



Oslo



LEKKASJEREDUKSJON VED TRYKKSTRYING

MILNA MANDUSIC

Vann- og avløpsetaten, Oslo kommune

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet



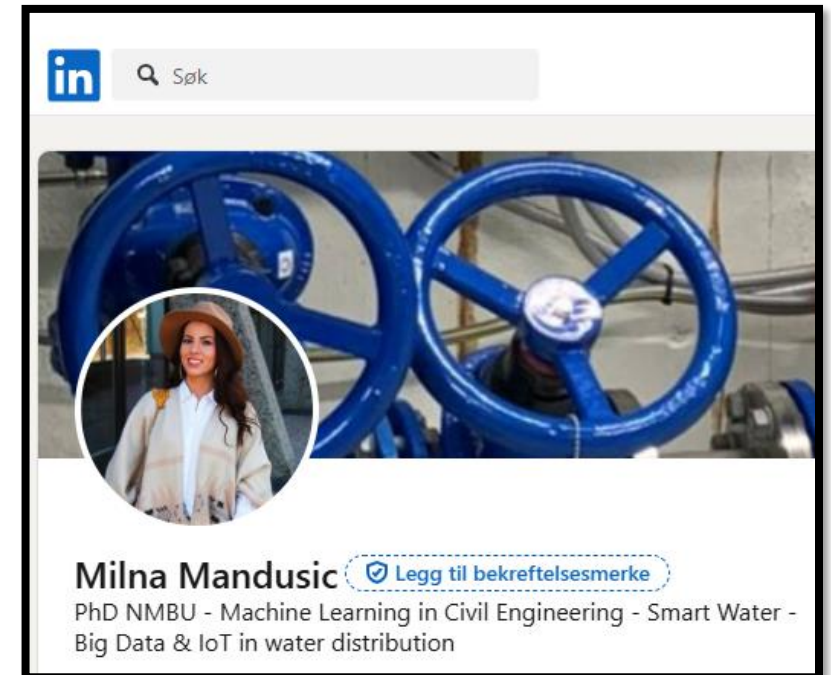
INTRO: Om meg

- Utdanning

- 5-årig Diplomingeniør – *Konstruksjonsteknikk* 2013
- Sivilingeniør – *Vann- og miljøteknikk* 2017
- Sivilingeniør – *Byggeteknikk og arkitektur* 2021

- Yrkeserfaring

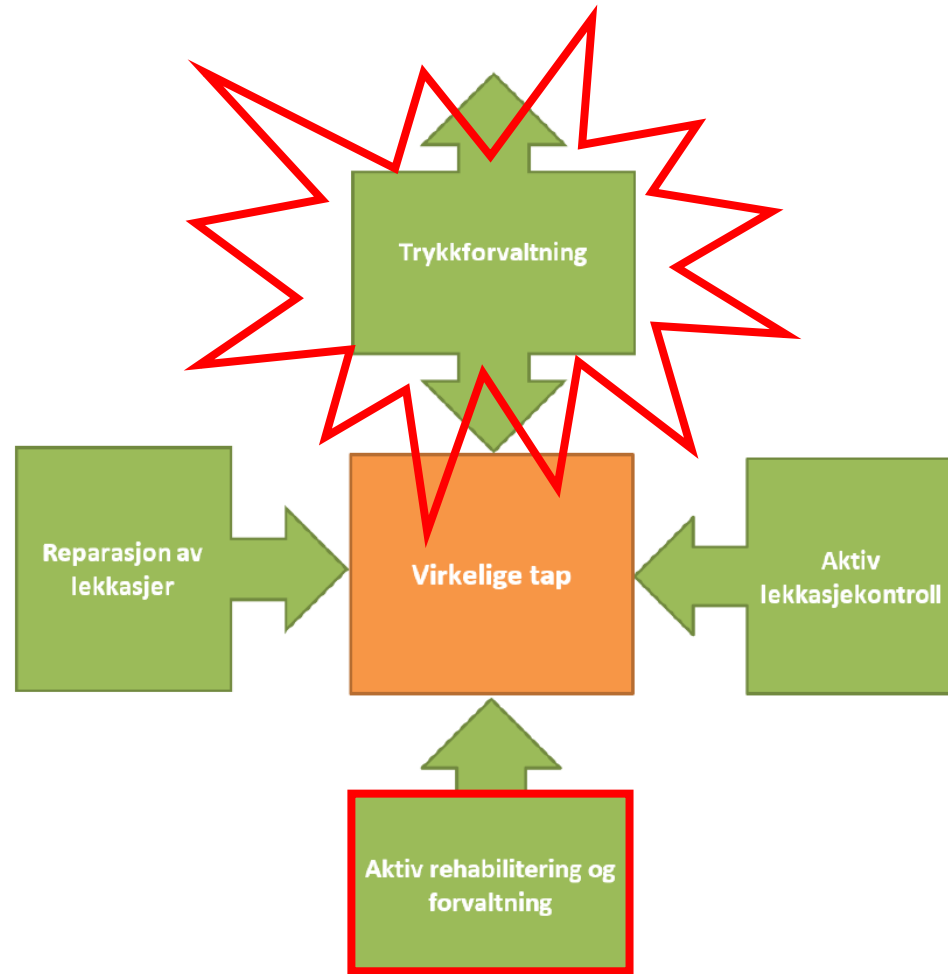
- 11 år i Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten:
 - Avdelingsingeniør 2013 – 2015
 - Overingeniør 2015 – d.d.
- Doktorgradskandidat ved NMBU 2021 – d.d.
- Prosjektleder FHI-prosjekt



ASSET MANAGEMENT I OSLO



LEKKASJEREDUKSJON I OSLO

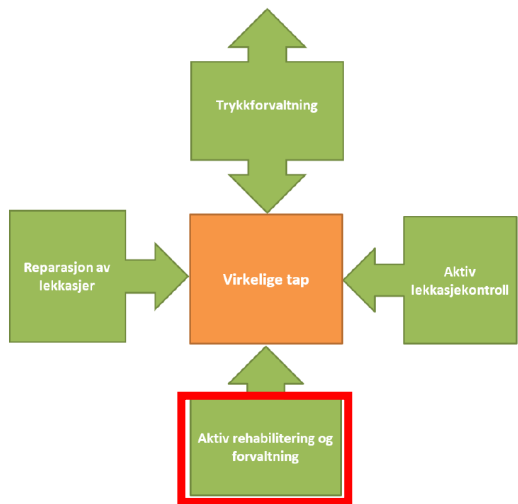




VANNDISTRIBUSJON
FYSISKE EGENSKAPER



Oslo



BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES

VANNDISTRIBUSJON
HISTORISKE
EGENSKAPER

BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES

VANNDISTRIBUSJON
HYDRAULISKE EGENSKAPER

Element	Antall
Drikkevannskilder m/ VBA	2 stykk
Beredskapsvannkilder knyttet til nett (ikke tilknyttet)	2 (2) stykk
Høydebasseng	19 stykk
Pumpestasjoner vann (pumper)	27 (100) stykk
Separate trykksoner	51 stykk
Trykksonenivåer	10 stykk
Gjennomsnittstrykk	≈ 68 mvs
Trykkreduksjonskummer (reduksjonsventiler)	123 (400) stykk
Målekummer (målere: trykk og mengde)	23 (950) stykk
Målesoner	63 stykk
Stengte ventiler	333 stykk
Beregnete sprinkleranlegg	> 2000 stykk
Ledningslengde i drift, km	≈ 1550 km
Vanntuneller	70 km
Rørsegmenter	≈ 282 000 stykk
Utstyr (ventiler, flenser, brannventiler osv.)	≈ 52 000 stykk



BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES

BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES



BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES

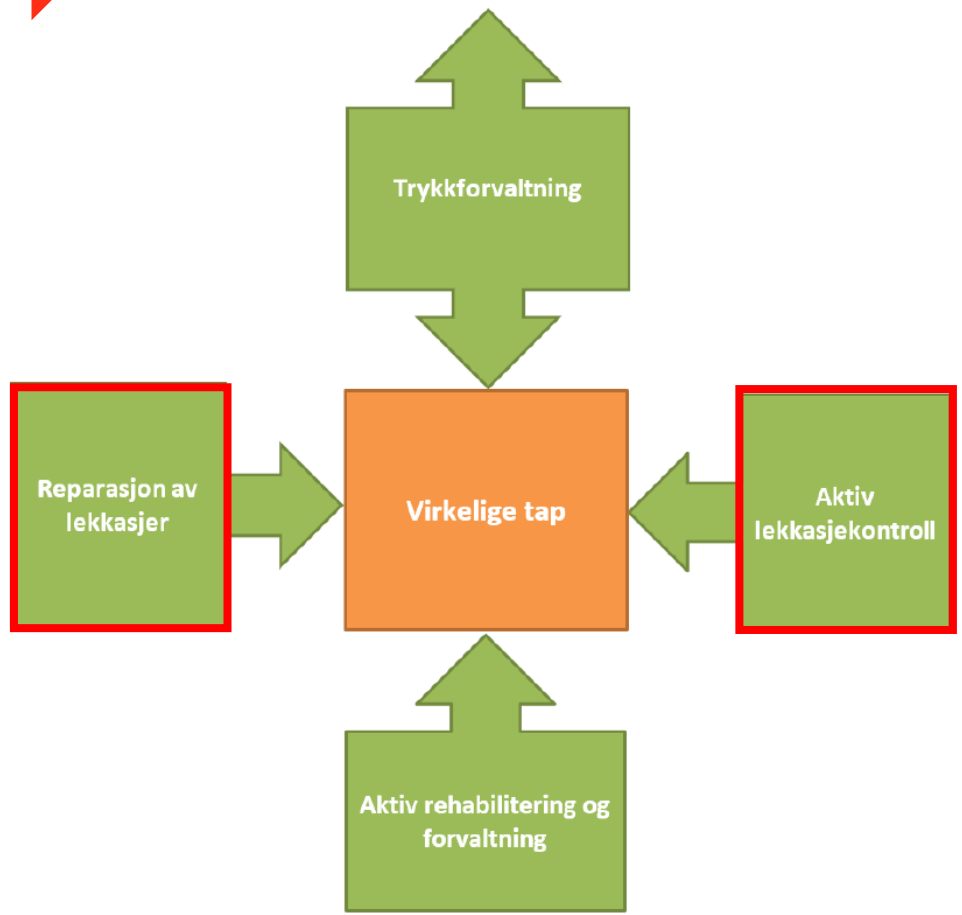
VANNDISTRIBUSJON
HYDRAULISKE EGENSKAPER

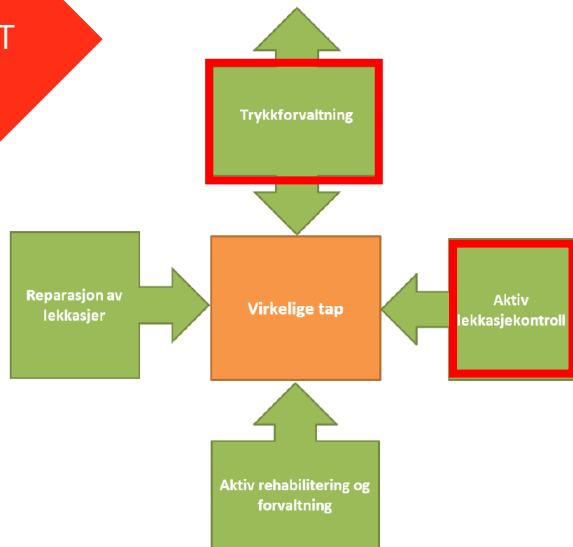


Oslo



LEKKASJEREDUKSJON

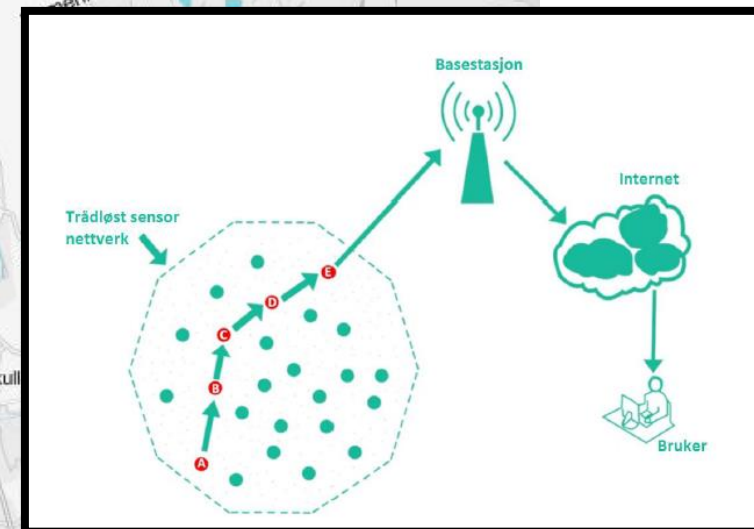
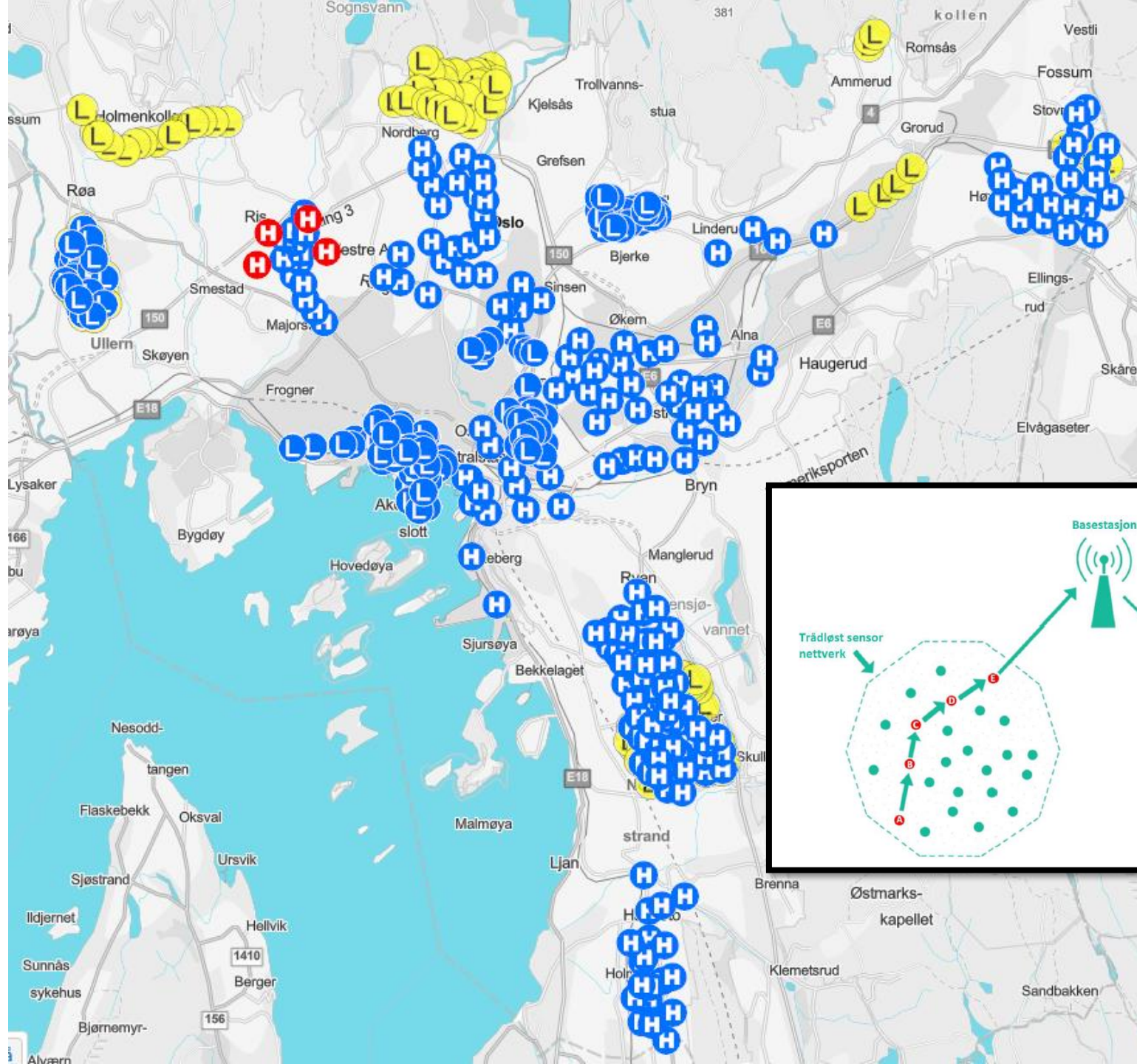




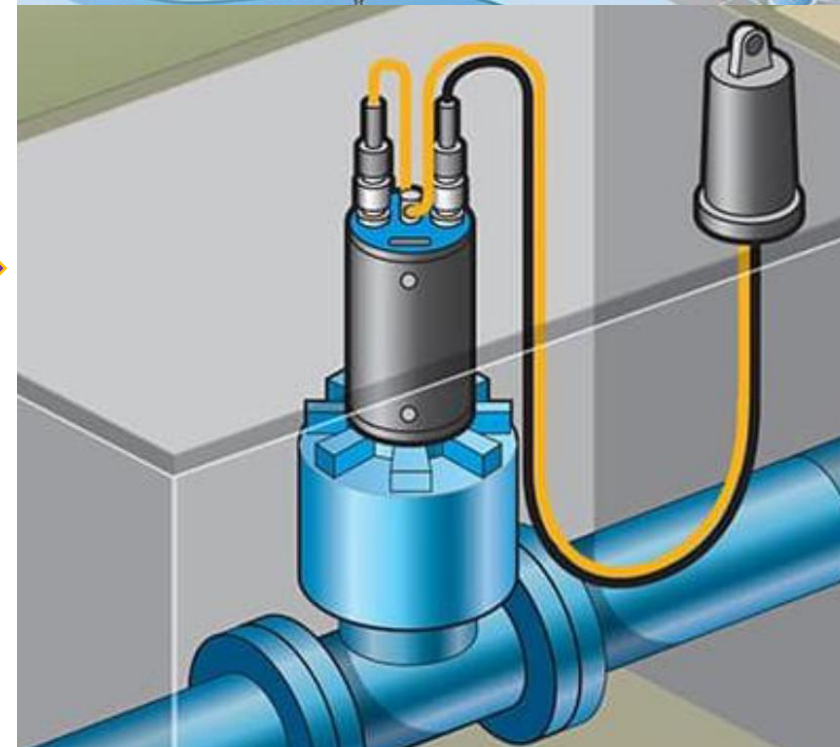
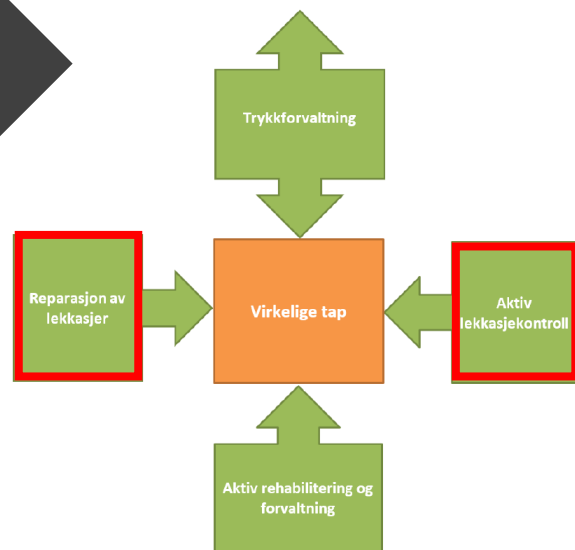
Måling:
Trykk
Mengde
Lekkasjelyd
+++

Type:
IoT: Batteri + mobilnett
SCADA: Strøm + internett

VANNDISTRIBUSJON
SENSOR DATA



TEKNOLOGI



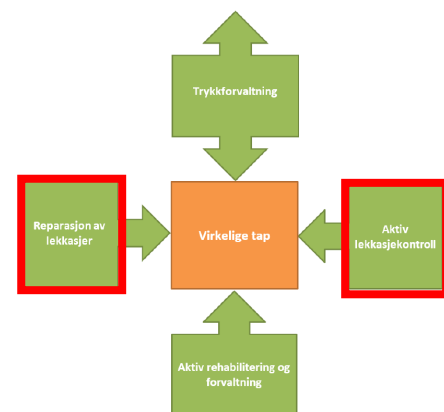
Utstyr	I-rør/In-line			Annet	Mengdemåling/ Analyse		Korrelator		Lydlogger brukt til rutinesøk	Permanent utplasserte GPRS-loggere				Elektronisk lyttestav	Manuell lyttestav	Innvendig lyttestav	Geofon			
	Xylem Smartball	Xylem Sahara II	Primayer Pipemic		Utilis Satelitt	Soneregnskap/FK	Flexus F401	Primayer Eureka 3+		Primayer Eureka digital	Primayer Enigma	Pipetech Soundsense	Lydloggere					Lydloggere, korrelerende	Hydrofon, korrelerende	
													Portabel							I bilen
Vurderingskriterie	Xylem Smartball	Xylem Sahara II	Primayer Pipemic	Utilis Satelitt	Soneregnskap/FK	Flexus F401	Primayer Eureka 3+	Primayer Eureka digital	Primayer Enigma	Pipetech Soundsense	Permalog (AlmosLeak)	Phocus3m (Primeweb)	Primayer Enigma 3M	Primayer Enigma 3hyQ	Elektronisk lyttestav	Manuell lyttestav	Innvendig lyttestav	Geofon		
Brukervennlig	Ja*	Ja*	Delvis	Ja*	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
Leverandør oppfølging	Ja	Ja	Ja	Ja	-	Delvis	Ja	Ja	Ja	Dårlig	Dårlig	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
Finner lekkasjer	Ja	Ja	Ja	Nei	-	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
Bred anvendelse	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
Synergi	Ja	Ja	Nei	-	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei		
IKT-regimet	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei		
Kostnad	Stor	Middels	Liten	Middels	Stor***	Middels	Liten	Liten	Liten	Liten	Liten	Liten	Middels	Middels	Liten	Liten	Liten	Liten		
Teknisk tilrettelegging	Stor	Middels	Stor	Nei	Stor	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Middels	Middels	Middels	Middels	Nei	Nei	Nei	Nei		
Krever ressurser/mannskap	Stor	Middels	Middels	Stor	Stor	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite	Lite		
Integreres m/ analyseverktøy	Ingen**	Ingen**	Ingen	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei		
Leverandøravhengighet	Stor	Stor	Nei	Stor	Middels	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Stor	Middels	Middels	Middels	Nei	Nei	Nei	Nei		
Avhengighet internt	Stor	Middels	Middels	Middels	Stor	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Stor	Nei	Nei	Nei	Nei		
Innkjøpsregimet	Ulempe	Ulempe	Nei	Ulempe	Ulempe	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ulempe	Ulempe	Ulempe	Ulempe	Nei	Nei	Nei	Nei		
Krever drift og vedlikehold	Nei*	Nei*	Ja	Nei*	Ja	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Nei	Nei	Nei	Nei		
Krever opplæring	Ja	Ja	Middels	Ja	Ja	Ja	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Lite	Lite	Lite	Lite		
Samlet vurdering	God	God	God	Dårlig	Middels	Middels	God	God	God	God	Dårlig	God	God	God	God	God	God	God		

Aktiv rehabilitering og forvaltning

*Pakkeløsning

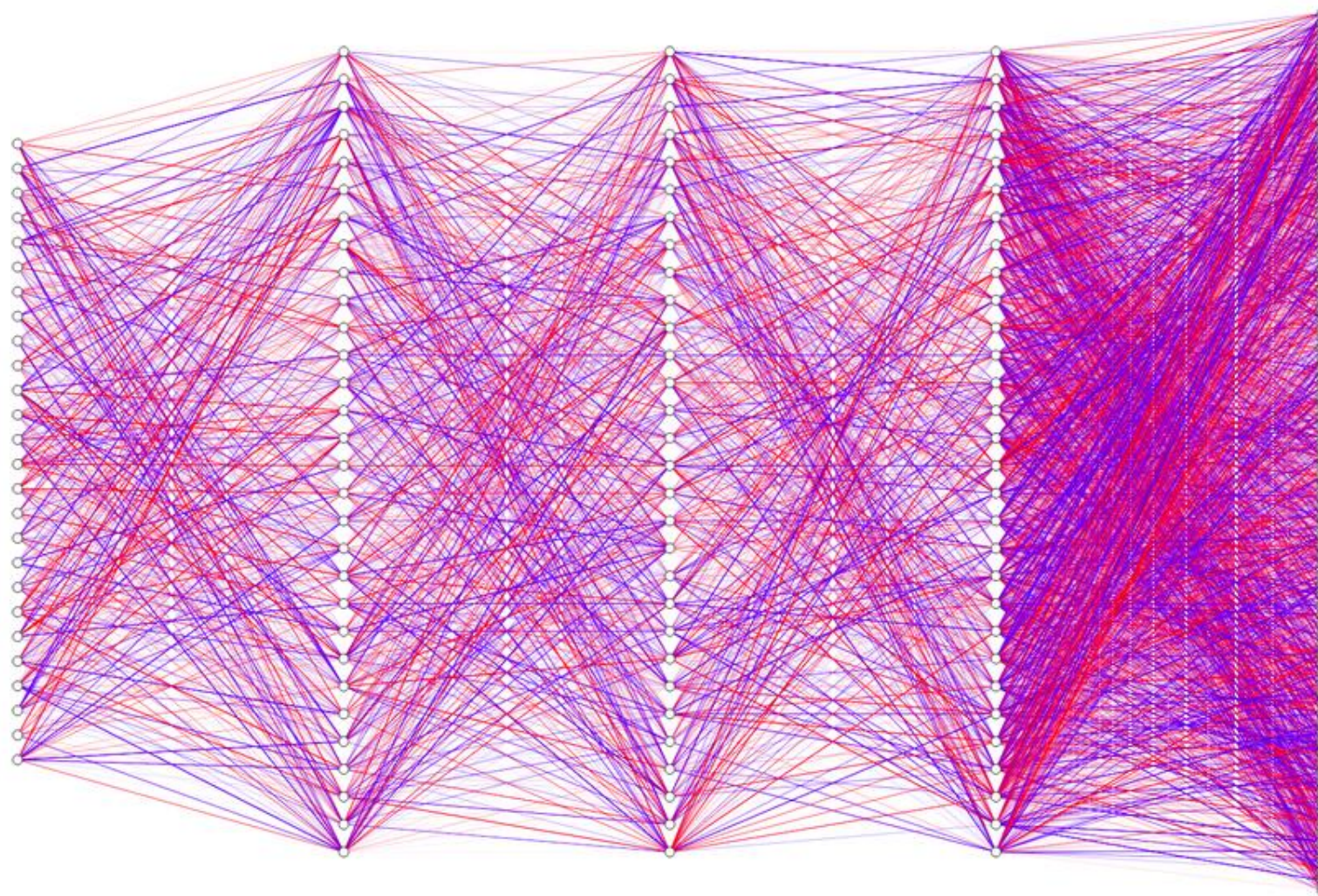
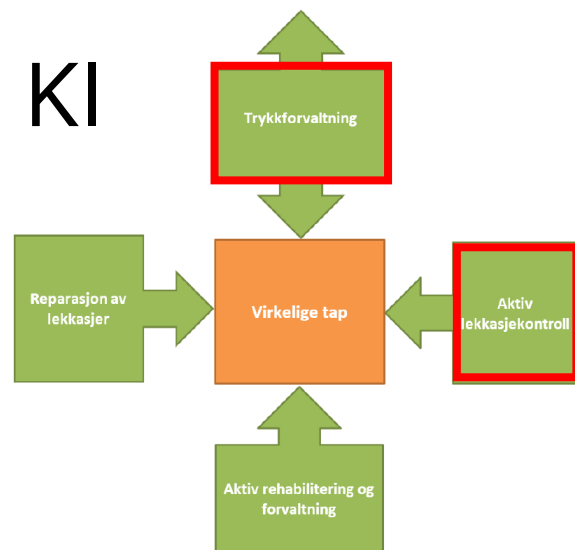
**Mulig å integrere etter manuelt arbeid

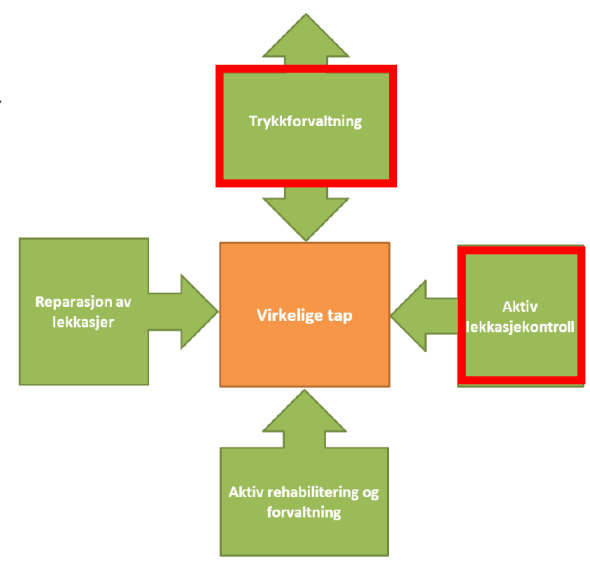
***Anskaffelseinvestering





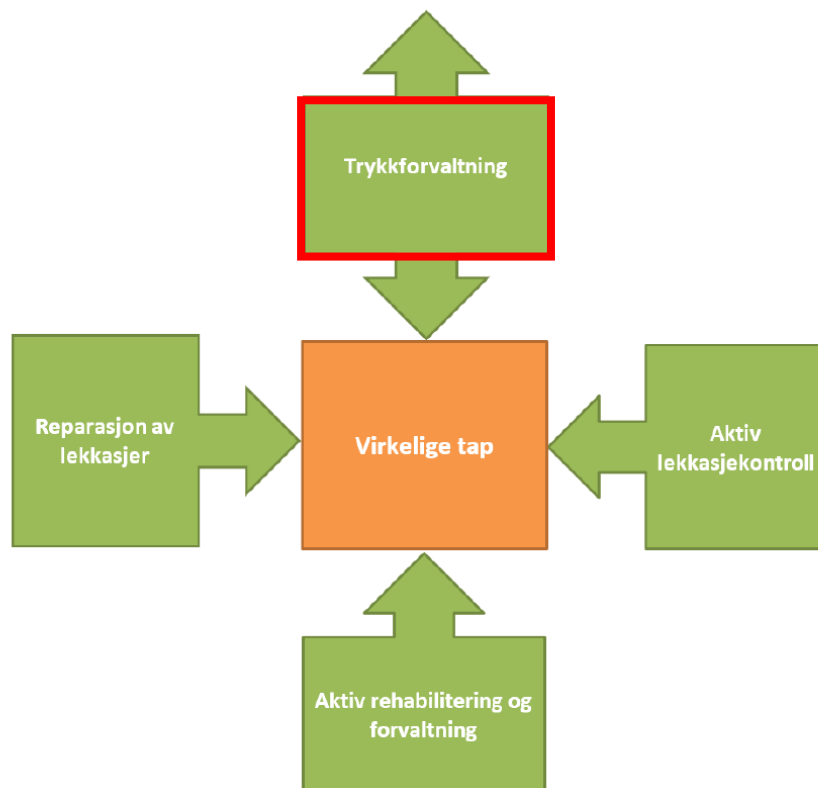
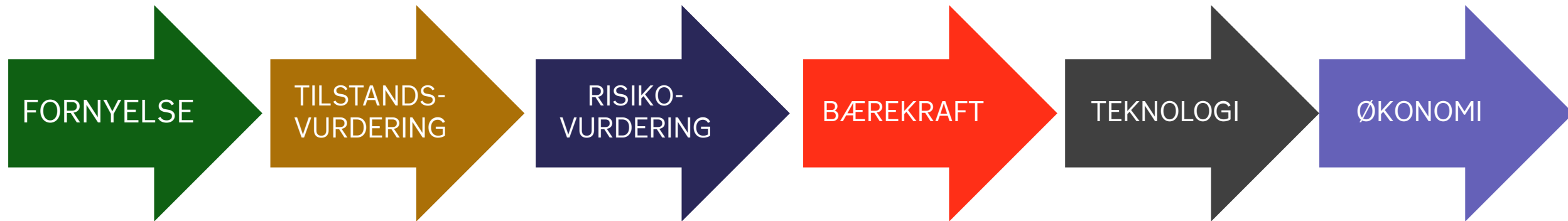
KI





VANNDISTRIBUSJON SENSOR DATA

ASSET MANAGEMENT & LEKKASJEREDUKSJON I OSLO



TRYKKOPTIMALISERING & LEKKASJEREDUKSJON

Trykkforvaltning (pressure management) eller trykkoptimalisering er en samling av aktiviteter vannverket gjør for å oppnå optimalt systemtrykk, som sikrer tilstrekkelig og effektiv leveranse til abonnenter og forbrukere, samtidig som trykkstøt og trykkvariasjoner, samt unødvendig (overflødig), høyt trykk elimineres eller reduseres, under forutsetning at alle krav til kapasitet og leveringssikkerhet er ivaretatt.

TRYKKOPTIMALISERING & LEKKASJEREDUKSJON

FORDELER

- ❑ **Redusert totalt lekkasjenivå** (både bakgrunns- og bruddlekkasjer, identifiserte og ikke-identifiserte), grunnet mindre lekkasjemengder.
- ❑ Redusert lekkasjetap grunnet redusert utvikling i lekkasjehullstørrelse.
- ❑ Redusert lekkasjenivå grunnet redusert bruddfrekvens på hovedledninger og stikkledninger, herunder reduserte driftsavbrudd og bedre servicenivå. Redusert forbruk ved lavere leveringstrykk (gjelder hovedsakelig når abonnenter er koblet direkte til hovedvannledningsnettet).
- ❑ Økt restlevetid på offentlig ledningsnett grunnet lavere belastning.
- ❑ Økt restlevetid på privat ledningsnett grunnet lavere belastning, mindre behov for private trykkreduksjonsventiler.
- ❑ **Økonomiske innsparinger** ved et optimalisert trykk (reduserte kostnader til pumping, reparasjon av brudd, o.l.)
- ❑ Kan i høyere grad utnytte eksisterende distribusjonsnett, eventuelt små investeringer.

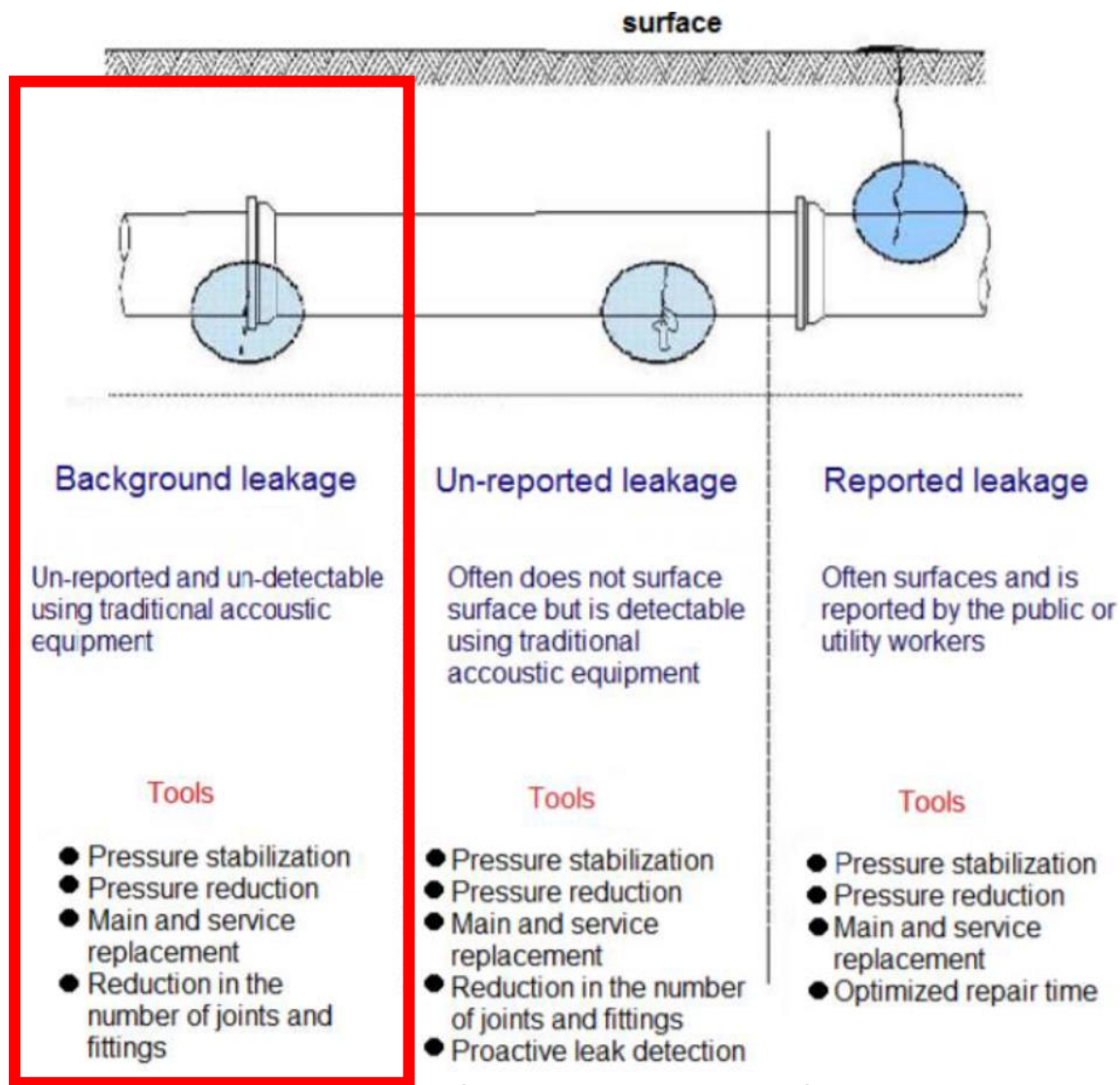
TRYKKOPTIMALISERING & LEKKASJEREDUKSJON

ULEMPER

❑ **Kompleksitet**

- ❑ Vanskeligere å oppdage bakgrunnslekkasjer
- ❑ Krever tettere oppfølging, fordi buffertrykket blir lavere i forbindelse med driftshendelser.
- ❑ Problemstillinger knyttet til forbrukere med ulike behov for trykk (høye bygg, sårbare abonnenter, industri, sprinkleranlegg)
- ❑ Enhver endring medfører tilpasning til nytt trykkregime. Dette gjelder både forvaltningsorganet og dets abonnenter. Endringen kan føre til behov for kompetanseheving og eventuelt svekket omdømme hos kunder.
- ❑ Investeringskostnader knyttet til trykkforvaltning. Dette må ses i sammenheng med kostnader knyttet til et ugunstig trykkregime.

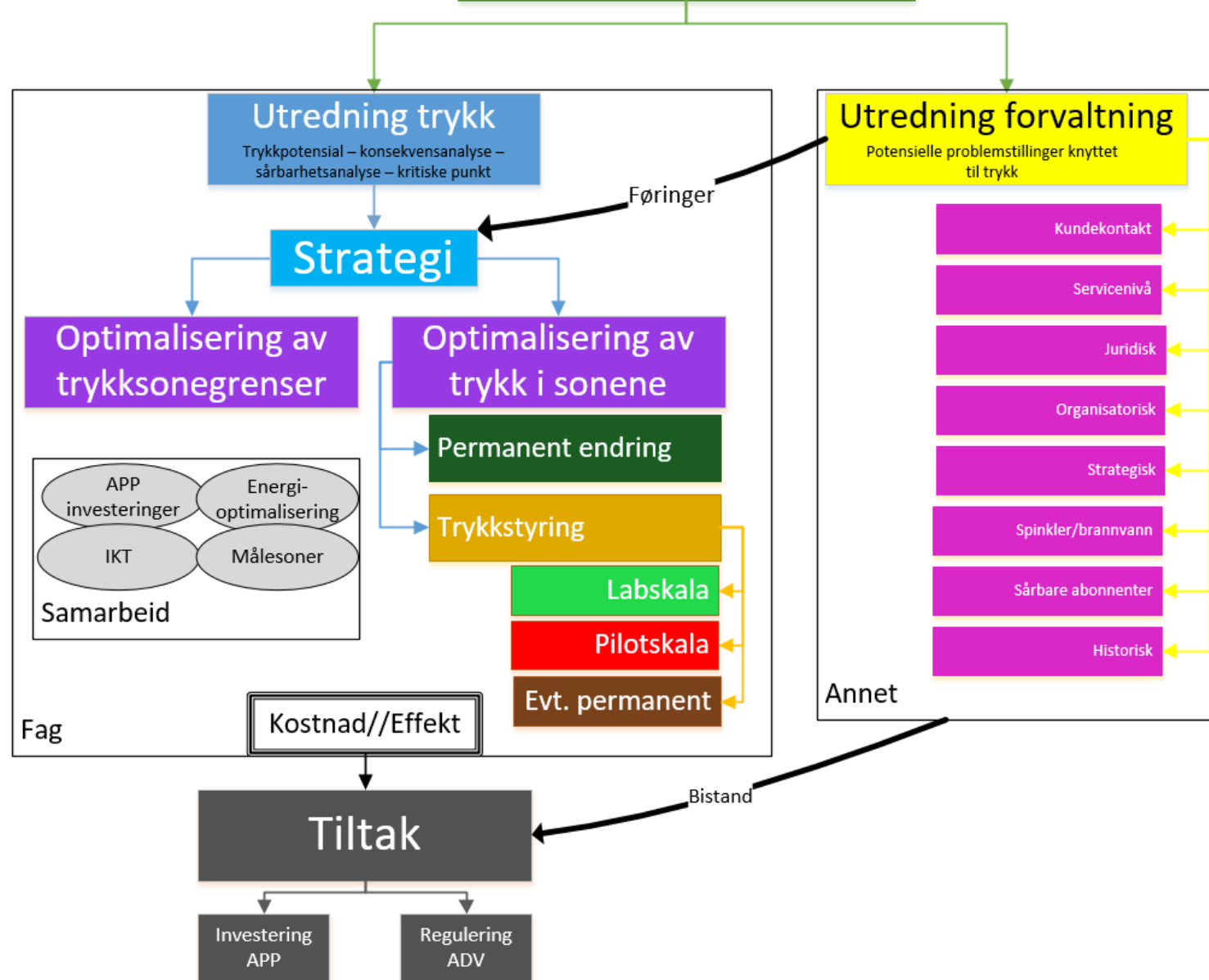
TRYKKOPTIMALISERING & LEKKASJEREDUKSJON



(Tardelli Filho, 2006)



Trykkforvaltning



HENSYN VED TRYKKOPTIMALISERING

- ▶ Kapasitetsbehov og overordnet leveransekapasitet, på tvers av trykksoner.
- ▶ Leveringssikkerhetsbehov og redundans på tvers av soner (inkl. overføringsledninger, endeledninger o.l.)
- ▶ Oppfylling av høydebasseng, inn-trykk til pumper etc.
- ▶ Hensiktsmessig antall driftspunkt (RK/VP),
- ▶ Hensiktsmessig antall utbygde stasjoner med tanke på investeringskostnad,
- ▶ Sårbare abonnenter med eventuelle særbehov
- ▶ **Energi- og trykkoptimal vannleveranse.**

TRYKKOPTIMALISERING

- ▶ Optimalisering av trykksonegrenser - trykksonekonfigurasjon
- ▶ Optimalisering av trykk i eksisterende trykksoner:
 - Permanent trykkendring → stedsbetinget trykkoptimalisering
 - Trykkstyring etter tid → tidsbetinget trykkoptimalisering
 - Trykkstyring etter forbruk → forbruksbetinget trykkoptimalisering

TRYKKSTYRING



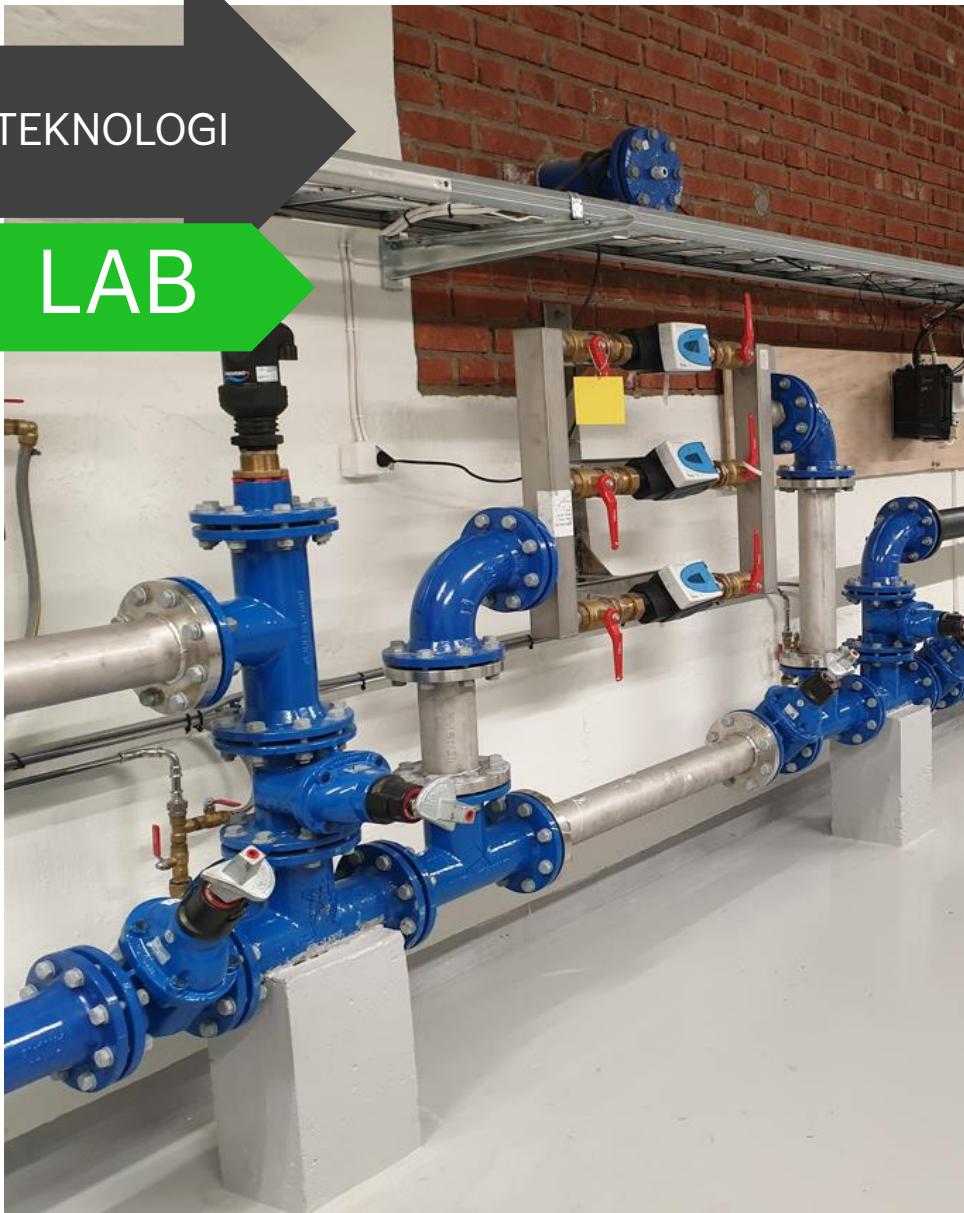
Laboratorie & evaluering



Pilotsone & evaluering



Implementering & evaluering

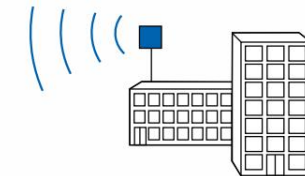


VURDERINGSKRITERIER TRYKKREDUKSJONSVENTIL

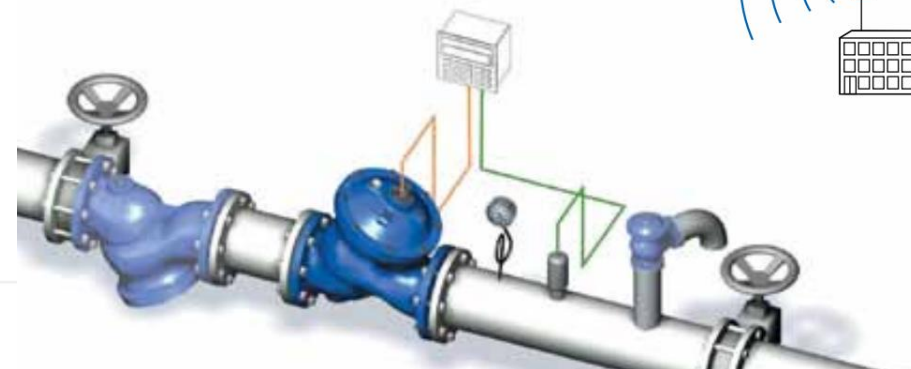
LAB		Beskrivelse
		Denne beskrivelse beskriver hvordan den dynamiske TRV'en, TRV med variabelt set-punkt, kontrolleres. Elektrisk betyr at TRV'en er koblet til strøm, og styres med magnetventiler, kontrollert av en PLS.
Styringsenhet		Styringsenheten beskriver hvorvidt TRV'en styres av PLS-skap og VAVs SCADA system, eller ekstern enhet. Det bemerkes at begge de elektrisk styrte ventilene kommer med ekstern styringsenhet, men de kan også styres med PLS.
Styringsprinsipp		Prinsippet for styring er forskjellig for disse to gruppene ventiler. Styringsprinsippene er etter tid eller forbruk/vannmengde.
Sårbarhet i forbindelse med strøm		De strømvhengige TRV'ene har en sårbarhet knyttet til strøm. Et strømbrydd vil føre til at ventilen blir stående i den siste posisjonen før strømbryddet. Dette kan ikke VAV akseptere. Dette kan løses ved back-up batteripakker o.l., men det innfører en ytterligere usikkerhet, samt at slike løsninger må vedlikeholdes, noe som er ressurskrevende.
Sårbarhet i forbindelse med kommunikasjon		VAV har erfart at det kan være oppstå noe ustabilitet i verdikjeden med utfall og nedetid pga. diverse årsaker. Dette fører til at sårbarhet knyttet til kommunikasjon er identifisert som et vurderingskriterium.
IKT-sikkerhet		For VAV er det uaktuelt å styre med eksterne styringsenheter. Dette er av IKT-sikkerhetsmessige årsaker. Dette er et kriterie, som til dels berører overnevnte kriterium. Dette går imidlertid på hvordan dataene håndteres.
Stabilitet		Dette vurderingskriteriet omhandler TRV'ens hydrauliske stabilitet, evnen til å levere stabilt trykk jamfør innstillingene. Dette kan også betegnes som hydraulisk ytelse.
Brukervennlighet		Brukervennlighet går på om systemet for regulering av TRV'en er intuitivt og lett å operere. Dette bygger på VAV subjektive opplevelse av produktet.
Krav til kompetanse		Krav til kompetanse beskrive hvor høyt krav systemet stiller til kompetanse. Dette bygger på VAV nåværende kompetanse.
Faglig kompleksitet		Dette punktet omhandler antallet av fagfelt som må kombineres for at systemet skal fungere. For de elektrisk styrte TRV'ene er det en samhandling mellom fagfeltene rørleggere (mekanisk del av TRV), elektrikere (elektro) og IKT (kommunikasjon og styring). Dette krever mye av dagens organisasjon, hva gjelder organisering og ansvarsområder.
Leverandørens kompetanse og tilgjengelighet		I og med at dette er relativt nye systemer på markedet, er VAV nødt til å støtte seg på god kompetanse hos leverandøren. Responstiden til leverandøren har innvirket på vektingen på dette kriteriet. Dette er VAVs subjektive vurdering.

Overskrift	Beskrivelse
Responstid	Drikkevann er en samfunnskritisk ressurs, som medfører at det stilles krav til utbedringstiden ved et eventuelt utfall. Innføringen av nye systemer, medfører et ekstra feilsøkningsstrinn og derav økt utbedringstid.
Fjernstyring	I denne sammenhengen har fjernstyring blitt ansett som en fordel, i og med at det gir organisasjonen fleksibilitet i daglig drift. Det forutsettes at fjernstyringen foregår på en måte som gjør at løsningen er sikker.
Innsparing trykk	Her sammenlignes systemenes kapasitet til å «spare» inn overskuddstrykk. De elektrostyrte TRV'ene innstilles som regel til å ha et lavere trykk noen timer om natten, mens den hydraulisk styrte operer kontinuerlig, og tar vekk overskuddstrykk i funksjon av forbruket/vannmengden.
Pris	Prisen for implementering kan man ikke si noe definitivt om, i denne fasen. Den er direkte avhengig av antallet TRV man velger å kjøpe på sikt. Man kan kun si at prisen er forholdsvis lik, når det gjelder innkjøp av selve ventilen eller styringen, samt monteringskostnader o.l.
Sårbarhet ved endring i forbruket	Under dette vurderingskriteriet menes hvordan TRV'en er ment å kompensere med trykk, i en situasjon som ikke er ordinær, ved f.eks. brannvannsuttak o.l. For de elektrostyrte TRV'ene er man nødt til å programmere regler, som forteller TRV'en om å kjøre etter forhåndsdefinerte regimer ved de respektive hendelsene. Dette er ikke tilfellet med den hydraulisk styrte ventilen, som opererer sømløst ved forbruksendringer.
Trykkvariasjoner /trykkstøt	Trykkregimet som stilles inn for de elektrisk styrte ventilene, er slik at de endrer trykk trinnvis, uten glidende overgang slik den hydraulisk styrte ventilen gjør. Det kan tenkes at dette er mulig å programmere, slik å være mer skånsomt, uten at VDI har fått til det.

	Bermad Model 718-03-B EN/ES	Dorot Modell 30-EC	Bermad Modell 7PM
1. Styring	Elektrisk	Elektrisk	Hydraulisk/manuell
2. Styringsenhet	PLS/ekstern	PLS/ekstern	Ingen
3. Styringsprinsipp	Etter tid	Etter tid	Etter mengde
4. Sårbarhet ifm strøm	Stor	Stor	Ingen
5. Sårbarhet ifm kommunikasjon	Stor	Stor	Ingen
6. IKT-sikkerhet	God	Ikke OK (ekstern)	Ikke relevant
7. Stabilitet	Moderat	Ikke OK	God
8. Brukervennlighet	Dårlig	Dårlig	God
9. Krav til kompetanse	Stor	Stor	Lite
10. Faglig kompleksitet	Stor	Stor	Ingen
11. Leverandørens kompetanse/tilgjengelighet	Noe	Lite	God
12. Responstid	Lang	Lang	Kort
13. Fjernstyring	Mulig	Mulig	Ikke mulig
14. Innsparing trykk	Tidsbestemt	Tidsbestemt	Kontinuerlig
15. Pris	Moderat	Moderat	Moderat
16. Sårbarhet v/ endret forbruk	Moderat	Moderat	Liten
17. Trykkvariasjoner	Moderat	Moderat	Liten
Samlet vurdering	Ikke tilfredsstillende	Ikke tilfredsstillende	Tilfredsstillende

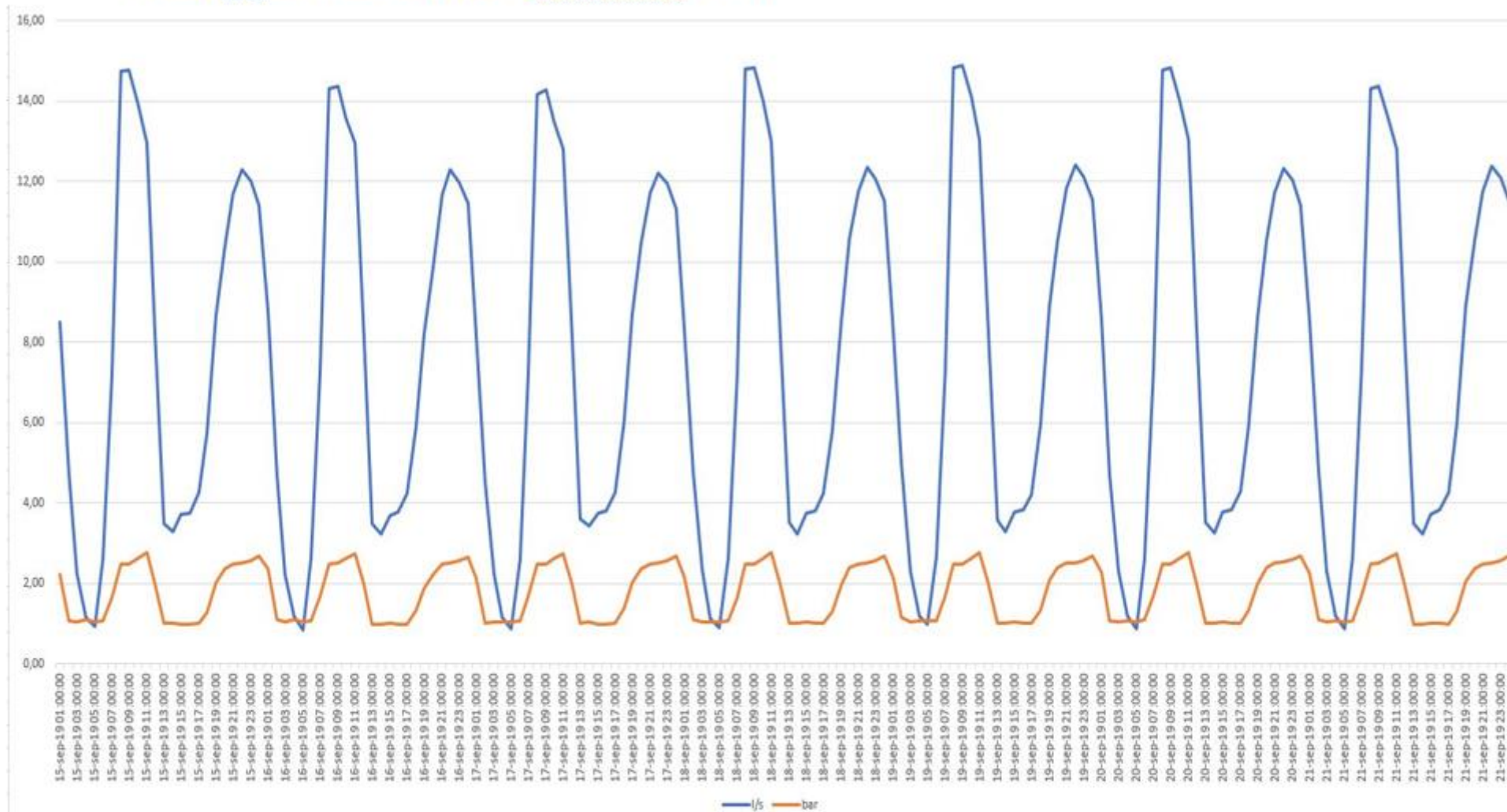


Vedlegg 2: Resultater elektrisk styrt TRV

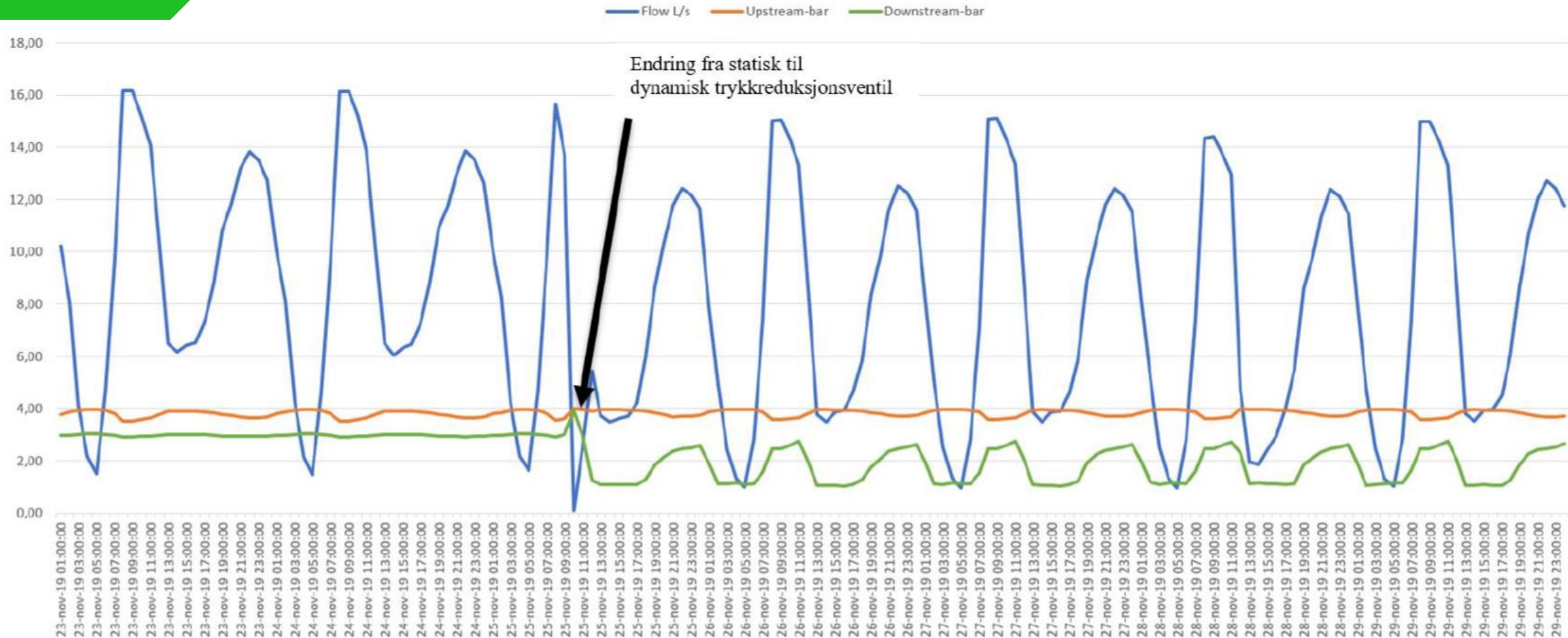


Figur 1. Trykk [bar] – oransje kurve

Vedlegg 3: Resultater Bermad 7PM



Figur 3. Vannmengde [L/s] – blå kurve og Trykk [bar] – oransje kurve, for Bermad 7PM TRV



Figur 4. Vannmengde [L/s] – blå kurve og trykk oppstrøms [bar] – oransje kurve, trykk nedstrøms [bar] – grønn kurve for endring fra Oxford TRV til Bermad 7PM TRV

PILOT

NORDBERG - TRYKKSTYRING

BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES



Oslo



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

NORDBERG – TRYKKSTYRING

	FØR	ETTER	DIFFERANSE
TRYKK	8,95 bar	7,96 bar	0,983 bar
MENGDE	12,58 L/s	10,47 L/s	2,04 L/s
	396 723 m ³ /år	330 182 m ³ /år	64 333 m³/år
		Prosent reduksjon:	16,3 %

KOSTNADER				
Pris ventil	117 000	kr/kalibrert Ø200	37 000	Kr/pilot for ettermontering
Pre-analysering	3	h	3	h
Pre-analysering	4500	kr	4500	kr
Montering	8	h	8	h
Montering	8000	kr	8000	kr
Justering	8	h	8	h
Justering	8000	kr	8000	kr
Totalt	133 000	Kr/installering	54 000	Kr/installering

Lønnsom etter **~9 måneder**

Årlig besparelse: ca. **70 000 kr**

Langsiktig innsparing:
50 års levetid: ca. **3,5 millioner kr**
100 års levetid: ca. **7 millioner kr**

INNSPARING			
VANBEHANDLING & DISTRIBUSJON	Kjemikalier	0,08	kr/m3
	Energi	0,15	kr/m3
	Pumpe VP15	0,39	kr/m3
	Pumpe VP17	0,28	kr/m3
	Totalt	0,9	kr/m3
	Kostnad VBA	57 900	kr/år
RENS/ANLEGG	Energibruk	0,248	kWh/m3
	Andel fremmedvann	50 %	
	Energi fremmedvann	0,124	
	Andel drikkevann i fremmedvann	20 %	
	Energi drikkevann	0,0248	
	Strømpris	1	kr/kWh
	Energi drikkevann	0,0248	kr/m3
	Kjemikalier	0,15	kr/m3
	Totalt	0,1748	kr/m3
	Kostnad RA	11 245	kr/år
	TOTALT	69 145	kr/år

PILOT → VOKSEN SKOG - OPTIMALIERING



BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES

VOKSEN SKOG - OPTIMALIERING

INNSPARING			
VANNBEHANDLING & D	Kjemikalier	0,08	kr/m3
	Energi	0,15	kr/m3
	Pumpe VP15	0,39	kr/m3
	Pumpe VP17	0,28	kr/m3
	Pumpe VP5	0,335	
	Totalt	1,235	kr/m3
	Kostnad VBA	155 788	kr/år
RENS/ANLEGG	Energibruk	0,248	kWh/m3
	Andel fremmedvann	50 %	
	Energi fremmedvann	0,124	
	Andel drikkevann i fremmedvann	20 %	
	Energi drikkevann	0,0248	
	Strømpris	1	kr/kWh
	Energi drikkevann	0,0248	kr/m3
	Kjemikalier	0,15	kr/m3
	Totalt	0,1748	kr/m3
	Kostnad RA	22 050	kr/år
	Nedlagte stasjoner x4	16 000	kr/år
TOTALT		193 838	kr/år

RESULTATER

- Legge ned 4 stasjoner
- Fjerne trykk-kortslutning 290 – 350 -290
- Bedre kapasitet- og leverasesikkerhet
- Tilgang på basseng for sikkerhet og trykkutjevning.

KOSTNADER			
	Planlegge	24000	kr/år
	Sanere x4 stasjoner	112000	kr/år
	Reguleringer x6	84000	kr/år
TOTALT		220000	kr/år

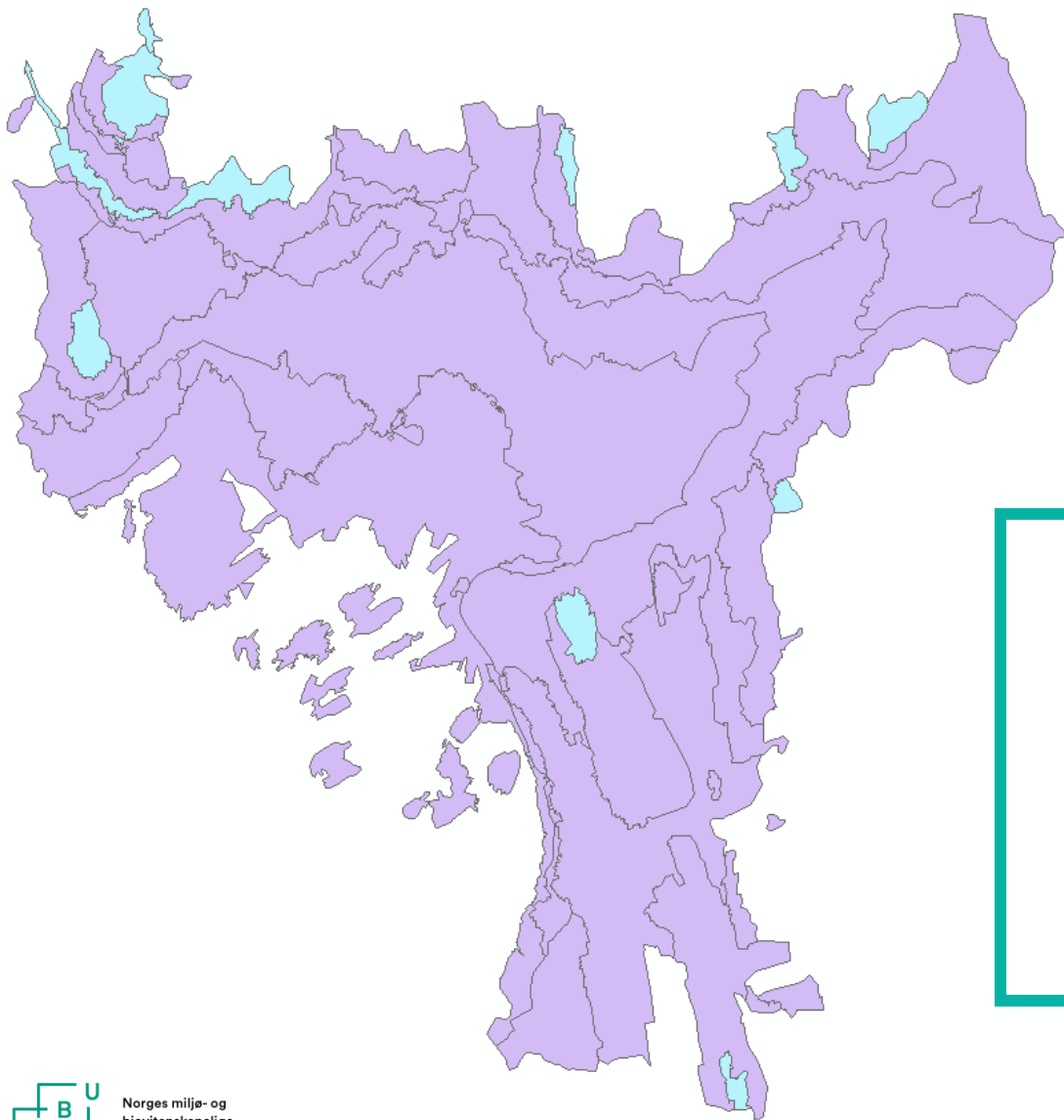
Lønnsom etter **~1 år**

Årlig besparelse: ca. **193 838 kr**

Langsiktig innsparing:

50 års levetid: ca. **9,6 millioner kr**

100 års levetid: ca. **19,4 millioner kr**



Lønnsom etter **~0 dager**

Årlig besparelse: ca. **500 000kr**

Langsiktig innsparing:

50 års levetid: ca. **25 millioner kr**

100 års levetid: ca. **50 millioner kr**

ULLERNTOPPEN – FHI PROSJEKT STYRE ETTER KRITISK PUNKT

BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES

Lønnsom etter ?

Årlig besparelse: ca. ?

Langsiktig innsparing:
?

BILDE FJERNET – KAN IKKE PUBLISERES

UTFORDRINGER

- ☐ Ikke egnet for komplekse soner (foreløpig)
- ☐ Kan ikke ha ensidig fokus på trykkreduksjon
- ☐ Krever særdeles god kompetanse
- ☐ Må sikre:
 - ☐ Kapasitet
 - ☐ Leveringssikkerhet
 - ☐ Driftsoptimalisering

FORDELER

- ☐ Eneste virkemiddel for bakgrunnslekkasjer
- ☐ Moderate innsparinger enkeltvis, blir store innsparinger ved oppskalering og over lang tid.

Takk for meg!
SPØRSMÅL?



Oslo



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet