

Sensorer för bräddmätning

**Undersökning av VA SYD:s sensor för
förbättring av mätdata**



Talha Zia
Ebu Bekr Limani

Division of Industrial Electrical Engineering and Automation
Faculty of Engineering, Lund Unive

Sensorer för bräddmätning

Undersökning av VA SYD:s sensor för förbättring av mätdata



LUNDS
UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Högskoleingenjör i industriell elektroteknik och
automation, EIEL05

Examensarbete

Talha Zia

Ebu Bekr Limani

Datum: 2026-02-04

Handledare: Christian Nyberg

Examinator: Ulf Jeppsson

Sammanfattning

Den här studien undersöker tekniska lösningar för bräddmätning inom VA SYDs ledningsnät, med fokus på att förbättra driftssäkerheten vid kritiska bräddpunkter. Genom fältstudier, intervjuer och litteratur har olika sensorteknologier analyserats, där bland annat Siemens SITRANS LR120 har visat sig särskilt lovande. Projektet behandlar hur korrekt konfiguration, kommunikationsval och energiförsörjning påverkar mätkvaliteten i praktiken. Studien visar att systemets helhet, från sensor till uppkoppling, måste anpassas noggrant till brunnens miljö. Resultaten kan användas som underlag för framtida investeringar i smarta IoT-baserade VA-lösningar.

Abstract

This study explores technical solutions for overflow monitoring in VA SYD's sewer network, with a focus on improving operational reliability at critical overflow points. Through field visits, interviews and literature review, various sensor technologies were evaluated, with Siemens SITRANS LR120 standing out as particularly promising. The project examines how sensor configuration, communication methods and power supply affect data quality in practice. The findings emphasize the importance of a systems perspective where each component, from sensor to data transmission, is tailored to the environment. The results can guide future investments in smart, IoT-based water infrastructure.

Innehållsförteckning

1. Inledning	6
1.1 Bakgrund	6
1.1.1 Vad är bräddning	7
1.1.2 Orsaker till bräddning	7
1.1.3 Påverkan på drift	7
1.1.4 Reningsmetoder	8
1.1.5 Miljöpåverkan	8
1.1.6 Påverkan på människor och samhälle	8
1.1.7 Bräddning i ett lokalt sammanhang VA SYD	9
1.2 Syfte	9
1.3. Målformulering	10
1.4. Problemformulering	10
1.5 Avgränsningar	11
1.6 Motivering av examensarbetet	11
1.7 Resurser	11
2: Teknisk bakgrund	12
2.1 Sensorer och nivåmätare för bräddmätning	12
2.1.1 Fenix Hub 250	12
2.1.2 Level Sensor LS7389 (Ultraljudssensor)	13
2.1.3 VEGAWELL 52 (Tryckgivare)	15
2.1.4 Flödesmätare	16
2.1.5 Siemens SITRANS LR120	18
2.1.6 Ultraljudssensorer	20
2.2 Kostnadsöversikt för sensorer (inköp)	22
2.2.1 Fenix Hub 250 (kommunikations- och insamlingsenhet)	22
2.2.2 Level Sensor LS7389	22
2.2.3 VEGAWELL 52 (hydrostatisk tryckgivare)	22
2.2.4 Flödesmätare	22
2.2.5 Siemens SITRANS LR120 (radarbaserad nivågivare)	23
2.3 Kommunikationsteknologier i VA-miljö	23
2.3.1 NB-IoT	23
2.3.2 LoRaWAN	23
2.2.3 Bluetooth och LTE-M	24
2.3 Strömförsörjning och energihantering	24
2.3.1 Batteridrift	24
2.3.2 Energiskördning	25
3: Metod	26
3.1 Fältstudier och platsbesök	26
3.2 Intervjuer och expertstöd	26
3.3 Teknisk dokumentanalys	28
3.4 Problemanalys och systematisering	28
3.5 Avgränsningar i metodiken	28

4: Utförande	29
4.1 Observationer från fältet	29
4.2 Kommunikationsproblem	29
4.3 Strömförsörjning i praktiken	30
4.4 Sammanställning av erfarenheter	30
5: Analys och resultat	31
5.1 Sensorernas funktion i fältmiljö	31
5.2 Kommunikationsstörningar och signalavbrott	31
5.3 Energibrist och batteriavbrott	32
5.4 Installationsbrister och miljöpåverkan	32
5.5 Sammanfattande slutsats och vikten av korrekt konfiguration	33
6. Slutsats	34
6.1 Reflektion över etiska aspekter	34
6.2 Framtida utvecklingsmöjligheter	34
6.2.1 Möjligheter att förutse bräddningsproblem och arbeta mer förebyggande	35
6.3 Återkoppling till problemformuleringen	36
6.3.1 Vad ska man göra för att sensorn inte påverkas av en fuktig och korrosiv miljö?	36
6.3.2 Hur kan man få tillgång till stabil kraftförsörjning?	37
6.3.3 Hur kan man få bättre kommunikation under betong och gjutjärn?	37
6.3.4 Prototyp	37
6.4 Förslag: Standard-kit för bräddmätning	37
6.4.1 Komponenter och teknisk utformning	38
6.4.1.1 Radarbaserad nivågivare	38
6.4.1.2. Kommunikationsnod och dataloggar	38
6.4.1.3. Extern antenn	39
6.4.1.4. Strömförsörjning	39
6.4.1.5. Kablar och tätningar	39
6.4.1.6. Kapsling	40
6.4.1.7. Mekaniskt fäste	40
6.4.1.8. Dokumentation och märkning	41
6.4.2 Monteringsprincip	41
6.4.3 Monteringsanvisning i korthet	41
6.4.4 Förväntad effekt	42
6.5 Kostnadsanalys per mätpunkt för föreslagen lösning	43
6.5.1 Inköpskostnad (material)	43
6.5.2 Arbetstid (montering och driftsättning)	43
6.5.3 Arbetskostnad	44
6.5.4 Total kostnad per mätpunkt	44
6.6 Förslag på installationsprotokoll för bräddmätningssystem	44
6.7 Klimatförändringar, bräddning och framtida miljöpåverkan	45
6.8 Dimensionering av VA-system och hantering av extremregn	46
6.9 Möjligheter i det fysiska VA-systemet för att minska bräddning	47
7. Källförteckning	49

Förord

Detta examensarbete har genomförts som en avslutande del av högskoleingenjörsutbildningen inom automation vid Lunds Tekniska Högskola, Ingenjörshögskolan i Helsingborg.

Arbetet har utförts i samarbete med VA SYD, vars stöd och insyn i verkliga bräddmättningsutmaningar har varit avgörande för projektets genomförande. Ett särskilt tack riktas till Ulf Jeppsson, Christian Nyberg och Mats Lilja på LTH för deras engagemang, tekniska expertis och värdefulla synpunkter genom hela processen.

Vi vill även uttrycka vår tacksamhet till handledare och lärare vid Lunds Tekniska Högskola, som genom sin vägledning och sitt stöd har bidragit till både det akademiska innehållet och den praktiska genomförbarheten av arbetet.

Slutligen tackar vi alla som på olika sätt stöttat och inspirerat oss under arbetets gång.

Lund, februari 2026

Ebu Bekr Limani & Talha Zia

1. Inledning

1.1 Bakgrund

VA SYD är en regional VA-organisation som ansvarar för och hanterar distribuering av dricksvatten, spillvatten och dagvatten. Ett samlingsnamn på spillvatten och dagvatten är avloppsvatten.

Dagvatten är regn-, spol- och smältvatten som rinner på hårdgjorda ytor eller på genomsläpplig mark. Spillvatten är förorenat vatten som kommer från diskhoar, toaletter, duschar och olika processer i industrin. Ett kombinerat system eller kombinerat avloppsnät kallas det också när spill- och dagvatten samlas i samma ledning. VA SYD hanterar fem olika kommuner i Skåne. Fram till 60-talet valde man att kombinera spill- och dagvattenledningar. Vid extrema skyfall kan avloppsledningsnätets eller avloppsreningsverkets kapacitet överskridas. Vad som sker då är att avloppsvattnet kan gå baklänges i ledningarna och tränga upp i golvbrunnar samt gatubrunnar vilket kan orsaka översvämningar. Reningsverken och pumpstationerna kan också bli överbelastade. Därför har man konstruerat en säkerhetsfunktion som kallas för bräddning. Det är då avloppsvatten släpps ut obehandlat till hav eller sjö för att avlasta ledningsnätet. Nu byggs separerade system där avlopps- och dagvatten går i separata ledningar: avloppsvatten till reningsverket och dagvatten till Öresund. Med separerade system behöver man inte brädda.

Bräddning sker från det kombinerade avloppsnätet som ser till att släppa ut tillräckligt med orenat vatten i vattenområden som exempelvis Limhamns hamn och sundet utanför Ön. Detta för att inte överbelasta ledningarna. All bräddning måste rapporteras till kommunernas miljökontor eller länsstyrelsen då vattnet som släpps ut klassas som förorenat.

En ultraljudssensor används idag för bräddmätning. Med bräddmätning avses övervakning och registrering av de utsläpp som sker när avloppsnätet överbelastas och obehandlat vatten släpps ut. Syftet är att fastställa både tidpunkt och omfattning av bräddningen för att möjliggöra korrekt rapportering till myndigheter samt ge underlag för miljöskydd och driftoptimering. Sensorn påverkas negativt av miljön som den befinner sig i. Några exempel är fuktig och korrosiv miljö samt råttor som gnager på elektronik. Den har heller inte fast kraftförsörjning eller kommunikation på grund av dålig täckning under betong och gjutjärn. Examensarbetet fokuseras på de utmaningar som sensorn har och föreslår lösningar till dessa utmaningar. Examensarbetet ska även undersöka vilka de tekniska utmaningarna är när Internet of Things (IoT) ska användas vid bräddning på avloppsledningsnätet.

Lösningen ska vara ett teoretiskt förslag, att sensorn inte påverkas av miljön, samt att det finns fast kraftförsörjning och kommunikation under betong och gjutjärn.

1.1.1 Vad är bräddning

Bräddning är en funktion i avloppssystem som används för att skydda ledningsnät och avloppsreningsverk vid tillfälligt mycket höga flöden. När systemets hydrauliska kapacitet överskrids leds överskottsvatten via särskilda bräddavlopp till recipient, i stället för att orsaka baktryck, översvämningar eller driftstörningar i anläggningen. Bräddning kan uppstå vid kraftig nederbörd, snösmältning eller andra händelser som snabbt ökar tillrinningen till systemet. Funktionen förekommer särskilt i äldre och kombinerade ledningssystem, där spillvatten och dagvatten transporteras i samma ledning.²⁷

1.1.2 Orsaker till bräddning

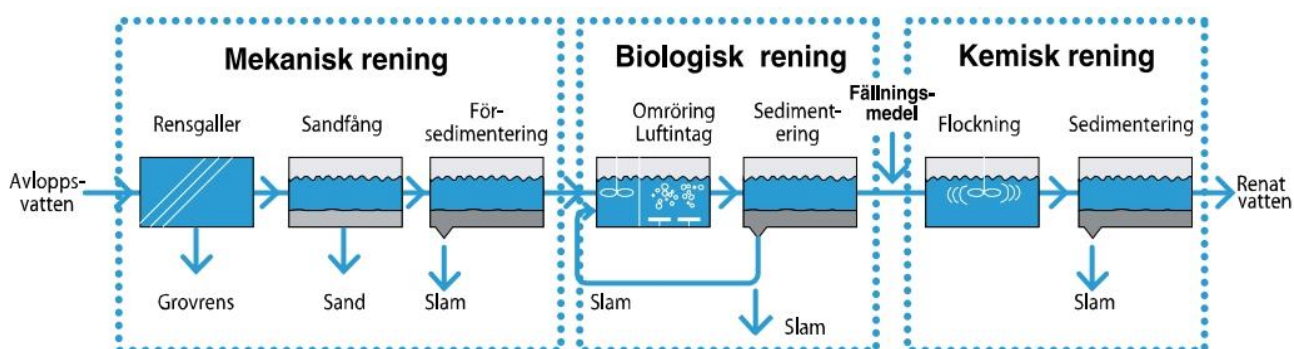
De vanligaste orsakerna till bräddning är höga flöden i ledningsnätet, ofta kopplat till nederbörd och tillskottsvatten såsom inläckande grundvatten och dränvatten. När dessa volymer ökar snabbt kan kapaciteten i ledningar, pumpstationer eller avloppsreningsverk tillfälligt överskridas, vilket kan leda till bräddning. Naturvårdsverket beskriver hur höga flöden och tillskottsvatten påverkar reningsverkens belastning och kan bidra till bräddningar, särskilt vid kraftiga regnhändelser.²⁷

1.1.3 Påverkan på drift

Ur ett driftperspektiv innebär bräddning att avloppssystemet periodvis arbetar under belastning utöver normal drift. Höga flöden kan öka slitaget på pumpar och ledningar och medföra ett ökat behov av tillsyn och uppföljning från driftorganisationen. Bräddhändelser behöver dessutom dokumenteras och rapporteras till tillsynsmyndigheter, vilket ställer krav på tillförlitlig mätning och spårbar uppföljning av bräddvolymer.²⁷

1.1.4 Reningsmetoder

Avloppsvatten renas normalt i flera steg vid ett avloppsreningsverk. Först sker mekanisk rening, där större partiklar som skräp, sand och grus avskiljs med hjälp av galler och sandfång. Därefter följer biologisk rening, där mikroorganismer bryter ner organiskt material och reducerar halten av bland annat kväve. I nästa steg används kemisk rening, där kemikalier tillsätts för att binda fosfor, som sedan avskiljs tillsammans med slammet. Efter dessa reningssteg är vattnet tillräckligt renat för att kunna släppas ut i recipienten.²⁷



Figur 1. Reningssteg i ett konventionellt avloppsreningsverk.

1.1.5 Miljöpåverkan

När bräddning sker släpps helt eller delvis obehandlat avloppsvatten ut till recipient. Detta vatten kan innehålla organiskt material, näringsämnen såsom fosfor och kväve samt mikroorganismer som normalt reduceras i reningsprocessen. Naturvårdsverket redovisar att bräddningar kan bidra till försämrade vattenkvalitet och ökad belastning på känsliga vattenmiljöer, särskilt i samband med intensiva nederbördstillfällen. Även om bräddning ofta utgör en begränsad del av den totala vattenvolymen kan de lokala effekterna vara betydande.²⁷

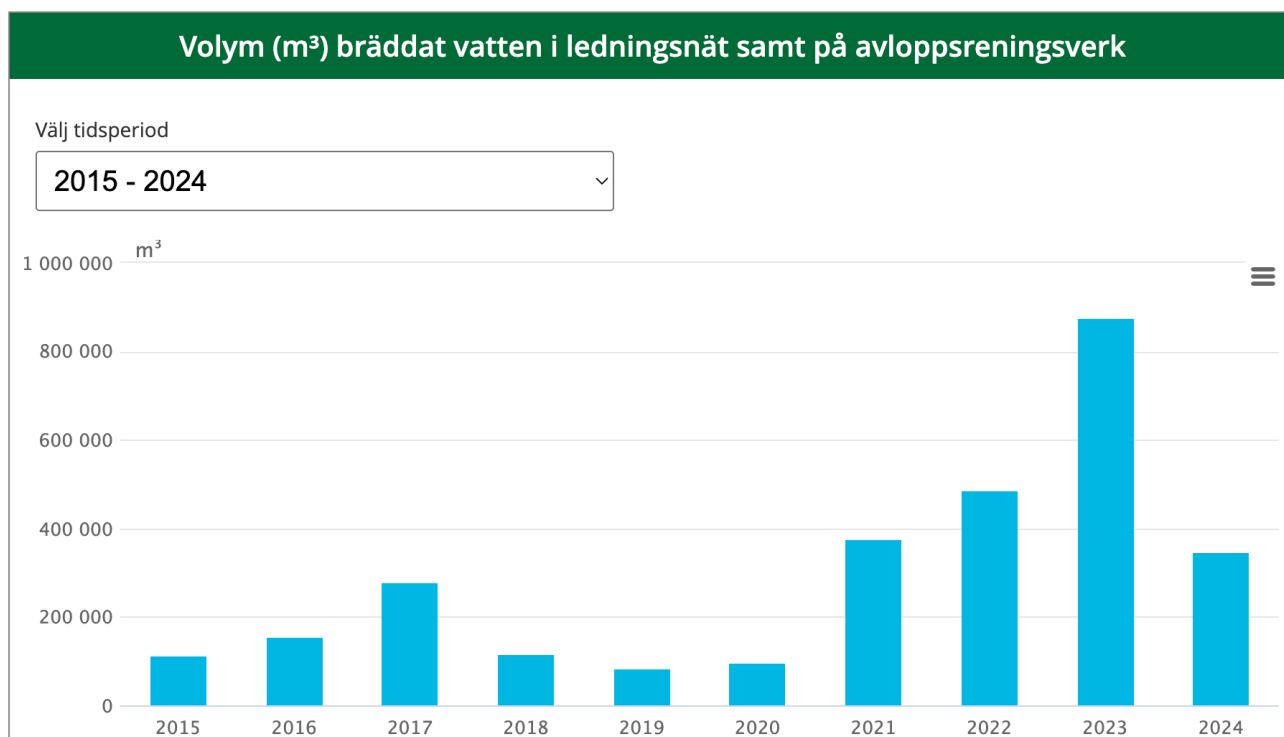
1.1.6 Påverkan på människor och samhälle

Bräddning kan påverka människor indirekt genom försämrade kvaliteten på badvatten och rekreationsområden, särskilt i anslutning till utsläppspunkter efter kraftig nederbörd. Lokala bräddutsläpp kan leda till tillfälliga badråd eller badförbud och påverka allmänhetens möjlighet att använda närliggande vattenmiljöer. Ur ett samhällsperspektiv innebär bräddning även ökade krav på investeringar i ledningsnät, reningsverk samt styr- och övervakningssystem, vilket gör frågan

central i planeringen av framtidens VA-infrastruktur.²⁷

1.1.7 Bräddning i ett lokalt sammanhang VA SYD

På lokal nivå redovisas bräddning inom VA SYDs verksamhetsområde genom sammanställningar av drift- och miljödata. Offentlig statistik med datakälla VA SYD visar att den totala bräddade volymen från ledningsnät och avloppsreningsverk varierat tydligt mellan olika år. Under perioden 2021–2024 redovisades följande bräddade volymer: 2021: 376 792 m³, 2022: 485 789 m³, 2023: 875 644 m³ och 2024: 346 062 m³.²⁸



Figur 2. Volym bräddat vatten i ledningsnät samt på avloppsreningsverk

Variationerna mellan åren illustrerar hur bräddningens omfattning är starkt beroende av nederbördens intensitet och varaktighet samt den hydrauliska belastningen i avloppssystemet. Denna variation understryker behovet av uppföljning och mätning av bräddning för att kunna identifiera belastade delar av systemet och prioritera åtgärder.²⁸

1.2 Syfte

Huvudsyftet med detta examensarbete är att undersöka möjligheten att skydda en sensor mot den utsatta miljön den finns i, samt få en stabil kraftförsörjning och kommunikation. Allt detta för att få

en mer pålitlig och tillförlitlig datainsamling.

1.3. Målformulering

Målet med examensarbetet är att stegvis undersöka och utvärdera de faktorer som påverkar tillförlitligheten i VA SYDs bräddmätningar. För att kunna uppnå syftet har följande konkreta delmål formulerats:

1. Identifiera och analysera de miljöfaktorer (fukt, korrosion, gnagare m.m.) som begränsar sensorns funktion i bräddpunkter.
2. Undersöka hur olika lösningar för kraftförsörjning (batteridrift, energiskörning, fast anslutning) påverkar driftssäkerheten.
3. Utvärdera kommunikationsteknologier (NB-IoT, LoRaWAN, LTE-M) i miljöer med begränsad täckning och deras inverkan på datakvalitet.
4. Jämföra alternativa sensortyper (exempelvis radar- och tryckgivare) med den befintliga ultraljudssensorn för att bedöma robusthet och precision.
5. Ta fram ett sammanhållet förbättringsförslag för framtida installationer, där sensorval, konfiguration och systemintegration presenteras som praktiskt tillämpbara rekommendationer.

1.4. Problemformulering

Under examensarbetet kommer följande frågor att besvaras:

1. Vad skall man göra för att sensorn inte påverkas av en fuktig och korrosiv miljö?
2. Hur kan man få tillgång till stabil kraftförsörjning?
3. Hur kan man få bättre kommunikation under betong och gjutjärn?
 - a. Kan en prototyp utvecklas som löser problemen? Finns det möjlighet att utveckla en fungerande prototyp?

1.5 Avgränsningar

Examensarbetet ska endast lösa problemen för sensorn i bräddmätning och inte problemet att avloppsledningarna kan bli överfulla. Problem som inte berör vårt utbildningsområde eller som är omöjliga att svara på inom examensarbetets ram kommer inte att lösas.

1.6 Motivering av examensarbetet

Förslaget med att fördjupa oss i sensorer som mäter bräddning valdes för att vi har kunskap som kompletterar den utbildning vi läst, men även för att när en datainsamling blir mer pålitlig kan VA SYD ha mer kontroll över deras bräddningar. På detta sätt kan det förhindra översvämningar i golvbrunnar i källarna eller gatubrunnar på gatorna. Allt i allt kommer det främja hållbar utveckling, och därför valde vi även fokusera på hållbarhetsaspekter. För att fördjupa oss i något som är aktuellt valde vi att inkludera Internet of Things (IoT).

1.7 Resurser

Resurser som kommer behövas är olika sensorer, dokument/litteratur som berör sensorer i bräddning, mätningar, tillgång till sensor där bräddmätning sker samt möjligheten att intervjua/kommunicera med anställda på VA SYD som är ansvariga för området.

2: Teknisk bakgrund

2.1 Sensorer och nivåmätare för bräddmätning

För att övervaka bräddpunkter på ett tillförlitligt sätt krävs sensorer som klarar av hårda miljöförhållanden såsom fukt, smuts, gaser och temperaturväxlingar. De tekniska lösningarna måste inte bara erbjuda hög mätnoggrannhet utan också minimalt underhåll, låg energiförbrukning och tillförlitlig kommunikation. Nedan följer en beskrivning av de mest relevanta sensorlösningarna som används inom VA SYDs verksamhetsområde.

2.1.1 Fenix Hub 250

Fenix Hub används som en central kommunikations och insamlingsenhet i det föreslagna bräddmätningssystemet och utgör länken mellan fältsensorer och överordnade system. Enhetens huvudsakliga funktion är att samla in mätdata från anslutna sensorer, bearbeta informationen lokalt och överföra data vidare via mobil kommunikation till molnbaserade plattformar för lagring, visualisering och analys. På detta sätt möjliggörs kontinuerlig övervakning av bräddpunkter utan behov av fast nätverksinfrastruktur.⁴

Fenix Hub är utvecklad specifikt för användning i VA-miljöer och är anpassad för installation i brunnar, pumpstationer och andra tekniskt krävande miljöer där tillgången till el och kommunikation kan vara begränsad. Enheten är konstruerad för att klara fukt, temperaturvariationer och vibrationer, vilket är avgörande för tillförlitlig drift i avloppssystem. Genom stöd för batteridrift och energieffektiv datakommunikation kan



Figur 3. Fenix Hub 250 från Aqua Robur – IoT-enhet

hubben användas i anläggningar där fast strömförsörjning saknas eller är svår att tillhandahålla.⁴

Ur ett systemperspektiv fungerar Fenix Hub som en datanod som samlar in signaler från olika typer av sensorer, exempelvis nivå-, tryck- och flödesgivare. Den insamlade datan tidsstämplas och skickas vidare via mobilnätet till ett centralt system där informationen kan följas i realtid. Detta skapar förutsättningar för förbättrad överblick av bräddhändelser, snabbare felsökning samt historisk analys av mätdata över tid.⁴

En viktig egenskap hos Fenix Hub är dess flexibilitet och skalbarhet. Samma typ av kommunikationsenhet kan användas för flera olika sensortyper, vilket underlättar standardisering av mätpunkter inom VA-organisationen. Detta minskar komplexiteten i drift och underhåll, samtidigt som det förenklar framtida utbyggnad av mätinfrastrukturen. I ett större system kan flera Fenix Hub-enheter användas parallellt för att täcka ett stort antal bräddpunkter.⁴

I relation till bräddmätning spelar Fenix Hub en central roll genom att säkerställa att mätdata faktiskt blir tillgänglig och användbar. Även om sensorerna i sig står för själva mätningen, är det kommunikationslösningen som avgör om informationen kan användas för uppföljning, rapportering och beslutsfattande. Fenix Hub bidrar därmed inte bara till datainsamling, utan även till den övergripande digitaliseringen av VA-systemet och möjliggör ett mer datadrivet arbetssätt vid hantering av bräddningar.⁴

2.1.2 Level Sensor LS7389 (Ultraljudssensor)

Level Sensor LS7389 är en ultraljudsbaserad nivåsensor som används för beröringsfri mätning av vätskenivå i applikationer där direkt kontakt med mediet är olämplig eller riskfylld. Sensorn är särskilt avsedd för miljöer som avloppsbrunnar och andra tekniska installationer där hög fuktighet, korrosiva gaser och förorenat vatten förekommer. Genom att mäta avståndet till vätskeytan utan fysisk kontakt minimeras risken för korrosion, beläggningar och mekaniskt slitage.¹³

Mätprincipen bygger på att sensorn sänder ut korta pulser av högfrekvent ljud mot vätskeytan. När ljudpulsen träffar ytan reflekteras den tillbaka till sensorns mottagare. Genom att mäta tiden mellan utsändning och mottagning, samt använda ljudets kända hastighet i luft, kan avståndet till vätskeytan

beräknas med god noggrannhet. Den uppmätta nivån kan därefter användas för att indikera förändringar i vattennivå och identifiera potentiella bräddhändelser.¹³

En viktig fördel med LS7389 är att sensorn inte påverkas av vätskans kemiska sammansättning, eftersom mätningen sker genom luft. Detta gör tekniken mindre känslig för aggressiva medier jämfört med exempelvis tryckgivare som är nedsänkta i vätskan. Ultraljudssensorer är även relativt enkla att installera, då de vanligtvis monteras ovanför vätskeytan, exempelvis i brunnens övre del.¹³

Samtidigt finns det begränsningar kopplade till ultraljudsbaserad nivåmätning. Mätningen kan påverkas av kondens, temperaturvariationer, luftfuktighet och turbulens i brunnen, vilket är vanligt förekommande i avloppssystem. För att minska dessa effekter är LS7389 ofta utrustad med temperaturkompensation, vilket bidrar till stabilare mätvärden vid varierande omgivningsförhållanden. I skyddade installationer, där sensorn är monterad under lock eller i kapslade utrymmen, har sensorn visat god funktion även vid kondensbildning.¹³

I bräddmätningssammanhang används LS7389 främst för att indikera nivåförändringar snarare än för exakt volymbestämning. Sensorn kan ge värdefull information om när nivåer närmar sig kritiska gränser och därmed fungera som ett tidigt varningssystem. Däremot kan mätosäkerheten öka vid kraftig turbulens eller skumbildning på vätskeytan, vilket begränsar användbarheten vid snabba och kraftiga flödesvariationer.¹³

Sammanfattningsvis erbjuder Level Sensor LS7389 en beröringsfri och relativt enkel lösning för nivåmätning i krävande miljöer. Sensorn lämpar sig väl för installationer där låg underhållsnivå och minimerad exponering mot mediet är prioriterade. Samtidigt kräver tillförlitlig användning i bräddmätning att installationen är noggrant utförd och att sensorns begränsningar i turbulenta och fuktiga miljöer beaktas vid tolkning av mätdata.¹³

2.1.3 VEGAWELL 52 (Tryckgivare)

VEGAWELL 52 är en hydrostatisk tryckgivare som används för indirekt nivåmätning genom att mäta det statiska trycket som orsakas av vätskepelaren ovanför sensorn. Mätprincipen bygger på det linjära sambandet mellan vätskans densitet, gravitationsaccelerationen och vätskepelarens höjd. Det uppmätta trycket omvandlas till en elektrisk signal som representerar aktuell vätskenivå, vilket gör metoden väl lämpad för kontinuerlig nivåövervakning i brunnar och pumpstationer.²

Tryckgivaren är konstruerad för att vara permanent nedsänkt i vätskan och är anpassad för användning i krävande miljöer såsom avloppssystem där förorenat vatten, kemikalier och gaser förekommer. Konstruktionen ger god motståndskraft mot kemisk påverkan och varierande driftförhållanden, vilket är en viktig egenskap i VA-miljöer där mediets sammansättning kan förändras över tid.^{(2) (5)}

En tydlig fördel med hydrostatisk nivåmätning är att mätningen är oberoende av förhållandena vid vätskeytan. Till skillnad från beröringsfria mätprinciper påverkas tryckgivaren inte av skum, ånga eller kondens ovanför vätskan. Detta innebär att VEGAWELL 52 kan ge stabila mätvärden även vid kraftig turbulens och snabba nivåförändringar, vilket ofta förekommer i samband med bräddning.²



Figur 4. VEGAWELL 52 tryckgivare i genomskärning med visad keramisk mätcell.

Samtidigt ställer denna mätprincip höga krav på installation och placering. Eftersom sensorn är i direkt kontakt med mediet finns risk för påverkan från sediment, slam och fasta partiklar som ansamlas på botten av brunnen. Om sensorn placeras för lågt kan detta leda till igensättning, fördröjd respons eller mätfel. För att minska dessa risker rekommenderas att tryckgivaren installeras med ett definierat avstånd från botten, exempelvis upphängd i kabel eller placerad i ett skyddsrör med öppningar för vätskeinlopp.^{(2) (5)}

VEGAWELL 52 är försedd med tryckutjämning för att kompensera för variationer i atmosfärstryck, vilket är nödvändigt för att säkerställa korrekt nivåberäkning över tid². Tryckutjämningen sker via kabeln, vilket innebär att kabeldragning och tätning måste utföras noggrant. Skador på tryckutjämningen eller fuktinträngning kan annars leda till långsamt drivande mätfel, något som har observerats i praktisk drift.^{(2) (5)}

I bräddmätningssammanhang används VEGAWELL 52 främst i applikationer där stabil nivåmätning prioriteras och där installationsförhållandena möjliggör regelbunden tillsyn. Sensortypen är särskilt användbar i brunnar där andra mätprinciper påverkas negativt av skum eller trånga geometrier. Samtidigt kräver lösningen ett mer aktivt underhåll jämfört med beröringsfria sensorer, vilket måste beaktas vid val av mätprincip.⁵

Sammanfattningsvis erbjuder VEGAWELL 52 en beprövad och robust lösning för hydrostatisk nivåmätning i avloppsmiljöer. Sensorn kan leverera stabila mätvärden även under svåra driftförhållanden, men dess långsiktiga tillförlitlighet är i hög grad beroende av korrekt installation, skydd mot sediment samt noggrann hantering av tryckutjämningen.^{(2) (5)}

2.1.4 Flödesmätare

Flödesmätning används inom VA-system för att bestämma hur stor volym vatten som passerar en ledning per tidsenhet och utgör därmed ett viktigt komplement till nivåbaserad bräddmätning. I sammanhang där man vill kvantifiera mängden bräddat vatten, snarare än enbart registrera att en bräddning har skett, kan flödesmätare ge mer direkt information om utsläppets omfattning. Samtidigt ställs höga krav på mätutrustningen eftersom installationerna ofta sker i miljöer med förorenat vatten, varierande flöden och begränsad tillgänglighet för underhåll.¹⁴

Inom VA-tillämpningar är elektromagnetiska flödesmätare vanliga, då de lämpar sig väl för ledande vätskor såsom



Figur 5. Tryck- och temperatursensor från Aqua Robur för nivåmätning i VA-miljöer

avloppsvatten. Mätprincipen bygger på Faradays induktionslag, där en elektrisk spänning induceras när en ledande vätska rör sig genom ett magnetfält. Den inducerade spänningen är proportionell mot flödeshastigheten och kan därmed användas för att beräkna flödet. En fördel med denna teknik är att den saknar rörliga delar, vilket minskar slitaget och gör mätningen relativt underhållsfri jämfört med mekaniska alternativ.¹⁴

Trots dessa fördelar innebär elektromagnetiska flödesmätare vissa praktiska begränsningar vid bräddmätning. De kräver full rörfyllnad för att ge korrekta mätvärden, vilket inte alltid kan garanteras i bräddledningar där flödet kan vara intermittent och starkt varierande. Dessutom kräver installationen ofta ingrepp i ledningen, vilket kan vara både kostsamt och svårt att genomföra i befintliga anläggningar.⁵

Andra flödesmätartyper som förekommer är turbinflödesmätare, där flödet driver en roterande mekanisk del vars rotationshastighet används som mått på flödet. Dessa sensorer är generellt enklare och billigare, men nackdelen är att de innehåller rörliga delar som är känsliga för smuts, slam och partiklar i avloppsvatten. I VA-miljöer har detta visat sig leda till ökat underhållsbehov och försämrad långtidstillförlitlighet.^{(14) (5)}

Ultraljudsbaserade flödesmätare har även testats i VA-sammanhang, särskilt i applikationer där man vill undvika ingrepp i rörsystemet. Dessa kan monteras utanpå ledningen och mäter flödet genom att analysera hur ljudvågor påverkas av vätskans rörelse. Fördelen med denna lösning är att installationen kan ske utan att bryta rör eller avbryta drift. Samtidigt är tekniken känslig för rörmaterial, avlagringar på rörväggarna samt variationer i flödesprofil, vilket kan påverka mätosäkerheten.⁽⁵⁾

I relation till bräddmätning används flödesmätare därför främst i kontrollerade installationer där flödesförhållandena är väl definierade och där man har möjlighet till regelbunden tillsyn. I många bräddpunkter, där installationerna är trånga, fuktiga och svåråtkomliga, kan flödesmätning vara tekniskt möjlig men praktiskt utmanande. Detta gör att flödesmätare ofta kompletterar, snarare än ersätter, nivåbaserade sensorer vid övervakning av bräddhändelser.⁽⁵⁾

Sammanfattningsvis erbjuder flödesmätare möjligheten att direkt kvantifiera utsläppt vattenvolym, vilket är värdefullt ur både miljö- och rapporteringssynpunkt. Samtidigt medför tekniken högre krav på installation, driftmiljö och underhåll jämfört med nivåmätning. Vid val av flödesmätare för

bräddmätning måste därför både mätprincip och praktiska installationsförutsättningar vägas noggrant mot varandra.^{(14) (5)}

2.1.5 Siemens SITRANS LR120

Siemens SITRANS LR120 är en radarbaserad nivåsensor som arbetar med så kallad Frequency Modulated Continuous Wave-teknik (FMCW) vid 80 GHz. Till skillnad från ultraljudsbaserade sensorer använder radartechniken elektromagnetiska vågor i mikrovågsområdet, vilket innebär att mätningen är i stort sett oberoende av luftens temperatur, fuktighet, gasinnehåll eller förekomst av ånga i brunnen. Detta gör tekniken särskilt lämplig i avloppsmiljöer där variationer i omgivande förhållanden är stora.¹⁰

Mätprincipen bygger på att sensorn sänder ut en kontinuerligt frekvensmodulerad signal som reflekteras mot vätskeytan. Genom att analysera frekvensskillnaden mellan den sända och den mottagna signalen kan avståndet till vätskeytan beräknas med mycket hög noggrannhet. För SITRANS LR120 anges en typisk mätnoggrannhet på ± 2 mm, vilket är betydligt bättre än många ultraljudslösningar. Den smala strålbredden hos 80 GHz-radarn gör det dessutom möjligt att mäta i trånga brunnar med komplex geometri utan att oönskade reflektioner från väggar och stegar dominerar mätvärdet.^{(1) (10)}

En viktig aspekt vid användning av radarsensorer i VA-miljö är dock korrekt montering och konfiguration. Om sensorn inte är lodrätt monterad eller om brunnens geometri innehåller kraftigt reflekterande ytor kan falska ekon uppstå. I dessa fall kan sensorn registrera tillfälliga nivåtoppar trots att ingen faktisk bräddning har skett. Under fältobservationerna hos VA SYD noterades flera sådana fall, vilket tydligt visar att sensorns tekniska prestanda är starkt beroende av installationskvaliteten.^{(5) (6)}

SITRANS LR120 erbjuder därför avancerade mjukvarufunktioner för ekoanalys, där oönskade reflektionszoner kan maskeras och ignoreras. Parametrar som mätfönster, signaltrösklar och filterinställningar kan justeras via Bluetooth med hjälp av Siemens Mobile IQ-applikation. Denna

möjlighet till platsanpassad konfiguration är avgörande för att uppnå tillförlitliga mätvärden i praktiken.⁽¹⁾

Ur ett driftsperspektiv är sensorn väl anpassad för krävande miljöer. Sensorn är ATEX-godkänd, IP-klassad för nedsänkning och saknar rörliga delar, vilket innebär att den är väl anpassad för tuffa miljöer med höga krav på driftsäkerhet och lågt underhåll. ATEX-godkännandet betyder att sensorn kan användas i miljöer där det finns risk för brandfarliga gaser, till exempel i avloppsbrunnar, utan att utgöra någon antändningsrisk. Jämfört med ultraljudssensorer påverkas radarsensorn i betydligt mindre grad av kondens, skum och temperaturvariationer, faktorer som visat sig vara särskilt problematiska vid bräddmätning i kombinerade avloppssystem.^{(1) (13) (15)}

Sammanfattningsvis erbjuder Siemens SITRANS LR120 hög mätnoggrannhet, god robusthet och flexibilitet i konfiguration, men kräver samtidigt ett systematiskt installationsförfarande och dokumenterad parameterinställning för att undvika felmätningar. Sensorvalet i sig är därför inte tillräckligt; korrekt montering och anpassning till brunnens specifika förutsättningar är avgörande för ett fungerande bräddmätningssystem.^{(5) (6)}



Figur 6. Siemens SITRANS LR120 –
radarbaserad nivåmätare för trånga
brunnar.

2.1.6 Ultraljudssensorer

Ultraljudssensorer fungerar enligt principen att en ljudvåg med hög frekvens sänds ut från sensorn, reflekteras mot ett objekt och därefter tas emot av sensorns mottagare. Genom att mäta tiden mellan utsänd och mottagen signal samt känna till ljudets hastighet i luft kan avståndet till vätskeytan beräknas med god noggrannhet. Vid normal temperatur är ljudets hastighet i luft cirka 343 m/s, vilket används som grund vid avståndsberäkningen.¹⁵

Mätprincipen kan matematiskt beskrivas enligt sambandet

$$D = (T \times C) / 2,$$

där D är avståndet till vätskeytan, T är den uppmätta tiden för ekot och C är ljudets hastighet i luft. Division med två sker eftersom ljudvågen färdas både till och från objektet. Denna princip är enkel men effektiv och används i många industriella tillämpningar där beröringsfri mätning är önskvärd.¹⁵

En central fördel med ultraljudssensorer är att de inte kräver fysisk kontakt med vätskan. Detta gör tekniken särskilt lämplig i applikationer där sensorn annars skulle utsättas för korrosiva medier, smuts eller biologiskt material. Inom bräddmätning används ultraljudssensorer ofta för att övervaka nivåförändringar i brunnar där man vill undvika att sensorelementet kommer i direkt kontakt med avloppsvattnet.¹⁵

Ultraljudstekniken är relativt okänslig för gaser och partiklar i luften jämfört med exempelvis optiska sensorer. Däremot påverkas mätningen av miljöförhållanden såsom kondens, hög luftfuktighet och temperaturvariationer. I avloppsbrunnar, där fuktig och aggressiv miljö är vanligt förekommande, kan kondens bildas på sensorns sändar- och mottagaryta. Detta kan dämpa ljudvågorna och leda till försvagade eller instabila ekosignaler.¹⁵

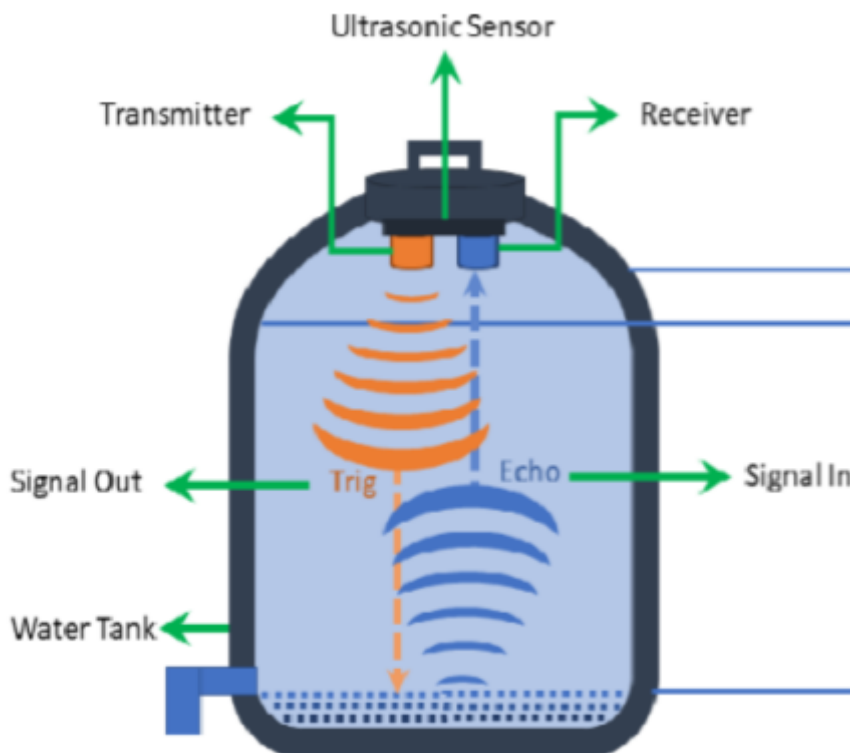
Vidare kan turbulens, skum och oregelbundna vätskeytor försämra mätnoggrannheten. När ljudvågen reflekteras mot en ojäm yta sprids ekot, vilket gör att sensorn kan få svårigheter att identifiera en tydlig reflexpunkt. Detta är särskilt problematiskt vid bräddning, då flödena ofta är kraftiga och ytan kan vara starkt rörlig.¹⁵

Figur 7 illustrerar grundprincipen för ultraljudsbaserad nivåmätning, där sensorn är monterad ovanför vätskeytan och ljudvågorna reflekteras tillbaka från vattenytan. Figuren tydliggör hur sändare och mottagare samverkar samt hur avståndsberäkningen sker baserat på ekotiden. Denna

visuella representation ger en god förståelse för varför fri sikt mot vätskeytan är avgörande för korrekt mätning.¹⁷

I praktiska installationer kräver ultraljudssensorer därför noggrann placering och skydd. Sensorn bör monteras så att risken för kondens, stänk och beläggningar minimeras. Trots detta har fältobservationer visat att ultraljudssensorer i många fall är mer underhållskrävande än radarbaserade lösningar i bräddmiljöer, just på grund av deras känslighet för omgivande förhållanden.¹⁵

Sammanfattningsvis erbjuder ultraljudssensorer en enkel och beröringsfri metod för nivåmätning, med låg installationskomplexitet och tydlig mätprincip. Samtidigt är tekniken relativt känslig för fukt, kondens och turbulens, vilket begränsar dess långsiktiga tillförlitlighet i krävande bräddmiljöer. Vid användning inom VA-system måste dessa begränsningar beaktas noggrant vid både sensorval och installation.^{(15) (17)}



Figur 7. Visuell beskrivning av principen bakom ultraljudsmätning av nivå.

2.2 Kostnadsöversikt för sensorer (inköp)

För att ge en helhetsbild av de ekonomiska förutsättningarna för de sensorer och systemkomponenter som behandlas i detta arbete redovisas här en översiktlig kostnadsbild. Redovisningen avser inköpskostnad per enhet och baseras på offentligt tillgängliga prisuppgifter samt leverantörsinformation. Priserna ska betraktas som vägledande, då slutlig kostnad påverkas av konfiguration, tillbehör, leveransvillkor och avtal med leverantörer.

2.2.1 Fenix Hub 250 (kommunikations- och insamlingsenhet)

Fenix Hub 250 används som central kommunikations- och insamlingsenhet i mätsystemet. Produkten marknadsförs som en nätansluten sensornod med NB-IoT/LTE-M och flera typer av sensoringångar. I de underlag som varit tillgängliga i detta arbete redovisas ingen offentlig prislista, vilket innebär att inköpskostnaden normalt behöver inhämtas via offert från leverantör.¹⁹

2.2.2 Level Sensor LS7389

För nivågivaren LS7389 har prisuppgifter från komponentdistributör använts. Dessa visar en inköpskostnad i storleksordningen cirka 4930 kr per enhet exkl. moms (beroende på volym och leveransvillkor).²⁰

2.2.3 VEGAWELL 52 (hydrostatisk tryckgivare)

För hydrostatiska tryckgivare av typen VEGAWELL 52 varierar priset beroende på utförande (t.ex. kabel, mätområde och materialval). Som vägledning kan webblistade priser ge en nivå runt 4 357 kr per enhet exkl. moms för en VEGAWELL 52-variant.²¹

2.2.4 Flödesmätare

Flödesmätare för VA-applikationer är i regel kostsammare än nivå- och tryckgivare, särskilt vid elektromagnetisk flödesmätning i avloppsmiljö. För att redovisa en källbaserad storleksordning används här ett exempel på ett listpris för en elektromagnetisk flödesgivare, som ligger omkring 61 503 kr per enhet exkl. moms. Slutligt pris beror i praktiken på dimension, mätområde och installationsutförande.²²

2.2.5 Siemens SITRANS LR120 (radarbaserad nivågivare)

För radarbaserade nivågivare av typen Siemens SITRANS LR120 visar prisuppgifter från distributör ett vägledande inköpspris på 13 243 kr per enhet exkl. moms.²³

Sammanfattningsvis spänner de komponenter som behandlas i detta arbete över ett brett kostnadsintervall. Ultraljudsbaserade nivågivare är relativt billiga att anskaffa, medan flödesmätning typiskt innebär en betydligt högre investering. Radarbaserad nivåmätning placerar sig mellan dessa nivåer och kombinerar relativt hög prestanda med begränsat underhållsbehov.

2.3 Kommunikationsteknologier i VA-miljö

Att samla in mätdata från bräddpunkter kräver tillförlitlig kommunikation även i miljöer utan el, Wi-Fi eller mobilnät. Därför används olika trådlösa tekniker som NB-IoT, LoRaWAN och ibland LTE-M. Varje teknik har sina styrkor och svagheter beroende på installationens förutsättningar.⁵

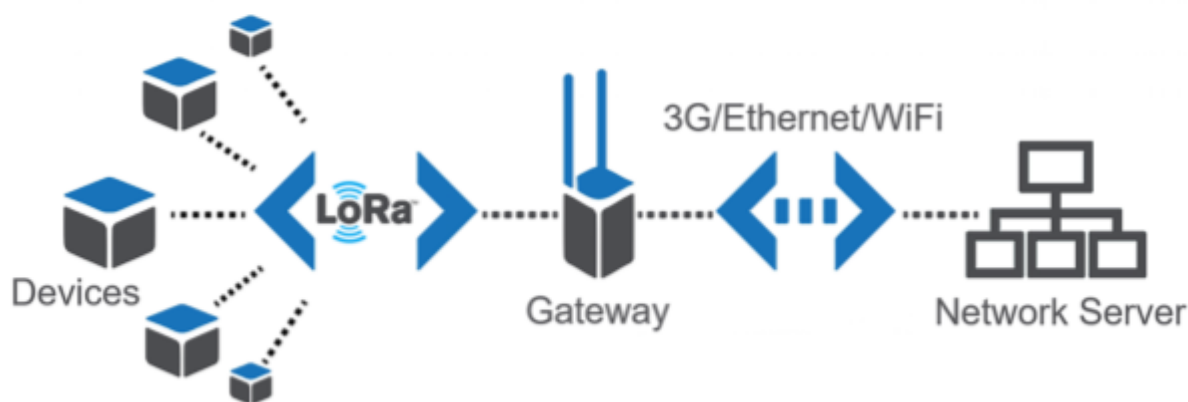
2.3.1 NB-IoT

NB-IoT är en del av 4G-nätet och används för att sända små mängder data med låg energiförbrukning. Tekniken är utmärkt för sensorer som bara behöver rapportera ett fåtal gånger per dag. Täckningen är generellt god, men VA SYD har upplevt problem när signalen dämpas av gjutjärnslock, vattenmassa eller betong.^{(5) (6) (7)}

2.3.2 LoRaWAN

LoRaWAN är ett alternativ till NB-IoT och fungerar utan mobilnät, så länge det finns en gateway inom räckhåll. Det är särskilt lämpligt i områden där man har kontroll över infrastrukturen, som exempelvis kommunala VA-system. Nackdelen är att signalstyrkan är mer känslig för yttre störningar och gatewayen måste vara inom några kilometer beroende på terräng.

I vissa projekt har man kompletterat LoRaWAN med fallback-lösningar där data buffras lokalt om signalen förloras. Detta är användbart vid nederbörd, då just bräddpunkter är som mest aktiva.⁸



Figur 8. Schematisk illustration av LoRaWAN-arkitektur från enhet till nätverksserver

2.2.3 Bluetooth och LTE-M

Bluetooth används inte för datainsamling utan för att konfigurera sensorer på plats, exempelvis SITRANS LR120. Det är enkelt att använda i fält via mobil eller surfplatta. LTE-M har bättre täckning och kapacitet än NB-IoT men kräver mer energi. Det lämpar sig därför bäst i installationer med extern strömförsörjning, exempelvis pumpstationer.⁵

2.3 Strömförsörjning och energihantering

2.3.1 Batteridrift

De flesta sensorer i VA-nätet är batteridrivna, ofta med litiumbatterier på 3,6V. Under ideala förhållanden håller batterierna 3–5 år, men i praktiken är det ofta betydligt kortare. Kalla vintrar, hög fuktighet och frekventa dataöverföringar förkortar livslängden dramatiskt.^{(5) (6)}

VA SYD har därför börjat implementera batteriövervakning där sensorn själv larmar vid låg batterinivå. Det gör det möjligt att planera servicebesök innan mätdata går förlorad.¹¹

2.3.2 Energiskördning

Ett alternativ till batterier är energiskördning som exempelvis via Aqua Roburs flödesturbin i Fenix Hub. Tekniken fungerar där vattenflödet är konstant, som i dricksvattenledningar. För bräddpunkter, där flödet endast uppstår vid regn, är tekniken mindre tillförlitlig. I testinstallationer har man dock sett att energiskördning kan driva en sensor i flera veckor med rätt dimensionering.⁹

3: Metod

3.1 Fältstudier och platsbesök

För att kartlägga tekniska problem i VA SYDs nivåmätningssystem har platsbesök genomförts vid utvalda bräddpunkter i områden som Dalby, Staffanstorp, Lund och Limhamn.

Dessa platser valdes i samråd med VA

SYDs utvecklingsingenjör och

representerar olika typer av

installationer och miljöförhållanden. Vid varje platsbesök dokumenterades sensorplacering, kablage, brunnstruktur, samt förekomst av fukt, kondens, skador eller igensättningar. All dokumentation bestod av foton, anteckningar och ritningar som jämfördes med teknisk information från tillverkare.^{(5) (6)}



Figur 9. Fältextempel på en kontroll av VA SYD

I flera fall observerades problem som vatteninträngning i givarkablar, felmontering av antenner och skador på batterihus. Dessa observationer utgjorde grunden för att senare förstå sambandet mellan miljöpåverkan och systemfel.⁵

3.2 Intervjuer och expertstöd

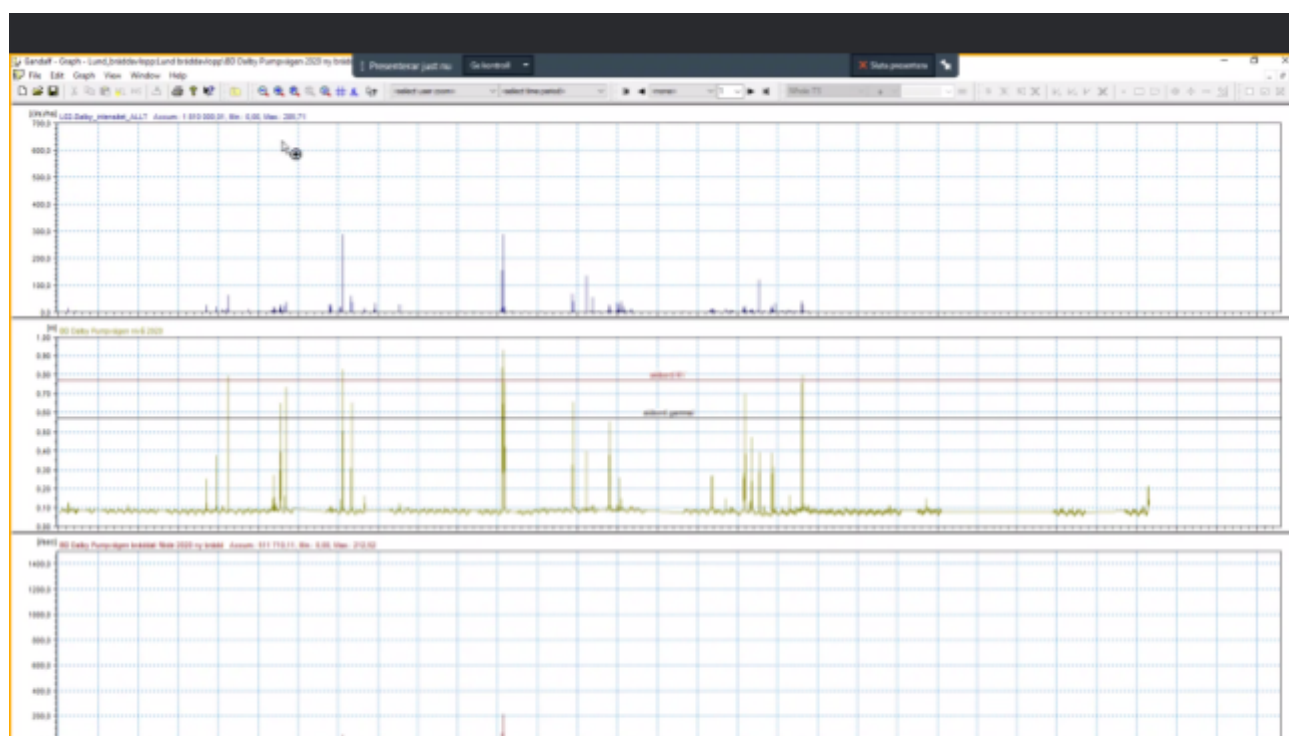
Informationen kompletterades genom tekniska samtal och e-postväxling med VA SYDs utvecklingsingenjör Victor Pelin samt tidigare dokumentation från andra tekniker inom organisationen. Syftet var att förstå vilka sensorer som testats, vad som orsakat tidigare mätbortfall, samt hur installationer genomförts. Pelin bidrog också med direkta exempel från tidigare driftstörningar, till exempel signalbortfall från NB-IoT-installationer och batterifel i slutna brunnar.

^{(5) (6)}

Även historik kring alternativa lösningar som Fenix-hub från Aqua Robur togs upp, vilket möjliggjorde en analys av energiförsörjningens roll i systemets långsiktiga funktion.⁴



Figur 10. Exempel på integrerad sensorenhet med antenn, kapsling och fästanordning.



Figur 11. Nederbörd, nivå och bräddflöde vid Dalby Pumpväg 2020 från VA SYD.

3.3 Teknisk dokumentanalys

För att tolka fältobservationerna granskades tekniska dokument från tillverkarna Siemens och VEGA. Särskilt viktigt var att jämföra specifikationer som kapslingsklass (IP), mätprincip, signaltyp, temperaturlåghet och energiförbrukning. VEGAWELL 52 och VEGABAR 86/87 utvärderades utifrån deras motståndskraft mot smuts och tryckvariation, medan Siemens LR120 analyserades för dess radarvågsreflektion, installationstoleranser och Bluetooth-konfiguration.¹

Dokumenterna har använts för att bedöma hur sensorerna bör monteras enligt rekommendation, vilket i flera fall avvek från de faktiska installationer som observerades.⁵

3.4 Problemanalys och systematisering

All data sorterades i fyra huvudteman: (1) sensorteknikens robusthet, (2) kommunikationens tillförlitlighet, (3) energiförsörjningens uthållighet och (4) installationens praktiska kvalitet. Inom varje kategori identifierades återkommande feltyper som igensättning, fuktskador, dataavbrott och fysiska kabelfel.

Detta tillvägagångssätt gjorde det möjligt att inte bara peka ut tekniska svagheter, utan också identifiera deras bakomliggande orsaker. Det är nödvändigt för att kunna formulera realistiska förbättringsförslag.

3.5 Avgränsningar i metodiken

Arbetet innefattar inte laborietester eller simulerade mätmiljöer. Det har heller inte varit möjligt att genomföra långtidstester i drift, då dessa kräver flera års datainsamling och kontinuerlig åtkomst till VA SYDs interna system. Arbetet bygger istället på dokumentation, riktiga observationer, tillverkarens specifikationer och bekräftade fälterfarenheter från VA SYDs personal.

Alla slutsatser är därför begränsade till de miljöer och sensorlösningar som faktiskt förekommit i organisationens test- och driftmiljö mellan 2020 och 2024.

4: Utförande

4.1 Observationer från fältet

Fältstudierna visade tydligt att installationerna varierade kraftigt mellan olika bräddpunkter. I vissa fall hängde sensorer fritt i kabeln, utan infästning eller skydd, medan andra var monterade med provisoriska lösningar såsom buntband eller ståltråd. Tryckgivare av typen VEGAWELL 52 låg ibland direkt mot botten, vilket ökade risken för igensättning av sediment och fysisk påverkan. I flera fall noterades korrosion på kontakter, samt att kablar angripits av fukt eller gnagare.

För radarsensorer som SITRANS LR120 förekom problem med mätfel orsakade av skum, sned montering eller snäva geometrier i brunnarna. Sensorerna visade plötsliga nivåtoppar utan att någon faktisk bräddning hade skett, vilket tyder på felreflektioner eller kondensstörningar.

I vissa brunnar används VEGABAR 86/87 med keramisk cell men dessa kräver noggrant skydd och korrekt infästning för att inte påverkas negativt av den korrosiva miljön.

4.2 Kommunikationsproblem

Datakommunikationen visade sig vara ett av de mest kritiska problemen. NB-IoT-sensorer rapporterade ofta dataavbrott i brunnar med tunga lock eller djupa lägen. VA SYD hade flera exempel där dataförlust uppstod under längre perioder, vilket först upptäcktes när tekniker fysiskt inspekterade platsen. I vissa fall hade antenner monterats på insidan av locket, vilket ytterligare försvårade signalöverföringen.^{(5) (6)}

LoRa-baserade system visade liknande begränsningar, särskilt i tät bebyggelse eller med långt avstånd till gateway. Bluetooth-konfiguration användes främst vid uppstart men tekniken visade sig vara helt otillräcklig för kontinuerlig kommunikation.^{(5) (6) (8)}

Några brunnar hade försök till förbättring med extern antenn genom hål i locket, men detta innebar nya risker för vatteninträngning, skadegörelse och förlust av IP-klassning.⁵

4.3 Strömförsörjning i praktiken

I nästan alla fall användes batteridrift. De vanligaste sensorerna drevs med 3,6V litiumceller som enligt tillverkare skulle hålla i upp till 5 år. I verkligheten rapporterade VA SYD att många batterier behövde bytas redan efter 12–18 månader, särskilt i kalla eller fuktiga brunnar.

Aqua Roburs Fenix-hub har testats som alternativ i installationer med konstant flöde. I dessa fall fungerade systemet som tänkt, men i bräddbrunnar där flöde endast uppstår under regn visade sig tekniken vara otillförlitlig. Solpaneler bedömdes som olämpliga på grund av brunnarnas placering och brist på ljusinsläpp.

Några batterienheter visade tecken på överhettning eller svällning, vilket kan indikera att laddningsregulatorn inte fungerat korrekt eller att fukt trängt in i kapslingen.⁽⁵⁾⁽⁶⁾

4.4 Sammanställning av erfarenheter

Analysen av fältobservationer visar att installationens kvalitet har avgörande betydelse. Sensorer med utmärkta tekniska specifikationer presterar undermåligt om de monteras fel, saknar skydd eller har dåligt draget kablage. Kommunikationsproblemen kunde i flera fall direkt kopplas till antennens placering, ofta inne i brunnskammaren utan förhöjd position.

Strömförsörjningen visade sig vara starkt beroende av både batterikvalitet och sensorernas energiförbrukning. Sensorer som kommunicerade för ofta eller som låg i standbyläge med hög strömförbrukning förbrukade sina batterier snabbare än beräknat.

Sammanfattningsvis pekar allt mot att en fungerande lösning måste utformas som ett integrerat system där sensor, antenn, batteri, tätning och montering samverkar, snarare än att varje komponent optimeras var för sig.

5: Analys och resultat

5.1 Sensorernas funktion i fältmiljö

Fältobservationerna bekräftade att tryckgivare, såsom VEGAWELL 52, ofta fungerade stabilt i rena brunnar med korrekt nedsänkingsdjup. När sensorn däremot låg direkt mot botten ökade risken för igensättning, skador och missvisande mätvärden. I flera fall noterades att sensorn inte var skyddad av rör eller skärm, vilket gjorde den extra känslig för slamavlagringar.⁵

Radarsensorer som Siemens SITRANS LR120 uppvisade hög precision vid ideal montering, men påverkades kraftigt av sned infästning, skum på ytan eller trånga utrymmen. VA SYD rapporterade flera fall där radarsensorer gav felaktiga nivåtoppar, trots att inget vatten fanns i brunnen. I dessa fall kunde orsaken spåras till felreflektioner från brunnslock eller väggar.⁵

Vidare pekade flera fall på att felaktig konfiguration av sensorn vid installation kan ha påverkat resultatet. Sensorer som inte kalibrerats korrekt för brunnsens specifika geometri, eller där programvarans filterinställningar inte optimerats, uppvisade signifikant ökad avvikelse. Det är därför avgörande att installatören har tillgång till relevant dokumentation samt kompetens att ställa in parametrar som dämpningsfilter, signalstyrketrösklar och uppdateringsintervall.

VEGABAR 86/87 användes i vissa testinstallationer tack vare sin keramiska cell och robusta konstruktion. Dock visade det sig att dessa sensorer krävde korrekt tätning och att felaktigt monterade kablar snabbt ledde till fuktskador och elektriska avbrott.

5.2 Kommunikationsstörningar och signalavbrott

Ett återkommande mönster i analysen var att datakommunikationen ofta bröts i brunnar med kraftigt skärmade lock. Sensorer med NB-IoT uppvisade långa perioder utan överförda mätvärden, särskilt i installationer där antennen placerats under locket. En förbättring kunde ses när antennen drogs genom locket och placerades ovan mark men detta innebar nya utmaningar kring tätning och skadegörelse.^{(5) (6)}

LoRa-baserade system uppvisade liknande problem och var extra känsliga för geografiskt avstånd till närmaste gateway. Även när signal fanns tillgänglig på platsen visade det sig att signalstyrkan ofta inte var tillräcklig för att garantera stabil överföring.^{(5) (6)}

Bluetooth användes endast för lokal konfigurering och kunde i vissa fall inte ens initieras om sensorn satt för djupt monterad. Detta gjorde felsökning i fält mycket begränsad utan fysisk åtkomst till sensorhuvudet.

5.3 Energibrist och batteriavbrott

Energianalysen visade att batteridrift fungerade bra i teorin men i praktiken var det problematiskt. Många batterier som enligt tillverkare skulle hålla 3–5 år uppvisade symptom på spänningsfall redan efter 12–18 månader. Orsakerna var främst fukt, temperaturväxlingar och hög kommunikationsfrekvens.^{(5) (6)}

I installationer där Aqua Roburs Fenix-hub testats såg man förbättrad drifttid och ökad tillförlitlighet. Dock fungerade tekniken endast vid konstant flöde vilket bräddpunkter inte erbjuder.^{(5) (6)}

Brunnar som saknade batteriövervakning rapporterade inga larm vid batterifel. Detta innebär att vissa mätpunkter varit helt ur funktion under lång tid utan att driftledningen informerats ett allvarligt problem ur både miljö- och rättssäkerhetsperspektiv.¹¹

5.4 Installationsbrister och miljöpåverkan

Många av de driftstörningar som observerades kunde spåras till undermålig installation. Exempelvis saknades i flera fall korrekt tätning kring kabelgenomföringar, vilket tillät vatten att tränga in i sensorhöljet. I vissa fall användes felaktigt kablage som inte var klassat för VA-miljö, eller så hade kablarna dragits så att de låg i vatten hela tiden, något som förkortar livslängden avsevärt.^{(5) (6)}

Kombinationen av bristande infästning, låg IP-klassning, vibrationskänsliga komponenter och höga fuktnivåer innebär att även tekniskt avancerade sensorer kunde haverera inom ett år efter installation.^{(5) (6)}

Analysen visar att miljöpåverkan inte bara sker vid bräddning, den sker också om sensorn fallerar och inga mätvärden registreras. I sådana fall finns risk att bräddningar sker utan rapportering, vilket kan leda till allvarliga utsläpp i recipienter utan åtgärd eller spårning.¹¹

Däremot påverkas deras prestanda starkt av felaktig montering, dålig kabelförläggning, otillräcklig antennplacering och undermålig kapsling. Resultaten visar att även små fel i installationen kan få stora konsekvenser för datakvalitet och driftsäkerhet.^{(5) (6)}

5.5 Sammanfattande slutsats och vikten av korrekt konfiguration

Det är tydligt att fungerande bräddmätning kräver ett systemperspektiv. Sensor, antenn, batteri, kabel, tätning och fäste måste ses som en helhet. Varje delkomponent är avgörande för systemets funktion. Många av de problem som uppstått i VA SYDs installationer beror inte på att sensorerna är undermåliga, utan på att helheten inte är korrekt dimensionerad, skyddad eller anpassad till miljön.⁽⁵⁾
(6)

En särskilt viktig slutsats är vikten av korrekt konfiguration vid installation. Flera fall där sensorer uppvisat felaktiga mätvärden kunde härledas till att fel filterparametrar eller signaltrösklar valts. Vid användning av radarbaserade sensorer måste exempelvis reflektionsytor i brunnens geometri definieras och ignoreras i mjukvaran. Även val av mätfönster och ekoanalysalgoritmer måste anpassas efter brunnens dimensioner och innehåll.

För att undvika driftavbrott bör samtliga installationer inkludera ett tydligt dokumenterat konfigurationsprotokoll samt verifiering i samband med driftsättning. Det är också viktigt att sensortillverkarens rekommendationer följs, särskilt gällande uppdateringsintervall, signalstyrkegränser och felhantering.

Denna insikt kommer att ligga till grund för förbättringsförslagen i nästa kapitel.

6. Slutsats

6.1 Reflektion över etiska aspekter

Tillförlitlig bräddmätning är inte bara en teknisk fråga utan en miljöetisk skyldighet. Uteblivna mätvärden kan leda till att utsläpp inte rapporteras, vilket i sin tur kan skada både natur och människors hälsa. I en tid där transparens och miljöansvar är centralt, blir teknikens roll som garant för spårbarhet särskilt viktig.

Denna insikt förstärker vikten av att VA-organisationer inte bara följer lagkrav, utan också arbetar förebyggande med tillstånd, underhåll och innovation inom mätområdet.

6.2 Framtida utvecklingsmöjligheter

För att höja tillförlitligheten i framtida installationer föreslås att sensorer levereras i färdiga, robusta helhetspaket. Detta med korrekt tätade kontakter, förinstallerad antenn, testade batterienheter och fästordningar anpassade för VA-brunnar. Lösningarna bör vara plugg-and-play och förkonfigurerade med rätt sändningsintervall och energibudget.

Vidare rekommenderas integrerad batteriövervakning, diagnostikfunktioner och möjlighet till fjärrfelsökning via Bluetooth eller NFC. Även Fenix-hub har potential att återintroduceras i miljöer med konstant flöde.

På längre sikt kan AI-baserade modeller som förutser bräddningar baserat på väderprognos och tidigare flödesdata minska beroendet av mätpunkter, och istället möjliggöra proaktiv styrning.

För att framtidens bräddmätningssystem ska fungera pålitligt räcker det inte med att bara välja en tekniskt avancerad sensor. Det är minst lika avgörande att installationen blir rätt konfigurerad från början. Fältarbetet i detta projekt visade tydligt att flera av de mätfel som uppstått snarare berodde på felaktiga inställningar än på själva utrustningen. Exempelvis kan en radarsensor ge felaktiga nivåtoppar om inte oönskade reflektioner från väggar eller lock exkluderas i mjukvaran. Även val av ekoanalys, filter och mätområde måste anpassas till den specifika brunnen.

Därför föreslås att VA SYD inför ett mer enhetligt arbetssätt vid framtida installationer. Varje ny mätpunkt bör föregås av en noggrann analys av brunnens utformning, tillsammans med ett tydligt konfigurationsprotokoll som följs vid uppstart. Dessutom bör personalen ha tillgång till utbildning i hur sensorernas appar och inställningar fungerar, till exempel vid användning av Siemens Mobile IQ.

Baserat på både teknikens prestanda och resultat från detta arbete rekommenderas att VA SYD, i första hand, använder Siemens SITRANS LR120 för framtida bräddmätningar. Denna radarsensor, som bygger på 80 GHz FMCW-teknik, har visat sig fungera stabilt i utmanande VA-miljöer. Dess höga mätnoggrannhet, kompakta storlek, kemikalieresistens och förmåga att hantera smala geometrier gör den särskilt lämpad för användning i brunnar där andra sensorer har haft svårt att prestera.

Genom att välja en standardiserad sensorplattform och samtidigt säkerställa att alla inställningar görs korrekt från början, kan VA SYD minska risken för felmätningar, förlänga livslängden på installationerna och få en mer tillförlitlig datainsamling över tid.

6.2.1 Möjligheter att förutse bräddningsproblem och arbeta mer förebyggande

Ett område som bedöms bli allt viktigare framöver är möjligheten att i förväg kunna identifiera situationer där bräddning riskerar att uppstå. I takt med att klimatförändringar leder till mer nederbörd och fler intensiva regnhändelser ökar belastningen på avloppssystemen, särskilt i äldre och kombinerade ledningsnät. Detta innebär att ett mer förebyggande arbetssätt blir nödvändigt för att minska både risken för bräddning och dess konsekvenser.²⁹

Genom att använda mätdata från nivå-, flödes- och tryckgivare i ledningsnät och pumpstationer kan driftorganisationen få en bättre bild av hur systemet belastas i nuläget. När denna information kombineras med nederbördsinformation och korttidsprognoser finns möjlighet att i ett tidigt skede uppmärksamma situationer där systemet närmar sig sina kapacitetsgränser. Ett sådant arbetssätt ger bättre förutsättningar att agera innan bräddning faktiskt inträffar.^{29 30}

Dynamiska modeller kan användas som stöd för att förstå hur flöden och nivåer förändras över tid i avloppssystemet vid olika regnscenarier. Inom projektet Future City Flow har just samspelet mellan mätdata, modeller och praktiskt beslutsstöd varit i fokus. Projektet visar hur tillgänglig information kan användas för att skapa en mer sammanhängande bild av systemets beteende vid nederbörd och därigenom stödja driftorganisationen i att fatta mer genomtänkta beslut.³⁰

När risk för bräddning kan identifieras i förväg finns möjlighet att vidta förebyggande åtgärder. Ett exempel är att anpassa driften i pumpstationer genom att sänka nivåer i god tid före en förväntad regnhändelse, vilket skapar extra volym i ledningsnätet. På så sätt kan delar av systemet fungera som tillfälliga magasin under perioder med höga flöden. Denna typ av proaktivt arbetssätt lyfts fram inom Future City Flow som ett sätt att minska både bräddning och risken för översvämningar.³⁰

Utöver tekniska åtgärder kan prognoser och beslutsstöd även användas för att planera tillsyn och beredskap. Genom att i förväg veta vilka delar av systemet som är mest utsatta vid kraftig nederbörd kan resurser prioriteras mer effektivt, exempelvis genom ökad bevakning vid kända problemområden. Detta kan bidra till snabbare insatser och bättre hantering av kritiska situationer.²⁹

Samtidigt är det viktigt att vara medveten om att prognoser och modeller alltid innehåller osäkerheter, särskilt vid lokala skyfall där nederbörden kan variera kraftigt över korta avstånd. Erfarenheter från Future City Flow visar dock att även prognoser med viss osäkerhet kan vara värdefulla, eftersom de ger ett bättre beslutsunderlag än ett helt reaktivt arbetssätt.³⁰

Sammanfattningsvis visar erfarenheter från CityFlow att möjligheten att förutse bräddningsproblem och vidta åtgärder i förväg kan bli ett viktigt komplement till traditionella åtgärder i avloppssystemet. I ett framtida klimat med ökade regnflöden kan ett mer proaktivt arbetssätt bidra till att minska både omfattningen av bräddning och konsekvenserna när den ändå inträffar.²⁹

6.3 Återkoppling till problemformuleringen

6.3.1 Vad ska man göra för att sensorn inte påverkas av en fuktig och korrosiv miljö?

Fältobservationerna visar att funktionsstörningar ofta har sin grund i fuktinträngning, korrosion och mekaniska skador på kablage och infästningar. För att minska miljöpåverkan krävs: (i) kapsling och genomföringar med dokumenterad IP-klass (tätade kabelgenomföringar och korrekt dragavlastning), (ii) korrosionsbeständiga material och skyddad infästning som förhindrar exponering för slam, samt (iii) korrekt montering och skydd av sensorelement och kablar. Radarbaserad nivåmätning (t.ex. SITRANS LR120) är lämplig när den konfigureras och monteras enligt tillverkarens riktlinjer; felreflektioner och kondens kan annars ge falska nivåtoppar. Ett standardiserat konfigurationsprotokoll (filter, mätfönster, eko-maskning) ska därför ingå vid driftsättning.

6.3.2 Hur kan man få tillgång till stabil kraftförsörjning?

Batteridrift fungerar i teorin men har i praktiken ofta gett avbrott efter 12–18 månader i fuktiga och kalla brunnar, särskilt vid hög sändfrekvens. En robust energistrategi är: (i) fast kraft där det är möjligt, annars (ii) dimensionerad batteribudget med optimerade sändintervall och (iii) obligatorisk batteriövervakning med larm för spänningsfall. Energiskördning kan vara ett komplement där flödet är konstant, men är otillförlitligt i bräddbrunnar där flöde endast uppstår vid regn.

6.3.3 Hur kan man få bättre kommunikation under betong och gjutjärn?

NB-IoT och LoRaWAN påverkas markant av tunga lock och djup montering. Stabilitet uppnås genom: (i) planerad antennplacering med verifierad signalnivå vid driftsättning, helst ovan mark via tätad genomföring om kapslingsklass kan upprätthållas, (ii) fallback-strategi med lokal buffring och återförsök samt (iii) val av kommunikationsteknik utifrån energibudget (NB-IoT/LoRaWAN som grund; LTE-M endast där extern ström finns). Tydliga monteringsanvisningar för antenn och kablage är avgörande för att minska dataavbrott.

6.3.4 Prototyp

En fungerande fältprototyp har inte tagits fram inom ramen för detta arbete på grund av begränsad åtkomst till anläggningar och tidsramar. Slutsatserna ovan bygger istället på dokumenterade observationer, teknisk analys och bekräftad fälterfarenhet. En framtida prototyp rekommenderas och bör utgå från en standardiserad sensorplattform, definierad antennplacering, tätade genomföringar, batteriövervakning samt ett obligatoriskt konfigurationsprotokoll vid uppstart.

6.4 Förslag: Standard-kit för bräddmätning

För att öka driftsäkerheten och minska risken för mätbortfall vid bräddpunkter föreslås ett standardiserat kit för bräddmätning. Kitet har utformats utifrån de problemområden som identifierats under projektet, främst fuktinträngning, energibrist och kommunikationsavbrott, och är tänkt att fungera som en modulär och robust helhetslösning som kan installeras i olika typer av brunnar inom VA SYDs nät.

Syftet är att skapa en enhetlig installation med förutsägbara prestanda och minimalt behov av service, samtidigt som installationen blir enklare att reproducera och följa upp över tid.

6.4.1 Komponenter och teknisk utformning

6.4.1.1 Radarbaserad nivågivare

Den primära mätkomponenten i systemet är en radarbaserad nivåsensor av typ Siemens SITRANS LR120 (80 GHz FMCW). Denna sensor erbjuder hög noggrannhet (± 2 mm) och fungerar även vid kondens, skum eller varierande temperatur. Till skillnad från ultraljud påverkas den inte av gaser i brunnen och kräver ingen kontakt med vätskan.

För att ytterligare öka tillförlitligheten rekommenderas att sensorns antennyta förses med ett PTFE-skydd (teflonlager). Detta ytskikt motverkar att kondens, smuts och partiklar fastnar på antennens yta, vilket minskar behovet av rengöring och bibehåller mätprecision över tid. PTFE-materialet har dessutom hög kemikalieresistens och fungerar väl i den korrosiva miljö som ofta råder i avloppsbrunnar.

6.4.1.2. Kommunikationsnod och dataloggar

Som central kommunikationsenhet föreslås Aqua Robur Fenix Hub 250, som hanterar datainsamling och överföring via NB-IoT eller LoRaWAN. Enheten lagrar data lokalt vid signalförlust och har inbyggd batteriövervakning. Detta reducerar risken för databortfall, särskilt i områden med begränsad täckning.

Enheten är dessutom utrustad med funktioner för automatisk återkoppling och redundans mellan kommunikationsvägar. Det innebär att om den primära uppkopplingen tillfälligt förloras, växlar systemet automatiskt till en alternativ kommunikationskanal. Samtidigt aktiveras en återkopplingsrutin som kontinuerligt försöker återställa den ordinarie förbindelsen utan behov av manuell insats. På det sättet minskar behovet av fältbesök och felsökning, vilket förbättrar driftsekonomi och systemets tillgänglighet över tid.

6.4.1.3. Extern antenn

En antenn monteras strax under locket. Antennen ansluts via en tätad IP68-genomföring genom locket. Tester från fält visar att denna lösning avsevärt förbättrar signalstabiliteten och minskar risken för kommunikationsavbrott.

Även antennen bör vara IP68-klassad och monteras med rostfri fästanordning samt skyddsrör för att förhindra att djur eller mekanisk påverkan skadar kabel eller antennhuvud. Denna utformning skyddar inte bara utrustningen från väder och fukt utan även från fysisk åverkan, vilket är särskilt viktigt i brunnar som saknar inhägnad eller ofta utsätts för fältarbete.

6.4.1.4. Strömförsörjning

Systemet drivs primärt av ett 3,6 V litiumbatteri med dimensionerad kapacitet för minst 24 månaders drift. I anläggningar där fast elförsörjning (12/24 V DC) finns tillgänglig kan den användas som permanent kraftkälla. Samtliga enheter ska ha integrerad batteriövervakning med larm vid spänningsfall för att möjliggöra planerat underhåll och undvika dataförlust.

För att förlänga batteriets livslängd kan en kompakt solpanel användas för underhållsladdning, dock endast vid brunnar där ett teknikskåp eller annan skyddad plats finns i närheten. Solpanelen bör i så fall monteras på skåpets ovansida eller på separat stolpe i säker position, skyddad från fordonstrafik, översvämning och mekanisk påverkan.

Vid alla installationer ska fukt- och UV-beständigt kablage användas och dras genom IP68-klassade genomföringar med korrekt dragavlastning. Denna utformning minskar risken för korrosion och fuktinträngning i laddkretsar och kraftförsörjningsenheter, även vid långvarig exponering för fukt och temperaturskillnader.

6.4.1.5. Kablar och tätningar

All kabeldragning ska utföras med halogenfria, fukt- och UV-resistenta signalkablar som är godkända för användning i aggressiv miljö. Kablarna leds genom IP68-klassade genomföringar med korrekt packning och dragavlastning för att förhindra fuktinträngning och korrosion.

För att ytterligare öka livslängden och skydda installationen mot både fukt och gnagare bör kablarna dras i HDPE-rör eller metallflexrör. Dessa skyddsrör förhindrar att råttor och andra smådjur gnager

på kabelmanteln, samtidigt som de ger mekaniskt skydd mot nötning och tryck. HDPE-materialet är dessutom kemikalieresistent och behåller sin flexibilitet även vid låga temperaturer, vilket gör det lämpligt för VA-miljöer.

Genom att kombinera fuktbeständigt kablage med skyddsrör och tätade genomföringar uppnås en robust och långsiktig lösning som minskar risken för avbrott och servicebehov.

6.4.1.6. Kapsling

Elektroniken placeras i en IP68-klassad kapsling som monteras på brunnsväggen ovanför högsta förväntade vattennivå. Kapslingen innehåller IoT-nod, batteri och nödvändig kopplingsutrustning. Den ska monteras så att den skyddas mot direkt vattenkontakt och kondens.

För att motverka fuktuppsyggnad inuti kapslingen bör en silica-gel-torkpåse placeras inuti som absorberar eventuell kondensfukt. Utöver detta rekommenderas en ventilerande membranventil av Gore-Tex-typ, som tillåter att fuktig luft ventileras ut utan att vatten tränger in. Denna lösning förhindrar korrosion på kretskort och kontakter och ökar elektronikens livslängd.

Kapslingen ska fästas med rostfria skruvar och gummibrickor för att dämpa vibrationer och minska risken för sprickbildning i plast eller tätningar. All kabeldragning till kapslingen ska ske via IP68-genomföringar med korrekt dragavlastning för att säkerställa att täthetsklassningen bibehålls.

Genom att kombinera dessa åtgärder, fuktabsorption, tryckutjämnande ventilation och vibrationsdämpning, skapas en långsiktigt stabil kapslingsmiljö som bibehåller både mätkvalitet och elektronisk funktion över tid.

6.4.1.7. Mekaniskt fäste

Sensorn monteras i en justerbar konsol av syrafast rostfritt stål med droppskydd mot kondens från lockets undersida. En korrekt lodrät infästning säkerställer att radarsensorn mäter mot vätskeytan och inte mot vägg eller lock.

6.4.1.8. Dokumentation och märkning

Varje installation ska märkas med unikt ID och QR-kod som länkar till installationsprotokoll, bilder och konfigurationsdata. Detta underlättar framtida service och felsökning samt bidrar till spårbarhet inom VA SYDs system.

6.4.2 Monteringsprincip

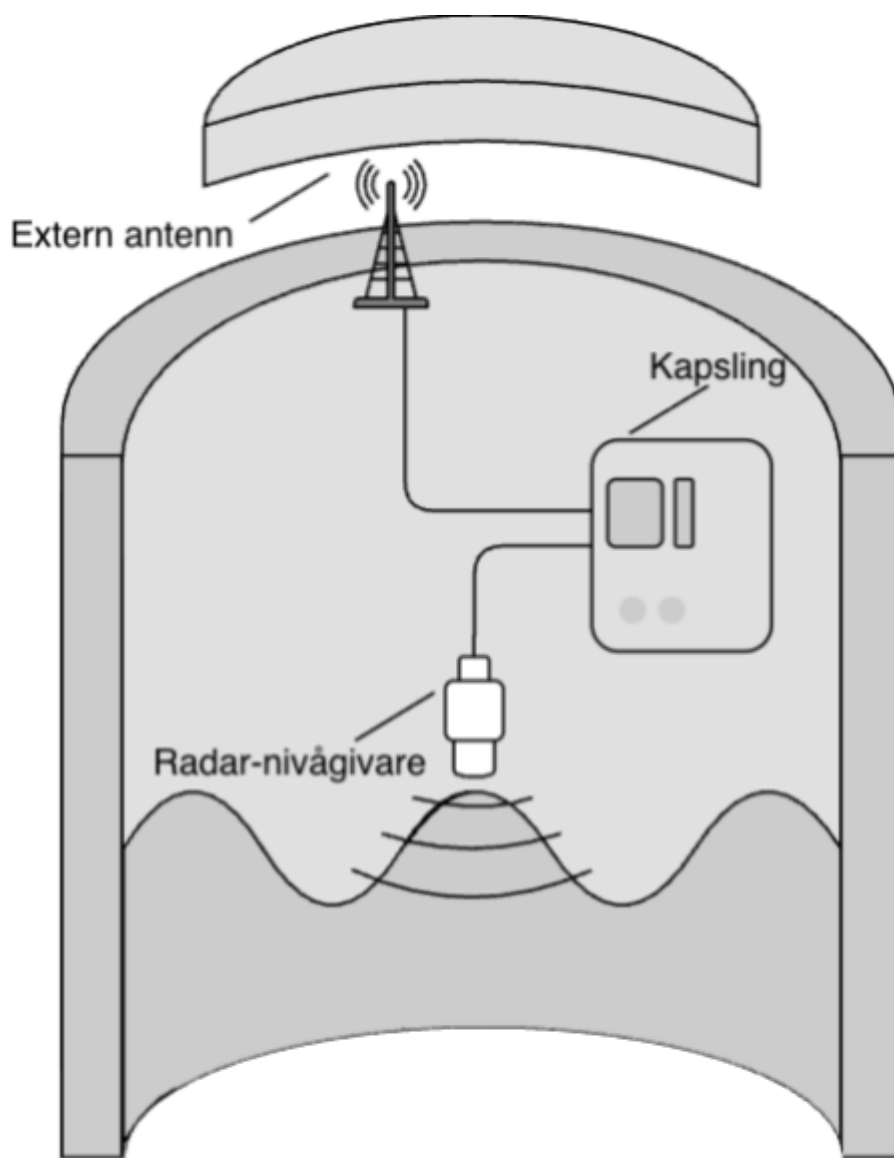
Installationen följer en standardiserad struktur där varje komponent placeras i förhållande till brunnens geometri enligt Figur 12.

Som framgår av figuren är sensorn monterad på lockets undersida, medan elektronik och batteri är placerade i en kapsling på brunnsväggen ovan högsta vattennivå. En extern antenn är installerad ovan mark för att säkerställa kommunikation genom skärmande material.

Kabeldragningen mellan komponenterna sker genom tätade genomföringar med IP68-klassning. Samtliga kablar ska ha droppögla och mekanisk dragavlastning.

6.4.3 Monteringsanvisning i korthet

1. Förberedelse: Mät brunnens djup och dokumentera högsta nivå. Planera placering av antenn och kapsling.
2. Montering av sensor: Fäst radarsensorn lodrätt i konsolen under locket. Kontrollera fri sikt mot vätskeytan.
3. Kabeldragning: För kabeln genom tätad genomföring och fäst med droppögla.
4. Montering av kapsling: Installera kapsling på vägg ovanför maxnivå. Anslut kablar och batteri.
5. Antenninstallation: För antennkabel genom locket till antenn ovan mark. Säkerställ att lockets IP-klass bibehålls.
6. Konfiguration: Utför parameterinställning via Bluetooth (eko-filter, signalstyrka, uppdateringsintervall).
7. Verifiering: Kontrollera kommunikation och mätvärden genom torr- och våttest innan driftsättning.



Figur 12 Förslag på standardiserad installation för bräddmätning.

6.4.4 Förväntad effekt

Det föreslagna standard-kitet minskar risken för mätavbrott och ökar livslängden för sensorerna. Genom att kombinera radarbaserad nivågivning, övervakad strömförsörjning och extern antenn skapas en helhetslösning där varje komponent samverkar för att motverka kända driftproblem. Lösningen är skalbar, modulär och kan anpassas till olika typer av brunnar inom VA SYDs nät

6.5 Kostnadsanalys per mätpunkt för föreslagen lösning

Den föreslagna lösningen för bräddmätning baseras på en radarbaserad nivågivare av typen Siemens SITRANS LR120, i kombination med en kommunikations- och insamlingsenhet av typen Phoenix Hub 250. I detta avsnitt redovisas en kostnadsanalys per mätpunkt som omfattar inköpskostnader samt arbetskostnad för montering och installation. Samtliga priser redovisas inklusive moms och utan ROT, i enlighet med hur kostnader normalt hanteras inom kommunal och industriell VA-verksamhet.

6.5.1 Inköpskostnad (material)

Siemens SITRANS LR120 (radarbaserad nivågivare):

Prisuppgift från industriell återförsäljare visar ett inköpspris på 13 243 kr exklusive moms, vilket är 16 554 kr inklusive moms.²³

Detta pris avser standardutförande av givaren och används direkt i kostnadsanalysen.

Phoenix Hub 250 (kommunikations- och insamlingsenhet):

Enligt leverantörens produktinformation tillhandahålls Phoenix Hub 250 utan offentlig prislista och hanteras via offert, där priset påverkas av systemkonfiguration och kommunikationslösning. Av denna anledning redovisas ingen fast numerisk inköpskostnad för denna komponent i kostnadsanalysen.¹⁹

6.5.2 Arbetstid (montering och driftsättning)

Installationen av en mätpunkt omfattar mekanisk montering av nivågivare, elektrisk inkoppling samt grundläggande driftsättning och funktionskontroll. I denna analys antas en arbetstid på cirka 4 timmar per mätpunkt. Denna tidsåtgång är ett rimligt projektspecifikt antagande och kan variera beroende på installationsförhållanden.

6.5.3 Arbetskostnad

Enligt svensk prisguide för elinstallation ligger kostnaden för elektrikerarbete på 1 000–1 600 kr per timme inklusive moms utan ROT.²⁵

Med en arbetstid på cirka 4 timmar ger detta en arbetskostnad på:

- $4 \times 1\,000 \text{ kr} = 4\,000 \text{ kr}$ inklusive moms
- $4 \times 1\,600 \text{ kr} = 6\,400 \text{ kr}$ inklusive moms

6.5.4 Total kostnad per mätpunkt

Den sammanlagda verifierbara kostnaden per mätpunkt (exklusive offertbaserad kommunikationsenhet) kan därmed uppskattas till:

- Siemens SITRANS LR120: ca 16 554 kr inkl. moms
- Installation (arbete): ca 4 000–6 400 kr inkl. moms

Total kostnad: cirka 20 500–23 000 kr per mätpunkt inklusive moms, exklusive kostnad för Phoenix Hub 250 som fastställs i samband med upphandling.

6.6 Förslag på installationsprotokoll för bräddmätningssystem

Vid platsbesök i bräddpunkter och brunnar observerades att installationens utförande har stor påverkan på mätresultatets tillförlitlighet. Baserat på dessa observationer och den tekniska lösning som föreslås i detta arbete redovisas här ett förenklat installationsprotokoll som skulle kunna användas som vägledning vid installation av bräddmätningssystem.

Innan installationen påbörjas bör brunnen inspekteras visuellt. Brunnens djup, utformning och högsta vattennivå noteras, liksom förekomst av rör, stegar eller andra konstruktioner som kan påverka mätningen. Vid platsbesöken noterades att trånga brunnar och närliggande konstruktioner kan skapa störningar, vilket gör placeringen av sensorn särskilt viktig.

Nivågivaren monteras i brunnen på ett stabilt sätt så att sensorn är riktad rakt ned mot vattenytan. Placeringen bör väljas så att fri sikt mot vattenytan uppnås och att sensorn inte riskerar att utsättas för mekanisk påverkan vid höga flöden. Vid observationer i fält framkom att sensorer som monteras snett eller för nära väggar riskerar att ge instabila mätvärden.

Kommunikations- och insamlingsenheten placeras i en skyddad kapsling ovanför vattennivån i brunnen. Kapslingen bör monteras så att den är lätt åtkomlig vid service och samtidigt skyddad mot fukt och stänk. Vid platsbesöken observerades att fukt och kondens är vanligt förekommande i brunnar, vilket gör skyddad placering viktig för elektronikens funktion över tid.

Kabeldragning mellan sensorer, kommunikationsenhet och eventuell antenn utförs på ett ordnat sätt. Kablar bör dras så att vatten inte kan rinna längs kabeln in i kapslingen och så att mekanisk skada undviks. Där kablar passerar genom brunnslöck eller kapsling ska genomföringar vara tätade.

Om extern antenn används bör denna placeras så att god signalstyrka erhålls. Vid platsbesöken noterades att signalstyrkan kan påverkas av brunnslöck och omgivande konstruktioner, vilket innebär att antennens placering behöver anpassas efter lokala förutsättningar.

Efter installation konfigureras systemet så att mätområdet motsvarar brunnens faktiska geometri. En grundläggande funktionskontroll genomförs genom att kontrollera att mätvärden registreras och överförs korrekt. Vid behov justeras inställningar för att uppnå stabila mätvärden.

Slutligen dokumenteras installationen. Dokumentation bör omfatta placering av sensor och kapsling samt grundläggande inställningar. Dokumentation underlättar framtida felsökning och ger en tydlig bild av hur installationen är utförd.

6.7 Klimatförändringar, bräddning och framtida miljöpåverkan

Klimatförändringar innebär att Sverige förväntas få mer nederbörd och fler kraftiga regn och skyfall i framtiden. För avloppssystemen betyder detta att större mängder vatten snabbt måste hanteras. I äldre och kombinerade ledningssystem kan detta leda till att kapaciteten överskrids, vilket i sin tur ökar risken för bräddning. I ett framtida klimat är det därför troligt att bräddning kommer att ske oftare och i större omfattning om inga ytterligare åtgärder vidtas.²⁷

Vid bräddning släpps helt eller delvis obehandlat avloppsvatten ut i recipienter, såsom vattendrag, sjöar eller kustvatten. Detta vatten innehåller näringsämnen som kväve och fosfor samt organiskt material. Tillförsel av dessa ämnen kan bidra till övergödning, vilket kan leda till algblooming, syrebrist och försämrad vattenkvalitet. Naturvårdsverket beskriver att även om bräddade volymer ofta är små jämfört med den totala mängden avloppsvatten som renas, kan bräddning ändå ge ett betydande bidrag till den årliga belastningen av näringsämnen, eftersom utsläppen sker utan föregående rening.²⁷

Som jämförelse släpps avloppsvatten från avloppsreningsverk ut först efter att det genomgått biologisk och kemisk rening. Vid denna rening avskiljs en stor del av kväve, fosfor och organiskt material innan vattnet når recipienten. Det innebär att utsläpp via reningsverk generellt ger en betydligt lägre belastning per kubikmeter vatten än utsläpp som sker vid bräddning. Bräddning kan därför, trots mindre vattenvolymer, ge en relativt stor påverkan på övergödningen i lokala vattenmiljöer.²⁷

Statistik från VA SYDs verksamhetsområde visar att mängden bräddat vatten varierar kraftigt mellan olika år. År med mycket nederbörd och kraftiga regn sammanfaller ofta med högre bräddvolymer. Detta tyder på att framtida klimatförändringar, med mer regn och fler skyfall, kan leda till ökade utsläpp av näringsämnen till recipienter om inte avloppssystemen anpassas för att klara högre flöden.²⁸

Bräddning kan även påverka människor genom försämrad badvattenkvalitet. Utsläpp av obehandlat avloppsvatten kan leda till förhöjda halter av bakterier och andra mikroorganismer i badvatten. Detta kan i sin tur leda till tillfälliga badråd eller badförbud och kan försvåra möjligheten att uppnå eller behålla certifieringar av badstränder, såsom Blå Flagga. I ett framtida klimat med fler intensiva regnhändelser riskerar dessa problem att bli vanligare.²⁷

Sammanfattningsvis visar detta att bräddning är en viktig fråga i arbetet med att anpassa VA-systemen till ett förändrat klimat. För att minska risken för framtida övergödning och negativa effekter på både miljö och samhälle krävs åtgärder som minskar bräddningens omfattning och förbättrar hanteringen av ökade vattenflöden.^{(27) (28)}

6.8 Dimensionering av VA-system och hantering av extremregn

Extrema regnhändelser, såsom 50- eller 100-årsregn, innebär mycket stora nederbördsmängder under kort tid och inträffar mycket sällan. Enligt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) är sådana regn att betrakta som extrema händelser, och samhällets infrastruktur är generellt inte dimensionerad för att fullt ut klara dessa utan konsekvenser. Att försöka bygga bort alla effekter av extremregn genom generell överdimensionering bedöms därför som orimligt.³¹

VA-system är i stället uppbyggda för att fungera effektivt vid normala och återkommande belastningar, med möjlighet att hantera variationer i flöde. Naturvårdsverket beskriver att kraftiga flödesvariationer innebär stora utmaningar för avloppssystemens funktion och att systemen inte är avsedda för att hantera kortvariga extrema toppflöden genom generell överdimensionering.²⁷

Om hela VA-systemet skulle dimensioneras för att klara 50- eller 100-årsregn skulle detta kräva mycket stora ledningsdimensioner, kraftigt utbyggda pumpstationer och omfattande investeringar i infrastruktur. Dessa investeringar skulle endast utnyttjas vid ett fåtal tillfällen under anläggningarnas livslängd, medan systemet under normal drift skulle vara kraftigt överdimensionerat. MSB lyfter att ett sådant angreppssätt inte är samhällsekonomiskt försvarbart och att fokus istället bör ligga på riskhantering och anpassning.³¹

I stället för att bygga hela VA-systemet för extrema regnhändelser används därför mer flexibla lösningar för att hantera tillfälligt höga flöden. Naturvårdsverket beskriver hur utjämning och magasinering kan användas för att tillfälligt lagra vatten vid kraftig nederbörd och därigenom minska belastningen på systemet. Genom att jämna ut flödena kan befintlig infrastruktur användas mer effektivt även vid perioder med höga tillrinningar.²⁷

Utgjänningsbassänger utgör därmed en etablerad lösning för att hantera extrema regn utan att hela VA-systemet behöver dimensioneras för 50- eller 100-årsregn. Denna strategi innebär att samhället accepterar att extremregn kan medföra vissa konsekvenser, men att dessa hanteras genom tillfälliga åtgärder snarare än genom mycket kostsam överdimensionering av hela infrastrukturen.^{(27) (31)}

Sammanfattningsvis visar både MSB:s och Naturvårdsverkets beskrivningar att det är orimligt att dimensionera VA-system för 50- och 100-årsregn. I stället används utjänningsbassänger och andra kompletterande lösningar som ett mer ekonomiskt och tekniskt försvarbart sätt att hantera extrema regnhändelser.^{(27) (31)}

6.9 Möjligheter i det fysiska VA-systemet för att minska bräddning

Det finns flera fysiska åtgärder i VA-systemet som kan användas för att minska mängden bräddning vid kraftig nederbörd. En vanlig åtgärd är utjänningsbassänger och utjänningsmagasin, där vatten tillfälligt kan lagras när flödena blir höga. På så sätt minskar belastningen på ledningsnät och reningsverk under korta perioder med mycket regn. Naturvårdsverket beskriver denna typ av utjämning som ett etablerat sätt att hantera variationer i flöde utan att hela VA-systemet behöver byggas ut för extrema situationer.²⁷

I större städer används ibland även stora tunnlar eller underjordiska magasin för att ta hand om stora vattenmängder vid skyfall. Enligt MSB är sådana lösningar ett mer rimligt alternativ än att

dimensionera hela VA-systemet för att klara 50- eller 100-årsregn. Genom att samla lagringsvolymen till vissa delar av systemet kan man minska konsekvenserna av kraftig nederbörd utan att kostnaderna blir alltför höga.³¹

En annan åtgärd är att bygga om särskilt belastade delar av kombinerade ledningssystem. I kombinerade system leds spill- och dagvatten i samma ledning, vilket gör dem extra känsliga vid regn. Naturvårdsverket beskriver att separering eller riktade ombyggnader kan minska belastningen på spillvattennätet och därmed minska risken för bräddning.²⁷

Utöver fysiska ombyggnader finns även möjligheter genom smart styrning av pumpar och flöden i pumpstationer. Erfarenheter från projektet Future City Flow visar att mätdata och modeller kan användas för att styra systemet mer aktivt vid nederbörd. Genom att exempelvis sänka nivåerna i systemet i förväg kan delar av ledningsnätet användas som tillfälliga magasin, vilket bidrar till att minska risken för bräddning.^{(29) (30)}

Sammanfattningsvis visar Naturvårdsverket, MSB och erfarenheter från City Flow-projekten att det finns flera praktiska möjligheter i det fysiska VA-systemet för att minska bräddning. Genom att kombinera utjämningsbassänger och magasin, stora tunnlar i särskilt utsatta områden, riktade ombyggnader i kombinerade system samt smart styrning av pumpar och flöden kan bräddningens omfattning reduceras utan att hela systemet behöver dimensioneras för extrema regnhändelser.^{(27) (29)}
^{(30) (31)}

7. Källförteckning

1. Siemens AG. (2022). SITRANS LR120 Operating Instructions, Modbus.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/827/109791827/att_1048726/v1/A5E49829030_AAen_LR120_Modbus_OI.pdf
Hämtad: 2021-12-20
2. VEGA Grieshaber KG. (2022). VEGAWELL 52 - Hydrostatic pressure transmitter.
https://www.vega.com/en/home_us/products/product-catalog/pressure/hydrostatic/vegawell-52
Hämtad: 2021-12-20
3. VEGA Grieshaber KG. (2023). VEGABAR 86/87 & VEGAWELL 52 product info.
https://www.vega.com/en/home_us/products/product-catalog/pressure/hydrostatic/vegawell-52
Hämtad: 2025-07-16
4. Aqua Robur Technologies AB. (2021). Fenix Hub - produktblad.
<https://aquarobur.com/products/fenix-hub-250/>
Hämtad: 2021-12-20
5. VA SYD. (2020–2024). Intern dokumentation. Tillhandahållen av Victor Pelin.
6. Pelin, V. (2024). Personlig kommunikation via e-post och intervjuer.
7. Elvaco AB. (2023). NB-IoT översikt.
<https://www.elvaco.com/sv/content/nb-iot>
Hämtad: 2021-12-20
8. SEMTECH - What is LoRa?
<https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>
Hämtad: 2021-12-20
9. Exeter University. (2020). Energy Harvesting in Smart Cities.
https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/125367/5_b%2BEnergy%2BHarvesting%2Bin%2BSmart%2BCities-v2.pdf
Hämtad: 2021-12-20
10. Process-Tech. (2024). SITRANS LR120 datasheet.
<https://shop.process-tech.com/Product/s/Yj32qZ/SITRANS-LR120-Radar-Level-Transmitter>
Hämtad: 2025-07-22
11. Mattsson & Lilja. (2016). Examensarbete, Lunds universitet.
<https://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8876256/file/8876263.pdf>
Hämtad: 2021-12-20
12. Metrolog.net. (2020). ULS sensor info.
https://www.metrolog.net/files/uls_en_metrolog.pdf

Hämtad: 2021-12-20

13. Semanticscholar.org. (2021). Ultraljudsnivåsensorer.

<https://pdfs.semanticscholar.org/625a/90ff8c0758c0badf461c58e83d84586bd35d.pdf>

Hämtad: 2021-12-20

14. SmartMeasurement AB. (2020). Turbinmättningsprincip.

<https://www.smartmeasurement.com/sv/turbinm%C3%A4ttningsprincip/>

Hämtad: 2021-12-20

15. FierceElectronics. (2020). What is an Ultrasonic Sensor?

<https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-ultrasonic-sensor>

Hämtad: 2021-12-20

16. Aqua Robur Technologies AB. (2025). Pressure and Temperature Sensor

<https://aquarobur.com/products/pressure-temperature-sensor/>

Hämtad: 2025-07-23

17. ResarchGate (2025).

https://www.researchgate.net/figure/Ultrasonic-sensor-based-water-level-measurement-principle_fig5_373429552

Hämtad: 2025-08-01

18. Interline (2025). LoraWan

<https://interline.pl/Information-and-Tips/LoraWan>

Hämtad: 2025-08-01

19. Aqua Robur Technologies AB - Fenix Hub 250, produktinformation

<https://aquarobur.com/products/fenix-hub-250/>

Hämtad: 2025-12-20

20. RS Components AB - RS PRO Level Sensor Level Sensor, 2 Wire Output, Cable

Mount, Stainless Steel Body

https://se.rs-online.com/web/p/level-sensors/2726970?cm_mmc=SE-PLA-DS3A-_-google-_-CSS_SE_SE_Pmax_0725-_-_-2726970&matchtype=&&gclid=Cj0KCQiA-YvMBhDtARIsAHZuUzL7B-fe5UsDWHpfjxZHA1meHASMrtLG_1h8ExUtzejoK-5SRi-I-saAsx_EALw_wcB

Hämtad: 2025-12-24

21. Vega - VEGA Vegawell 52 WL52-serie

<https://www.vega.com/en/products/product-catalog/pressure/hydrostatic/vegawell-52>

Hämtad: 2025-12-24

22. RS Components Sverige - Siemens SITRANS FM elektromagnetisk flödesgivare
<https://se.rs-online.com/web/p/electromagnetic-flow-sensors/2375861/>
Hämtad: 2025-12-27
23. RS Components Sverige - Siemens SITRANS LR120 Radar Level Transmitter
<https://se.rs-online.com/web/p/radar-level-sensors/2825106/>
Hämtad: 2025-12-28
24. Aqua Robur Technologies AB, Fenix (Phoenix) Hub 250.
<https://aquarobur.com/se/produkter/fenix-hub-250/>
Hämtad: 2025-12-28
25. El-Fixarna, Vad kostar en elektriker i timmen?
<https://el-fixarna.se/vad-kostar-en-elektriker-i-timmen>
Hämtad: 2025-12-28
26. Svenskt Vatten AB. Resultatrapport för VASS Drift 2022.
<https://www.svensktvatten.se/va-fakta/va-statistik/vass/>
Hämtad: 2025-12-28
27. Naturvårdsverket. Rening av avloppsvatten i Sverige 2020.
<https://www.naturvardsverket.se/4acbd5/globalassets/media/publikationer-pdf/8800/978-91-620-8895-8.pdf>
Hämtad: 2025-12-30
28. Malmö stads Miljöbarometer. Bräddad vattenvolym - tabell (Datakälla: VA SYD).
<https://miljobarometern.malmo.se/miljomal/mal-8/skyfall/braddad-vattenvolym/table/>
Hämtad: 2026-01-03
29. Vinnova, Future City Flow.
<https://www.vinnova.se/p/future-city-flow/>
Hämtad: 2026-01-04
30. Sweden Water Research, Future City Flow – projektbeskrivning och erfarenheter.
<https://swedenwaterresearch.se/projekt/future-city-flow/>
Hämtad: 2026-01-04
31. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), PDF.
<https://rib.msb.se/filer/pdf/28389.pdf>
Hämtad: 2026-01-14