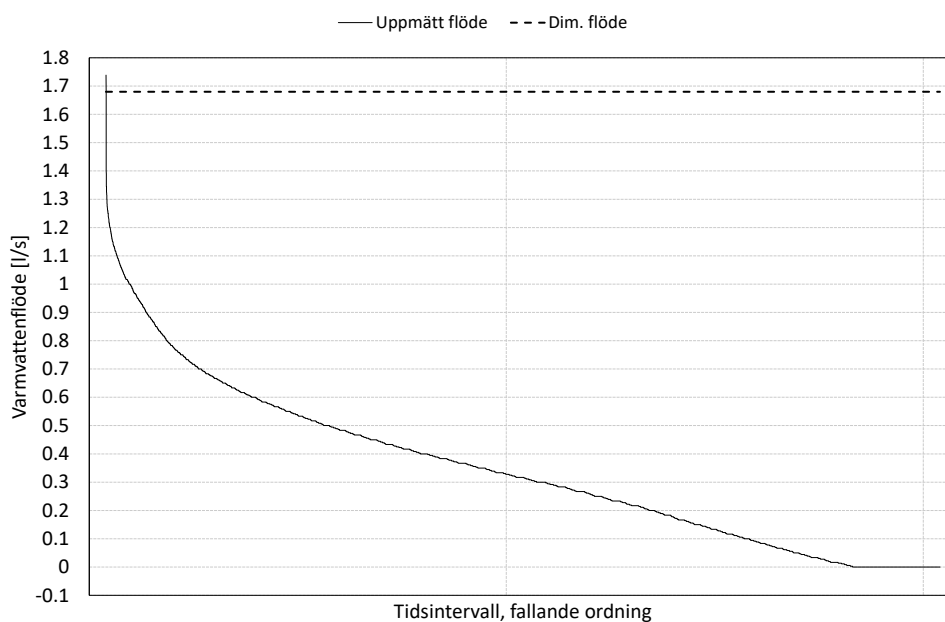
Figur 83. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-13 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



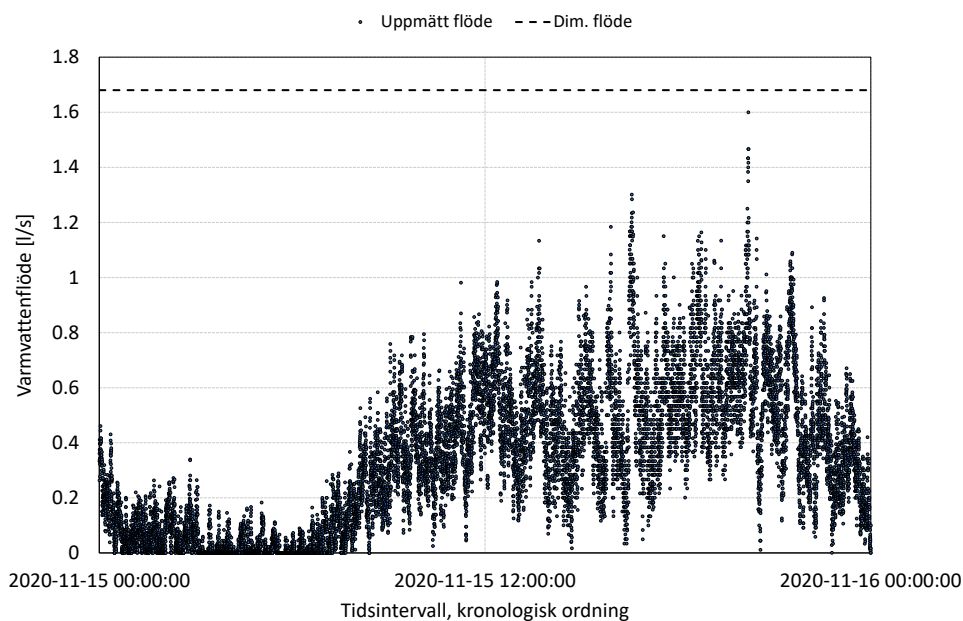
Figur 84. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-13 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



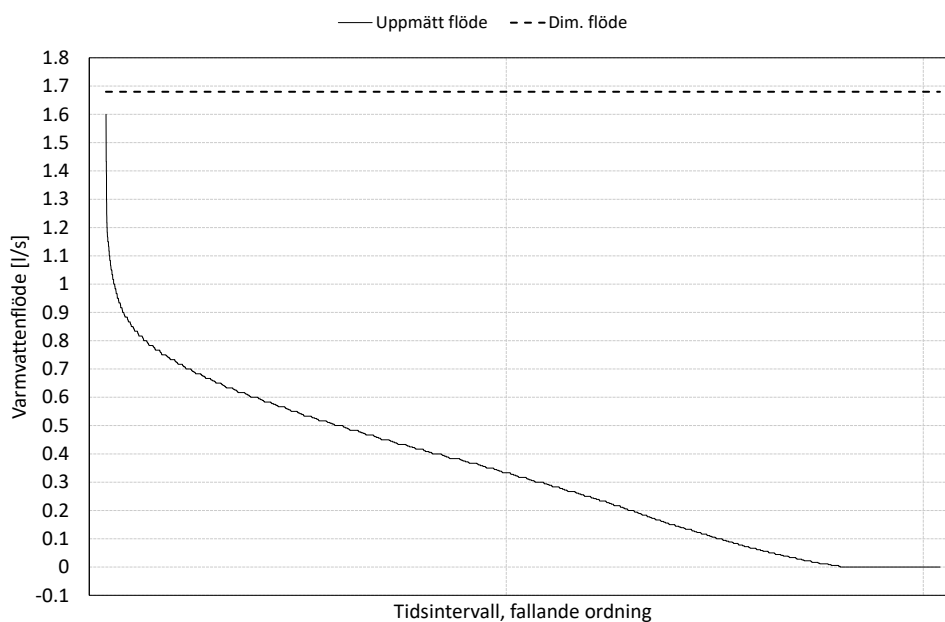
Figur 85. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-14 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



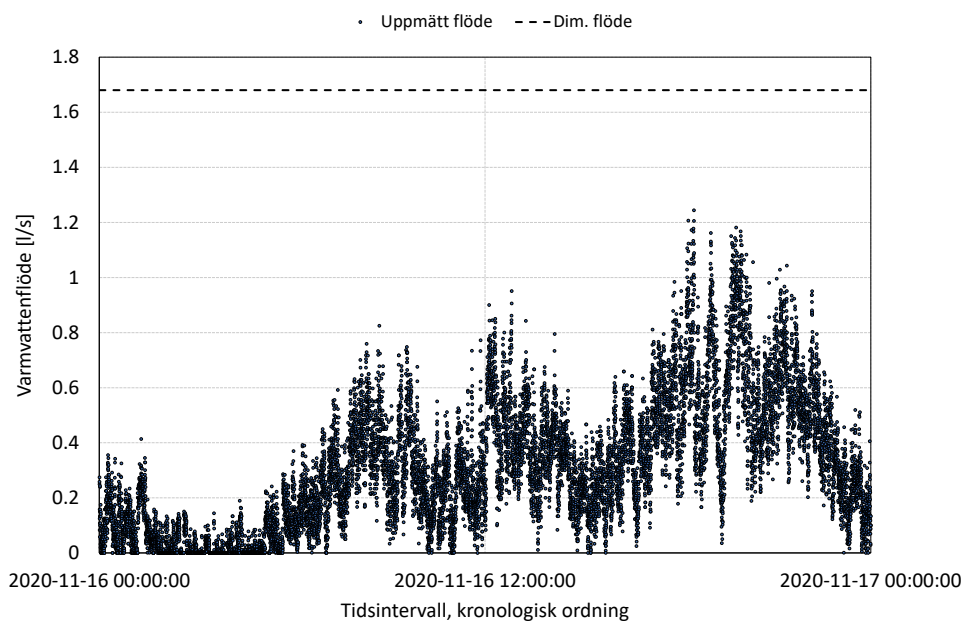
Figur 86. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-14 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).



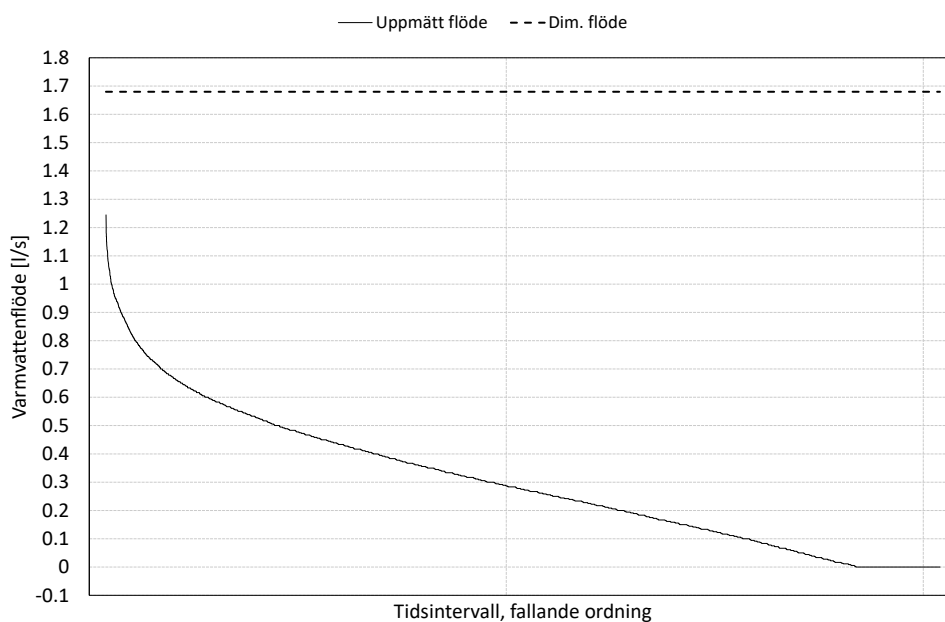
Figur 87. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-15 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



Figur 88. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-15 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (fallande ordning).

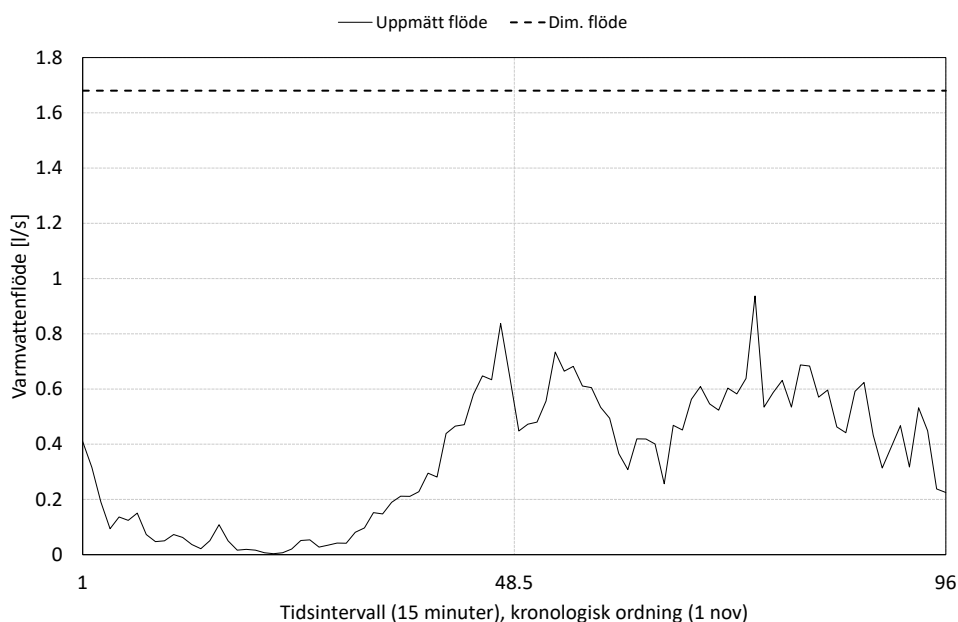


Figur 89. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-16 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).

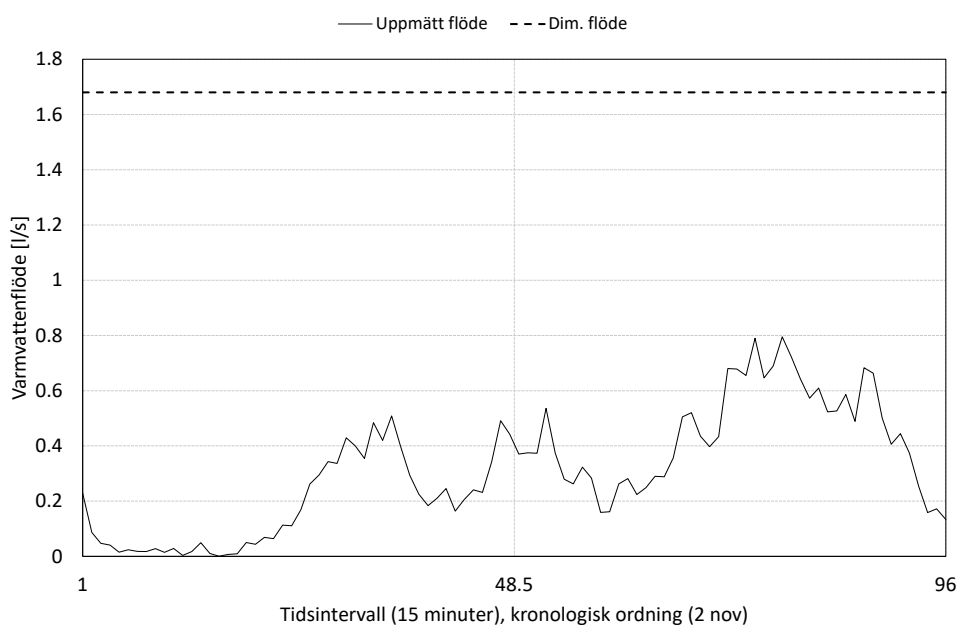


Figur 90. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-16 i 6-sekundersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (stigande ordning).

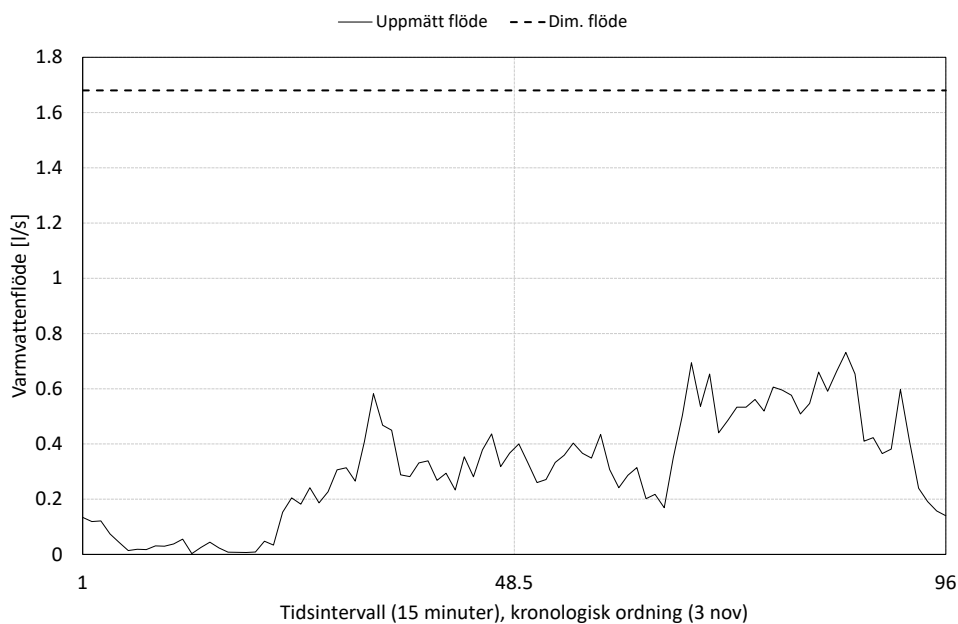
Bilaga D: Datagrupp 2: Dygnsfördelning av 15-minutersdata



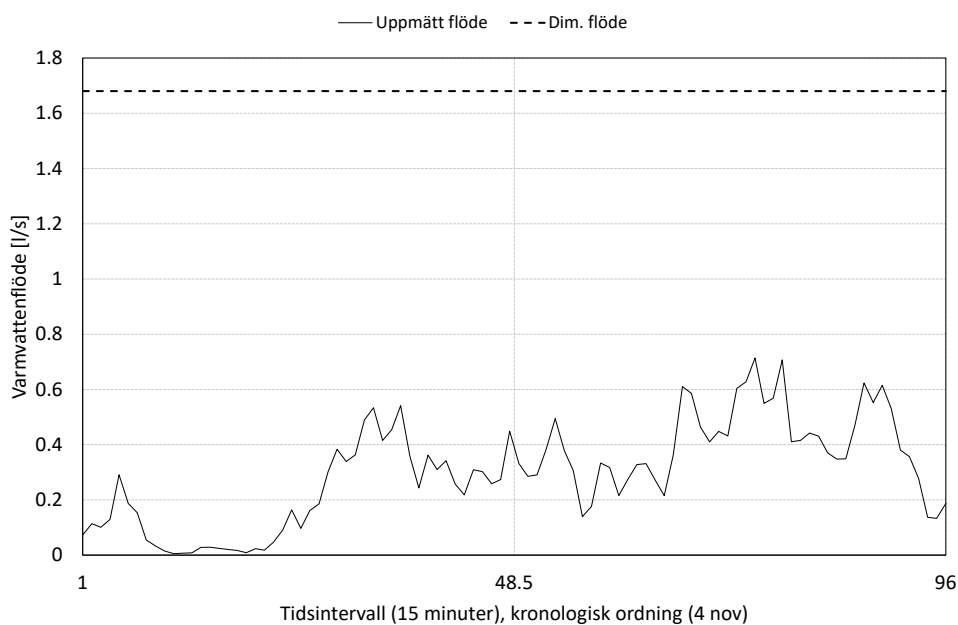
Figur 91. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-01 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



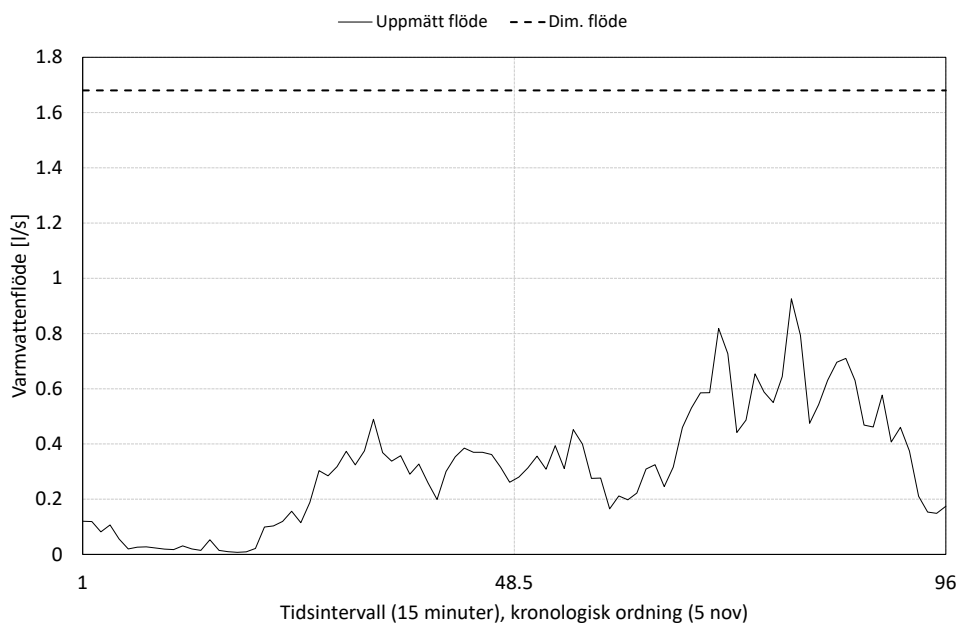
Figur 92. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-02 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



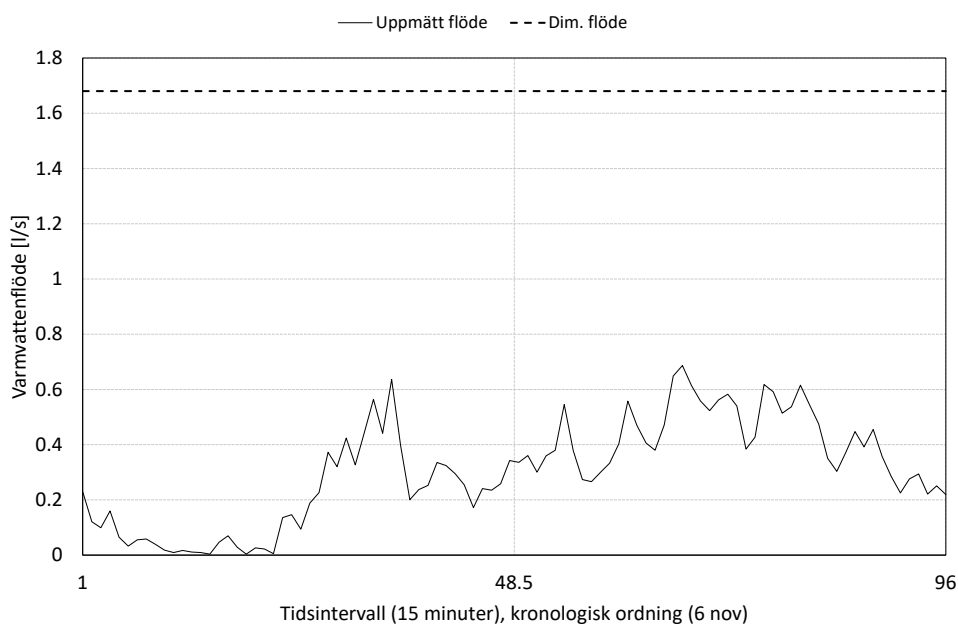
Figur 93. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-03 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



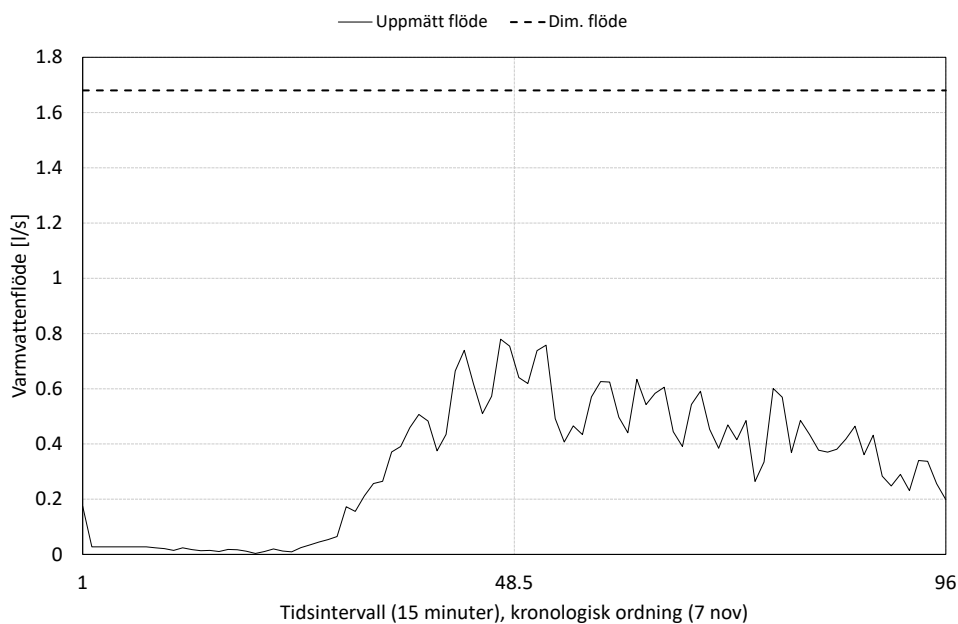
Figur 94. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-04 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



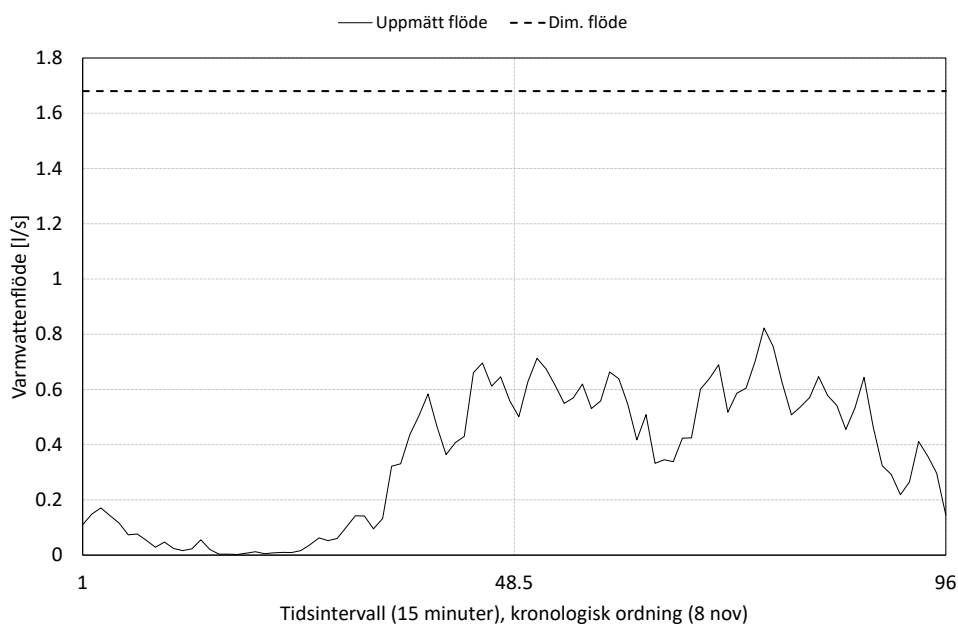
Figur 95. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-05 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



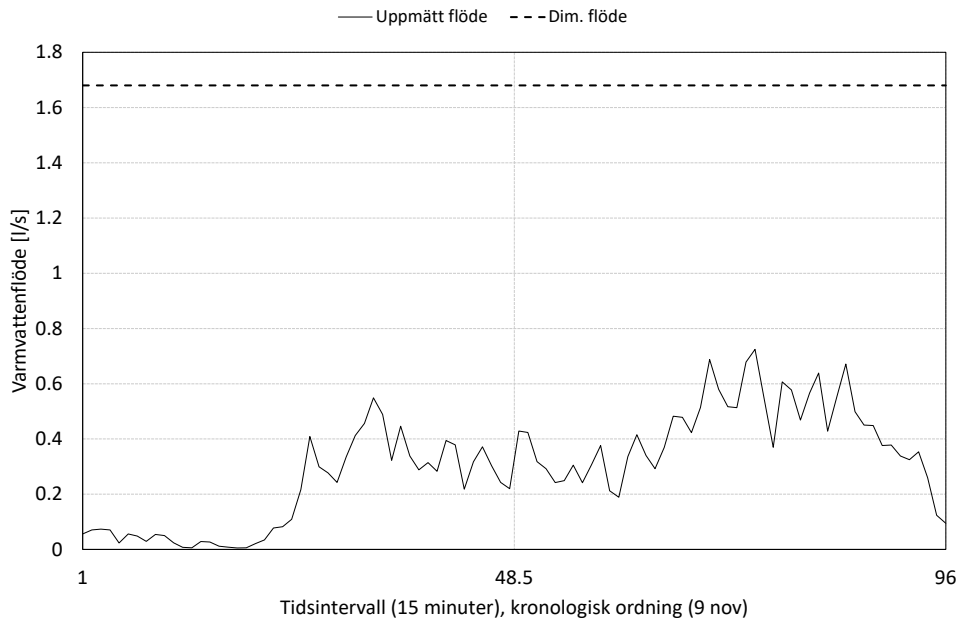
Figur 96. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-06 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



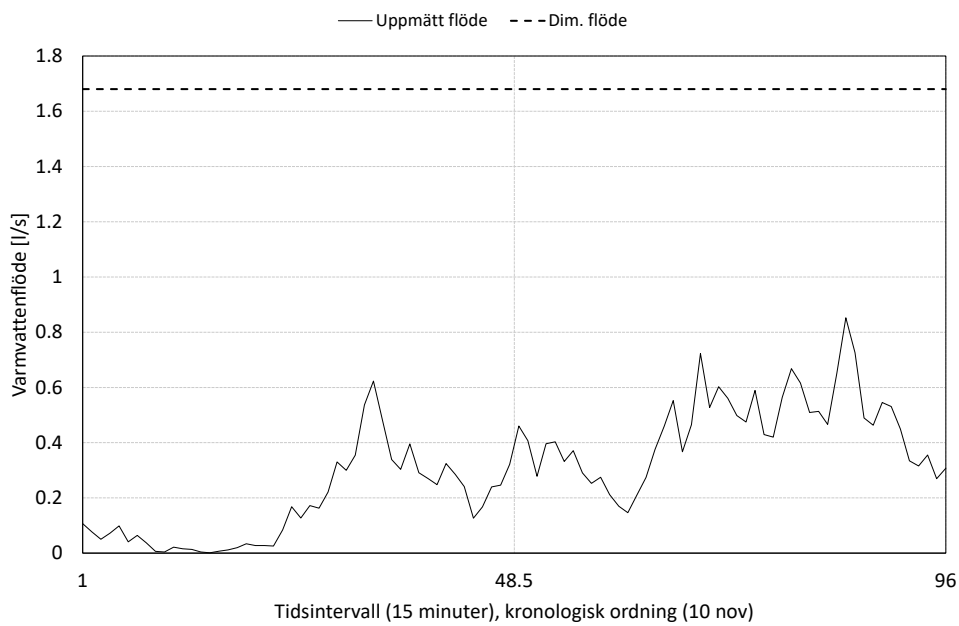
Figur 97. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-07 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



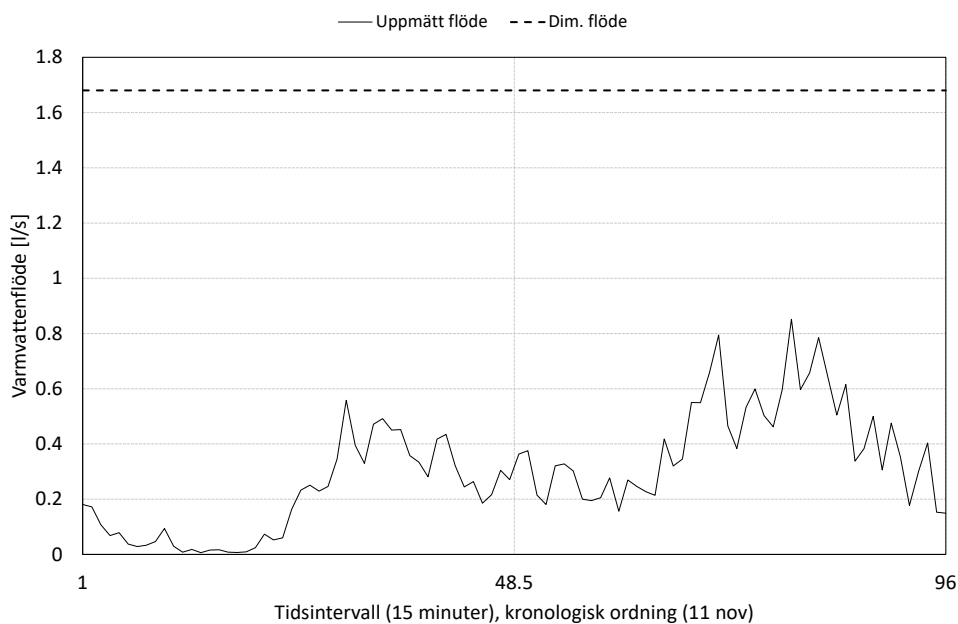
Figur 98. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-08 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



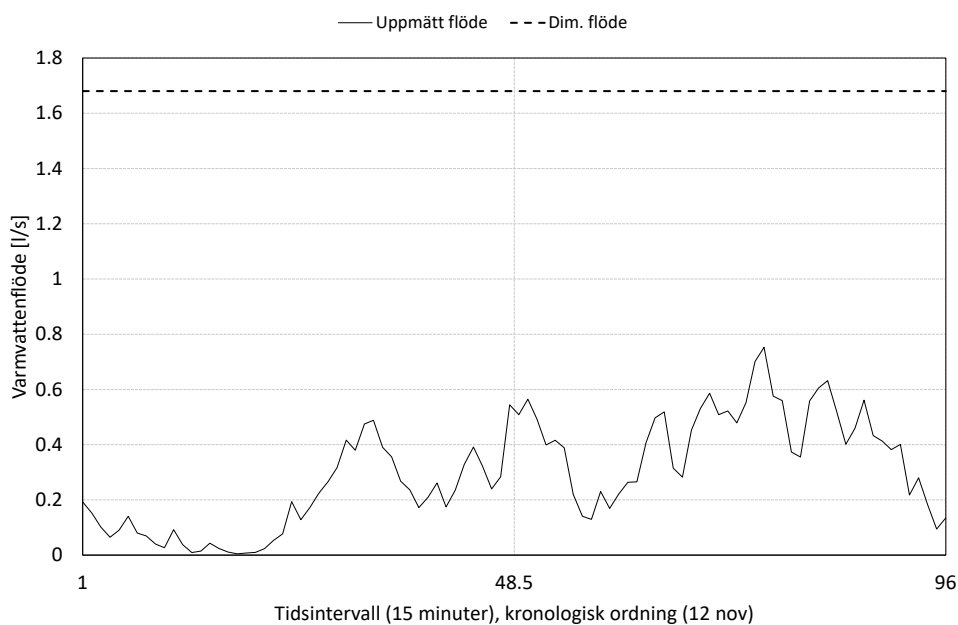
Figur 99. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-09 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



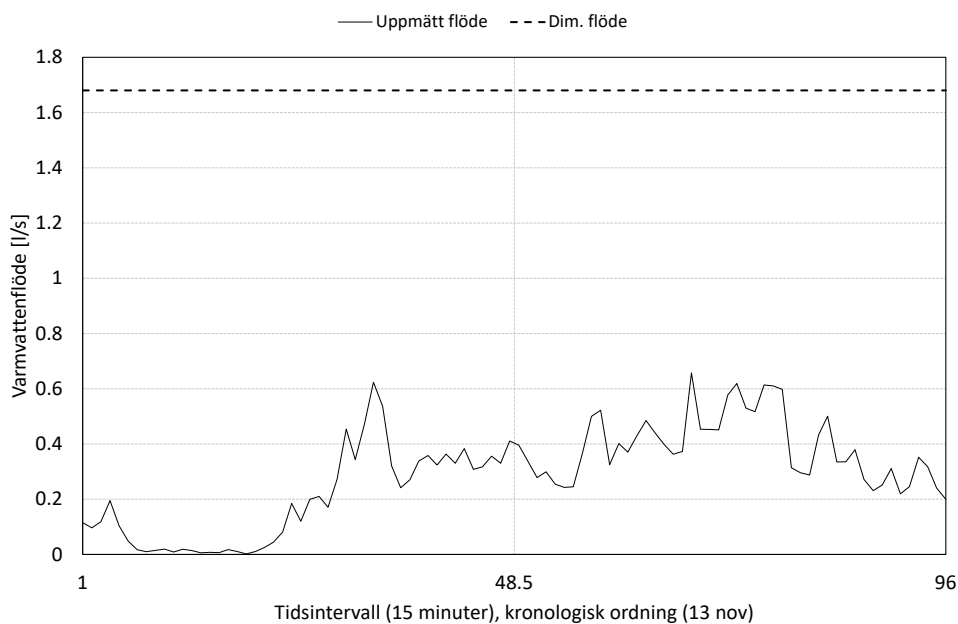
Figur 100. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-10 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



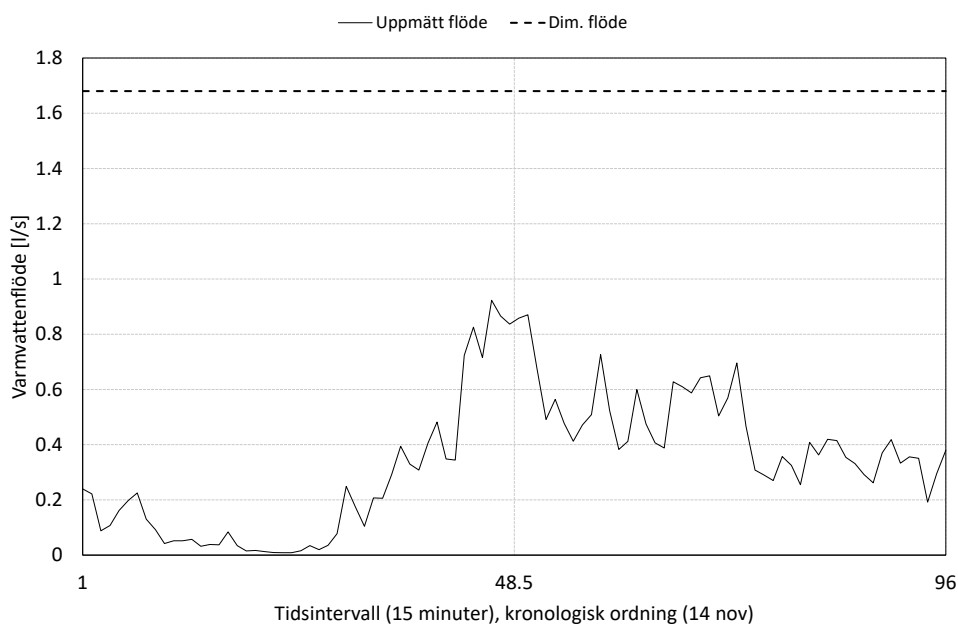
Figur 101. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-11 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



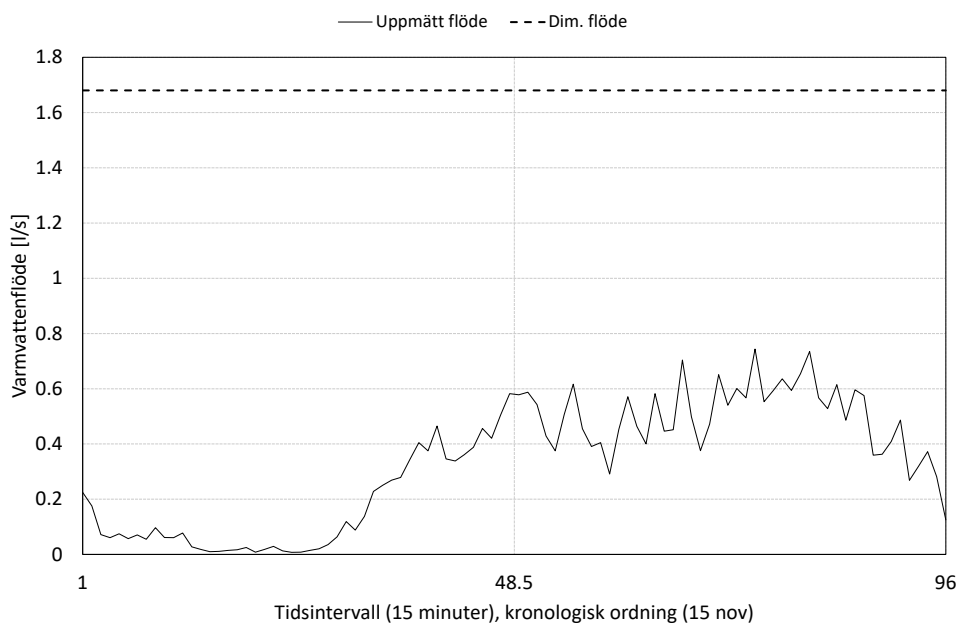
Figur 102. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-12 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



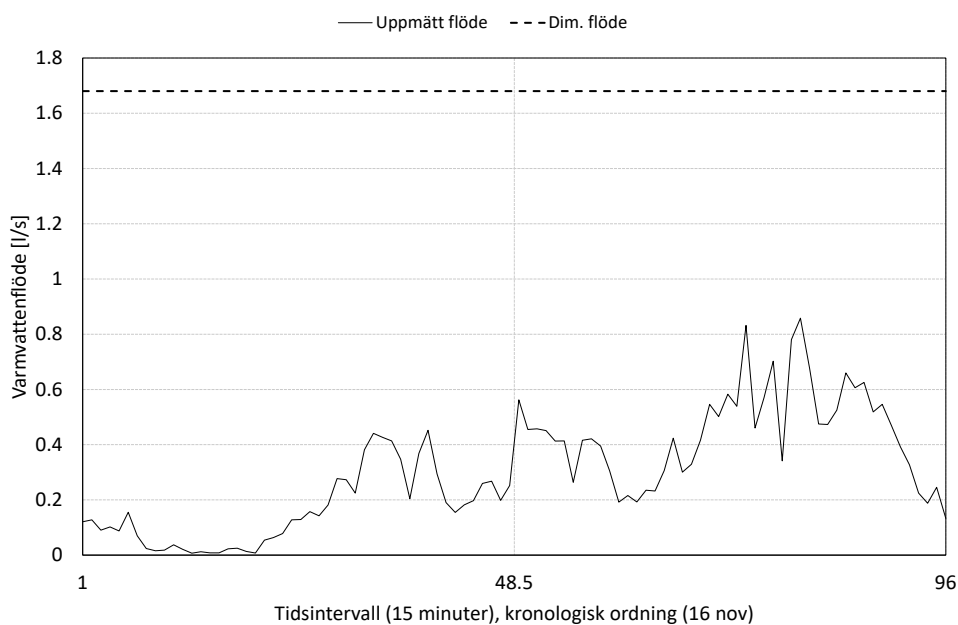
Figur 103. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-13 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



Figur 104. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-14 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



Figur 105. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-15 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).



Figur 106. Uppmätt varmvattenflöde för 2020-11-16 i 15-minutersintervall, inklusive dimensionerande flöde enligt F101 för ett flerbostadshus med 268 lägenheter (kronologisk ordning).

FAKTISKA VARMVATTENFLÖDEN I FLERFAMILJSHUS

Den nuvarande normen för dimensionerande flöde för tappvarmvatten är gammal och till stora delar endast beräknad teoretiskt. Tack vare individuell mätning och debitering, så kallad IMD, under lång tid finns det nu tillgång till faktiska data kring förbrukning som kan ligga till grund för en förbättrad och mer aktuell norm.

I rapporten har det dimensionerande varmvattenbehov vid nybyggnation uppdaterats. Den ger också råd till varmvattendimensionering i hus för att förbättra precisionen för den dimensionerade kapaciteten.

En bättre dimensionering av exempelvis ventiler och värmeväxlare ger mindre slitage och därmed längre livslängd men också en förbättrad avkylning. En ökad kännedom om detaljerna för tekniska system är en förutsättning för att kunna driva systemen med mindre marginaler vilket förväntas av framtidens lågtempererade fjärrvärmesystem.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin.