

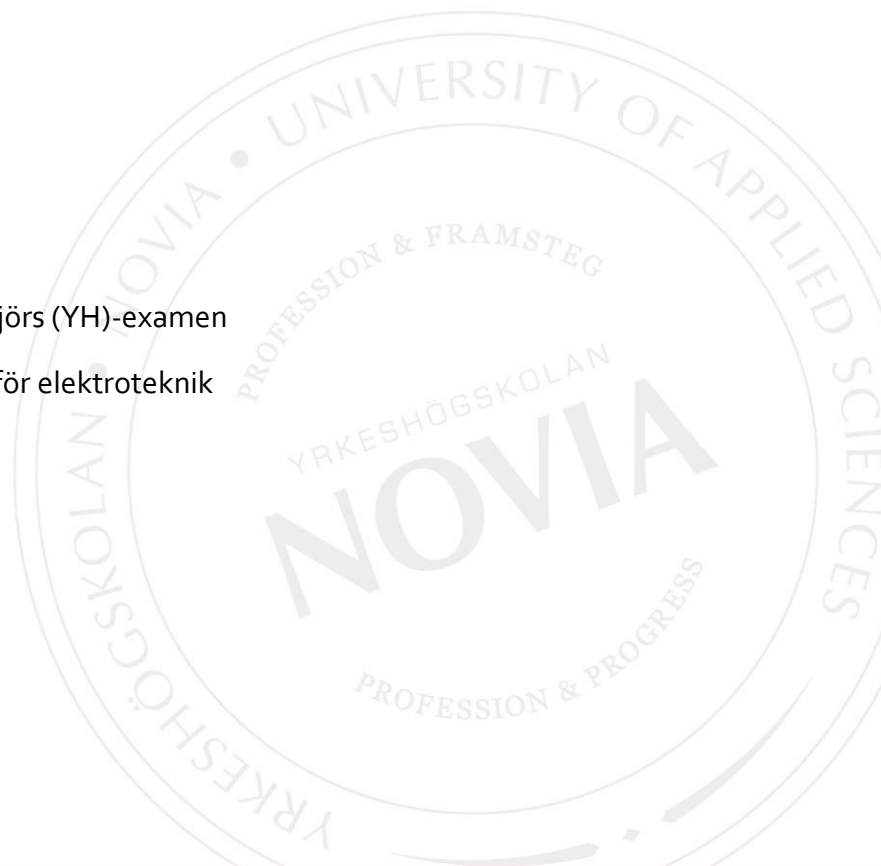
Analys av IoT-Tickets tillämpningsmöjligheter för mobil övervakning av vattenkraftverk

Jesper Lygdman

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Jesper Lygdman

Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa

Inriktningsalternativ: Automationsteknik

Handledare: Erik Englund

Titel: Analys av IoT-Tickets tillämpningsmöjligheter för mobil övervakning av vattenkraftverk

Datum: 4.4.2017 Sidantal: 44

Bilagor: 2

Abstrakt

Examensarbetet består av testning och analys av IoT-Tickets tillämpningsmöjligheter för mobil övervakning av vattenkraftverken vid Oy Herrfors Ab. Målet med examensarbetet var att det ska fungera som ett underlag för ett anskaffningsbeslut av programvaran.

IoT-Ticket är en Cloud/Big-dataplattform som grundar sig på IoT-teknologi. IoT-Ticket omfattar olika typer av datainsamlingsmetoder, rapporteringstjänster och analytiska tjänster vilka testas på vattenkraftverken i examensarbetet. I den teoretiska delen av examensarbetet behandlas vattenkraftverk och dess funktion, datakommunikation, SCADA-system och HMI. Därutöver diskuteras också de anläggningar och systemutrustningar som tillämpas för implementeringen av IoT-Ticket. Fokuset på den empiriska delen av examensarbetet ligger i att erhålla processdata från MicroSCADA-systemets OPC DA-server till IoT-Ticket och att skapa processbilder, alarm, trender och rapporter i applikationen. Detta görs för att kunna analysera programvarans fördelar och brister.

Examensarbetet resulterade i prototypprocessbilder över vattenkraftverken och en rapportmall. Dessa illustrerar applikationens tillämpningsmöjligheter för uppdragsgivaren och används som utgångspunkt för en eventuell investering av plattformen.

Språk: svenska

Nyckelord: IoT-Ticket, SCADA, vattenkraftverk, OPC

BACHELOR'S THESIS

Author: Jesper Lygdman

Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa

Specialization: Automation

Supervisors: Erik Englund

Title: Analysis of IoT-Ticket's Application Possibilities for Mobile Monitoring of the Hydropower Plants

Date: April 4, 2017 Number of pages: 44

Appendices: 2

Abstract

The thesis consists of testing and analyzing IoT-Ticket's application possibilities for mobile monitoring of the Hydropower plants at Herrfors Ltd. The aim of the thesis was to serve as a basis for the purchasing decision of the software.

IoT-Ticket is a Cloud / Big data platform based on the IoT technology. IoT-Ticket includes various methods of data acquisition, reporting services and analytical services which are tested on the hydropower plants. The theoretic part of the thesis discusses hydropower and its function, data communication, SCADA system and HMI. In addition, it discusses the plant and equipment systems that are used to implement IoT-Ticket. The focus of the empirical part of the thesis lays on the process of obtaining data from MicroSCADAs OPC DA server to IoT-Ticket and creating process pictures, alarms, trends and reports in the application. This is done in order to analyze the software's advantages and shortcomings.

The thesis resulted in prototype process pictures of the hydropower plants and a report template. These are used to illustrate the application potential applications for Herrfors and furthermore, used as basis for an investment of the platform.

Language: Swedish

Key words: SCADA, IoT-Ticket, hydropower, OPC

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragets bakgrund.....	1
1.2	Syfte och problemformulering.....	2
1.3	Uppdragsgivaren Herrfors.....	2
2	Övervakning av vattenkraftverk.....	4
2.1	Vattenkraftverk.....	4
2.1.1	Processens funktionsprincip.....	4
2.1.2	Processdatainsamling.....	6
2.1.3	Processdrift.....	7
2.2	Datakommunikation.....	9
2.2.1	Industriell kommunikation.....	10
2.2.2	Säkerhet i datakommunikation.....	11
2.3	Styr- och övervakningssystem.....	11
2.3.1	SCADA-system.....	12
2.3.2	SCADA-systemets uppbyggnad.....	13
2.3.3	Alarmhantering.....	14
2.4	HMI.....	15
2.4.1	Utformning av HMI.....	15
2.4.2	Operatörspanel.....	17
2.4.3	Mobila HMI.....	18
3	Anläggningar och systemutrusningar.....	19
3.1	Vattenkraftverken vid Herrfors.....	20
3.2	IoT-Ticket.....	20
3.2.1	IoT-Tickets Datainsamlingsmetoder.....	21
3.2.2	Internet of Things & datasäkerhet.....	22
3.3	MicroSCADA.....	23
3.4	OPC-kommunikation.....	23
3.4.1	OPC DA.....	24
3.4.2	DCOM- och COM-teknologiernas betydelse för OPC.....	25
4	Implementering och konfigurering av pilotsystemet.....	27
4.1	Datainsamling till klienten.....	27
4.1.1	Identifiering av OPC item.....	27
4.1.2	Konfigurering av OPC DA Gateway.....	29
4.2	Konfigurering av processbilder.....	30
4.2.1	Grafisk utformning.....	31
4.2.2	Mätvärdesvisning.....	32

4.2.3	Statusvisning	32
4.2.4	Skalning av mätvärden	33
4.2.5	Trender	34
4.2.6	Alarm	34
4.3	Konfigurering av rapporter	35
4.4	Mobilanpassning.....	36
4.5	Användning av systemet	37
4.5.1	Konfigurering av auktoritetsklasser	37
4.5.2	Skapa ny användarprofil.....	38
5	Resultat	39
6	Diskussion	40
	Källförteckning	42

Figurförteckning

Tabellförteckning

Bilaga

1 Inledning

Detta examensarbete är utfört åt uppdragsgivaren Oy Herrfors Ab (i fortsättningen Herrfors) och består av implementering och testning av tjänsten Wapice IoT-Ticket på företagets sju vattenkraftverk. Resultatet av examensarbetet fungerar som ett underlag för ett anskaffningsbeslut.

IoT-Ticket är en plattform som har utvecklats av det Vasabaserade företaget Wapice. Plattformen kan beskrivas som ett webbaserat skrivbord för övervakning av processdata i realtid. IoT-Ticket använder sig av HTML5-teknologi och kan därmed öppnas i IOS- och Androidenheter. Tjänsten som Wapice erbjuder är flexibel och stöder flera olika kommunikationsprotokoll så som OPC, OPC UA, CAN och Modbus. I Herrfors fall tillämpades OPC DA-kommunikationsprotokoll eftersom SCADA-systemet som används vid företaget omfattar två OPC DA-servrar.

Den teoretiska delen av examensarbetet har delats upp i två huvuddelar: övervakning av vattenkraftverk samt anläggningar och systemutrustning. I båda delarna är övervakningssystem, datakommunikation och processen (vattenkraftverk) de centrala utgångspunkterna. Den empiriska delen av examensarbetet omfattar ibruktagning och konfigurering av IoT-Ticket pilotprogramvara. Slutligen presenteras resultatet för undersökningen.

1.1 Uppdragets bakgrund

Utgångspunkten till arbetet var en önskan från Herrfors vattenkraftsmontörer att underlätta deras arbetsuppgifter genom en mobil¹ presentation av vattenkraftverkens processdata. Herrfors eftersökte därigenom en metod för att mobilt visualisera processdata från företagets sju vattenkraftverk. I samband med detta införskaffade Herrfors en pilotlicens av Wapice IoT-Ticket tjänsten, vilket var starten till examensarbetet.

Själva uppgiften bestod av att ta i bruk och konfigurera pilotprogramvaran på vattenkraftverkssidan. Tanken var att bli bekant med pilotsystemet och dess funktioner för att kunna utvärdera programmets användbarhet inom företaget.

¹ Mobil syftar till flyttbara enheter så som mobiltelefoner och surfplattor

1.2 Syfte och problemformulering

Syftet med examensarbetet är således att undersöka, testa och diskutera IoT-Tickets tillämpningsmöjligheter för mobil övervakning av vattenkraftverken vid Herrfors. Detta utfördes praktiskt genom att utforma prototypprocessbilder för vattenkraftverken i IoT-Ticket enligt vattenkraftverksmontörernas önskemål. De data som skulle visualiseras i processbilderna var status- och mätvärdesvisningar från MicroSCADA-systemets OPC DA-server. Till de processvärden där alarmgränser finns från det befintliga MicroSCADA-systemet byggdes motsvarande alarmfunktioner i IoT-Ticket. Utöver processbildernas funktionalitet utvärderades också applikationens tillhörande rapporteringssystem genom att utforma en rapportmall.

Ändamålet med själva undersökningsresultatet är att det ska fungera som underlag för ett anskaffningsbeslut. Utmaningen med implementeringen och testningen av IoT-Ticket är bristen på tillgänglig information angående tidigare implementeringslösningar.

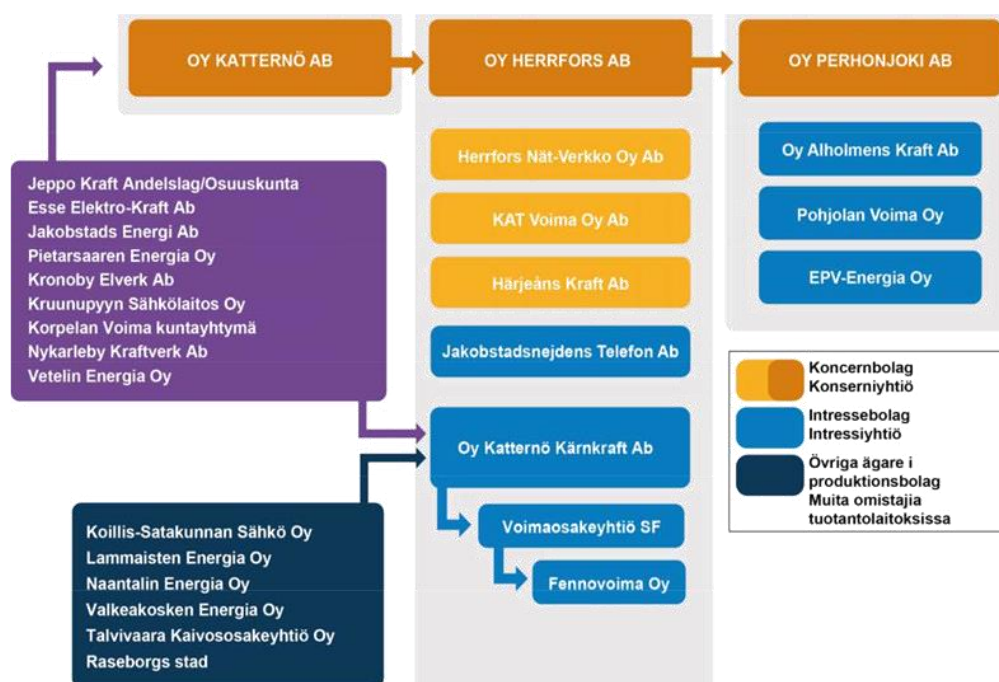
1.3 Uppdragsgivaren Herrfors

Herrfors verksamhet består främst av elleverans, fjärrvärmeleverans och nättjänster. *Företaget producerar el med hjälp av sju vattenkraftverk* som är utplacerade längs Esse å, Perho å och Kimo å. Utöver vattenkraftverken producerar bolaget el genom Katternögruppens delägarskap i de kraftproducerande bolagen Alholmens Kraft, Pohjolan Voima, Kanteleen Voima och EPV Energia. År 2015 låg följande källor bakom Herrfors produktion: 24 % bioenergi, 11 % kärnkraft, 6 % torv, 5 % stenkol, 27 % vindkraft och 27 % vattenkraft. Motsvarande år stod anskaffningsvärdet av förnybara energikällor för Herrfors del för över 50 % (Katternö Group, 2012a; Oy Herrfors Ab, 2016a). Genom vattenkraftverkens stora andel i energiproduktionen kan man förstå varför Herrfors vill att den delen av verksamheten ska fungera smidigt.

Verksamheten påbörjades i samband med anskaffningen av den första elgeneratoren till ett träsliperi vid Herrforsen. 1963 fusionerades företaget med de lokala kraftbolagen, vilket ledde till att Herrfors blev ägare av kraftverken vid både Herrfors och Långfors. 1976 köptes Herrfors av Oy Katternö Ab (i fortsättningen Katternö) (Oy Herrfors Ab, 2016b). Katternö är ett energiföretag som ansvarar för hela kedjan från kraftproduktion vid energikällan ända till slutleveransen hos kunden (Katternö Group, 2012b). Köpet ledde till att Katternöbolaget

blev energiproducenter för första gången. Köpet gav också Katternö ett ledningsnät med ett betydande antal kunder i både Pedersöre och Karleby (Oy Herrfors Ab, 2016b).

Herrfors har idag en stadig regional förankring och verksamheten sträcker sig från de sydligare breddgraderna i Vörå till de nordligare breddgraderna i Alavieska. Företaget fungerar också som ett dotterbolag till Katternö och ingår i Katternö Group. Katternö Group består också av moderbolaget Katternö och de övriga dotterbolagen Oy Katternö Kraft Ab och Oy Perhonjoki Ab. Katternö Group ägs av regionen, vilket betyder att ägarna är främst kommuner och tillhörande energibolag så som staden Jakobstad, Nykarleby stad, Jeppo Kraft Andelslag, Vetelin Sähkölaitos Oy, Kronoby kommun och Korpelan Voima kuntayhtymä. Med andra ord ägs Katternö Group av kommuner där de verkar. Katternögruppens strukturella uppbyggnad och tillhörande auktionärer illustreras i Figur 1 (Katternö Group, 2012c; Oy Herrfors Ab, 2016c).



Figur 1. Katternögruppens auktionärer och strukturella uppbyggnad. (Oy Herrfors Ab, 2016c).

2 Övervakning av vattenkraftverk

I detta kapitel behandlas en del av de teoretiska grunderna för examensarbetet, vilket inkluderar en introduktion av vattenkraftverk, genomgång av metoder och presentation av de anläggningar och den systemutrustning som används för att förverkliga övervakning av vattenkraftverk. För Herrfors del förverkligas övervakningen med hjälp av SCADA-systemet vid deras driftcentral.

Det väsentliga här ligger främst hos vattenkraftverkens funktion, processdatainsamling och processdrift; styr- och övervakningssystem samt datakommunikation. Centralt är också det grafiska användargränssnittet HMI:s utformningsprocess, funktion och betydelse för diverse styr- och övervakningssystem.

2.1 Vattenkraftverk

En viktig del av Finlands elproduktion kommer från den förnybara, utsläppsfria och inhemska energiformen *vattenkraft*. I landet finns det över 220 vattenkraftverk vars totala kapacitet ligger kring 3100 MW (Energiateollisuus, 2016; Motiva, 2015; Mounz-Hernandez, et al., 2013, 21).

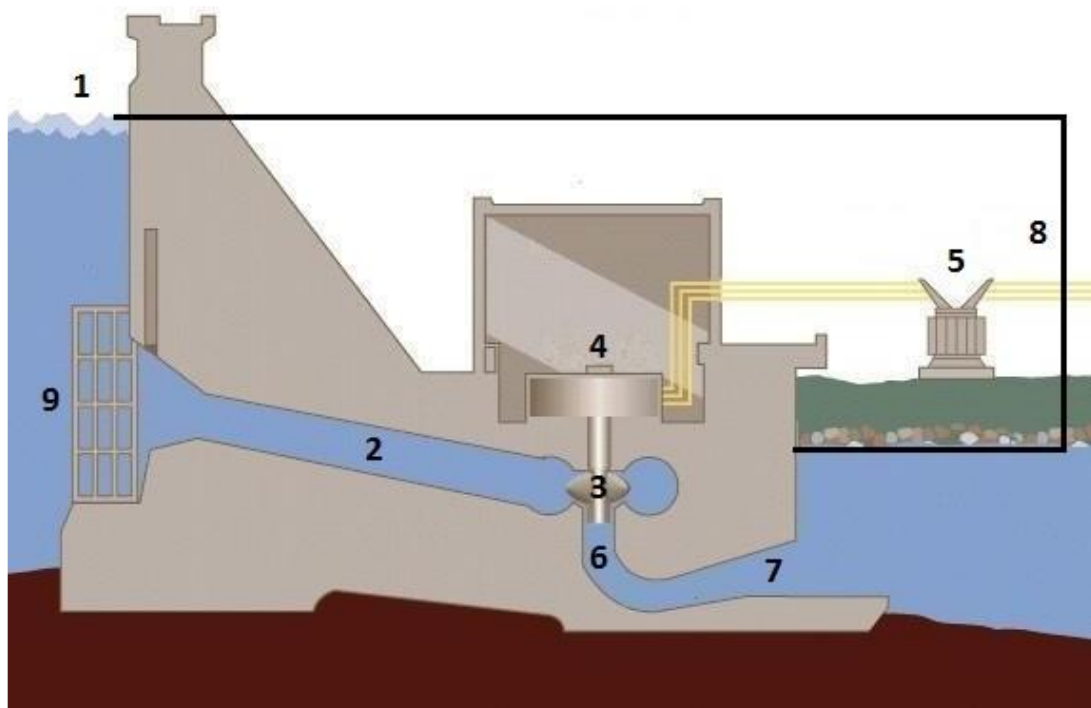
Kraftverkens andel i den finska elproduktionen har under de senaste åren varierat mellan 10 och 20 procent, beroende på nederbörden. Kraftverken kan delas in i tre olika kategorier på basen av deras märkeffekt. Kraftverk med en effekt över 10 MW klassas som stora vattenkraftverk, medan små vattenkraftverk har en effekt mellan 1 och 10 MW och minivattenkraftverk har en effekt under 1 MW (Energiateollisuus, 2016).

Oberoende av vattenkraftverkens storlek grundar de sig på samma funktionsprincip där vattnets lägesenergi omvandlas till elektricitet. Utvecklingen av vattenkraftverken har lett till att en stor del av den tidigare manuella processdriften nu är effektiviserad, automatiserad och fokuserad till ett enda kontrollcenter där både kunskap om processen, övervakning och styrning är betydelsefull (Mounz-Hernandez, et al., 2013, vii).

2.1.1 Processens funktionsprincip

Vattenkraftens funktionsprincip (se Figur 2) grundar sig på utnyttjandet av vattnets lägesenergi för att producera elektricitet. Under regnperioder eller när snön smälter lagras vatten i stora dammar eller älvar. Vattnet tappas vid behov ut ur magasinen och leds sedan

via tilloppstuben till en turbin som börjar rotera. Under högra nederbörds mängder tappas vattnet också ut med hjälp av utskovsluckor för att undvika översvämningar (Kuhlins, 2016a ;Kuhlins, 2016b; Sorensen, et al., 2009, 447).



Figur 2. Vattenkraftverkets olika beståndsdelar numrerat. 1) damm, 2) tilloppstub, 3) turbin, 4) generator, 5) transformator, 6) sugrör, 7) avlopp, 8) fallhöjd, 9) grind. Modell utgående från Kuhlins (2016d).

Efter att vattnet har passerat turbinen transporteras det vidare ut till ett vattendrag via ett vertikalt rör, även kallat sugrör, för att förbättra turbinens verkningsgrad. Den kinetiska energin som driver turbinen omvandlas i detta skede till mekanisk energi. Den mekaniska energin driver i sin tur en generator som alstrar elektricitet. Innan generatören inkopplas till ett spänningssatt trefasnät måste infasning förverkligas. Efter att alla infasningskriterierna är uppfyllta distribueras elektriciteten ut till distributionsnätet via en transformator för att i slutändan försörja användarna med elektricitet (Kuhlins, 2016c; Kuhlins, 2016d).

Den effekt som ett vattenkraftverk genererar är direkt proportionell mot fallhöjden och flödet – en högre fallhöjd och ett större flöde ger en ökad elproduktion. Fallhöjden för ett vattenkraftverk bestäms enligt Figur 2, det vill säga, avståndet mellan den övre och den nedre vattenytan (Sorensen, et al., 2009, 447). Effekten P för ett vattenkraftverk beräknas med hjälp av formel 1, där η är turbinens verkningsgrad (%), ρ är vattnets densitet (kg/m^3), w är

vattenflödes hastighet (m^3/s), g är gravitationskonstanten (m/s^2) och h är höjdskillnaden mellan den övre- och den nedre vattennivån (m).

$$P = \eta \times \rho \times w \times g \times h \quad (1)$$

2.1.2 Processdatainsamling

Datainsamling (eng. *data acquisition*) är det förlopp där data samlas in från processen via kommunikationsnätverk, systemfunktioner eller manuella inmatningar. Detta görs bland annat för att kunna övervaka och styra vattenkraftverk. Data som samlas in består av statusar eller fysikaliska storheter, vilka i sig själv representerar digitala eller analoga insignaler. Processdata, så som mätvärden, erhålls periodiskt, medan statusförändringarna hanteras då de inträffar. (Austerlitz, 2003, 1; Cegrell & Sandberg, 1994, 97).

Statusförändringar och indikeringar hör till de diskreta tillstånden så som alarmsignaler och driftlägen för brytare. Dessa signaler representeras i de flesta fall av förändringar i reläkontakter och uppfattas av systemet som digitala signaler. Statusförändringarna registreras antingen med en eller två diskreta signaler och kallas därmed för *enkel- eller dubbelindikering*. Dubbelindikering används för att få fram ytterligare information om processlägen, som till exempel mellanlägen och felaktiga lägen. Utöver det finns också möjligheten att sammansätta flera digitala signaler vid stausförändringar för att på så sätt åstadkomma *en* enda logisk signal. Detta används ofta som ett *summalarm* för att minimera informationsflödet för operatören² (Cegrell & Sandberg, 1994, 98).

Mätvärden som samlas upp från processen representerar diverse fysikaliska storheter så som strömmar, spänningar, effekter, tryck och temperaturer. Dessa förses ofta med så kallade *attribut* där skalning, samlingspunkt, gränsvärde och status fastställs. Mätvärden förekommer vanligen i två huvudtyper: *analoga mätvärden*, som till exempel temperaturer och strömmar; och *digitalt avkodade mätvärden*, som till exempel pulser. Det mätvärde som erhålls från processen motsvarar alltid ett momentant tillstånd från mätpunkten. Mätpunktens mätvärdesvariationer uppföljs med olika snabb samplingstid beroende på

² En operatör är den person som övervakar driften diverse processers via ett datasystem.

process. Mätvärden erhålls antingen med *master/slave*³ eller så kallad *peer to peer*⁴ teknologi. (Cegrell & Sandberg, 1994, 99; Englund, 2016).

Det är viktigt att data som erhålls från systemet eller processen *tidsstämplas*. Detta betyder att den tid som data har samlats in lagras och registreras tillsammans med de erhållna data som innehåller statusinformationen eller mätvärdet. Tidsstämpling av data är viktigt vid processövervakning för att kunna analysera och identifiera händelseförlopp i processen samt för att kunna skapa trender och kurvor av processdata (Cegrell & Sandberg, 1994, 99).

2.1.3 Processdrift

För att upprätthålla processdriften hos vattenkraftverk krävs kontinuerlig övervakning av mätdata, status och övriga data som produceras av diverse funktioner. Mätvärden från processen övervakas med hänsyn till ändringshastigheter, trender och gränsvärden medan statusindikeringarna övervakas med fokus på sekvenser, lägen och förändringar. Olika processer har olika krav på övervakningen och därmed måste övervakningen anpassas till olika driftsituationer. För operatörens del är det viktigt att ha en översikt över processen och möjlighet att följa med förändringar i detalj (Cegrell & Sandberg, 1994, 102).

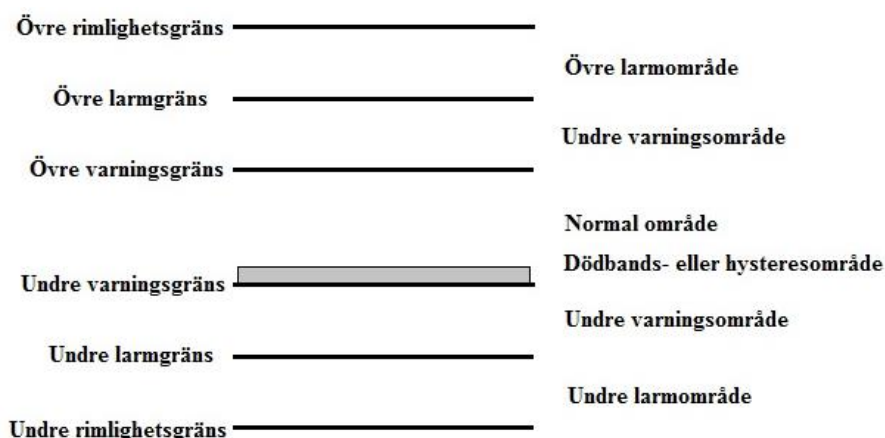
Vid statusövervakning jämförs varje insamlad indikering eller status med det tidigare värdet, varefter händelser genereras vid förändringar. För varje status kan ett fördefinierat normalt läge definieras, så att normala, respektive onormala, drifttillstånd kan informeras till operatören. Statusförändringarna kan också tidsfördröjas vilket ofta görs för transienta alarmsignaler och förändringar (Cegrell & Sandberg, 1994, 102).

Mellan varje mätvärde övervakas också förhållandet till olika gränsvärden. Detta utnyttjas speciellt när förändringar ska prioriteras, registreras och behandlas av ett övervakningssystem. Figur 3 illustrerar gränsvärdesövervakningens grundprinciper. Mätvärdet som övervakas kan till exempel vara en vattennivå från en damm vid ett vattenkraftverk. I Figur 3 framställer det övre och undre rimlighetsvärdet inom vilka gränser det normala arbetsområdet ligger för ett mätvärde. Ligger mätvärdet utanför det normala arbetsområdet klassas det som ett mätfel. Det normala arbetsområdet begränsas därefter av övre och undre larmgränser, vilka genererar alarm vid överskridning. Utöver det används

³ Master/slave är en modell för ett kommunikationsprotokoll där en enhet/process (master) kontrollerar en eller flera andra enheter/processer (slave) (Bailey & Wright, 2003, 55).

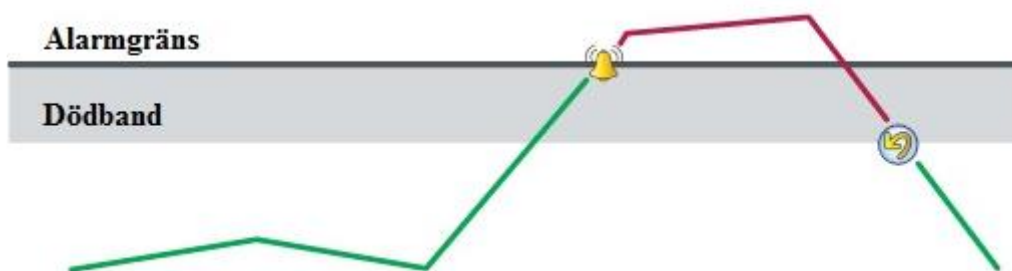
⁴ Peer to peer (P2P) är en decentraliserad kommunikationsmodell där varje part har samma funktioner och endera av parterna kan initiera en kommunikationssession (Bailey & Wright, 2003, 59).

också varningsgränser, främst för att uppmärksamma operatören så att åtgärder kan vidtas innan ett alarm genereras (Cegrell & Sandberg, 1994, 103).



Figur 3. Gränsvärdesövervakningens olika element. Modell utgående från Englund (2016).

För varje mätvärde specificeras och lagras gränsvärdena som parametrar. Gränsvärdesförändringar görs i de flesta fall av operatören med hjälp av användargränssnittet. För att undvika att händelser genereras då mätvärden fluktuerar runt ett gränsvärde använder man sig av *dödband* (se Figur 4). Detta betyder att de mätvärden som fluktuerar inom dödbandets gränser genererar inga händelser. På motsvarande sätt som statusfördröjning, kan en händelse från ett mätvärde också fördröjas med hjälp av dödbandsfiltrering (Cegrell & Sandberg, 1994, 104-105).



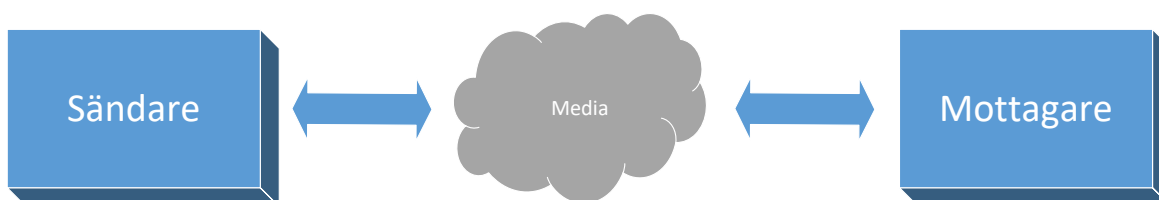
Figur 4. Dödbandsfiltreringens grundprincip. Modell utgående från Englund (2016).

Användning av dödband, dödbandsfiltrering samt statusfördröjning är lämpligt vid vattenkraftverksprocesser där vattennivåer länge kan fluktuera kring en alarmgräns. Filtrering av upprepade alarm leder till att operatören kan koncentrera sig bättre på det väsentliga. Därigenom ökas också operatörens förmåga att driva, klarlägga och identifiera orsakerna vid onormala förlopp av processen (Cegrell & Sandberg, 1994, 102, 105).

2.2 Datakommunikation

För några årtionden sedan var det endast vetenskapsmän och forskare som sysslade med dator- och kommunikationsteknik. Tekniken har med tiden utvecklats snabbt och har spridit sig till flera olika tillämpningsområden. Inom industriell datakommunikation ligger fokuset främst på att åstadkomma styrnings- och datainsamlingsmöjligheter för en process med ett så säkert system som möjligt. Detta har bland annat lett till att den tidigare manuella processdriften av vattenkraftverk nu är effektiverad, automatiserad och fokuserat till ett enda kontrollcenter för både övervakning och styrning (Mounz-Hernandez, et al., 2013, vii; Johansson, 2010, 193).

Med *datakommunikation* menar man att data överförs från en plats till en annan med hjälp av ett *transmissionssystem* (Boyer, 2004, 53). Ett transmissionssystem (se Figur 5) består i regel av tre huvudkomponenter: *sändare*, *media* och *mottagare* (Berti, et al., 2012, 13).



Figur 5. Komponenter i ett transmissionssystem. Modell utgående från Berti (2012, 12).

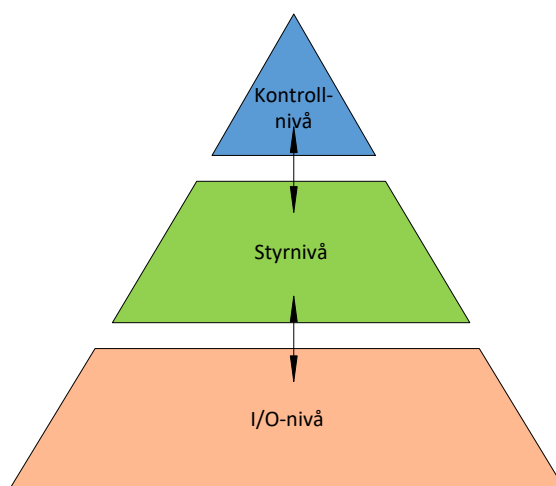
För att kommunikation ska upprätthållas krävs en kommunikationsväg (*medium*). Kommunikationslänken kan vara allt från en nergrävd fiberkabel till en radioförbindelse via en satellit. På sändningssidan av kommunikationsvägen måste en sändare finnas. Sändarens uppgift är att fastställa den data som ska skickas till källan över kommunikationsmediet. På andra sidan av kommunikationsvägen krävs i sin tur en mottagare för att man ska kunna extrahera och förstå de meddelanden som har skickats över mediet (Berti, et al., 2012, 13; Boyer, 2004, 53).

Det finns i huvudsak två olika typer av datakommunikationsteknologier, *digital* och *analog*. De olika begreppen beskriver på vilket sätt data överförs. Nuförtiden är datakommunikationen i de flesta fall digital även om man återfinner en del analoga inslag. Vid digital datakommunikation överförs signalen i transmissionssystemet med en serie av diskreta pulser vilka representerar ettor och nollor. Transmissionshastigheten eller överföringshastigheten mäts vid digital överföring i bitar/sekund (bits/s) och datalagringen

mäts i byte. Däremot karaktäriseras den analoga signalen som en vågform med en kontinuerlig varierande amplitud och frekvens (Berti, et al., 2012, 15; Johansson, 2010, 116).

2.2.1 Industriell kommunikation

I industriella miljöer används datakommunikation för datainsamling, övervakning och styrning av diverse processer så som vattenkraft. Mellan processer, datorer, styrsystem, sensorer, ventiler och instrument skickas digitala och analoga signaler för att upprätthålla processdriften (Johansson, 2010, 192). En processanläggning kombinerar ofta olika typer av nätverk och man kan säga att kommunikationen sker i tre olika nivåer enligt Figur 6 – det vill säga, *kontrollnivå*, *styrnivå* och *I/O nivå* (Johansson, 2010, 196).



Figur 6. Industrins kommunikationsnivåer. Modell utgående från Johansson (2010, 196).

I/O-nivån finner man längst ner i hierarkin och är den nivå som ligger närmast självaste processen. På I/O-nivån sker kommunikation mellan diverse utrustningar som positionerar och driver olika mekaniska rörelser. Utrustningen kan till exempel vara frekvensomriktare, sensorer, pneumatiska ventiler eller I/O-moduler. Nätverket på denna nivå kallas även för *fältbuss*. Följande steg i hierarkin är styρνivån och dess uppgift är att kommunicera och utbyta information med den underliggande utrustningen på I/O-nivån. På styρνivån finner man olika typer av styrsystem och styrdatorer som kommunicerar med varandra. Till utrustningen finns även operatörspaneler för avläsning och mindre justeringar i anläggningen. Den sista nivån är kontrollnivån vilket är den nivå som kommunicerar med styρνivån. Kontrollnivån är ofta lokaliserad en bit från självaste processen och sköts i de flesta fall från ett kontrollrum. Kontrollrummet består ofta av flera operatörspaneler där operatören kan övervaka och styra processen. Programmen på kontrollnivån kommunicerar

med styrsystemen på styrnivån som in sin tur upprätthåller kommunikationen med I/O-nivån så att styrning, övervakning och datainsamling från processen är möjlig (Johansson, 2010, 197).

2.2.2 Säkerhet i datakommunikation

Vid datakommunikation är det viktigt att data transporteras mellan sändaren och mottagaren på ett säkert sätt. Vid transport över öppna nätverk måste man räkna med att det finns obehöriga som försöker komma åt, förstöra eller manipulera data. Därmed måste man också göra motåtgärder för att uppnå datasäkerhet. Grundbyggstenen för data- och nätverkssäkerhet handlar enligt Berti (2012,343) om att skapa tillit (eng. *trust*) för ett system. Tilliten för ett säkert system baserar sig på att uppnå autenticitet, konfidentialitet, integritet, tillgänglighet och ett skydd mot ett intrång i systemet (Berti, et al., 2012, 343-345).

2.3 Styr- och övervakningssystem

Styr- och övervakningssystem har utvecklats under de senaste decennierna och används i diverse industriella processer för övervakning och styrning av utrustningar och anläggningar så som vattenkraftverk. Dessa system är ofta en kombination av manuell och automatisk styrning samt övervakning. Med nya och allt bättre tekniska lösningar, standarder och metoder har systemen utformats mer integrerat och effektivt. Systemens sammanhållande länk med den industriella verksamheten påverkas av flera olika faktorer så som människan, processutrustningen, organisationen, myndighetskrav, strategier och metoder för driften av processen (Cegrell & Sandberg, 1994, 5; Englund, 2016).

I industrin återfinns man flera olika leverantörer av styr- och övervakningssystem där ett system är ABB:s SCADA-system MicroSCADA. Denna klass av programvara används främst inom industrin för processövervakning, men har på senare tid även börjat användas inom vanlig fastighetsautomation. Det är främst de billiga datorerna och fri mjukvara som gjort detta möjligt (Cegrell & Sandberg, 1994, 20).

2.3.1 SCADA-system

SCADA är en akronym för engelskans Supervisory Control And Data Acquisition. Dessa system är överordnade styr- och övervakningssystem som använder sig av datorer, datakommunikationsnätverk och användargränssnitt för att samla in information från enheter, transportera information, utföra analyser och manövrera. SCADA-systemen byggs upp i både stora och små skalor. Beroende på tillämpningen sträcker sig dessa system från bara ett tiotal upp till tusentals processenheter (Bailey & Wright, 2003, 2; Cegrell & Sandberg, 1994, 20).

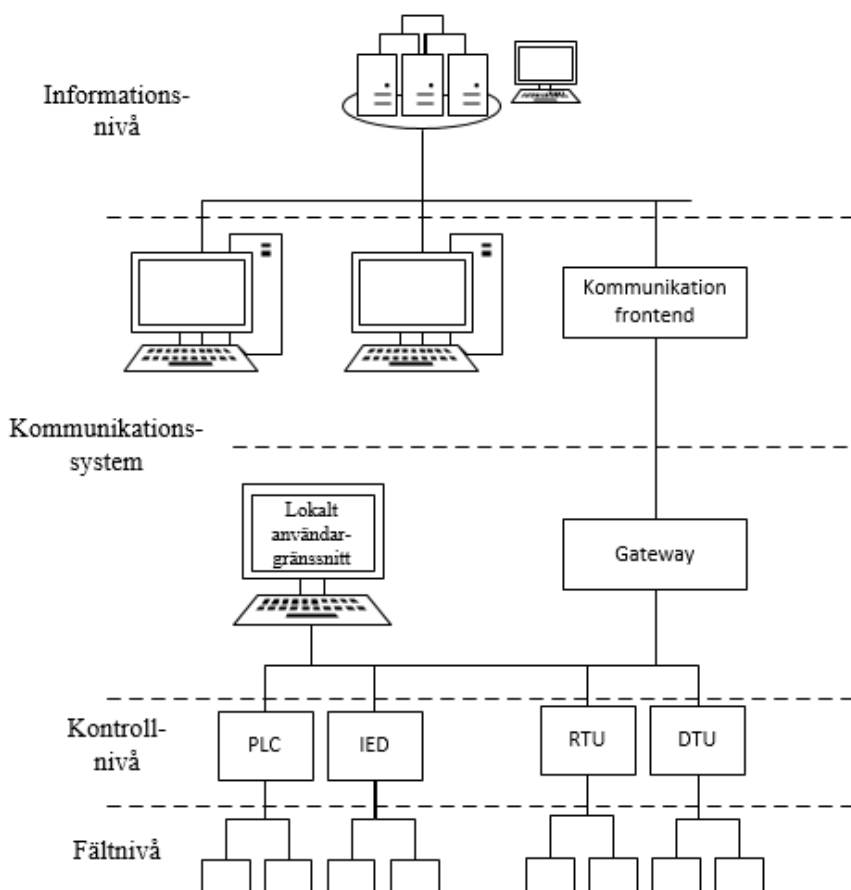
SCADA-system används ofta inom industrin, så som stålproduktion, elkraft och trafiknät, där man är i behov av att sammankoppla utrustningar och system som är separerade av geografiskt stora avstånd. Dessa system övervakar allt från temperaturer till brytarlägen, pumpar och flöden där människan fungerar som beslutsfattare. Därför är också samspelet mellan människan, processen och styrsystemet en viktig del i SCADA-systemets funktionalitet. De huvudfunktioner som systemet innehåller är datainsamling, grafiska presentationer, styrningsmöjligheter och övervakning av insamlad processdata. Den huvudsakliga processtyrningen görs inte av SCADA-systemet utan av PLC⁵-system och övriga närbelägna processenheter. Dessa enheter övervakas kontinuerligt av SCADA-systemet och alarmerar operatören vid onormala tillstånd. De lokala processenheterna sammankopplas via ett kommunikationssystem till ett koncentrerat datorsystem med tillhörande kontrollrum (Bailey & Wright, 2003, 2; Cegrell & Sandberg, 1994, 20).

Dessa SCADA-system utvecklas konstant, vilket leder till allt kraftfullare händelse- och alarmhanteringsfunktioner. Till systemen finns det också funktioner i form av underhåll, simulering och planering av både process och system. Dessa funktioner skapar allt mer sofistikerade och avancerade användargränssnitt för operatörerna (Cegrell & Sandberg, 1994, 21).

⁵ PLC (Programmable Logic Controller) även kallat programmerbart styrsystem är en typ av industriell dator som används ofta för att automatisera diverse processer (Bailey & Wright, 2003, 15).

2.3.2 SCADA-systemets uppbyggnad

Ett SCADA-systems systemarkitektur använder datorer, datakommunikationsnätverk och användargränssnitt för övervakning på hög nivå, medan exempelvis PLC:n och PID-regulatorer⁶ används för att samverka med processen. Ett SCADA-system kan byggas upp enligt hierarkin i Figur 7 (Cegrell & Sandberg, 1994, 20).



Figur 7. SCADA-systemets uppbyggnad hierarkiskt sett. Modell utgående från (Bailey & Wright, 2003, 14).

Längst ner i hierarkin i Figur 7 hittas processgränssnittet på *fältnivån*, det vill säga styrdon och givare. Dessa är sammankopplade med lokala processenheter på *kontrollnivån*, så som PLC, IED⁷, RTU⁸, skyddsreläer och frekvensomriktare. Precis ovanför finner man självaste *kommunikationssystemet*, vilket sammanbinder processenheterna med datorer och

⁶ PID-regulator är en benämning på en typ av regulatorer där en linjär kombination av proportionell, integrerande och deriverande verkan av ett reglerfel används för beräkning av styrsignal (Englund, 2016).

⁷ IED (Intelligent Electronic Device) är en term som används inom elkraftindustrin för att beskriva mikroprocessorbaserade styrenheter (Englund, 2016).

⁸ RTU (Remote Terminal Unit) är en mikroprocessorstyrd elektronisk enhet som förbinder objekt i den fysiska världen till ett distribuerat styrsystem eller SCADA-system (Bailey & Wright, 2003, 17).

användargränssnitt av olika typer. På denna nivå återfinns SCADA-programvaran. Kommunikationssystemet som sammanbinder systemen kan vara allt från radiokommunikation till telefonlinje, mikrovågor eller satelliter. Ännu högre upp i hierarkin på *informationsnivån* finner man servrar för datainsamling och eventuella tillhörande användargränssnitt (Bailey & Wright, 2003, 13–14; Englund, 2016).

För att minimera risken för haveri i SCADA-systemet används *redundanta system*. Ett redundanta system bygger på att man har två system som körs parallellt. Idén med detta är att göra systemet mera säkert. Om ena systemservern kraschar eller fryser är den parallella, sekundära systemservern redo att ofördröjligen ta över operationen. Den sekundära systemserverns uppgift är att konstant hålla applikationernas information uppdaterade samtidigt som den är i stand-by läge för den primära systemservern. Detta resulterar i ett betydligt högre uppehåll av systemet, eftersom risken att båda systemen ligger nere samtidigt är ytterst litet (ABB, 2002).

2.3.3 Alarmhantering

En viktig del av SCADA-systemet är dess alarmhantering. Med hjälp av alarmhanteringen identifieras den alarmerande enheten. Systemet hanterar alarmen genom att först kontrollera vilka alarmkriterier som uppfylls, eftersom att alarmens prioritet ofta varierar. För att bibehålla ett entydigt system rekommenderas att endast följande fyra olika alarmprioriteter implementeras:

- *Hög prioritet*. Alarm som varnar om farliga tillstånd som kan leda till ett driftstopp av en betydande aktivitet.
- *Medium prioritet*. Alarm som varnar om tillstånd som borde åtgärdas så fort som möjligt men som leder inte till driftstopp.
- *Låg prioritet*. Alarm som varnar om tillstånd som bör åtgärdas när tiden tillåter.
- *Händelse*. Är endast statistisk eller teknisk information. Operatören uppmärksammas inte med alarm (Bailey & Wright, 2003, 221).

I de flesta SCADA-system är alla alarmhändelser tidsstämplade. Beroende på alarmets prioritet uppmärksammas operatören med hjälp av ljudsignaler, ljussignaler eller dialogrutor. Det är också viktigt att ständigt granska, upprätthålla och förbättra alarmsystemet med hjälp av analyser och utvärderingar. För varje alarm borde alarmets typ,

tagg, beskrivning, orsak, relation till övriga alarm och handlingstegen vid åtgärd av alarmet dokumenteras för att enkelt kunna uppfölja alarmsystemets brister (Bailey & Wright, 2003, 220; Boyer, 2004, 158).

2.4 HMI

HMI är en akronym för engelskans Human Machine Interface och fungerar som ett användargränssnitt mellan användaren och systemet (Anaheim Automation, 2016). HMI-lösningar tillämpas ofta vid tillverknings- och processkontrollsystem och används främst för:

- *Planering, design och konfigurering* så som bildredigering, parametrering, rapportformning och dialogutformning.
- *Drift av processer* så som övervakning (bilder, ikoner, färger och animationer), styrning (flerstegsdialoger), prognostisering (driftsplanering), tillståndsövervakning (DMS) samt underhåll (Cegrell & Sandberg, 1994, 251; Englund, 2016).

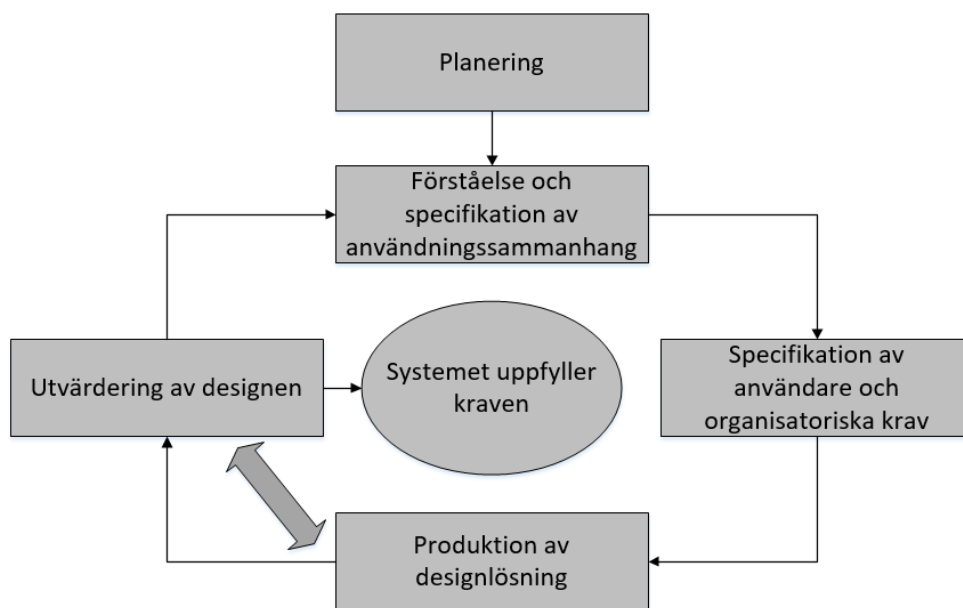
Med en HMI förser man en visuell representation av ett kontrollsystem med visualisering av realtidsdata, trender och alarm med mera. HMI-lösningar återfinns på stationära monitorer, bildskärmar, videokanoner eller mobila enheter så som pekplattor och smarttelefoner (Cegrell & Sandberg, 1994, 252).

Vid utformning av en HMI är huvudmålet att skapa ett användargränssnitt med hög användbarhet för att åstadkomma ökad produktivitet, reduktion i efterföljande kostnader samt öka sannolikheten för ett genomslag av produkten (Anaheim Automation, 2016; NIST, 2007, 7-8).

2.4.1 Utformning av HMI

När man utformar ett användargränssnitt är det viktigt att ha kunskap och förståelse för utformningsprocessen. Likaså är det väsentligt att förstå hur HMI-användarna uppfattar och memorerar saker samt hur deras beslutsförmåga fungerar. Dessutom behövs också en förståelse för användarnas kännedom för processen och systemet de använder. Denna kännedom hjälper designers på förhand att identifiera eventuella misstag som operatörerna kan göra. Allt detta krävs för att nå användbarhet i människans samspel med styrsystemet och processen (Fiset, 2009, 7-8).

Fiset (2009, 19-22) beskriver utformningsprocessens olika faser för en HMI enligt följande (se Figur 8). Den första fasen innebär *planering*, vari tidschemat, inblandade och deltagare definieras. Därefter *specificeras användningssammanhanget* för att fastställa vem de framtida användarna av systemet är, deras karakteristik, vilka uppgifter som förväntas och vad de relevanta elementen är ångande miljön systemet har att göra med. Därefter fortsätter man med *specifikation av användare och de organisatoriska kraven*. Detta medför identifiering av kraven på de operationella, ibland ekonomiska, målen inom en organisation. Slutligen specificeras kraven angående behov som associeras med kommunikation och samarbete mellan användarna.



Figur 8. Designcykeln för utvecklingen av en ny HMI. Modell utgående från Fiset (2009, 20).

Efter att de byråkratiska stegen har genomgåts påbörjas själva *produktionen av designlösningarna*. Produktionen av designlösningarna förlitar sig på diverse metoder och tillvägagångssätt. Vid användning av färger finns det följande riktlinjer:

- Var konservativ och använd få färger.
- Planera alltid färgerna svart och vit.
- Notera risker för färgblindhet.
- Var konsekvent.
- Använd förstärkning av informationen så som blinkningar, pulserande ljus eller animation i form av rörelse (Englund, 2016).

Genom att använda färger på rätt sätt fångar man bättre ögats uppmärksamhet, förstärker logisk organisation av informationen samt uppmärksammar användaren vid varningar och alarm. Utöver färgtillämpningen är det också viktigt att skapa konsekventa, enkla, säkra och effektiva bilder och dialogutformningar för att göra systemet så användbart som möjligt. Även om designers försöker göra den bästa designen på basen av tillgänglig information kommer processen alltid att vara iterativ (Cegrell & Sandberg, 1994, 260; Englund, 2016).

Utvärdering av resultatet i jämförelse med kraven är det följande steget i designcykeln, vilket kan göras med hjälp av olika metoder. Den vanligaste metoden är testning av systemets användbarhet. Resultatet från utvärderingen behandlas noggrant, varefter eventuella brister åtgärdas före systemet godkänns och tas i bruk (Fiset, 2009, 19-21).

2.4.2 Operatörspanel

Operatörspanelen kan vara stationär eller mobil och dess uppgift är att ge direkt feedback från processen till användaren. Operatörspanelen är en essentiell del i samspelet mellan användaren och systemet, vilket ställer krav på hur bilderna och dialogerna i operatörspanelen utformas. Sätts för mycket information på operatörspanelerna kan det leda till oordning, samtidigt som för lite information kan leda till att användaren inte får tillräckligt med feedback från processen. För att lösa dessa problem inkluderar de flesta system sådant som rullgardinsmenyer, listor, knappar och färgalternativ (Boyer, 2004, 163).

Vid organisering av data i operatörspaneler finns det en del riktlinjer för att åstadkomma en så optimal operatörspanel som möjligt. För operatörernas del är det viktigt att konsekvens data visas med en logisk struktur för att på så sätt minimera minnesbelastningen för användarna. Dessutom ska systemet vara flexibelt och utbyggbart (Cegrell & Sandberg, 1994, 260).

Användbarheten hos operatörspanelen är a och o när det handlar om processautomatiseringslösningar. Med hjälp av operatörspanelen ska operatören kunna följa med vad som händer i processen på samma sätt som om hen stod ute i verksamheten. Dessutom ska fel kunna snabbt och enkelt lokaliseras och åtgärdas. Flera processer och program ska också kunna studeras samtidigt i operatörspanelerna (Haag, 1998, 504).

2.4.3 Mobila HMI

Olika slag av mobila enheter har länge använts vid processanläggningar. Moderna enheter har förmågan att visa sofistikerad information i text och i grafisk format. Dessutom har det blivit vanligare att mobila enheter så som fickdatorer, smarttelefoner och pekplattor används för att införskaffa information och manövreringsfunktioner för icke stationära operatörer. Principer och regler för bästa praxis vid mobila HMI-lösningar är få, men de generella riktlinjer och rekommendationerna vid tillämpning är följande:

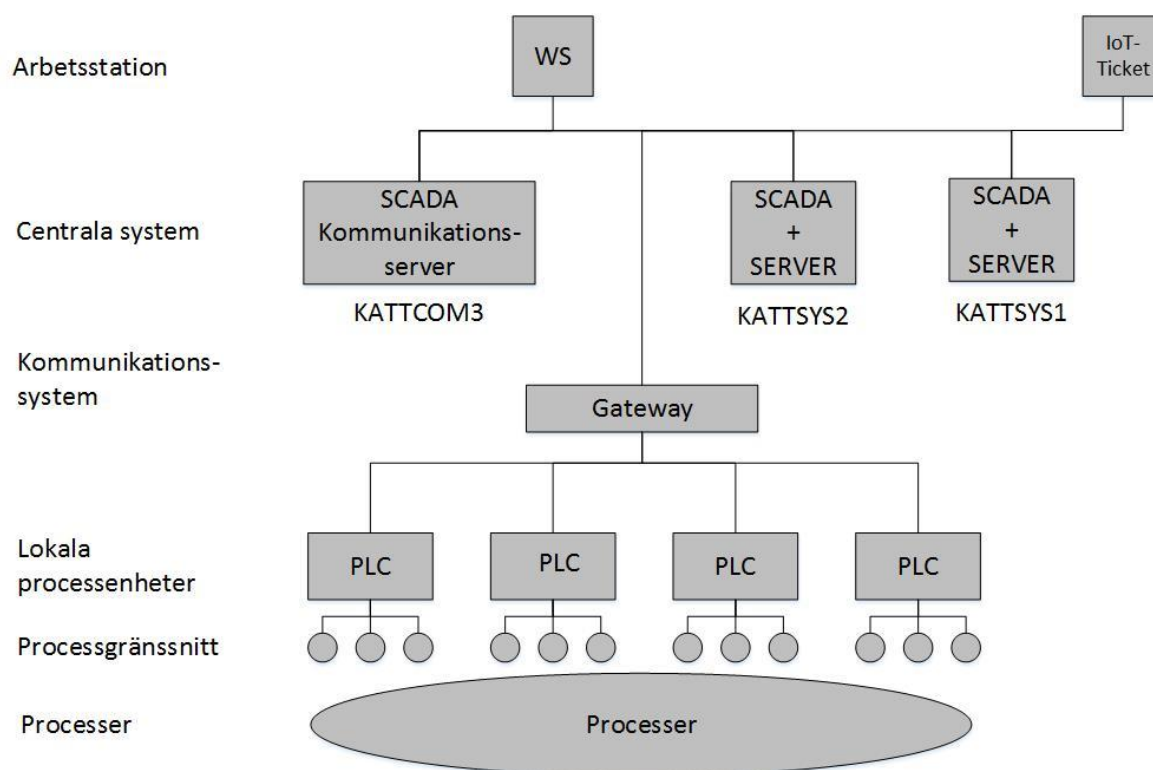
- Mobila enheter borde ej användas vid kritiska situationer, eftersom att teknologin är fortfarande i allmänhet känslig.
- Läsbarheten på displayen bör bedömas i själva ramen för användning eftersom stora variationer finns mellan olika skärmteknologier.
- Utformning och validering av HMI modellen kommer att vara mera kritisk för mobila enheter eftersom de tenderar att ha mindre kraftfulla användargränssnittsresurser. Detta begränsas av bland annat skärmstorleken, beräkningsresurser och minnet. Dessutom är navigation svårare och besvärligare i mobila HMI.
- Mobila enheter borde inte användas som enda medel för att få tillgång till processanläggningen.
- Mobila enheter kan användas för att skaffa information och minska mängden operatören behöver förflytta sig. Därpå fungerar de väl för att få tillgång till elektroniska dokument och samla in information från fältet (Fiset, 2009, 107-108).

Det är komplicerat att åstadkomma den rätta balansen mellan funktionalitet och användbarhet med mobila enheter. Med hänsyn till riktlinjerna fungerar mobila HMI:n bäst som ett komplement till ett fullständigt kontrollcenterbaserat styr- och övervakningssystem (Fiset, 2009, 108).

3 Anläggningar och systemutrusningar

För att genomföra undersökningen av IoT-Ticket vid Herrfors tillämpades följande fyra huvudkomponenter: MicroSCADA-systemet vid Herrfors, IoT-Ticket pilotapplikation, vattenkraftverksprocesser och en OPC DA-kommunikationslänk mellan IoT-Ticket-klienten och ena MicroSCADA-systemets OPC DA-server. Dessa fyra huvudkomponenters funktionalitet och specifikationer genomgås noggrannare i de kommande kapitlen.

Figur 9 illustrerar en helhetslösning på hur implementeringen av IoT-Ticket pilotapplikationen gjordes vid Herrfors. Processen i Figur 9, motsvarar ett av de vattenkraftverk som IoT-Ticket applikationen testades på. Vattenkraftverken övervakas kontinuerligt av MicroSCADA-systemet vid Herrfors och erhåller och lagrar data på OPC DA-servrarna. MicroSCADA-systemet vid Herrfors är ett redundant system och består därav två systemserver, KATTSYS1 och KATTSYS2. På respektive systemserver finns en OPC DA-server. På MicroSCADA servern KATTSYS1 installerades IoT-Tickets mjukvara OPCDAGatewayService. Med hjälp av gatewayen erhåller IoT-Ticket-klienten processdata från vattenkraftverken från MicroSCADAs ena OPC DA-server, dock endast då KATTSYS1 är aktiv.



Figur 9. Hierarkisk illustration av helhetslösningen för implementeringen av IoT-Ticket.

3.1 Vattenkraftverken vid Herrfors

Vattenkraftverken som IoT-Ticket pilotapplikationen har testats på tillhör Katternö gruppens auktionärer Herrfors och Perhonjoki Ab. De sju vattenkraftverken är lokaliserade längs Esse å, Kimo å och Perho å. För Katternögruppens del så står vattenkraften för ca 6 % av elproduktionen (Katternö Group, 2012a).

Vattenkraftverken varierar i konstruktion och produktion och den installerade effekten för kraftverken varierar mellan 100 kW och 7,4 MW. Kaitfors kraftverk är det kraftverk med den största installerade effekten och ägs av produktionsbolaget Perhonjoki Ab medan de övriga vattenkraftverken ägs av Herrfors. Underhållet, styrningen och övervakningen av respektive kraftverk ansvarar Herrfors för. Grundläggande specifikationer gällande vattenkraftverken kan avläsas från Tabell 1, för ytterligare vattenkraftverksspecifikationer se Bilaga 1.

Kraftverk	Vattendrag	Installerad Effekt[MW]	Fallhöjd [m]	Medelproduktion 2009–2012[MWh]	Antal turbiner
Herrfors	Esse å	0.6	3.5	3205	2
Långfors	Esse å	1	5	5101	1
Finnholm	Esse å	1.1	4.5	4806	2
Björkfors	Esse å	1.3	7	5665	2
Kattilakoski	Esse å	2	9	9057	1
Hammarfallet	Kimo å	0.1	10.5	289	1
Kaitfors	Perho å	7.4	20	25 826	1

Tabell 1. Vattenkraftverksspecifikationer utgående från Bilaga 1.

3.2 IoT-Ticket

IoT-Ticket är en Cloud/Big data⁹ plattform som grundar sig på IoT-Teknologi (Internet of Things, se ytterligare kapitel 3.2.2). IoT-Ticket har tagits fram av Vasabaserade företaget Wapice och omfattar olika typer av datainsamlingsmetoder, rapporteringstjänster och analytiska tjänster. IoT-Ticket stöder övervakning, kontroll och automation, men innehåller även avancerade rapporteringsfunktioner (Wapice Ltd, 2016a). IoT-Ticket användargränssnitt baserar sig på HTML5 teknologi, vilket gör att plattformen är enkel och

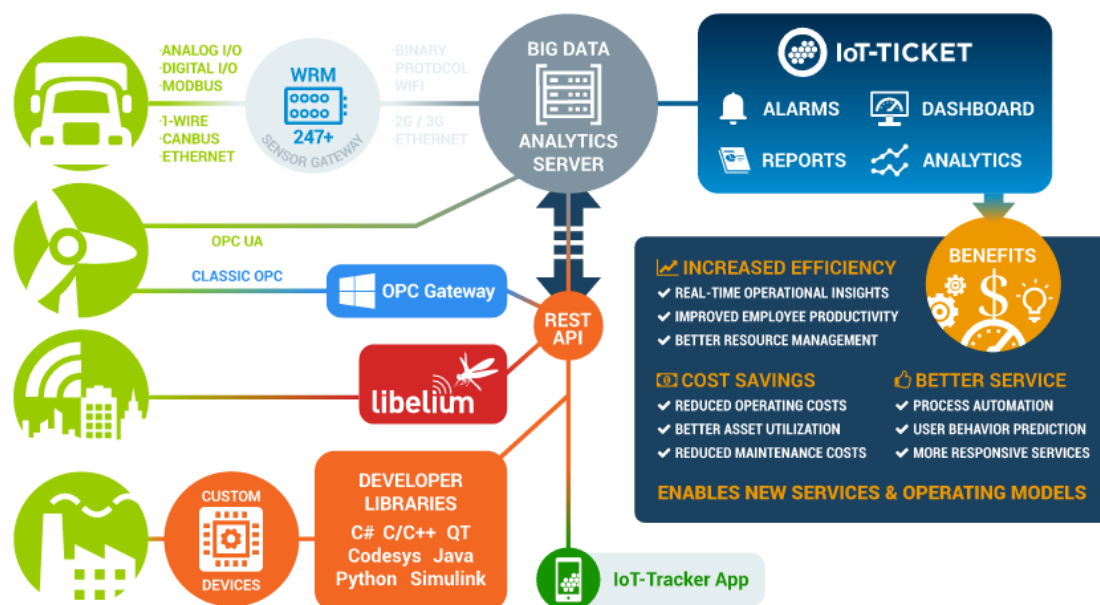
⁹ Big data handlar om hantering och analysering av stora datamängder, så oproportionerligt stora att det är omöjligt att behandla datamängderna med konventionella verktyg för analytiska databaser (Vermesan & Friess, 2013, 84).

flexibel att använda. Användargränssnittet stöder dessutom Android och IOS enheter (Wapice Ltd, 2016b).

De mest essentiella applikationerna i IoT-Ticket är *Dashboard*, *Interface Designer*, *Dataflow Editor*, *Analytics* och *Reporting*¹⁰. Dashboards är motsvarigheten till processbilder vilka man finner i andra styr- och övervakningssystem. Användargränssnittet för processbilderna skapas i IoT-Tickets grafiska verktyg Interface Designer. Eftersom IoT-Ticket är uppbyggt med HTML5 teknologi kan processbilderna enkelt nås via en webbläsare. Processbildernas bakgrundsfunktionalitet byggs upp i Dataflow Editor, vilket är IoT-Tickets web-baserade blockprogrammeringseditor. Dataflow Editorn används även till Reporting-funktionen, vilket är IoT-Tickets verktyg för att framställa rapporter. Till pilotlicensen som Herrfors anskaffade medföljde inte IoT-Tickets analysprogram Analytics och därav kommer inte Analytics att behandlas i examensarbetet (Wapice Ltd, 2016b).

3.2.1 IoT-Tickets Datainsamlingsmetoder

IoT-Ticket är flexibel och erbjuder användaren flera olika datainsamlingsmetoder. De olika datainsamlingsmetoderna som IoT-Ticket erbjuder illustreras i Figur 10 (Wapice Ltd, 2016b).



Figur 10. IoT-Tickets datainsamlingsmetoder (Wapice Ltd, 2016b).

¹⁰ Jag har valt att använda applikationernas engelska originalbenämningar för tydlighetens skull.

IoT-Ticket plattformen kan integreras till de flesta industriella systemen med hjälp av standardiserade kommunikationsprotokoll som OPC, OPC UA, Modbus, CAN, IEC 61850 eller 1-Wire. Den insamlade data kan tillämpas på externa applikationer så som Simulink eller R för ytterligare analyser. Datainsamling kan även göras med hjälp av Wapices egen datainsamlingsenhet WRM 247+ eller via andra datainsamlingsenhet (Wapice Ltd, 2016b). Vid Herrfors tillämpades OPC DA-kommunikation som datainsamlingsmetod. OPC DA valdes eftersom att SCADA-systemet vid Herrfors består av bland annat två OPC DA-servrar.

3.2.2 Internet of Things & datasäkerhet

IoT är en akronym för engelskans Internet of Things (sv. *sakernas internet*). IoT tillämpas av flera olika mjukvarutillverkare för olika plattformslösningar där Wapice IoT-Ticket är ett exempel. IoT-Ticket plattformen omfattar datainsamling, rapportering, processbilder och analysmöjligheter integrerat i ett system. Likaså stöder plattformen också övervakning, styrning, automation och avancerade rapporteringsfunktionaliteter (Wapice Ltd, 2016a). Denna teknologi grundar sig på att sammankoppla och skapa interaktioner mellan föremål med hjälp av trådlösa eller fysiska anslutningar. Detta görs för att information ska kunna utnyttjas på nya sätt, nå nya insikter, skapa nya applikationer och tjänster samt göra data tillgängligt i diverse IoT-paneler. Förutom det är IoT:s intention att föremål ska tillhöra ett sammankopplat nätverk närsomhelst, varsomhelst och med vadsomhelst (Microsoft, 2016; Vermesan & Friess, 2013, 7-8).

Grundpelaren för olika IoT-lösningar ligger i den sömlösa identifikationen av föremål via diverse uppkopplingar till internet genom RFID (Radio-frequency identification), IPv6, 3G, WIFI eller andra kommunikationslösningar. I och med att allt fler föremål är uppkopplade till internet förekommer det också säkerhetsrisker. Brister i säkerheten kan leda till att föremål och apparater kan styras av obehövligen över internet. Därav är datasäkerheten en viktig del vid implementering av diverse IoT-lösningar. Enligt Vermesan & Fress (2013, 208) består en stor del av IoT-implementeringsprocessen av att skapa och upprätthålla ett förtroende för IoT. Utan ett förtroende möts IoT av utmaningar vilket kan leda till begränsningar och fördröjningar av implementeringen (Vermesan & Friess, 2013, 10 & 208).

3.3 MicroSCADA

MicroSCADA är ett SCADA-system utvecklat av ABB. ABB är ett företag som är inriktad på teknik inom energibolag, industri, transport och infrastruktur runt om i världen. ABB:s MicroSCADA-system är helt mikroprocessorbaserat vilket betyder att det går att köra på alla kommersiella datorer (PC:n). Detta system används vid Herrfors bland annat för automatisering av understationer och fungerar som ett automationssystem för kraftöverföring och distribution (ABB, 2002; ABB, 2017).

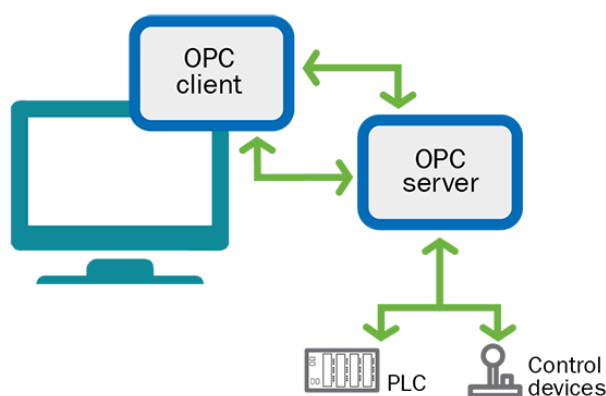
MicroSCADA-systemet är programmerbart och erbjuder därmed flexibilitet för användaren. Alla applikationsprogram och de flesta systemkonfigurationsprogram är programmerade i MicroSCADAs programmeringsspråk SCIL (Supervisory Control Implementation Language) och kan därmed också omprogrammeras (ABB, 2002).

MicroSCADA-systemet kan ses som ett nätverk där kontrollsystemen kan kommunicera med distributionsprocessen genom ett kommunikationssystem (ABB, 2002). Systemet erbjuder ett brett urval av kommunikationsprotokoll och gränssnitt för olika ändamål, så som IEC 61850, IEC 60870-5-10x, DNP 3.0, Modbus, LON och SPA. Processkommunikationen används för att sammankoppla diverse processenheter, som till exempel IED:n, RTU:n och PLC:n. Kommunikationen till processenheterna används för insamling av information angående lägesindikationer, händelser och analoga värden, men också för att överföra data till enheterna. Data som överförs kan vara kommandon, börvärden eller parameterinställningar. Data som erhålls via kommunikationssystemet kan arkiveras, presenteras grafiskt eller skickas vidare till andra system (ABB, 2013).

3.4 OPC-kommunikation

Open Platform Communication (OPC), tidigare OLE for Process Control, är en standard för kommunikation mellan olika datorer. Denna kommunikationsstandard grundar sig på COM- (Component Object Model) och DCOM-teknologierna (Distributed Component Object Model). OPC är i allmänhet accepterad inom de flesta industristandarder bland användare såväl som utvecklare. De flesta tillverkare inom HMI, SCADA och DCS datorbaserad automationsteknologi erbjuder en OPC-klient och/eller servergränssnitt till deras produkter. Denna kommunikationsarkitektur tillämpas främst för att erhålla aktuella data från enheter samt för att distribuera aktuella data, historiska data och händelser till diverse hanteringsprogram (Iwanitz & Lange, 2005, IX).

OPC grundar sig på klient/server kommunikationsarkitekturen i Figur 11. Arkitekturen bygger på att OPC-servern erhåller information i form av data från enheter så som PLC och IED. Servern ger därefter tillgång till den erhållna informationen till en eller flera OPC-klienter så att de indirekt kan läsa och skriva till fältenheterna via OPC-servern. Denna kommunikationsarkitektur möjliggör också att man kan ha flera servrar som väntar på att svara på de frågor som klienterna ställer. När en server har fått en fråga och svarat på den återgår servern tillbaka till vänteläge. Klienten kan också instruera servern så att de uppdateringar som inkommer till servern automatiskt sänds till klienten. För OPC-kommunikationsarkitekturen är det klienten som fastställer vilken data och när servern ska samla in information från de underliggande systemen. Detta gäller också då klienten prenumererar på uppdateringar från servern (Novotek, 2017; Iwanitz & Lange, 2005, 25).



Figur 11. OPC-kommunikationsarkitektur (Novotek, 2017).

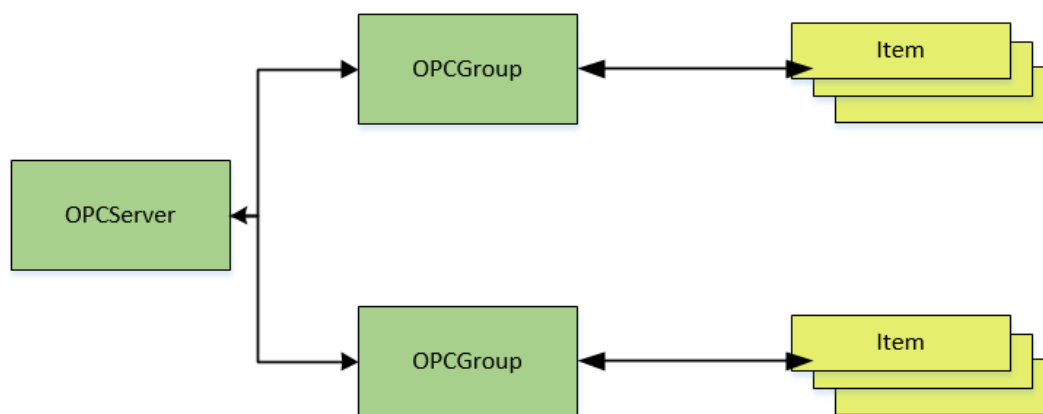
De olika kraven inom industriella tillämpningarna har lett till att tre följande huvud OPC-specifikationer har utvecklats: Data Access (DA), Alarm & Events (A&E) och Historical Data Access (HDA). Dessa olika specifikationer har olika funktioner och tillämpningsområden. DA-specifikationen ger tillgång till aktuella processdata, A&E beskriver ett gränssnitt för händelsebaserad information samt kvittering av processalarm och HDA används för att få tillgång till arkiverad data (Novotek, 2017). Specifikationen som användes i examensarbetet var endast DA och därav behandlas endast denna specifikation grundligare.

3.4.1 OPC DA

OPC DA-specifikationen är den äldsta av alla OPC-specifikationer och kallas även för *OPC specification*. Denna specifikations gränssnitt erbjuder möjlighet för läsning, skrivning och kontroll av variabler som innehåller aktuella processdata. Detta används oftast för att flytta realtidsdata från PLC, DCS och andra styranordningar till HMI eller andra klienter för

visualisering av processdata. Denna kommunikationsstandard bygger på att OPC DA-servern förser en eller flera OPC DA-klienter med transparent tillgång till olika datakällor (Iwanitz & Lange, 2005, 25).

OPC DA-klienterna väljer uttryckligen variablerna, de *OPC items* (i fortsättningen items), de vill läsa, skriva eller övervaka i servern. En OPC-klient ansluter till servern genom att skapa ett så kallat OPC-server objekt. Serverobjektet erbjuder diverse metoder för navigering genom adressfältets struktur för att hitta rätt item och dess egenskaper så som datatyp och åtkomsträttigheter. DA-klienten skapar enligt Figur 12 ett antal OPC-objekt i en DA-server för att definiera dess perspektiv av processen. OPC-servern kommer först av alla OPC-objekt därefter följer OPCGroup och slutligen kommer item. I slutändan är det items och dess parametervärden som klienten är intresserad av (Iwanitz & Lange, 2005, 25).



Figur 12. OPC DA-server objekt. Modell utgående från Iwanitz & Lange (2005).

För att få tillgång till data från items grupperas klienten items med samma egenskaper till ett så kallad OPCGroup-objekt. När ett item läggs till i en OPCGroup kan dessa items läsas eller skrivas av klienten. Dock är det rekommenderade sättet för dataavläsningen att klienten övervakar värdeförändringar i servern. Detta betyder att efter varje cykel skickar OPC DA-servern endast de förändrade värdena till klienten, vilket minimerar dataöverföringen (Iwanitz & Lange, 2005, 25).

3.4.2 DCOM- och COM-teknologiernas betydelse för OPC

DCOM står, som nämnt, för Distributed Component Object Model, och används för kommunikation mellan programvarukomponenter på nätverksanslutna datorer. Denna teknologi beskriver en objektmodell för implementering av applikationer enligt klient-

server-paradigmet. DCOM är också en sömlös utveckling av den tidigare modellen COM (Component Object Model) (Iwanitz & Lange, 2005, 2).

De klassiska OPC-gränssnitten baserar sig på just COM- och DCOM-teknologi. Fördelen med detta är reduktionen av specifikationsarbete för definiering av olika API (Applikation Programming Interface). Genom att utnyttja COM- och DCOM-teknologi undviker man att definiera nätverksprotokoll eller andra mekanismer för interprocesskommunikation. Både COM och DCOM definierar en standardmekanism för interaktion mellan server och klient. Genom att använda denna PC-baserade och standardbaserade teknologi reduceras tiden för utveckling av specifikationer, produkter och TTM (Time-To-Market) för OPC (Iwanitz & Lange, 2005, 2-3).

4 Implementering och konfigurering av pilotsystemet

Implementerings- och konfigureringsprocessen av IoT-Ticket var uppdelat i två huvudmoment. Det första momentet bestod av insamling av processdata till klienten med hjälp av OPC DA-kommunikation. Detta bestod i sin tur av identifiering av OPC items och konfiguration av klientens OPC DA gateway. Det andra momentet innebar testning och konfiguration av IoT-Ticket plattformen på vattenkraftverken vid Herrfors och medförde huvudsakligen följande element:

- Grafisk utformning av prototypprocessbilder.
- Konfiguration av status- och mätvärdesvisningar.
- Skalning av processvärden.
- Konfiguration av trender.
- Skapandet av en prototyp rapportmall.
- Anpassning av prototypprocessbilderna till mobila enheter.

Avslutningsvis testades applikationens hantering av användare och användarrättigheter.

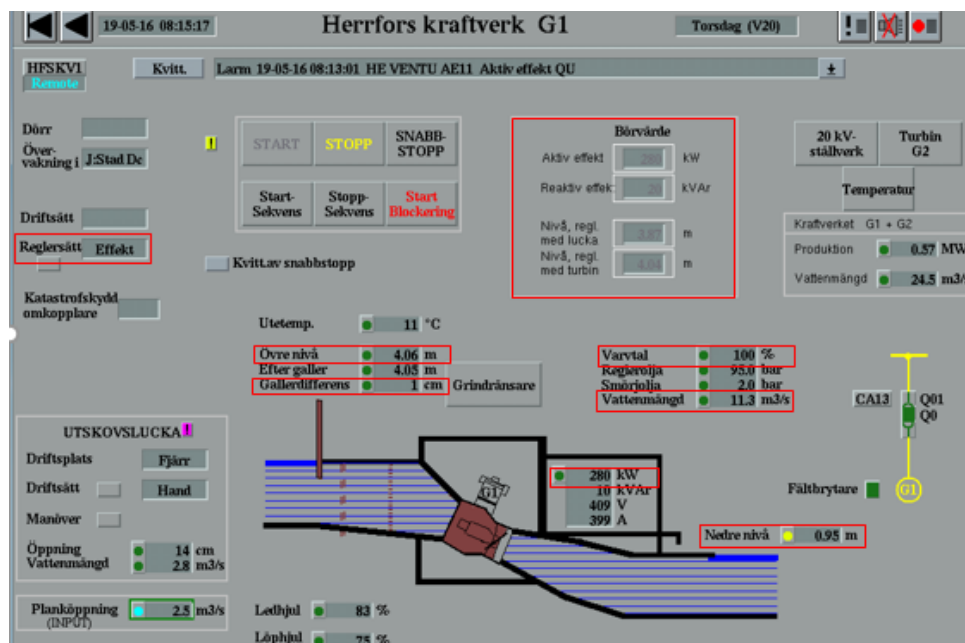
4.1 Datainsamling till klienten

Datainsamlingen från OPC DA-servern till IoT-Ticket klienten förverkligades genom installering av en OPC DA gateway på MicroSCADA-systemets systemserver KATTSYS1. OPC DA-servern vid Herrfors innehåller över 30 000 processobjekt och av dessa processobjekt var klienten endast i behov av att erhålla värden från en bråkdel av processobjekten. Således genomfördes en så kallad kartläggning (eng. *mapping*) av OPC itemsen för att avskilja de önskade processobjekten från de övriga, där varje items beteckning identifierades. Dessa beteckningar specificerades därefter vid konfigureringen av OPC DA gatewayen.

4.1.1 Identifiering av OPC item

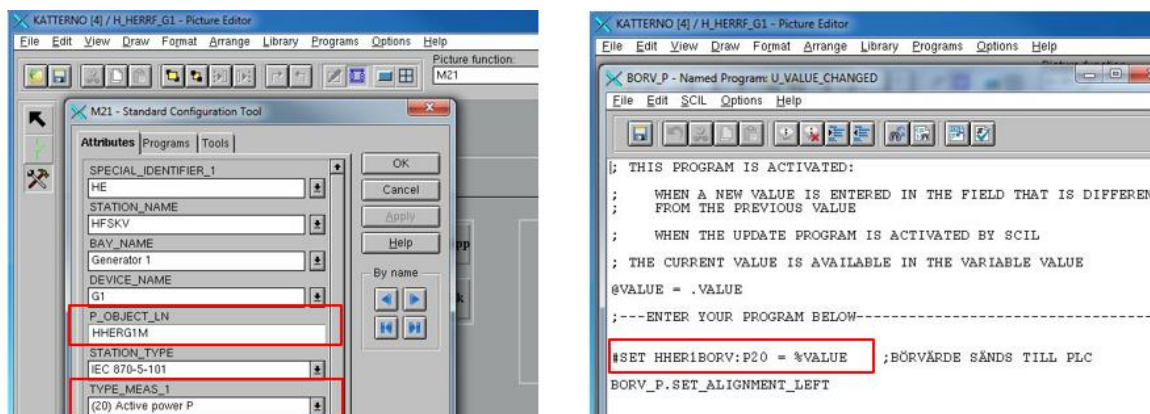
IoT-Ticket klienten behöver endast synka de OPC item som innehåller relevanta processvärden för vattenkraftverksmontörerna. Dessa items identifierades med hjälp av det grafiska användargränssnittet i MicroSCADA. Figur 13 illustrerar det grafiska

användargränssnittet i MicroSCADA för Herrfors kraftverk G1. De rödmarkerade processobjekten är exempel på värden från Herrfors kraftverk G1 som är relevanta för vattenkraftverksmontörerna och som därmed identifierades.



Figur 13. Herrfors MicroSCADA-systems processbild av Herrfors kraftverk.

Processobjektens namn och index identifierades med hjälp av MicroSCADA-systemets grafiska programmeringsverktyg *Picture Editor*. Namn och index för processobjekt vars funktion endast var att visualisera ett mätvärde, som till exempel flöde, identifierades via konfigureringsverktyget *Standard Configuration Tool* i *Picture Editor*. Detta gjordes genom att markera processobjektet och öppna konfigureringsverktyget för detta objekt. Från konfigureringsverktygets attributfält avlästes processobjektets namn och index enligt Figur 14, det vill säga item beteckning.



Figur 14. Identifiering av OPC item.

Övriga processvärden med en bakomliggande funktion, så som börvärden, identifierades via processvärdets tillhörande SCIL-kod enligt Figur 14. Itembeteckningarna för respektive processobjekt identifierades och noterades för att underlätta konfigurationen av OPC DA gatewayen.

4.1.2 Konfigurering av OPC DA Gateway

De OPC items som synkades till klienten fastställdes vid klientens tillhörande OPC DA gateway. Denna gateway, var som tidigare nämnt, installerad på MicroSCADA-systemets systemserver KATTSYS1. Vid uppstart av gatewayen frågade den vilken OPC-källa som ska användas (se Figur 15) och i detta fall valdes MicroSCADAs OPC DA-server.



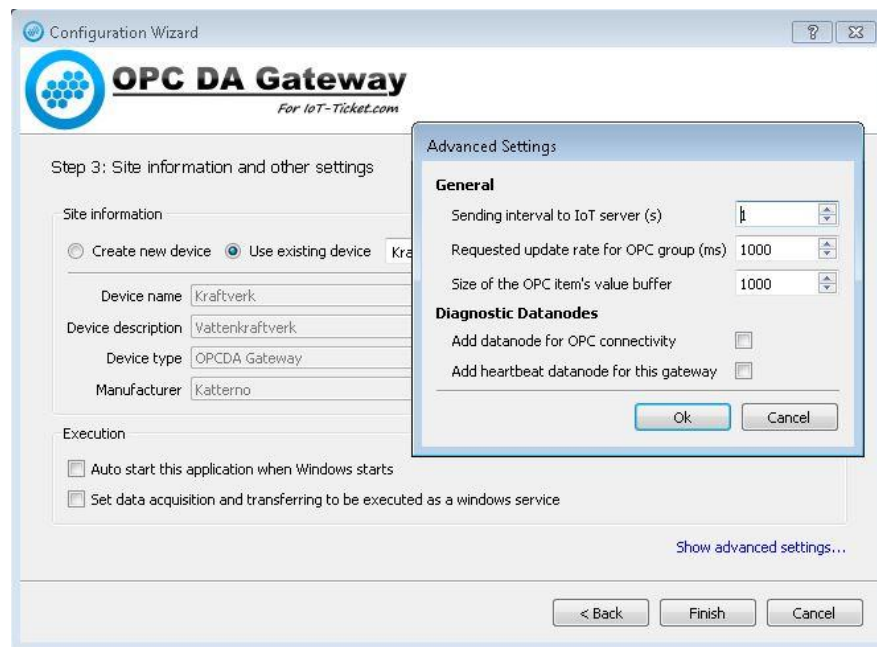
Figur 15. OPC DA Gateway.

Efter att valet av OPC-källa exporterades en excelfil (se Figur 16) över OPC-källans alla item. Excelfilen som exporterades fungerade som hanteringsverktyg för OPC-källans items. I excelfilens andra och tredje kolumn fanns respektive objekts itembeteckning. De items man ville läsa värden från eller skriva värden till specificerades genom att välja *Read* eller *Write* i den första kolumnen i excelfilen. Ett icke ifyllt fält betyder att följande items värde inte synkas till klienten. De två sista kolumnerna i excelfilen fungerade som kommentarsfält för att hålla reda på de olika itemsens kryptiska namn. Efter hanteringen av de items som berörde vattenkraftverken sparades och importerades excelfilen till OPC DA gatewayen.

	A	B	C	D	E	F
	Access rights (possible values are Read, Write or					
1	Full)	OPC tag name	IoT datanode name	IoT datanode path	Object identifier	Object text
2	Read	\\APL\1\P\HKTFG1\28	\\APL\1\P\HKTFG1\28	Kaitfors	HE KAITF Generator G1	Kaitfors krv varvtal
3	Read	\\APL\1\P\HKTFLED\29	\\APL\1\P\HKTFLED\29	Kaitfors	HE KAITF LEDHJUL 2B2	Öppning
4	Read	\\APL\1\P\HKTFLED\110	\\APL\1\P\HKTFLED\110	Kaitfors	HE KAITF LEDHJUL	Regleringssätt

Figur 16. Excel fil där OPC items kan hanteras.

Det sista momentet för att förverkliga datainsamlingen till IoT-Ticket klienten var att ställa in gatewayens sändningsintervall, förfrågningsintervall och buffervärde enligt Figur 17. Efter att dessa moment hade genomgåts synkades önskade processdata till IoT-Ticket klienten.



Figur 17. Inställning av OPC DA Gateway.

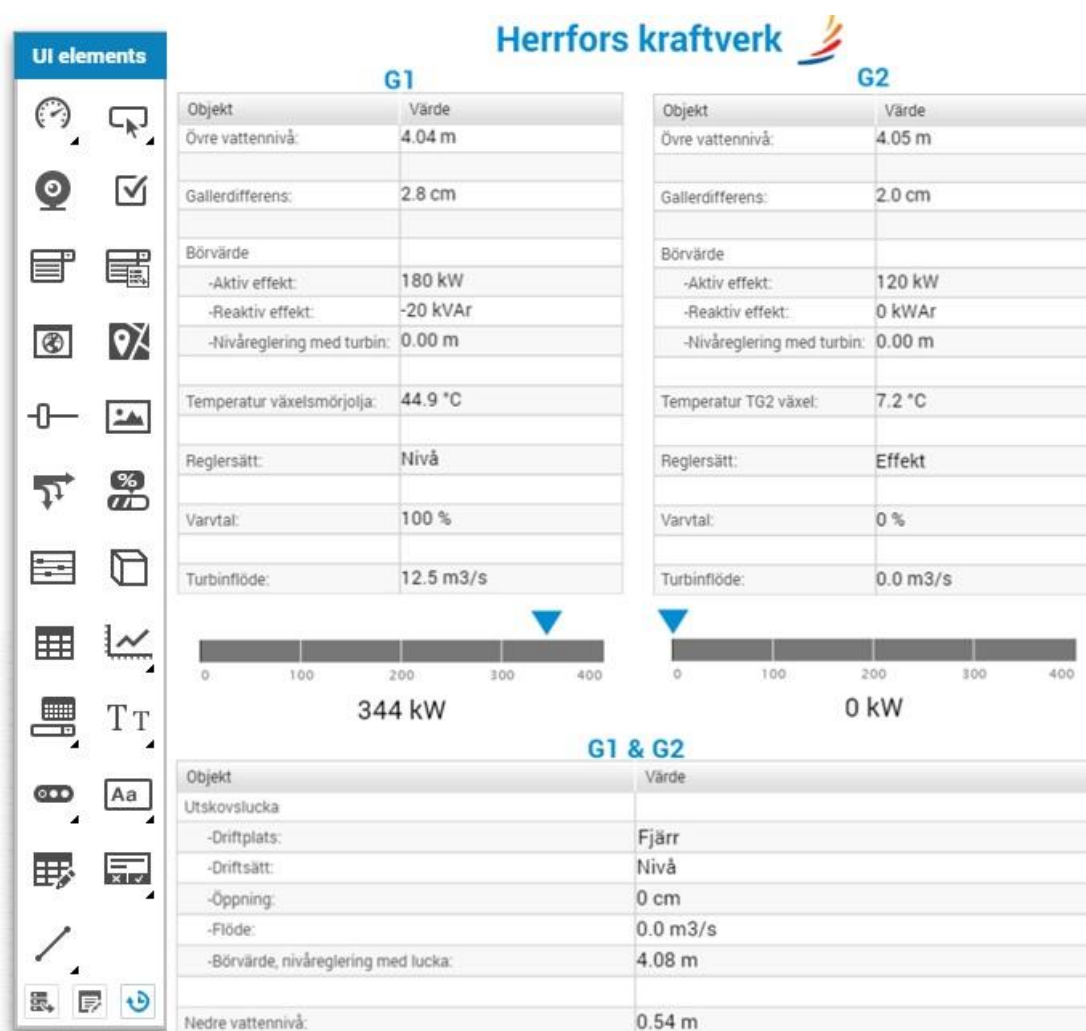
4.2 Konfigurering av processbilder

Processbildsprototyper skapades åt uppdragsgivaren för respektive vattenkraftverk. Designprocessen för skapandet en ny processbild i IoT-Ticket var uppdelad i två huvudmoment. Det första momentet bestod av att bygga det grafiska användargränssnittet för processbilderna. Detta gjordes i IoT-Tickets egna grafiska programmeringsverktyg *Interface Designer*. Därefter konfigurerades den processdata som erhöles av klienten.

Processdata som klienten erhöles var mät- och statusvärden från vattenkraftverken. Dessa konfigurerades i IoT-Tickets blockprogrammeringsverktyg *Dataflow Editor*. I *Dataflow Editor* finner man processvärden från OPC DA-servern i block som kallas för *data tags* (sv. *datapunkter*). Dessa datapunkter innehåller antingen mätvärden eller statusförändringar från vattenkraftverken. Mätvärden uppfattas av klienten i form av analoga värden medan statusar ses som binära värden. Hur dessa status- och mätvärdesvisningar för vattenkraftverken visualiserades, skalades, presenterades i trender och övervakades med alarmgränser genomgås i de kommande kapitlen.

4.2.1 Grafisk utformning

Den grafiska utformningen av processbilderna gjordes med IoT-Tickets programmeringsverktyg Interface Designer. Varje vattenkraftverks layout i examensarbetet byggdes upp enligt samma grundprinciper. En färdig layoutprototyp över Herrfors vattenkraftverk illustreras i Figur 18. Layouten för ett vattenkraftverk med två turbiner, så som Herrfors kraftverk, byggdes upp med tre tabeller – en tabell för varje turbins individuella processdata och en tabell för gemensam processdata. För vattenkraftverk med endast en turbin utformades en layout med enbart en tabell. Utrymme för trender och grafer reserverades i processbildernas utbyggbara flikar. De övriga processbilderna som skapades kan ses i Bilaga 2.



Figur 18. Processbild över Herrfors kraftverk byggt i IoT-Ticket.

De gränssnittskomponenter som användes för utformning av det grafiska användargränssnittet finner man i tabellen *UI elements* (se Figur 18).

Gränssnittskomponenterna placerades ut på ett begränsat område i Interface Designern med en så kallad *drag and drop* funktion. De gränssnittskomponenter som tillämpades för utformningen av processbilderna var följande:

- Mätare för illustration av den aktiva effekten som vattenkraftverket genererar.
- Tabeller för organisering av processdata.
- InputLable för visualisering av processdata.
- Grafer för uppföljning av trender och rapporter.

Det slutliga användargränssnittet i webbläsaren baserade sig på placeringen av gränssnittskomponenterna i Interface Designer.

4.2.2 Mätvärdesvisning

Mätvärdesvisning till användargränssnittet skapades genom att sammankoppla mätvärdets datapunkt med gränssnittskomponenten InputLable. Detta gjordes i programmeringsfältet enligt Figur 19. Utskrivningsfrekvensen för mätvärdet till användargränssnittet triggas av en timer med ställbar frekvens. Mätvärdet för datapunkten visualiserades därefter i användargränssnittet på den position där gränssnittskomponenten InputLable placerades.

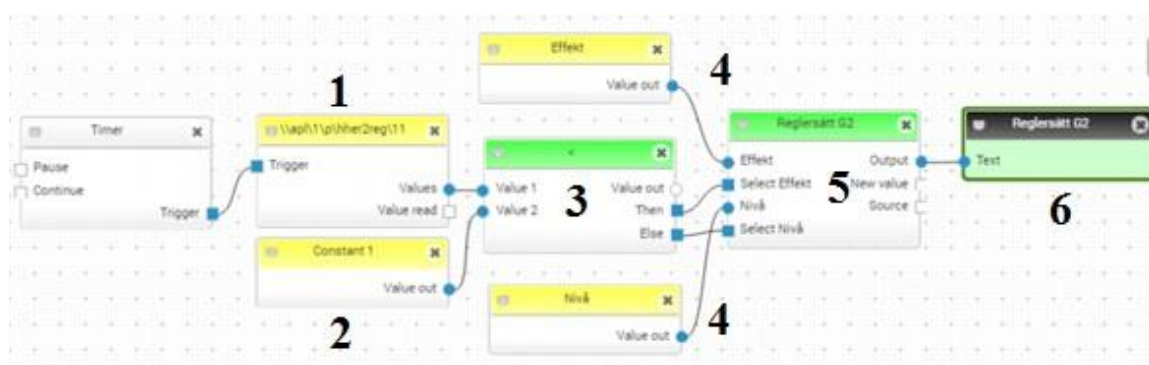


Figur 19. Mätvärdesvisningens olika block numrerade. 1) timern, 2) datapunkt och 3) InputLable.

4.2.3 Statusvisning

Statusvisningar för vattenkraftverkens driftlägen och dylikt skapades med Dataflow Editorns tillhörande funktionsblock enligt Figur 20. Datapunkterna för en status innehåller ett binärt värde, det vill säga, antingen noll eller ett. För just denna statusvisning motsvarade en nolla effektreglering medan en etta motsvarade nivåreglering för vattenkraftverket. Detta skrevs ut till användargränssnittet genom att först jämföra datapunktens binära värde med en konstant vars värde var ett i ett eller-block. Eller-blocket sammankopplades till en

multiplexer¹¹ och beroende av resultat från eller-blocket aktiverades en av ingångarna till multiplexern. Beroende på vilken ingång som aktiverades skrevs antingen *Effekt* eller *Nivå* ut till gränssnittskomponenten InputLabel.

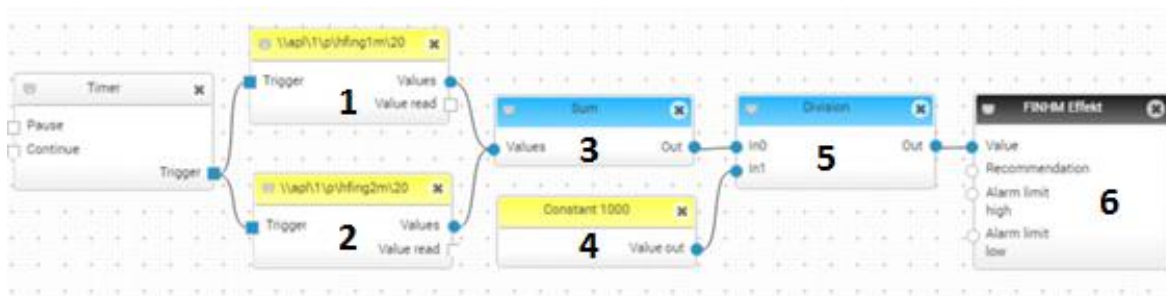


Figur 20. Statusvisningens olika block numrerade. 1) datapunkt, 2) jämförelse konstant, 3) eller-block, 4) konstant som innehåller utskrivningstext, 5) multiplexer och 6) InputLabel.

4.2.4 Skalning av mätvärden

De mätvärden som IoT-Ticket klienten erhåller från OPC DA-servern är linjära. Dock kan dessa mätvärden vara i behov att skalas om.

I IoT-Ticket plattformen skalades mätvärden om i Dataflow Editorn med hjälp av det tillhörande matematiska funktionsblocket. Figur 21 exemplifierar hur summan av mätvärdesvisningen för Finnholm kraftverks turbiners aktiva effekt skalades om från kW till MW. Detta gjordes genom att dividera summan av den totala effekten från datapunkterna med en konstant vars värde var 1000. Därefter skrevs resultatet ut till gränssnittskomponenten.



Figur 21. Skalning av mätvärden samt de block som krävs numrerade. 1) datapunkt från Finnholm kraftverk G1, 2) datapunkt från Finnholm kraftverk G2, 3) summeringsblock, 4) konstant, 5) divisionsblock och 6) gränssnittskomponent i detta fall en mätare.

¹¹ Multiplexer-blockets funktion är att den vidarebefordrar specifik utsignal beroende på insignalen till blocket.

4.2.5 Trender

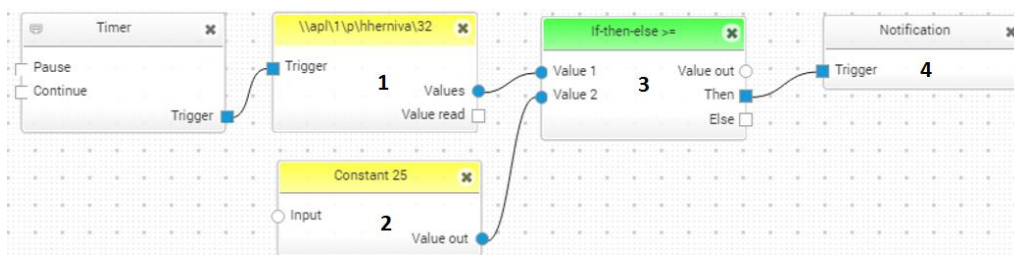
Trender för mätvärdeshistorik skapades med chart-gränssnittskomponenten i Interface Designer. De trenderna som tillämpades i examensarbetet var linjediagram enligt Figur 22. Till diagrammen kan flera datapunkter sammankopplas, vilket resulterar i visning av flera trendkurvor i samma graf. Tidsperioden för datapunkten går att ställa in så att den visar historisk data från en dag bakåt upp till den tid då datapunkten skapades. För trendvisningen av Herrfors kraftverks aktiva effekt ställdes datapunkten in så att den visade historisk data en vecka bakåt. Detta resulterade till en datagruppering för mätvärdet på en timme.



Figur 22. En veckas trendvisning för Herrfors kraftverks aktiva effekt.

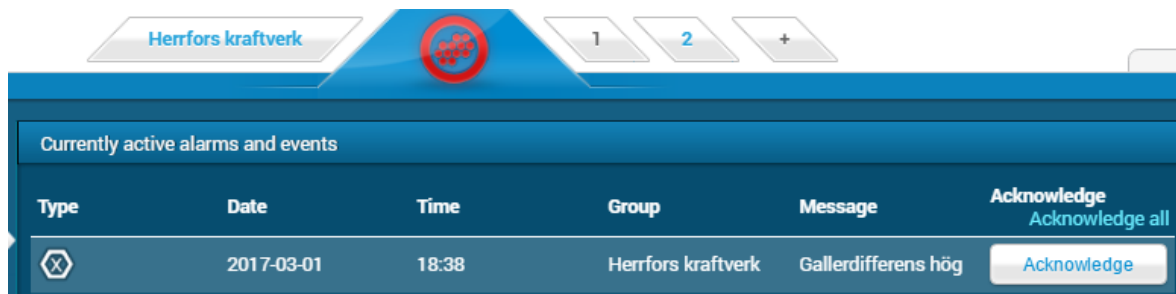
4.2.6 Alarm

Konfiguration av nya och befintliga alarm gjordes i Dataflow Editorn. Ett nytt alarm skapades genom att sammankoppla ett notifikationsblock med ett eller-block enligt Figur 23. Eller-blocket jämför processens mätvärde med en alarmgräns. Alarmgränsen bestämdes utifrån processvärdets alarmgräns i MicroSCADA och konfigurerades därefter i en konstant. När ett mätvärde överstiger alarmgränsen triggas eller-blocket notifikationsblocket som i sig genererar alarmet.



Figur 23. Alarmkonfigurering i Dataflow Editor och de block som krävs numrerade. 1) datapunkt, 2) konstant för alarmgräns, 3) eller-block, 4) notifikationsblock.

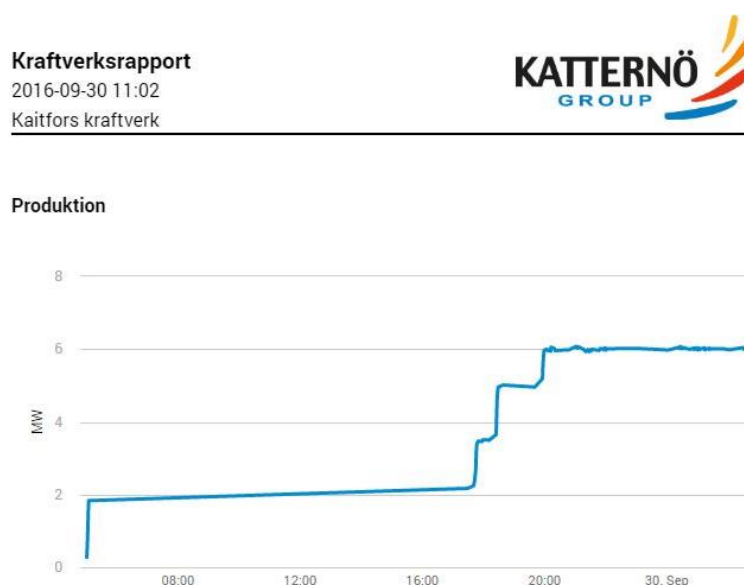
När ett alarm genereras uppmärksammas man i gränssnittet av ett rött blinkande alarm. Därpå får man också information från alarm- och hanteringslistan angående tidpunkt, typ och meddelande enligt Figur 24. Dessa parametervärden konfigurerades i notifikationsblocket.



Figur 24. Alarmtext.

4.3 Konfigurering av rapporter

Till IoT-Ticket plattformen tillkommer även IoT-Tickets egna rapporteringssystem *Reporting*. En av nyckelfunktioner som rapporteringsverktyget ger är möjligheten att designa och exportera rapporter med automatiskt ifyllda processvärden. Rapporterna kan användas för att regelbundet bidra med lägesinformation om vattenkraftverken för att ge en större översikt över reliabilitet, underhåll eller vattenkraftverkets tillstånd (Wapice Ltd, 2016b).

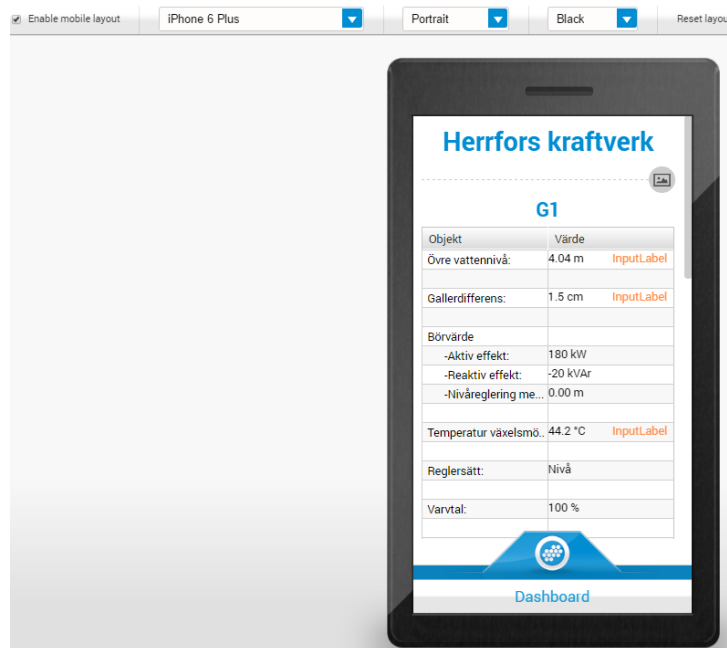


Figur 25. Rapportmall för Kaitfors kraftverk bestående av en dygnstrend för produktionsvisning.

Rapportmallen i Figur 25 som skapades i IoT-Ticket kan antingen öppnas i webbrowsern eller exporteras i PDF format. Dessutom kan rapporten skickas automatiskt per e-mail. Intervallet för hur ofta rapporten skickas konfigurerades i rapportediteringsverktyget. Beroende på användarrättigheterna kan befintliga rapporter editeras eller nya skapas. Rapporten konstruerades på motsvarande sätt som Dashboard, alltså genom att lägga till sidor i rapporten och sedan fylla sidorna med text eller övriga rapportelement så som grafer, mätare, sankey diagram och lägesindikatorer.

4.4 Mobilanpassning

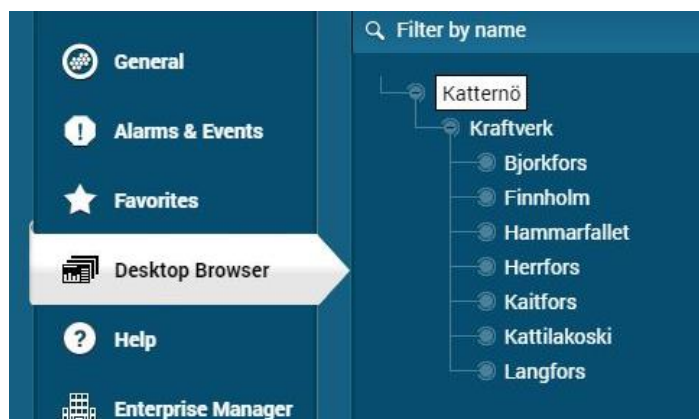
Processbilderna som skapades i Interface Designer går att simplificera och anpassas för mobila enheter i IoT-Tickets *Mobile Designer* gränssnitt. Gränssnittet man möts av i Mobile Designer illustreras i Figur 26. Vid mobilanpassningen valdes den mobila enhet som processbilden är tänkt att öppnas på, vilket gav en förhandsvisning över hur processbilden kommer att se ut i enheten efter anpassningen. I mobilanpassningsfönstret omorganiserades tabellerna med processvärden för att åstadkomma en så användbar mobil processbild som möjligt. Från konfigureringsfönstret går det också att välja ifall man vill visa den mera komplexa processbilden i mobila enheten, som skapades i Interface Designer eller den förenklade från Mobile Designer.



Figur 26. Mobilanpassningsverktyget, Mobile Designer.

4.5 Användning av systemet

IoT-Tickets användargränssnitt är webbaserat och grundar sig på HTML5-teknologi. Detta betyder att applikationen nås via en webbläsare. För att få tillgång till applikationen krävs användarnamn och lösenord, vilket specificeras i konfigurationspanelen i *Enterprise Manager*. När man väl har tillgång till applikationen möts man av navigationsfältet i Figur 27.



Figur 27. IoT-Ticket användargränssnitt.

Under fliken *Desktop Browser* i navigationsfältet finns befintliga processbilder och rapporter. Processbilderna är organiserade med en trädgrensstruktur enligt Figur 27. Processbilder som används mera frekvent sparades under fliken *Favorites*. Aktiva alarm och händelser från vattenkraftverksprocesserna ses under fliken *Alarms & Events*. Från navigationsfältet kommer man vidare till *Enterprise Manager* var man hanterar användare samt dess rättigheter.

4.5.1 Konfigurering av auktoritetsklasser

Användarens auktoritet konfigureras via konfigurationspanelen i *Enterprise Manager* genom att skapa olika auktoritetsprofiler. Auktoritetsprofilerna bestämmer auktoriteten för den profil som användaren tilldelas. Användarens auktoriteter i IoT-Ticket går att konfigureras så att de endast har läsningsmöjligheter eller både läsnings- och konfigureringsmöjligheter.

Konfigureringsfältet för auktoritetsklasserna illustreras i Figur 28. I konfigureringsfältet går det att definiera vilka vattenkraftverk profilen ska ha tillgång till. Dessa auktoritetsprofiler är ett grundelement vid skapandet av en ny användare, för att enkelt kunna definiera samma auktoritetsprofiler åt flera användare.

Figur 28. Konfigureringsfält för auktoritetsprofiler.

4.5.2 Skapa ny användarprofil

En ny användarprofil skapas via konfigurationspanelen i Enterprise Manager. Den nya användarens uppgifter bestäms i gränssnittet fält enligt Figur 29, det vill säga grunduppgifter så som namn, användar-ID, e-postadress, språk, land och tidszon fylls i. Autentisering metoden för användarprofilen går att väljas mellan användarnamn och lösenord eller SSL-certifikat. Lösenordet definieras därefter i konfigurationspanelen eller per mail. Efter att profilens grunduppgifter är specificerade bestäms användarprofilens auktoritetsklasser genom att välja en förkonfigurerad auktoritetsprofil.

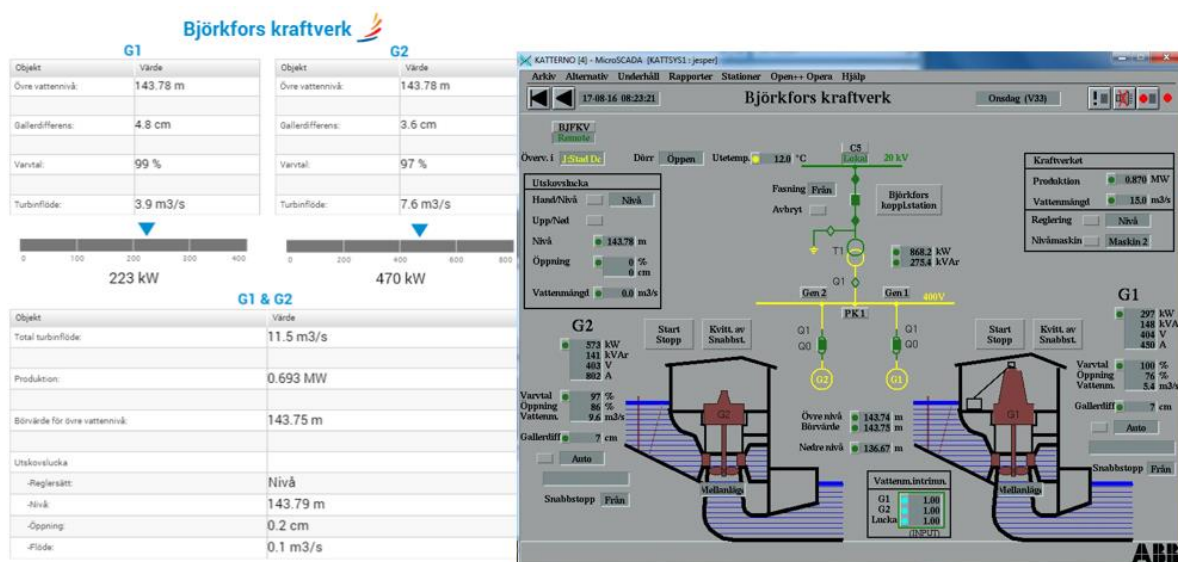
Figur 29. Konfigurering av användaruppgifter.

5 Resultat

Målet med examensarbetet var att testa, undersöka och ta fram en metod över hur man kunde tillämpa IoT-Ticket applikationen för mobil övervakning av vattenkraftverken vid Herrfors. Den empiriska delen av uppdraget var uppdelat i två huvudmoment. Det första momentet bestod av att konfigurera IoT-Tickets datainsamlingsmetod. Det andra momentet innebar testning och konfiguration av själva IoT-Ticket plattformen. Testresultatet av applikationen blev åtta stycken vattenkraftverksprocessbilder och en rapportmall, vilka hittas i Bilaga 2. Tanken är att testresultatet ska fungera som ett underlag för ett anskaffningsbeslut av programvaran.

För datainsamlingen till IoT-Ticket klienten tillämpades en OPC DA-kommunikationslänk mellan Herrfors MicroSCADA-systems OPC DA-server och IoT-Ticket-klienten. Detta förverkligades genom installering och konfiguration av en OPC DA gateway på MicroSCADA-systemets systemserver KATTSYS1. Efter konfigurationen samlades data in från MicroSCADA-systemets OPC DA-server enligt en klient-server arkitektur. Denna datainsamlingsmetod har under testperioden fungerat bra. De brister som fanns med datainsamlingsmetoden var att endast processobjektens attribut objektvärde, det vill säga mät- och statusvärden, kunde presenteras till klienten. Övriga objektattribut så som alarm- och varningsgärnser gick inte att presentera till klienten utan dessa gränsvärden ställdes därmed in manuellt i konstantblock. Ett lösningsförslag för detta har diskuterats med Wapice men i skrivande stund, mars 2017, används konstantblock för att presentera alarmgränserna till IoT-Ticket.

Den del av arbetet som bestod av konfigurering av IoT-Ticket plattformen resulterade i en testplattform bestående av åtta prototypprocessbilder och en rapportmall. I testplattformen finns det individuella processbilder för varje vattenkraftverk, totalt sju stycken. Utöver dessa processbilder finns det också en processbild som består av basinformation från respektive kraftverk. Funktionen för plattformens processbilder är en visuell presentation av mät- och statusvärden från Herrfors sju vattenkraftverk. En jämförelsebild mellan hur en processbild ser ut i IoT-Ticket i jämförelse med motsvarande processbild i MicroSCADA-systemet vid Herrfors illustreras i Figur 30. Från Figur 30 kan man se att processbilderna i respektive system är uppbyggda på olika sätt. I IoT-Ticket är processvärdena organiserade i tabeller medan i processbilderna i MicroSCADA-systemet är processvärdena utplacerade runt en vattenkraftverksbild. Denna tabellutformade designlösning för processbilderna i IoT-Ticket lämpar sig bättre att visualiseras i mobiltelefoner, p.g.a. mobiltelefonernas skärmformat.



Figur 30. Motsvarande processbild i IoT-Ticket (till vänster) och MicroSCADA-systemet (till höger) vid Herrfors.

Testresultatet av IoT-Ticket blev en lyckad visuell representation av processdata från vattenkraftverken med IoT-Ticket. Det vill säga den processdata som vattenkraftsdejourerna önskade att applikationen skulle visualisera gick att presentera till IoT-Ticket. Dessutom fungerade applikationen bra på både Android och IOS enheter. Ytterligare analyser angående testresultatet och utvecklingsmöjligheter diskuteras i följande kapitel.

6 Diskussion

Utmaningen med examensarbetet var bristen på tillgänglig information, material och exempel över tidigare implementeringslösningar, vilket resulterade i en arbetsgång där jag främst testade olika lösningsförslag. Vid problem och oklarheter som förknippades med IoT-Ticket fanns det trots allt möjlighet att direkt kontakta Wapice och personerna där. Dessutom hjälpte min handledare på Herrfors med MicroSCADA-relaterade frågor och problem.

Uppdraget av Herrfors var begränsat till att undersöka IoT-Tickets tillämpningsmöjligheter för mobil övervakning av vattenkraftverken vid Herrfors. Testresultatet av arbetet blev i stort sätt som förväntat, det vill säga en lyckad mobil representation av vattenkraftverkens processdata. Min personliga åsikt är att programmet fungerar väl för visualisering av enkla processbilder bestående av mätvärden och statusförändringar i mobiltelefon. Mera komplicerade processbilder fungerade bättre att visualisera på läsplatta på grund av den begränsade skärmstorleken i mobiltelefonerna. Dock vill jag poängtera här att mobila övervakningslösningar lämpar sig bäst som ett komplement till kontrollcenterbaserade

övervakningssystem i enlighet med Fiset (2009, 108). IoT-Ticket är enligt mig också ett användarvänligt program, vilket man lär sig relativt snabbt att använda. Designprocessen för skapandet av en ny processbild är också enkelt och väluppbyggt i applikationen. Under examensarbetets gång har det dessutom kommit till flera funktioner till IoT-Ticket och därigenom har jag noterat att Wapice satsar på fortsatt utveckling av programmet.

I skrivande stund, mars 2017, har inte ett investeringsbeslut av applikationen tagits från Herrfors håll. Vid eventuell investering kunde man fundera kring möjligheterna att ytterligare bredda användningsområdet av IoT-Ticket för att få ett större tilläggsvärde i jämförelse med anskaffningskostnaderna. IoT-Ticket kunde till exempel tillämpas på Katternögruppens övriga tillhörande energibolags vattenkraftverk, ifall ett intresse finns hos dessa bolag. Dessa bolags vattenkraftverk övervakas också från Herrfors driftcentral och därigenom kunde man enkelt presentera processdata från dessa vattenkraftverk i IoT-Ticket, vilket skulle underlätta övervakningen för driftsledarna under stressiga situationer. Utöver denna utvecklingsmöjlighet kunde man dessutom bredda användargruppen av IoT-Ticket och tillämpa programmet på fjärrvärmesystemet och/eller eldistributionsnätet vid Herrfors. Dock borde man vid sådana implementeringar begränsa de olika användargruppernas auktoritet, så att inte obehöriga får tillgång till processbilder de inte borde ha. Detta skulle göras så att endast de användare med auktoritet till kraftverken eller fjärrvärmesystemet får tillgång till just de processbilderna, vilket är möjligt i IoT-Ticket.

Slutsatserna med tanke på applikationen är att jag rekommenderar programvaran åt Herrfors som en vattenkraftverksdejourshjälp. Applikationen ska inte ses som ett ersättande system, utan som ett hjälpmedel för vattenkraftsdejourerna. Övervakningen och styrningen ska även i fortsättningen skötas från driftcentralen. Men som funktion av hjälpmedel och som komplement lämpar sig applikationen väl. Om det visar sig att Herrfors investerar i denna applikation, kommer jag att delta i vidareutvecklingen vilket är möjligt eftersom att jag fortsätter att arbeta på företaget efter studierna.

Under arbetets gång har min tidigare bekantskap med Herrfors och arbetet på driftcentralen varit till en fördel. Av examensarbetet har jag lärt mig att det lönar sig och underlättar arbetet att kontakta experter vid problem, vilka ofta är villiga att dela med sig av sina kunskaper. Dessutom har jag fått fördjupa mig i MicroSCADA-system, OPC-kommunikation och HMI-design vilket har varit intressant och lärorikt. Jag vill avslutningsvis tacka min handledare på både Herrfors (Mikael Sundström) och Yrkeshögskolan Novia (Erik Englund) för deras bidrag av synpunkter, kunskap samt stöd under arbetets gång.

Källförteckning

A. A., 2016. *HMI Guide*. [Online]

Available at: <http://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/hmi-guide.php#sthash.2McqS5xo.C6Z1gQVy.dpbs>

[Använd 24 11 2016].

ABB, 2002. *Introduction to MicroSCADA Technology*. [Online]

Available at:

<https://library.e.abb.com/public/148ed5a88975bb2ec1257268002f77d3/Introduction%20to%20MicroSCADA%20Technology.pdf>

[Använd 16 11 2016].

ABB, 2013. *MicroSCADA Pro SYS 600C 2.93 Product Guide*. [Online]

Available at:

https://library.e.abb.com/public/ccf47f3e8428d2fac1257c38001d380d/SYS600C_2.93_pg_757729_ENb.pdf

[Använd 16 11 2016].

ABB, 2017. *Det här är vi - kort om ABB*. [Online]

Available at: <http://new.abb.com/se/om-abb/kort>

[Använd 22 3 2017].

Austerlitz, H., 2003. *Data Acquisition Techniques Using PCs*. 2:a red. Smithtown: Burlington Academic Press.

Bailey, D. & Wright, E., 2003. *Practical SCADA for Industry*. 1 red. Oxford: Newnes.

Berti, V., Björkman, M., Lindgren, A. & Norde'n, L.-Å., 2012. *Data kommunikation*. 1 red. Stockholm: Liber.

Boyer, S., 2004. *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. 3 red. Triangle Park, NC: ISA.

Cegrell, T. & Sandberg, U., 1994. *Industriella Styrssystem*. 1:a red. Borås: SIFU.

Energiateollisuus, 2016. *Vesivoimalla eniten uusiutuvaa sähköntuotantoa*. [Online]

Available at: http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/vesivoima

[Använd 28 11 2016].

Englund, E., 2016. *Industriella automationssystem (Opublicerat undervisningsmaterial)*. Vasa: Yrkeshögskolan Novia.

Fiset, J.-Y., 2009. *Human-Machine Interface Design for Process Control Applications*. 1 red. United States of America: ISA.

Haag, B., 1998. *Industriell systemteknik*. 2 red. Lund: Studentlitteratur Ab.

Iwanitz, F. & Lange, J., 2005. *OPC: Fundamentals, Implementation, and Application*. 3:e red. Heidelberg: Huthig.

Johansson, J., 2010. *Dator- och kommunikationsteknik*. 1 red. Malmö: Gleerups.

Katternö Group, 2012a. *Lokalt producerad el*. [Online]
Available at: <http://www.katterno.fi/produktion/el-sahko/>
[Använd 10 11 2016].

Katternö Group, 2012b. *En lokal kraft*. [Online]
Available at: <http://katterno.fi/om-oss/vad-ar-katterno-2/>
[Använd 12 3 2017].

Katternö Group, 2012c. *Ägare och styrelse*. [Online]
Available at: <http://www.katterno.fi/om-oss/agare-och-styrelse-2/>
[Använd 26 10 2016].

Kuhlins, L., 2016a. *Så fungerar vattenkraft*. [Online]
Available at: <http://vattenkraft.info/?page=39>
[Använd 30 11 2016].

Kuhlins, L., 2016b. *Utskovstyper*. [Online]
Available at: <http://vattenkraft.info/?page=44>
[Använd 30 11 2016].

Kuhlins, L., 2016c. *Generatoren*. [Online]
Available at: <http://vattenkraft.info/?page=32>
[Använd 30 11 2016].

Kuhlins, L., 2016d. *Turbiner*. [Online]
Available at: <http://vattenkraft.info/?page=41>
[Använd 11 29 2016].

Microsoft, 2016. *Vad är sakernas internet?*. [Online]
Available at: <https://www.microsoft.com/sv-se/server-cloud/internet-of-things/overview.aspx>
[Använd 17 11 2016].

Motiva, 2015. *Vattenkraft*. [Online]
Available at:
http://www.motiva.fi/sv/verksamhetsomraden/fornybar_energi/vattenkraft
[Använd 11 28 2015].

Mounz-Hernandez, G. A., Mansoor, S. P. & Jones, D. I., 2013. *Modelling and Controlling Hydropower Plants*. 1 red. London: Springer.

NIST, 2007. *Common Industry Specification for Usability - Requirements*. [Online]
Available at: <http://zing.ncsl.nist.gov/iusr/documents/CISU-R-IR7432.pdf>
[Använd 24 11 2016].

Novotek, 2017. *OPC and OPC UA explained*. [Online]
Available at: <https://www.novotek.com/en/solutions/kepware-communication-platform/opc-and-opc-ua-explained>
[Använd 8 2 2017].

Oy Herrfors Ab, 2016a. *Verksamhet*. [Online]
Available at: <https://www.herrfors.fi/om-oss/verksamhet/>
[Använd 27 10 2016].

Oy Herrfors Ab, 2016b. *Historia*. [Online]
Available at: <https://www.herrfors.fi/om-oss/historia/>
[Använd 26 10 2016].

Oy Herrfors Ab, 2016c. *Ägare och styrelse*. [Online]
Available at: <https://www.herrfors.fi/om-oss/aegare-och-styrelse/>
[Använd 26 10 2016].

Sorensen, B., Storvick, T. & Yang, S.-T., 2009. *Renewable energy focus handbook*. 1 red. Oxford: Elsevier.

Vermesan, O. & Friess, P., 2013. *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. 1 red. Aalborg: River Publishers.

Wapice Ltd, 2016a. *The Internet of Things*. [Online]
Available at: <https://www.iot-ticket.com/>
[Använd 1 11 2016].

Wapice Ltd, 2016b. *IoT-Ticket Platform*. [Online]
Available at: <https://www.iot-ticket.com/platform>
[Använd 1 11 2016].

Figurförteckning

Figur 1. Katternögruppens auktionärer och strukturella uppbyggnad. (Oy Herrfors Ab, 2016c).....	3
Figur 2. Vattenkraftverkets olika beståndsdelar numrerat. 1) damm, 2) tilloppstub, 3) turbin, 4) generator, 5) transformator, 6) sugrör, 7) avlopp, 8) fallhöjd, 9) grind. Modell utgående från Kuhlins (2016d).....	5
Figur 3. Gränsvärdesövervakningens olika element. Modell utgående från Englund (2016).....	8
Figur 4. Dödbandfiltreringens grundprincip. Modell utgående från Englund (2016)....	8
Figur 5. Komponenter i ett transmissionssystem. Modell utgående från Berti (2012, 12).....	9
Figur 6. Industrins kommunikationsnivåer. Modell utgående från Johansson (2010, 196).....	10
Figur 7. SCADA-systemets uppbyggnad hierarkiskt sett. Modell utgående från (Bailey & Wright, 2003, 14).	13
Figur 8. Designcykeln för utvecklingen av en ny HMI. Modell utgående från Fiset (2009, 20).	16
Figur 9. Hierarkisk illustrering av helhetslösningen för implementeringen av IoT-Ticket.	19
Figur 10. IoT-Tickets datainsamlingsmetoder (Wapice Ltd, 2016b).	21
Figur 11. OPC-kommunikationsarkitektur (Novotek, 2017).....	24
Figur 12. OPC DA-server objekt. Modell utgående från Iwanitz & Lange (2005).....	25
Figur 13. Herrfors MicroSCADA-systems processbild av Herrfors kraftverk.	28
Figur 14. Identifiering av OPC item.....	28
Figur 15. OPC DA Gateway.	29
Figur 16. Excel fil där OPC items kan hanteras.	29
Figur 17. Inställning av OPC DA Gateway.....	30
Figur 18. Processbild över Herrfors kraftverk byggt i IoT-Ticket.	31
Figur 19. Mätvärdesvisningens olika block numrerade. 1) timern, 2) datapunkt och 3) InputLable.....	32
Figur 20. Statusvisningens olika block numrerade. 1) datapunkt, 2) jämförelse konstant, 3) eller-block, 4) konstant som innehåller utskrivningstext, 5) multiplexer och 6) InputLable.....	33

Figur 21. Skalning av mätvärden samt de block som krävs numrerade. 1) datapunkt från Finnholm kraftverk G1, 2) datapunkt från Finnholm kraftverk G2, 3) summeringsblock, 4) konstant, 5) divisionsblock och 6) gränssnittskomponent i detta fall en mätare.....	33
Figur 22. En veckas trendvisning för Herrfors kraftverks aktiva effekt.....	34
Figur 23. Alarmkonfigurering i Dataflow Editor och de block som krävs numrerade. 1) datapunkt, 2) konstant för alarmgräns, 3) eller-block, 4) notifikationsblock.	34
Figur 24. Alarmtext.	35
Figur 25. Rapportmall för Kaitfors kraftverk bestående av en dygnstrend för produktionsvisning.....	35
Figur 26. Mobilanpassningsverktyget, Mobile Designer.	36
Figur 27. IoT-Ticket användargränssnitt.	37
Figur 28. Konfigureringsfält för auktoritetsprofiler.	38
Figur 29. Konfigurering av användaruppgifter.....	38
Figur 30. Motsvarande processbild i IoT-Ticket (till vänster) och MicroSCADA-systemet (till höger) vid Herrfors.	40

Tabellförteckning








Tabell 1. Vattenkraftverksspecifikationer utgående från Bilaga 1.....	20
---	----

Bilaga 1: Vattenkraftverksspecifikationer.

Kraftverk	Herrfors	Långfors	Finnholm	Björkfors	Kattilakoski	Hammarfallet	Kaitfors
Vattendrag	Esse å	Esse å	Esse å	Esse å	Esse å	Kimå å	Perho å
Installerad Effekt [MW]	0.6	1	1.1	1.3	2	0.1	7.4
Fallhöjd [m]	3-5	5	4.5	7	9	10.5	20
Medelproduktion 2009-2012 [MWh]	3205	5101	4806	5665	9057	289	25826
Antal turbiner	2	1	2	2	1	1	1
Utbyggnadsvattenföring [m³/s]	25	30	30	24	30	1.5	48
Drifttagen (Tillverkningsår) / Upprustad	2008/1962	1983	1958/2009	1932/1964	1979	2008	1981
Turbin	1	2	1	1	2		
Typ	Vinkelväxlad bulb	Vinkelväxlad bulb	Vinkelväxlad bulb	Vertikal kaplan i sump	Vertikal kaplan i sump	Vertikal kaplan	Vertikal kaplan
Fabrikat	Mavel	Asea Stahl	Mavel	Tampella	Tampella	Kössler	Tampella
Varvtal [rpm]				300	300	600	300
Löphjulsdiameter [mm]		2200		1200	1450	600	2450
Generator							
Typ	Synkron	Synkron	Synkron	Synkron	Synkron	Asynkron	Synkron
Fabrikat	TES	Strömberg	Strömberg	Asea	Strömberg	Dutchi motor	Strömberg
Effekt [kVA]	560	1550	1150	685	2700	160	9000
Spänning [V]	400	690	690	400	6000	400	6000
Cos φ							
Ombyggnad/omlindad år							

Bilaga 2: Processbilder och rapportmall.

Katternö

Kraftverk	Övre vattennivå	Turbinflöde	Aktiv effekt
Kaitfors kraftverk	43.58 m	20.3 m ³ /s	 3.19 MW
Herrfors kraftverk G1&G2	4.04 m	16.1 m ³ /s	 392 kW
Finnholm kraftverk	34.47 m	13.6 m ³ /s	 0.49 MW
Kattilakoski kraftverk	60.51 m	15.1 m ³ /s	 1 MW
Björkfors kraftverk G1&G2	143.78 m	11.5 m ³ /s	 691 kW
Långfors kraftverk	9.50 m	15.4 m ³ /s	 0.65 MW
Hammarfallet kraftverk	26.75 m	-	 0 kW

Kraftverk



1

+

Björkfors kraftverk

G1

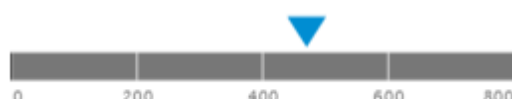
Objekt	Värde
Övre vattennivå:	143.78 m
Gallerdifferens:	4.8 cm
Varvtal:	99 %
Turbinflöde:	3.9 m ³ /s



223 kW

G2

Objekt	Värde
Övre vattennivå:	143.78 m
Gallerdifferens:	3.6 cm
Varvtal:	97 %
Turbinflöde:	7.6 m ³ /s



470 kW

G1 & G2

Objekt	Värde
Total turbinflöde:	11.5 m ³ /s
Produktion:	0.693 MW
Börvärde för övre vattennivå:	143.75 m
Utskovslucka	
-Reglersätt:	Nivå
-Nivå:	143.79 m
-Öppning:	0.2 cm
-Flöde:	0.1 m ³ /s

Björkfors kraftverk



1

+

Herrfors kraftverk

G1

Objekt	Värde
Övre vattennivå:	4.04 m
Gallerdifferens:	1.1 cm
Börvärde	
-Aktiv effekt:	100 kW
-Reaktiv effekt:	-20 kVAr
-Nivåreglering med turbin:	0.00 m
Temperatur växelsmörjolja:	42.7 °C
Reglersätt:	Nivå
Varvtal:	100 %
Turbinflöde:	7.3 m ³ /s



194 kW

G2

Objekt	Värde
Övre vattennivå:	4.04 m
Gallerdifferens:	2.6 cm
Börvärde	
-Aktiv effekt:	200 kW
-Reaktiv effekt:	0 kVAr
-Nivåreglering med turbin:	0.00 m
Temperatur TG2 växel:	44.1 °C
Reglersätt:	Effekt
Varvtal:	99 %
Turbinflöde:	8.8 m ³ /s



198 kW

G1 & G2

Objekt	Värde
Utskovslucka	
-Driftplats:	Fjärr
-Driftsätt:	Nivå
-Öppning:	0 cm
-Flöde:	0.0 m ³ /s
-Börvärde, nivåreglering med lucka:	4.08 m
Nedre vattennivå:	0.93 m

Kraftverk

Herrfors kraftverk



1

2

+

Finnholm kraftverk

G1

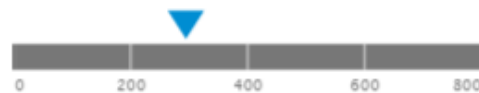
Objekt	Värde
Övre vattennivå:	34.47 m
Gallerdifferens:	0.0 cm
Börvärde	
-Aktiv effekt:	200 kW
-Nivåreglering med turbin:	3.00 m
Temperatur	
-TG1 växel:	47.9 °C
Reglersätt:	Effekt
Varvtal:	100 %
Turbinflöde G1:	5.9 m ³ /s



200 kW

G2

Objekt	Värde
Övre vattennivå:	34.47 m
Gallerdifferens:	1.1 cm
Börvärde	
-Aktiv effekt:	400 kW
-Nivåreglering med turbin:	3.00 m
Temperatur	
-TG2 reglerolja:	17.0 °C
-TG2 smörjolja:	45.5 °C
Reglersätt:	Nivå
Varvtal:	100 %
Turbinflöde G2:	7.8 m ³ /s



294 kW

G1 & G2

Objekt	Värde
Utskovslucka	
-Driftplats:	Fjärr
-Driftsätt:	Nivå
-Öppning:	0 cm
-Flöde:	0.0 m ³ /s
-Börvärde, nivåreglering med lucka:	3.00 cm

verk

Finnholm kraftverk

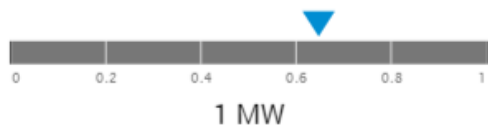


1

+

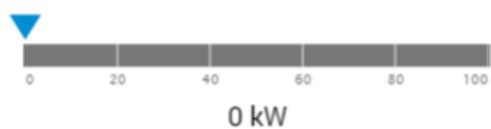
W1111 Långfors kraftverk

Objekt	Värde
Övre vattennivå:	9.50 m
Gallerdifferens:	2.9 cm
Börvärde	
-Aktiv effekt:	0.45 MW
-Nivåreglering med lucka:	0.00 m
-Nivåreglering med turbin:	0.00 m
Utskovslucka	
-Driftplats:	Fjärr
-Driftsätt:	Nivå
-Öppning:	0 cm
-Flöde:	0.0 m ³ /s
Reglersätt:	Nivå
Varvtal:	100 %
Turbinflöde:	15.4 m ³ /s



Hammarfallet kraftverk

Objekt	Värde
Övre vattennivå:	26.75 m
Gallerdifferens:	2.6 cm
Mellan vattennivå:	22.45 m
Börvärde	
-Aktiv effekt:	50.00 kW
-Nivåreglering med turbin:	0.00 m
-Etappdrift stoppnivå:	0.00 m
Röukas lucka	
-Öppning:	10.1 cm
-Nivå:	36.95 m (109 cm)
Temperatur	
-Reglerolja:	18.0 °C
-Maskinsal:	17.3 °C
Reglersätt:	Effekt
Varvtal:	0 %



Kaitfors kraftverk

Objekt	Värde
Övre vattennivå:	43.58 m
Gallerdifferens:	0.60 cm
Börvärde	
-Aktiv effekt:	3.20 MW
-Reaktiv effekt:	1.00 MVar
Sääksfors utskovslucka	
-Vattennivå:	43.60 m
-Luckans öppning:	0.00 cm
-Flöde:	0.00 m ³ /s
Temperatur	
-Bärlagrets olja:	41.3 °C
-Turbinplan:	19.9 °C
Körprogram:	Ur drift
Varvtal:	100 %
Turbinflöde:	20.3 m ³ /s



3 MW

Kattilakoski kraftverk

Objekt	Värde
Övre vattennivå:	60.51 m
Gallerdifferens:	4.2 cm
Börvärde	
-Aktiv effekt:	2.00 MW
-Reaktiv effekt:	-0.10 MVar
-Nivåreglering med lucka:	4.23 m
-Nivåreglering med turbin:	1.11 m
Utskovslucka	
-Driftplats:	Fjärr
-Driftsätt:	Nivå
-Öppning:	0 cm
-Vattenmängd:	0.0 m ³ /s
Reglersätt:	Nivå
Temperatur maskinsal:	18.3 °C
Läckvattenbrunn:	58.9 %
Varvtal:	103 %
Turbinflöde:	15.1 m ³ /s



1 MW

fors kraftverk



1

+

i kraftverk



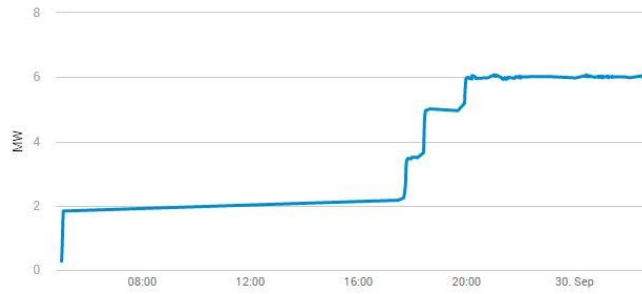
1

+

Kraftverksrapport
2016-09-30 11:02
Kaitfors kraftverk



Produktion



Övre vattennivå

