

TITTEL:

**Rehabilitering av ledningsnett på Myrland**

KANDIDATNUMMER(E):

**10003**

**10028**

DATO:	EMNEKODE:	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
20.05.2019	IB303312	Bacheloroppgave	- Åpen
STUDIUM:	ANT SIDER/VEDLEGG:	BIBL. NR.:	
Bygg Vann- og miljøteknikk	85/16		

VEILEDER(E) :

Karsten Almås (Ålesund kommune)  
Razak Seidu (NTNU i Ålesund)

SAMMENDRAG:

Ålesund kommune har i *Hovedplan avløp 2011-2020* satt som mål å utbedre gammelt ledningsnett, redusere utslipp og holde rensekraft. Myrland er et boligområde som er preget av stor andel fellessystem og vannlekkasjer. VAR-avdelingen i Ålesund kommune ønsker dermed å sanere området innen et femårsperspektiv.

Oppgaven tar for seg planleggings- og prosjekteringsfasen i et VA-utbyggingsprosjekt der målet er å lage et konkurransegrunnlag som beskriver prosjektgjennomføringen.

Oppgaven har bestått i å

- Foreslå gode renoveringsmetoder
- Kartlegge nedslagsfeltet til området
- Velge hensiktsmessige traséer
- Dimensjonere ledningsnettet
- Utarbeide en SHA-plan for sikker utførelse
- Prosjektere i henhold til normer og retningslinjer
- Lage en beskrivelse av prosjektet
- Foreslå en fremdriftsplan fra planleggingsfase til utførelsesfase

*Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.*

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:

1	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"><li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li><li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li><li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li></ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <b><u>betrakte som fusk</u></b> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høyskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høyskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og <a href="#">Forskrift om eksamen</a> §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se <a href="#">Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Jeg/vi er kjent med at høyskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter <a href="#">høyskolens studieforskrift §31</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av <a href="#">kilder og referanser på biblioteket sine nettsider</a>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Razak Seidu

### Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

**Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:**

ja    nei

**Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?**

ja    nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

**Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?**

ja    nei

**Er oppgaven unntatt offentlighet?**

ja    nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

**Dato: 20.05.2019**

## FORORD

Denne rapporten er et resultat av prosjekteringsarbeid om rehabilitering av ledningsnett i sørøstlig del av Myrland i Ålesund kommune. Oppgaven har blitt gjennomført av to studenter ved NTNU i Ålesund, med VAR-avdeling i Ålesund kommune som oppdragsgiver.

Intensjonen bak valg av denne oppgaven var å kunne bruke teorien vi har lært gjennom studieløpet til å utføre et praktisk prosjekt. Prosjektet har gitt oss en innfallsvinkel på hvordan et VA-utbyggingsprosjekt planlegges, prosjekteres og til slutt gjennomføres. Prosessen har vært verdifull og har dannet et solid fundament for vår videreutvikling innen VA-bransjen.

Opgaven tar for seg mange interessante problemstillinger knyttet til fornyelsesteknologi for ledninger og praktisk prosjektgjennomføring. Fra metodevalg og dimensjonering, til prosjektering med BIM-verktøy..

En av studentene som har skrevet denne oppgaven jobber ved VAR-avdelingen i Ålesund kommune hvor store deler av prosjektet ble gjennomført. Vi vil derfor gi en stor takk til alle kolleger ved avdelingen. En spesiell takk til følgende bidragsyttere som gjorde dette prosjektet gjennomførbart:

- Einar Løkken
- Thor Christian Blindheim
- Leif-Olav Åsmo Brandt

Til slutt vil vi takke Razak Seidu for veiledningen gjennom hele bachelorperioden.

## INNHold

<b>FORORD</b>	<b>3</b>
<b>SAMMENDRAG</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>8</b>
<b>FIGURLISTE</b>	<b>9</b>
<b>TABELLISTE</b>	<b>10</b>
<b>TERMINOLOGI</b>	<b>11</b>
Begreper	11
Notasjon	14
Forkortelser	14
<b>INNLEDNING</b>	<b>15</b>
1.1 Bakgrunn	15
1.1.1 Myr	15
1.1.2 Eksisterende VA-anlegg	16
1.1.3 Resipient	18
1.1.4 Reguleringsplaner under arbeid	19
1.1.5 Kommune som oppdragsgiver	19
1.2 Formål	20
1.3 Problemstilling	20
1.4 Avgrensing av oppgaven	21
1.4 Forskrifter, standarder, normer og retningslinjer	21
<b>TEORETISK GRUNNLAG</b>	<b>23</b>
2.1 Overvann	23
2.1.1 Krav og retningslinjer	23
2.1.2 Nedbør	24
2.1.3 Flomvei	25
2.1.4 LOD	25
2.1.5 Utslipp av overvann	27
2.2 Spillvann	27
2.3 Vannforsyning	28
2.4 Ledning og ledningsfornyelse	29
2.4.1 NoDig	29
2.4.2 Rørinspeksjon	30
2.4.3 Graving og separering	31
2.4.4 Ledningsnettet	32
2.5 Prosjektering- og simuleringsverktøy	32

2.5.1 Novapoint	32
2.5.2 AutoCAD	33
2.5.3 Mike Urban	34
2.5.4 EPANET	34
<b>GJENNOMFØRING OG METODER</b>	<b>35</b>
3.1 Plan for prosjektgjennomføring	35
3.2 Data	35
3.2.1 Kommune	35
3.2.2 Kabeletat	37
3.2.3 Statens kartverk	38
3.2.4 NGU	38
3.2.5 Eklima	38
3.2.5 Målinger og befaringer	38
3.3 Metodikk, databruk og gjennomført arbeid	38
3.3.1 Redegjøre bakgrunn for fornyelse	38
3.3.2 Renoveringsmetoder	39
3.3.3 Nedslagsfelt	39
3.3.4 Dimensjonering	40
3.3.5 Valg av trasé	41
3.3.6 SHA-plan	41
3.3.7 Prosjekteringsgrunnlag	41
3.3.8 Veioppbygging	42
3.3.9 Anbudsbeskrivelse	42
3.3.10 Fremdriftsplan for utførelse	43
3.3.11 Mike Urban simulering	44
3.3.12 Møter, fremdrift og rapportering	45
3.4 Beregninger og formler	46
3.4.1 Overvannsberegning og -dimensjonering	46
3.4.2 Spillvannsmengde, -dimensjonering og selvrensing	48
3.5 Materialer	50
3.5.1 GPS måleinstrument	50
3.5.2 Kamera	51
<b>RESULTATER</b>	<b>52</b>
4.1 Foreslått fornyelsesmetoder	52
4.1.1 NoDig	52
4.1.1 Konvensjonell graving	54
4.2 Kartlagt nedslagsfelt	56
4.3 Mulige LOD-løsninger	57
4.4 Dimensjonert ledningsnett og materialvalg	58

4.4.1	Overvannsledning	58
4.4.2	Spillvannsledning	59
4.4.3	Pumpeledning spillvann	60
4.4.4	Forsyningsledning	60
4.5	SHA-plan for sikker utførelse	62
4.5	Prosjekteringsgrunnlag med trasévalg	62
4.5.1	Vest området	62
4.5.2	Øst område	65
4.6	Konkurransesgrunnlag	69
4.6.1	Generell del	70
4.6.2	Rigg og drift	70
4.6.3	Grøft	70
4.6.4	Rør	71
4.6.5	Kummer	71
4.6.6	Private stikkledninger	71
4.6.7	Eksisterende anlegg	71
4.6.8	Veioppbygging	71
4.6.9	Tilstelling	72
4.6.10	Veg, anlegg og park	72
4.6.11	Opsjonsposter	73
4.6.12	Tilbudsregler og kontraktbestemmelser	73
4.6.13	Prisestimat	73
4.7	Utførende fremdriftsplan	74
4.8	Mike Urban simulering før og etter tiltak	74
	<b>DRØFTING</b>	<b>76</b>
5.1	Prosjektgjennomføring	76
5.1.1	Fremdrift og aktiviteter	76
5.2	Feilkilder	76
5.2.1	Manglende data	76
5.2.2	Feil i terrengmodell	77
5.2.3	Mike Urban	78
5.2.4	Anbudsbeskrivelsen	78
5.3	Forbedringspotensial	78
5.3.1	Forbedringspotensial i prosjekteringen	78
5.3.2	Forbedringspotensial gjennom sidemannskontroll	79
	<b>KONKLUSJON</b>	<b>80</b>
	<b>REFERANSER</b>	<b>82</b>
	<b>VEDLEGG</b>	<b>84</b>

## SAMMENDRAG

Ålesund kommune har i *Hovedplan avløp 2011-2020* satt som mål å utbedre gammelt ledningsnett, redusere utslipp og holde rensekraft. Ifølge Gemini VA og *Overordnet saneringsplan* er Myrland, et gammelt boligområde som er preget av stor andel fellessystem og vannlekkasjer. Disse fører til unødvendig pumpe- og overløpsdrift. Som en følge av dette ønsker VAR-avdelingen i Ålesund kommune å sanere området innen et femårsperspektiv.

Opgaven tar for seg planleggings- og prosjekteringsfasen i et VA-utbyggingsprosjekt der målet er å lage et konkurransegrunnlag som beskriver prosjektgjennomføringen.

Opgaven har bestått i å

- Foreslå renoveringsmetoder
- Kartlegge nedslagsfeltet
- Velge hensiktsmessige traséer
- Dimensjonere ledningsnettet
- Utarbeide en SHA-plan for sikker utførelse
- Prosjektere i henhold til normer og retningslinjer
- Lage en beskrivelse av prosjektet
- Simulere før og etter tiltak
- Foreslå en fremdriftsplan for prosessen

Anbudsbeskrivelse er et sluttprodukt av hele prosjektet og skal være gjennomførbart med minst mulig feil og usikkerhet.



## SUMMARY

Ålesund kommune have in *Hovedplan avløp 2011-2020* set as goal to renew pipeline network, reduce emissions and keep the treatment requirements. According to Gemini VA and *Overordnet saneringsplan* is Myrland, an old residential area that has a large proportion of combined system and water leakage, which leads to unnecessary pumping and overflow. As a result of this, the VAR department in Ålesund kommune wants to redevelop the area's network within a five-year perspective.

This thesis deals with the planning and design phase of a water and sewer rehabilitation project, where the aim is to create a tender document.

The assignment consists in to

- Suggest pipeline renewal methods
- Map catchment
- Choose appropriate network pathways
- Design pipeline
- Compile a SHA-plan to ensure safe construction
- Project according to norms and guidelines
- Compile tender document
- Simulate the pipeline network before and after
- Suggest schedule of project's progression

The tender document is an end product of the entire project, which shall be feasible with the least error and uncertainty.

## FIGURLISTE

Figur 1. Løsmassekart hentet fra Nasjonal løsmassedatabase	15
Figur 2. Tilstand av ledningsnett hentet fra Gemini VA	17
Figur 3. Viser pumpestasjoner og retning hentet fra Ålesund kommune	18
Figur 4. Vannforekomster rundt Ålesund med tilstandsklasser hentet fra Norconsult	18
Figur 5. Planer for hvor nytt kontor og ny boligbebyggelse skal være	19
Figur 6. Områdeavgrensning hentet fra Ålesund kommune	21
Figur 7. Nedbørutvikling i Norge hentet fra met.no	24
Figur 8. Flomveikart hentet fra Ålesund kommune	25
Figur 9. Prinsippskisse for håndtering av overvann	26
Figur 10. Viser hvordan overvannshåndtering flyttes fra rør til areal	26
Figur 11. Viser reduksjon av rørtverrsnitt etter strømpeføring	30
Figur 12. Rapport fra rørinspeksjon hentet fra Ålesund kommune	31
Figur 13. Utsnitt fra Novapoint hentet fra novapoint.no	33
Figur 14. Utsnitt fra AutoCAD hentet fra Delegia	33
Figur 15. Dataklassifisering hentet fra Norconsult, Saneringsplan s.19	36
Figur 16. Kabelkart hentet fra Mørenett	37
Figur 17. Bilde for dokumentasjon og mengde-kartlegging	43
Figur 18. 20 års regn i mm/t for å lage et kunstig regn i Mike Urban	45
Figur 19. Delfyllingsdiagram	49
Figur 20. GPS-utstyr fra Topcon	50
Figur 21. Viser eksempel på bilde som ble tatt under befarings	51
Figur 22. Kartutsnitt av østdelen	52
Figur 23. Prinsippskisse for strømperenovering hentet fra Norsk Vann rapport 221	53
Figur 24. Grovestimater for NoDig sammenlignet med andre metoder	53
Figur 25. Asbest ledning hentet fra Gemini VA	54
Figur 26. Foreslått ledningstrasé med konvensjonell graving for vest delen	55
Figur 27. Foreslått ledningstrasé med konvensjonell graving for øst delen	55
Figur 28. Eksempel på feil i kartdatabasen	56
Figur 29. Bilde av takrenne som er koblet til spillvannsledning	56
Figur 30. Inndeling av nedslagsfelt i Mike Urban	57

Figur 31. Kartutsnitt av plan hentet fra ny reguleringsplan	58
Figur 32. Utvalgt nedslagsfelt for boligfeltet i østlig del for overvannsberegning	59
Figur 33. Planlagt plassering av hydranter hentet fra EPANET	61
Figur 34. Simulering som viser undertrykk ved uttak om brann oppstår	61
Figur 35. Kartutsnitt av vest området hentet fra AutoCAD	63
Figur 36. Kartutsnitt av deler fra vest området hentet fra Novapoint	64
Figur 37. Viser hvordan prosjektert ledning treffer eksisterende ledning	64
Figur 38. Vest området hentet fra AutoCAD	65
Figur 39. Prosjektert trasé gjennom nytt regulert boligfelt	68
Figur 40. Ny reguleringsplan for boligbebyggelse med 30 boenheter	68
Figur 41. Prosjektert trasé gjennom boligfelt på østlig de	69
Figur 42. Den første tiltenkte traséen med 4,4 m overdekning	69
Figur 43. Hovedpostene i et VA-utbyggingsprosjekt	70
Figur 44. Utsnitt fra Veg- og gatenorm for Ålesund	72
Figur 45. Gamle gatelys og luftspenn som skal skiftes ut	73
Figur 46. Total mengde regnvann som belaster ledningsnett før og etter	75
Figur 47. Simulering i Mike Urban	75
Figur 48. Eksempel på manglende data hentet fra Novapoint	77
Figur 49. Feil i terrengmodell	77
Figur 50. Vannledninger som burde ha vært prosjektert	79

## TABELLISTE

Tabell 1. Bestemmelse av friksjonskoeffisient til rør med tilsvarende ruhet	47
Tabell 2. Døgnfaktor og timefaktor avhengig av type bebyggelse	48
Tabell 3. Selvrensing etter strømpeføring fra excelark vi utarbeidet	53
Tabell 4. Viser nødvendig dimensjon og selvrensing fra utarbeidet excelark	60
Tabell 5. Resultat fra simuleringen før og etter tiltak	74

## TERMINOLOGI

### ***Begreper***

Myr	Organisk jord som er dannet av plante- og dyrerester som har høy grunnvannstand.
Saneringsplan	En overordnet plan på taktisk nivå på 10-15 år.
Fremmedvann	Uforventet vann som påfører ledningsnett.
Spillvann	Avløpsvann fra bebyggelse og industri.
Overvann	Nedbør og smeltevann som renner av på tette overflater.
Avløp	Spillvann og overvann.
Overløp	Når kapasitet til ledningsnett, pumpestasjon eller renseanlegg ikke klarer å håndtere avløpsvannet går vannet i overløp og videre ut i resipient.
NoDig	Fellesbetegnelse for rehabilitering av gamle ledninger eller etablering av nye ledninger med ingen eller minimalt med graving.
Fellessystem	Spillvann og overvann samles på en felles ledning.
Separatsystem	Separert spillvann- og overvannsledning.
Rørinspeksjon	Inspeksjon av rør ved hjelp av kamera inne i rør.
SHA-plan	Sikkerhet, helse og arbeidsmiljøplan.
LOD	Lokal overvannsdisponering.
Blågrønn-tiltak	Tiltak som gjør at overvannsavrenning forsinkes med infiltrasjon og fordrøyning for å forebygge flomskader og bidra til økt vegetasjon og naturmangfold.

Nedbørfelt	Område med felles avrenning til vassdrag eller ledningsnett.
ILI	Infrastructure Leakage Index. Sier noe om rørets tilstand. Verdier mindre enn 4 er bra og verdier større enn 8 er ikke bra.
Grunnlagsdata	Koordinatfestet data.
Ringstivhet	Rørets evne til å beholde sin rundhet ved påvirkning av utvendig last.
PQRUT	Flommodellen i PQRUT er en nedbør-avløpsmodell til bruk i flomberegninger
Provisorisk ledning	Midlertidig drikkevannsledning under anleggsperiode.
Resipient	Fellesbetegnelse på bekk, elv innsjø, hav, myr eller annen vannkilde.
Biologisk mangfold	Mangfoldet av levende organismer.
Skjærspenning	Ved stor nok skjærspenning vil slam i bunn bli fraktet vekk en gang per døgn i minimum døgnet.
Selvrensing	Indikerer om et rør kan transportere avløp uten hyppig spyling.
SDR-verdi	Indikator på hvor mye trykk røret tåler.
Inspeksjonskum	Kum til bruk for inspeksjon som har diameter på 600 mm.
Nedstigningskum	Kum til å utføre drift- og vedlikeholdsarbeid som har diameter på minst 1000 mm.
Opsjon	Utbyggingsarbeid som prosjektleder er usikker på.
NS3420	Beskrivelsessystem innenfor bygg og anlegg som brukes til å lage konkurransegrunnlag.
ÅDT	Årsdøgntrafikk. Indikerer hvor mye trafikk vil passere i et punkt på en vei gjennom et år, deler på antall dager per år.
LEAN-prosess	Prinsippet med Lean er å jobbe effektivt ved å fjerne sløsing

Mengderapport

Rapport som blir produsert av Novapoint etter ferdigstillelse av prosjekteringsarbeid. Den inneholder grunnarbeidet som er knyttet til grøft.

Håndbok 139

Rapport som inneholder informasjon om alle rørene og kummene som har blitt prosjektert. Den inneholder blant annet type rør, lengde på rørene og dimensjoner.

### **Notasjon**

Q	Vannføring
%	Prosent (1/100)
‰	Promille (1/1000)
m	Meter
mm	Millimeter
mVs	Meter vannsøyle
l	Liter
g	Gram
s	Sekund
l/s	Liter per sekund
m/s	Meter per sekund
d	døgn
m <sup>2</sup>	Kvadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikkmeter, 1 m <sup>3</sup> = 1000 l
ha	Hekta, 1 ha = 10000 m <sup>2</sup>
N	Newton, betegnelse for kraft
N/m <sup>3</sup>	Newton per kubikkmeter

### **Forkortelser**

VAR	Vann, avløp og renovasjon
VAP	Veg, anlegg og park
VA	Vann og avløp
PVC	Polyvinylklorid
PP	Polypropylen
PE	Polyetylen
NGU	Norges Geologiske Undersøkelse
GIS	Geografisk informasjonssystem
BIM	Bygnings informasjon modellering
PE	Personekvivalent/Personenhet
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner

# 1 INNLEDNING

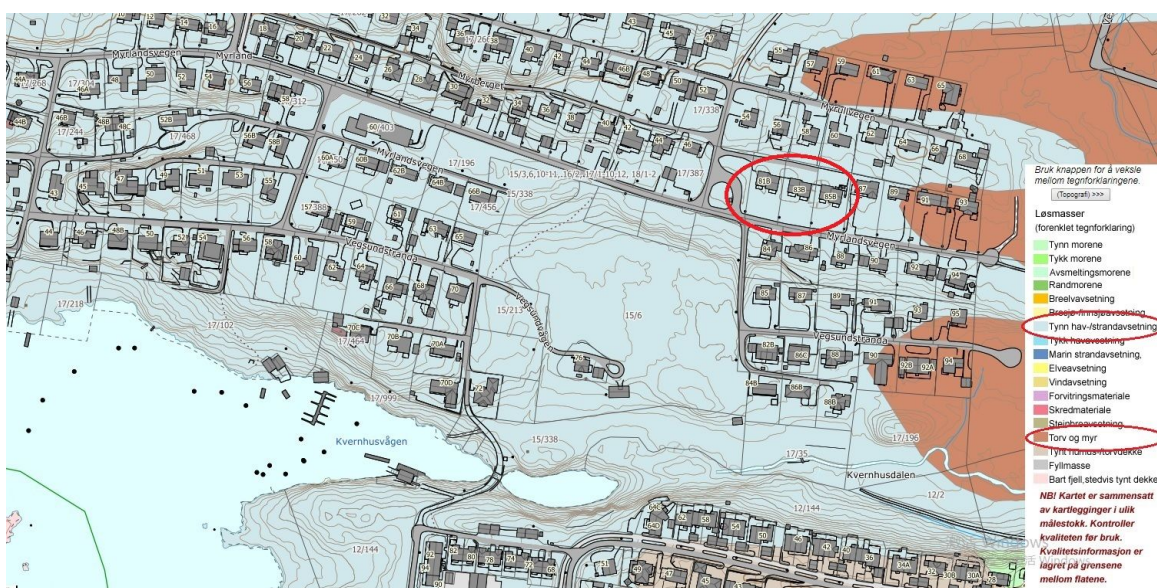
## 1.1 Bakgrunn

Myrland ligger på sørøst-siden i Ålesund kommune og er regulert til boligbebyggelse. Store deler av området består av eneboliger fra 60/70-tallet og et industriområde som ligger lenger nord. Mesteparten av ledningsnett på Myrland er like gammelt som boligene.

### 1.1.1 Myr

Som navnet Myrland tilsier, er området preget av mye myr, spesielt på den østlige delen. På grunn av høy grunnvannstand og myk jord blir jordarten regnet som dårlig masse. Ved gravearbeid kan grunnvannssenkning føre til setninger og bli en risiko for bebyggelsen rundt. For å legge ledningsnett i massen, må visse tiltak innføres for å unngå forskyvning og skader på ledninger.

Et tiltak kan være å legge isopor rundt ledningen for å holde den på plass. Andre tiltak kan være å enten legge ledningen dypt i fast masse, skifte ut masse, eller forsterke ledningen for å nevne noen av alternativene. Disse tiltakene er ofte kostbare og vanskelig å utføre. Derfor er oppfordringen å unngå bygging i slike masser [5].



Figur 1. Løsmassekart hentet fra Nasjonal løsmassedatabase



Figur 1 viser hvilken type løsmasse som finnes i området og dens beliggenhet. Tynn hav-/strandavsetning og myr dominerer. De tre eneboligene som er merket med rød sirkel har allerede fått setningsskader, selv om kartet viser at boligene ligger utenfor myrområdet. Denne usikkerheten må prosjektleder ta med når de skal beregne omkostninger til utbyggingsprosjekt på Myrland, og eventuelt legge den i opsjonsposter på anbudsbeskrivelsen.

### 1.1.2 Eksisterende VA-anlegg

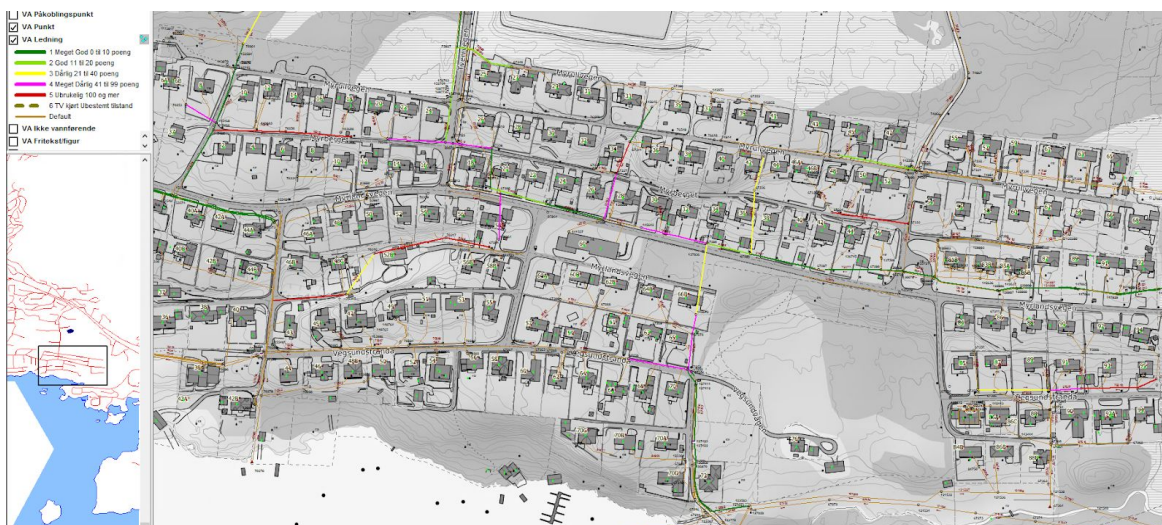
Ålesund kommune er allerede i gang med å sanere deler av Myrland. Dette gjør at mye av ledningsnettets varierer både materialmessig og i alder. Omtrent 40% av spill- og overvannsledningene er i betong som er fra 60/70-tallet. Resterende er PVC ledninger med alder som varierer fra 1964 til 2004. Omtrent 85% av vannledningene er av duktilt støpejern fra 60/70-tallet og de andre er av PE og asbest.

Forsyningsledninger av asbest anbefales ikke. Disse bør skiftes ut på grunn av kreftfremkallende fint støv fra materialets utvendige side, noe som gjør at drift og vedlikehold blir vanskelig og risikofyllt (Kartdatabase Gemini VA).

Som følge av gammelt ledningsnett i Myrland har vannledningene et høyt vanntap på 53% og en ILI-verdi på 9,77 [2][Vedlegg 16]. Mange strekninger av spill- og overvannsledninger har et høyt skadepoeng i følge rapporter fra rørinspeksjoner [Vedlegg 11]. Ledninger i området sliter med sprekker, forskyvninger, feilkoblinger fra private ledninger, innstukket røtter, og kollaps i enkelte strekninger. I tillegg har omtrent 60% av ledningsnettets i området fellessystem, og noen traséer går under bygninger.

Til sammen resulterer dette i at mye fremmedvann lekker inn i ledningsnettets. Dette fremmedvannet skaper driftsforstyrrelser, ekstra driftskostnader og forurensninger fra overløp.

Figur 2 viser tilstanden av ledningsnettets på Myrland. Grønn ledning indikerer god og rød viser meget dårlig. Informasjonen på ledningene er hentet fra Gemini VA.



Figur 2. Tilstand av ledningsnett hentet fra Gemini VA

Per i dag er det to pumpestasjoner PA607 og PA606 som pumper avløp fra Myrland til rensesanlegg RA6 Flisnes på Skråvika. Begge stasjonene er koblet sammen med pumpestasjon PA614 som tar for seg avløp fra Heimdal (Figur 3). Store deler av Heimdal har fortsatt fellessystem og mange ledninger er i kritisk tilstand, noe som gjør at selv i normale nedbørsperioder vil det bli store mengder avløp som går i overløp ut til resipient.

På grunn av avløpssvann som videreføres fra Heimdal til Myrland, samt fellessystem i området, sliter pumpestasjoner på Myrland med overløpsdrift som slippes ut i Kvernhusvågen. Diagram i [Vedlegg 10] viser overløpsdrift i pumpestasjoner på Heimdal og Myrland.

I møte med avløp-drift i kommunen ble vi informert om at avløp-oppstuing fra kum er et annet problem i området. Spesielt ved snøsmelting, stormflo og store nedbørsperioder. Hendelsen skjer oftest i kummene som ligger nær strandlinjen og langs pumpeledningen.

Figur 3 viser avløp fra Heimdal og Myrland som pumpes videre mot rensanlegget.



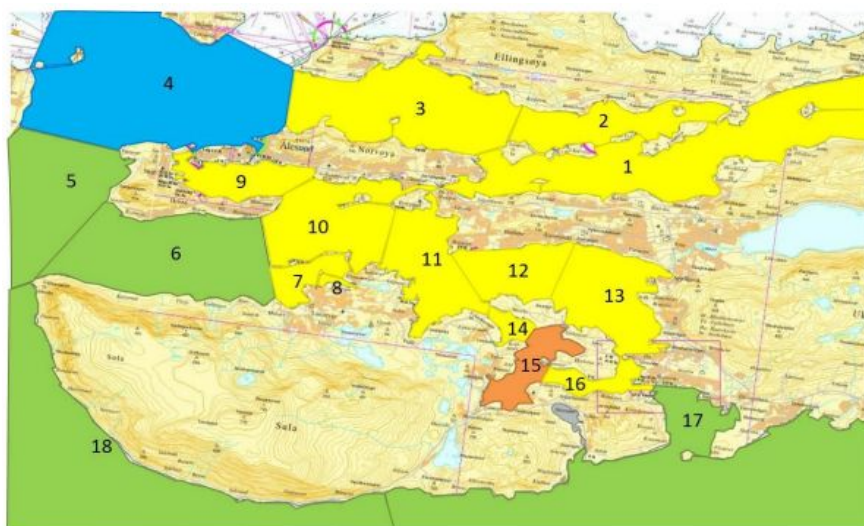
Figur 3. Viser pumpestasjoner og retning hentet fra Ålesund kommune

### 1.1.3 Resipient

Myrland har resipient i område 17 som er klassifisert med tilstandsklasse god [8]. Det er av stor betydning at resipienten er god der man slipper ut rensset avløpsvann og overvann. Det biologiske livet i sjøen er ofte sårbart for endringer i pH, saltinnhold, miljøgifter og andre faktorer. Med tanke på dette vil man prøve så godt en kan å unngå forurensing og ødeleggelse av det biologiske mangfoldet i sjøen.

Figur 4 viser vannforekomster rundt Ålesund med tilstandsklasser fra Vann-nett.

Tilstandsklasser: blå: svært god, grønn: god, gul: moderat, oransje: dårlig



Figur 4. Vannforekomster rundt Ålesund med tilstandsklasser hentet fra Norconsult

### 1.1.4 Reguleringsplaner under arbeid

Det er planer om å bygge et nytt kontorbygg på tomten 17/1070. Denne tomten ligger ved industriområdet i nord. Det er også planer om ny boligbebyggelse på 15/6 med omtrent 30 boenheter [Vedlegg 13].

Den nye bebyggelsen vil øke andel tette flater på Myrland. Det vil derfor være viktig å håndtere overvann på en god og hensiktsmessig måte. I følge reguleringsplanen skal det etableres et friareal på nordvestsiden av boligbebyggelsen på en kommunal tomt. Arealet er stort nok for et blågrønn-tiltak.



Figur 5. Planer for hvor nytt kontor og ny boligbebyggelse skal være

### 1.1.5 Kommune som oppdragsgiver

I følge *Overordnet saneringsplan* [2] står Heimdal som 2. plass og Myrland som 12.plass på prioriteringslisten for sanering. I rapporten anbefaler Norconsult å sanere Heimdal først for å redusere overløp og fremmedvann inn på pumpestasjon PA614. Dette vil resultere i at pumpestasjonen på Myrland avlastes med mindre avløpstilførsel fra Heimdal.

Til tross for denne anbefalingen mener drift-avløp i Ålesund kommune at Myrland bør saneres innen et femårsperspektiv. Dette er med hensyn til store mengder kritiske ledninger, driftsforstyrrelser og overløpsdrift. Som en følge av uenigheten fikk vi denne oppgaven fra Utbygging i VAR-avdelingen i Ålesund kommune.

## ***1.2 Formål***

Hovedmålet med denne oppgaven er å vurdere løsninger for ledningsfornyelse, dimensjonering, utarbeide tekniske plantegninger og til slutt lage en beskrivelse for gjennomføring av prosjektet. Beskrivelsen skal kunne brukes videre i kommunen for å starte en åpen tilbudskonkurranse.

For å oppnå dette skal vi ta for oss noen delmål.

Disse delmålene er:

1. Redegjøre for bakgrunnen til ønsket ledningsfornyelse
2. Vurdere ulike grøftefrie løsninger for ønsket ledningsfornyelse.
3. Kartlegge nedslagsfeltet til området og legge frem gode LOD-løsninger.
4. Dimensjonere ledningsnettets etter
  - Overvannsberegning
  - Forbruksberegning for abonnenter i området
  - Gjeldende krav for brannvann
5. Vurdere egnet trasé
6. Utarbeide en SHA-plan for utførelse av prosjektet.
7. Utarbeide tekniske plantegning for prosjekteringsgrunnlaget.
8. Utarbeide tilbudsbeskrivelse for prosjektet.
9. Simulere før og etter tiltak i Mike Urban.
10. Foreslå fremdriftsplan for prosjektet; fra prosjektering til asfaltert vei.

## ***1.3 Problemstilling***

Med hensyn til formålet med oppgaven har vi kommet frem til disse problemstillingene:

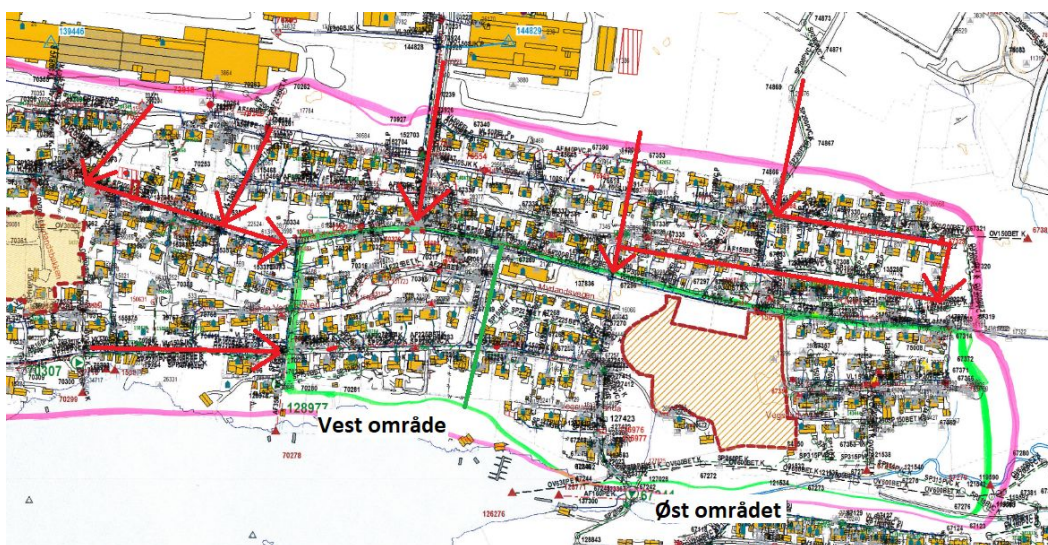
1. Hvordan løse problematikken med fremmedvann i Myrland med tanke på ledningsfornyelse?
2. Hvordan redusere overløpsdriften i pumpestasjonene i Myrland?
3. Hvordan velge egnet trasé som vil redusere driftsproblematikk i fremtiden?

I tillegg til problemstillingene vil vi gjennomføre de forskjellige delmålene.

## 1.4 Avgrensning av oppgaven

Figur 6 viser hele Myrland innenfor det rosa området. Prosjektområdet vårt er avgrenset innenfor det grønne området. For å forenkle prosjekteringsarbeidet og kunne fordele oppgaver likt, har vi delt inn området i to ulike deler: vestdel og østdel.

Selv om vi skal jobbe innenfor denne avgrensningen må vi fortsatt ta hensyn til overvann og spillvann som kommer utenfor avgrensningen. Figur 6 viser områdeavgrensningen som er foreslått av drift-avløp i kommunen. Pilene viser hvor avløp kommer fra.



Figur 6. Områdeavgrensning hentet fra Ålesund kommune

## 1.4 Forskrifter, standarder, normer og retningslinjer

Når det skal utføres et byggeprosjekt er det ulike lover, forskrifter, standarder, normer og retningslinjer en må forholde seg til. Eventuelle dispensasjoner kan søkes hvis det er klart større fordeler enn ulemper.

Følgende lover, forskrifter og normer gjelder denne oppgaven spesielt:

- Plan- og bygningsloven
- Teknisk forskrift
- Forskrift om byggesak
- Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- og anleggsplasser
- Vannressursloven

- Drikkevannsforskriften
- Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn
- Produktkontrolloven
- forurensningsloven
- Forskrift om begrensning av forurensing
- Arbeidsmiljøloven
- VA-Norm og VA/Miljø-blad

VA-Norm er den vi hovedsaklig kommer til å bruke. Begrunnelsen for det er at man der kan hente informasjon om generelle bestemmelser. Videre vil vi bruke den for å se på de lokale bestemmelsene for Ålesund kommune. Her kan vi hente informasjon om blant annet dimensjon på rør, kummer, grøfte- og ledningsutførelse, valg av materiale, avstander og andre diverse krav.

VA-Norm eies av Norsk Vann. Stiftelsen VA/Miljø-blad ved Norsk Rørsenter er ansvarlig for drift og vedlikehold av nettstedet. Det vil si at mesteparten av informasjonen som ligger i VA-Norm er hentet fra VA/Miljø-blad. Kravene til de lokale bestemmelsene i VA-Norm er bestemt av VA-ansvarlig i kommunen.

VA/Miljø-blad er stiftet av Norsk kommunalteknisk forening (NKF) og Norsk Vann. Hensikten med VA/Miljø-blad er å produsere veiledende normer for tekniske løsninger og arbeidsoperasjoner innen VA-fagene basert på ‘‘beste praksis løsning’’.

## 2 TEORETISK GRUNNLAG

### 2.1 Overvann

Overvann oppstår når det kommer nedbør eller når snø smelter. Mye av dette vannet infiltrerer i grunnen. Vannet som renner bort på overflaten og kalles overvann.

Overvann skal i størst mulig grad håndteres lokalt. Det betyr at en skal velge alternative transportsystemer for overvannet. Disse kan være: Infiltrasjon i grunn, flomveier, naturlig avrenning, vassdrag, bekker, avledning på bakken eller fordrøyning for å nevne noen.

#### 2.1.1 Krav og retningslinjer

Ledningsmaterialet skal være av PP eller PVC med ringstivhet minimum SN8. For større dimensjoner enn 600 mm kan betongrør benyttes. Man bruker VA/Miljø-blad nr. 30 som veileder for valg av rørmateriell.

Beregninger av overvannsmengder utføres i henhold til VA/Miljø-blad nr. 70 og det blir også vist til VA/Miljø-blad nr. 69. Når nødvendig kapasitet er fastsatt, beregnes ledningens dimensjon. Minste innvendig dimensjon på ledningen er 305 mm. En må kartlegge og sikre flomvei dersom ledningens kapasitet ikke strekker til, ved nedbør eller snøsmelting.

Minimumsfallet til ledningen skal minst være 10‰. For ledninger med stort fall (større enn 200‰) skal det benyttes rør med strekkfaste skjøter, helsveisede rør eller fallkum. Om det er fare for stor grunnvannsstrømning i grøfta anbringes grunnvannssperre av betong eller leire.

Kommunale ledninger legges normalt med en overdekning på 1,5 til 2,5 m under terreng. Dette er med tanke på frostsikring og trykk fra tungtrafikk. VA-Norm avsnitt 7.6 henviser krav om overdekning til VA/Miljø-blad nr. 10-16.

For bend i grøft kan en ha bend med maksimal 45 grader montert like utenfor kumveggen på nedstrøms side. Det skal brukes langbend på større avvinklinger enn 15 grader.

Nedstigningskummer skal ikke ha mindre diameter enn 1000 mm. Renner skal være samme materiale som ledningen (ved bruk av PVC-rør kan PP brukes). Montering av

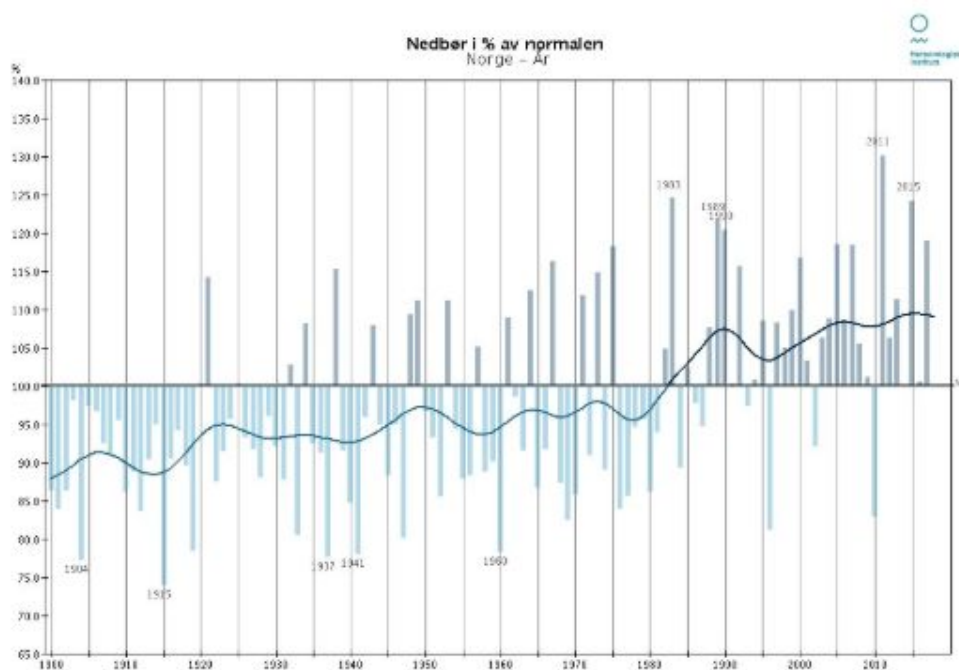


kumramme og kumløkk skal utføres i henhold til VA/Miljø-blad nr. 32. Kummen skal være prefabrikkert og tett.

Minste tillatte kumdiameter er 600 mm og maks djupne for de er 2,5 m. For nedstigningskummer med djupne mer enn 2,5 m skal de ha stige-trinn. Hver andre kum kan være diameter 600 mm. Maksimal avstand mellom kum er 80 m, men bør ikke være mer enn 70 m med tanke på spyling, kamerakjøring og drift.

### 2.1.2 Nedbør

Hovedtendensen i utviklingen av nedbør i Norge de siste 100 årene er at det har blitt villere og våtere. Dette er en gjennomgående trend for hele perioden, spesielt tydelig i de siste 20 årene [13]. Når vi skal beregne overvannsmengde må vi derfor multiplisere med klimafaktor på 1,4. Dette gjøres for at det planlagte ledningsnett skal ha nok kapasitet til å takle klimaendringen i flere år fremover.



Figur 7. Nedbørutvikling i Norge fra år til år hentet fra met.no [13]

### 2.1.3 Flomvei

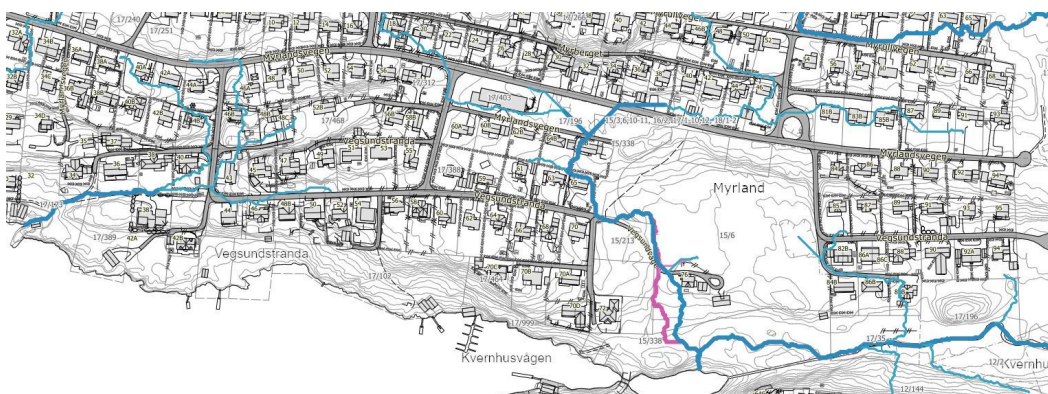
Når det regner mer enn det ordinære overvannssystemet er dimensjonert for er det behov for en alternativ flomvei. Dette er for å sikre en kontrollert avledning av overvannet.

Flomveier er der for å forebygge skader eller redusere skader ved ekstremvær.

Når en skal beregne vannmengdene er det flere metoder for å gjøre dette.

Flomfrekvensanalyse av vannføring observasjoner eller nedbørs-analyse (PQRUT eller rasjonell metode) er de mest brukte metodene. Vi har kommet frem til at den rasjonelle metoden vil være den beste for dette området. Området er nokså stort, så en bør dele opp området i mindre deler når man beregner overvannsmengdene.

Det er av stor betydning å ha riktig høyde- og nedbørdata. Dersom dataene ikke er riktig kan feilene bli store og kan gjøre at vannet renner en annen vei enn det en i utgangspunktet hadde beregnet. Figur 8 viser de eksisterende flomveiene i Myrland.



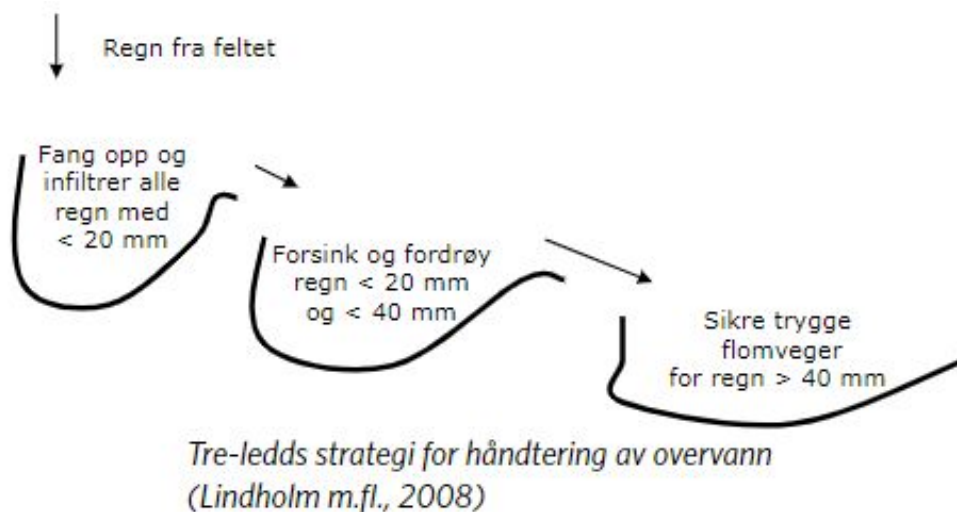
Figur 8. Flomveikart hentet fra Ålesund kommune

### 2.1.4 LOD

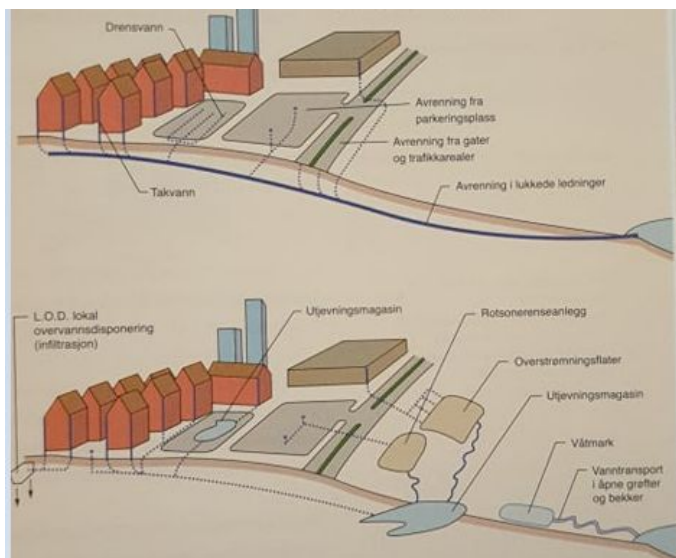
Tradisjonelt har håndtering av overvannet i urbane områder vært basert på å lede overvannet så raskt som mulig bort i lukkede ledningssystemer. Dette har ofte ført til:

- Økt overvannsavrenning i form av mengde og intensitet
- Økt vannhastighet
- Fare for erosjon
- Senking av grunnvannstanden
- Utslipp og spredning av overvannsforurensning som tungmetaller eller miljøgifter

Prinsippet for LOD vil da ikke være å lede overvannet bort i ledningsnett, men å la det infiltrere i grunnen slik at det ledes naturlig til naturlige våtmarker, myrområder, bekker, elver eller andre våtområder.



Figur 9. Prinsippskisse for håndtering av overvann



Figur 10. Viser hvordan overvannshåndtering flyttes fra rør til areal hentet fra (Ødegaard, 2014, s. 345)

Når man skal håndtere overvann må man ha i minne at klimaendringer øker regnintensiteten. Dette skaper mer overvann enn tidligere og havnivået kan stige, noe som igjen kan føre til økt forekomst av overvannsproblematikk.

Enkelte klimaforskere forutser at nedbørsintensiteten enkelte steder i perioden 2071-2100 kan øke med 20 til 60% i forhold til dagens korttidsregn. Det årlige nedbørvolumet øker ikke like mye, men en antar en 20-30% økning enkelte steder er sannsynlig. Videre vil havnivået stige med 15-25 cm i enkelte deler av landet innen 2050 og opptil 70 cm innen 2100 (Norsk vann, 2008) [7].

### **2.1.5 Utslipp av overvann**

I følge rundskriv T-3/12 er fylkesmannen forurensningsmyndighet for overvannsreguleringen. Forurensningslov §7 fjerde ledd gir fylkesmann hjemmel til å pålegge tiltak ved fare for forurensning. Påleggingsbehovet er avhengig av en vurdering på sammensetningen av overvann, resipientens tilstand og brukerinteresser. [17]

Forurensning fra overvann vil vanligvis ikke medføre noe skade eller ulempe, så det vil derfor ikke være nødvendigvis å søke tillatelse for utslipp, jamfør forurensningsloven §8 tredje ledd.

Sammensetningen av overvann består stort sett av sand, grus, næringsstoffer, partikler og kjemiske stoffer. Ifølge kap 10 i VA-Norm B4 Retningslinjer *overvasshandtering* er trafikk den største forurensningskilden for overvann. Overvann fra trafikkerte veier eller sentrumsområder inneholder ofte suspendert stoff, organisk materiale, nærings salt, tungmetaller, PAH og olje/bensinprodukt. Derfor må overvann fra disse områdene renses før utslipp til resipient.

Overvann fra boligfelt er generelt trygt, så det vil derfor ikke være en grunn til å rense dette vannet før det slippes ut til resipient. Dette er på grunn av lav ÅDT (<15000) og mye grøntareal. [18]

### **2.2 Spillvann**

Spillvannsledninger skal utformes med sikte på å unngå tilstopping. Det skal være tilrettelagt for høytrykkspyling, suging, rørinspeksjon og fremtidig rehabilitering. I nyanlegg skal overvann ikke føres inn i spillvannsystemet.

I følge VA-Norm skal alle spillvannsledningene ha en rødbrun farge eller rødbrun stripe på seg. Dette er for å vite at ledningen fører spillvann. Minste innvendig dimensjon er satt til 150 mm. Pumpeledninger har særskilt krav.

Når en prosjekterer setter man minimumsfall til 10‰. Om man ikke klarer å komme innenfor dette skal det dokumenteres selvrensing via skjærkraft beregninger.

Prosjektering og utførelse av spillvannskummer og spillvannsledninger har samme krav som overvann. Disse er beskrevet i avsnitt 2.1.1.

### ***2.3 Vannforsyning***

For vannledninger som har krav til brannvann skal de ha en innvendig dimensjon på minst 150 mm. Disse ledningene skal gi tilstrekkelig mengde og tilfredsstillende trykk til å dekke vannbehovet. Trykket skal ligge mellom 20-80 mVs, men bør være rundt 40-60 mVs.

For høyt trykk kan føre til at ledningen blir ødelagt, noe som videre vil føre til lekkasjer på ledningsnettet. Om trykket blir for stort kan man montere på en trykkreduksjonsventil. Dersom trykket er for lavt vil dette merkes, spesielt ved dusjing. Dette medfører ofte til klager.

Slokkevannet i boligfelt skal være dimensjonert til 20 l/s, og 50 l/s i sentrum-/industriområde i følge VA-Norm avsnitt 5.3. Det er kritisk at ledningsnettet har tilstrekkelig trykk og mengde om en brann skulle skje.

Videre er det beskrevet i avsnitt 5.15 at *Brannkum/brannhydrant skal plasseres innanfor 50 meter frå inngangen til hovudangrepsveg*. Det vil si at avstanden mellom to brannuttak ikke skal være mer enn 100 meter fra hverandre, og det skal ikke være noen hindringer mellom denne avstanden.

I henhold til VA-Norm skal materiale til vannledning være PE. I trafikkerte områder som sentrumsområder skal duktilt støpejern brukes.

## ***2.4 Ledning og ledningsfornyelse***

### **2.4.1 NoDig**

NoDig er ledningsfornyelse uten eller med minimalt graving. Det finnes flere NoDig metoder. De tre hovedmetodene er:

1. Strukturell metode for etablering av nye rør.
2. Semistruktuell metode for nytt rør i eksisterende trasé med delvis støtte fra eksisterende rør.
3. Ikke-strukturell metode er når nytt rør etableres med solid støtte fra eksisterende rør for å motstå krefter.

De ulike metodene egner seg i variert grad avhengig av tilstanden på røret.

Grøtrefri ledningsrenovering er en bærekraftig teknologi. Metodene innebærer lavere utslipp fra anleggsmaskiner i form av redusert massetransport, reduserte ulemper tilknyttet støv og støy og til slutt har disse metodene ofte en raskere gjennomføringstid enn tradisjonell graving. I tillegg til dette vil NoDig metodene gi mindre ulemper for trafikk og myke trafikanter [6].

NoDig er som oftest godt kjent innenfor de forskjellige kommunene i Norge, men liten eller ingen erfaring gjør at det blir lite brukt. De kommunene som bruker NoDig nå, får ofte hjelp/rådgiving av eksterne firmaer. NoDig metoder er nå på vei oppover og skal alltid vurderes ved ledningsfornyelse.

#### **Begrensninger ved bruk av NoDig**

Hver NoDig metode har ofte sine egne begrensninger. De vanligste for de strukturelle metodene er at de krever gode boringsmasser, har behov for visse dybder, trenger god plass, bend og tilkoblinger må graves opp og røret må ha god strekk kraft [6].

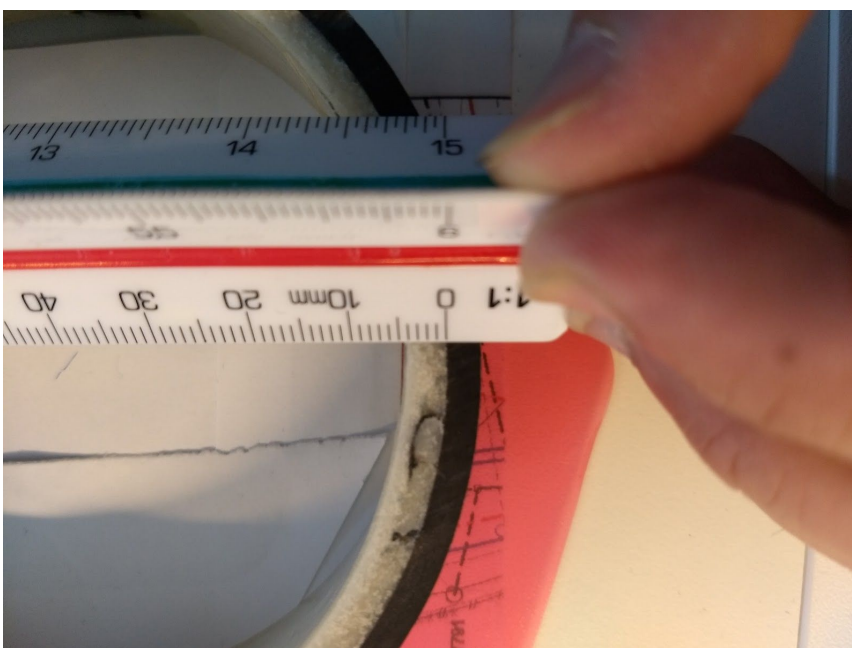
De vanligste begrensningene for de semistruktuelle metodene er at røret ikke kan ha for store svanker og at restlevetiden på røret er betraktelig god.

De ikke-strukturelle metodene er avhengig av styrken på røret. Anboringsklammer blir svake punkter på grunn av at det er vanskelig å renovere dem.

Dersom formålet til et rehabiliteringsprosjekt er separering av et område vil konvensjonell graving være foretrukket. Dette er med tanke på at når entreprenør skal utføre et gravearbeid for å legge nytt rør for separering, vil det være lite hensiktsmessig å beholde det gamle røret.

NoDig-metoder vil heller ikke være hensiktsmessig å bruke dersom man ikke vet hva som ligger i grunn. Dette kan føre til merkostnader i etterkant dersom noe går galt.

Figur 11 viser tverrsnittet av en ledning blir redusert med omtrent 8 mm etter bruk av strømpeføring.



Figur 11. Viser reduksjon av tverrsnitt etter strømpeføring

#### 2.4.2 Rørinspeksjon

Det er med slike inspeksjoner man ser i hvilke stand ledningen er i. Her ser man blant annet på sprekker, vannivå, dimensjon, dimensjonsendring, innstukket grenrør og materialendringer. Spesielt på gamle rør ser man mye tilkoblingsfeil på røret.

Normalt gjennomfører kommunen inspeksjon av følgende grunn (Ødegaard, 2014. s. 396):

- Kontroll på nyanlegg før godkjenning og overtagelse
- Vurdering av rehabiliteringsbehov ved hjelp av tilstandsrapport
- Viktig beslutningsstøtte for renoveringsmetoder

Eksempel på rørinspeksjon på figur 12. Her er det blitt tatt i bruk kamerakjøring gjennom en spillvannsledning. Denne inspeksjonen er tatt på østlig side av området i Myrland. Vi observerer at vannivået er høyt og det er betraktelig med slitasjer på ledningen. Ledningene i dette området er generelt gamle og dårlige, noe som gjør at mye fremmedvann lekker inn i ledningen.

Ålesund Kommune Borgundfordvegen Street: Ålesund Tei Fax: 70102744 E-post: nina.lynn.jones@alesund.kommune.no					
<b>Rapport fra inspeksjon</b>					
Dato: 29.11.2016	Oppdragsgivers referanse:	Avrenning Ingen avrenning	Operatør TGV	Stræknummer: 2	Ledningsidentitet: 67507
Tilstede JR	Inspeksjonsbil Sprinter	Kameratype T66	Meter start:	Standard:	Skadepoeng: 89
Fra gate/vei : Til gate/vei : Beliggenhet : Ledningstype:		Fra kart: Til kart: Medie nr: Lagingsmedie:		Oppstrøms: Nedstrøms: Insp. retning: Insp lengde (m) :	
Rengjort: Formål: Type foring : Foringmateriale :		Rengjort Stikkprøve Undersøkelse		Insp metode: Vannreg tiltak: Dimensjon: Rørmateriale:	
				Rørinspeksjon med kamera 200 mm Betong	

1:195	Posisjon	Observasjon	Foto
	0.00	Kum, P75009	P75009_1504_beliggenhet_29-11-2016_Åk.JPG
	0.01	Start inspeksjon -	P75009_1504_innhold_29-11-2016_Åk.JPG
	0.02	Korrosjon/Slitasje, Økende ruhet (rørveggen er noe påvirket), fra 04 til 08 Kl.	
	0.60	Sedimentering dybde på avsetning er mellom 5-15%, fra 05 til 07 Kl., Grove masser (feks stein, grus)	
	8.00	Innsig fukt i rørsjøet eller sprekk, fra 01 til 05 Kl.	
	9.00	Sprukket rør, Rørbiter har løsnet eller mangler/teglstein mangler fra sin opprinnlige posisjon, 09 Kl., Langsående	

Figur 12. Rapport fra rørinspeksjon hentet fra Ålesund kommune

### 2.4.3 Graving og separering

Et fellessystem er når overvann og spillvann går i samme ledning. Dette fører til at vannet går til pumpestasjon og videre mot renseanlegg. Ved å separere ledningene kan regn- og smeltevann føres inn i overvannsledningene og slippes ut i resipient mens kun spillvannet går til renseanlegget.

Ved mye regn og snøsmelting har ledningene og pumpestasjonene ofte ikke stor nok kapasitet til å frakte overvannet sammen med spillvannet til renseanlegget. I slike



situasjoner blir deler av vannet sluppet ut i nærmeste resipient. Dette er ikke bra med tanke på forurensing.

Det er kostbart å pumpe og rense avløpsvann. I tillegg vil renseeffekt og kvalitet på slam fra renseanlegg reduseres. Med tanke på dette ønsker kommunen å separere ledningsnettets så lenge det er økonomisk mulig (VA-Norm avsnitt 6.0).

Ved separering av ledningsnett vil det som oftest være kostnadsbesparende å bruke konvensjonell graving. Med dette menes det at man graver opp ledninger og tilhørende kummer slik at man oppretter og legger nytt fundament og nye ledninger i grøften.

#### **2.4.4 Ledningsnettets**

Ledningsnettets på vestsiden har felles avløpssystem.

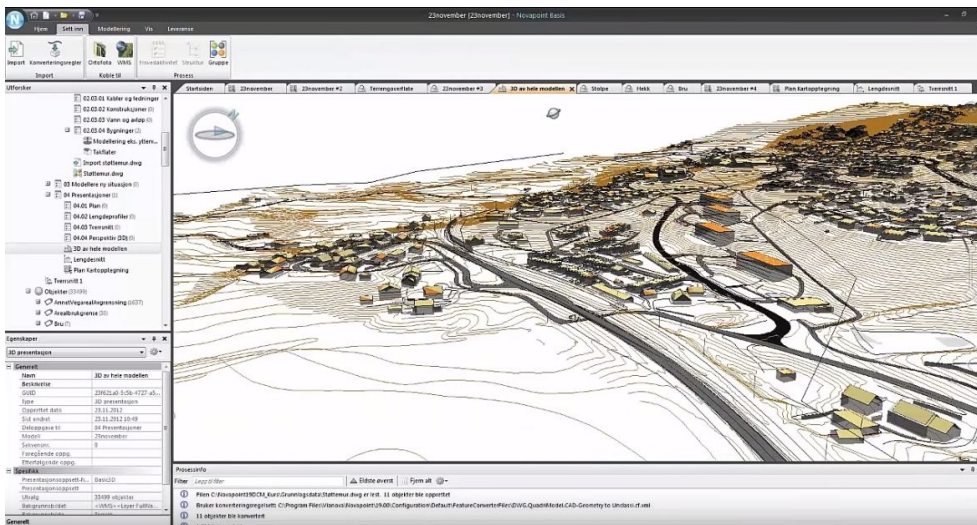
Ledningsnettets på østsiden er separert og mye av det ligger i privat eiendom. Det er ikke optimalt at ledningen ligger i privat eiendom med tanke på fremtidig reovering og oppsyn.

### ***2.5 Prosjekterings- og simuleringsverktøy***

#### **2.5.1 Novapoint**

Novapoint er en programvare for infrastruktur- og samferdsel, anlegg og drift. Med bruk av Novapoint kan en bygge en kompleks modell av infrastrukturen på en effektiv måte. Dette innebærer blant annet 3D-terreng, 3D-lag i grunnen, 3D-konstruksjoner og 3D-rør.

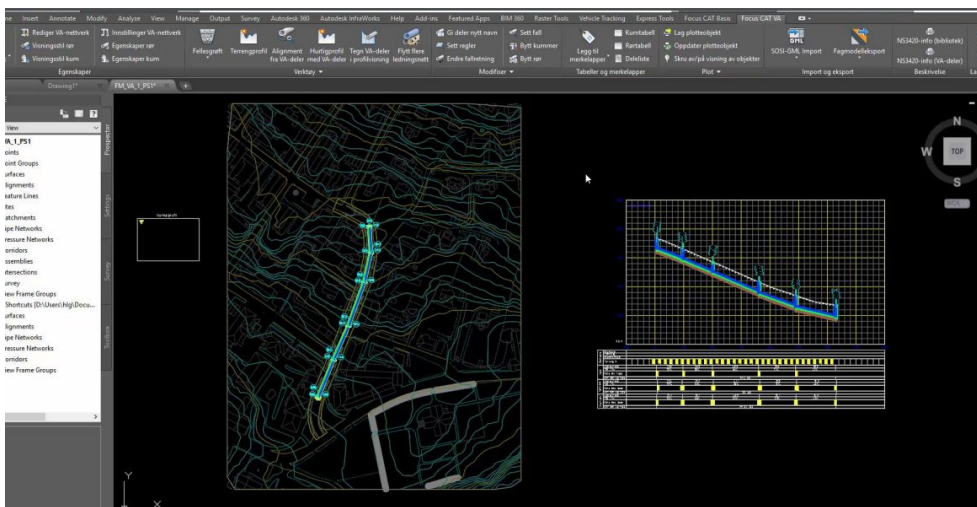
Novapoint kan vises både i 2D og 3D. Novapoint er integrert med BIM-serveren og samhandlingsplattformen Trimble Quadri. Alle Novapoint produkter krever tilkobling med AutoCAD.



Figur 13. Utsnitt fra Novapoint hentet fra novapoint.no

## 2.5.2 AutoCAD

AutoCAD er en applikasjonsprogramvare for 2D og 3D dataassistert konstruksjon. AutoCAD kan brukes til tegninger av bygninger, hus, fly, fotballstadioner m.m. Vi kommer til å bruke AutoCAD som et 2D prosjekteringsverktøy. Vi vil fortsatt få informasjon om høyder og fall. Vi kommer også til å utarbeide de nødvendige tekniske plantegningene i AutoCAD.



Figur 14. Utsnitt fra AutoCAD hentet fra Delegia [11]

### 2.5.3 Mike Urban

Mike Urban er et modellerings, simulerings- og designprogram for hele ledningsnett. For at resultat fra simulering skal være nøyaktig og feilfritt er det avhengig av kvalitet på grunnlagsdata. Hovedfunksjonen til Mike Urban er blant annet:

- GIS-basert modell oppbygging og -administrasjon
- Hydraulisk simulering, for både vannforsyning og avløpssystem
- Scenariohåndtering ved brudd til vannforsyning, brann, snøsmelting, storm med mer
- Tematisk kartlegging og dynamisk resultat visualisering, kjører animasjon til resultat fra simulering
- God kompatibilitet når det gjelder import fra andre simuleringsverktøy som EPANET og SWMM
- Innebygd verktøy som hjelper brukere til å forenkle tilkoblinger for å lage et sammenhengende ledningsnett, og andre nyttige beregningsverktøy som er ganske tidsbesparende.

### 2.5.4 EPANET

EPANET er et simuleringsverktøy som brukes til å analysere hydraulikk og vannkvalitet i forsyningsledninger [4]. Bruksområdet er blant følgende:

- Sjekker vannstrømning i ledninger
- Om vannforsyningsnett fungerer optimalt og hva skjer hvis brudd oppstår
- Sjekker trykk i hver kum/node. Dette er spesielt viktig når man skal analysere brannvannsuttak
- Vannhøyde i tank/basseng
- Alder på vannet
- Kjemisk konsentrasjon
- Kildesporing gjennom simuleringsperiode

## 3 GJENNOMFØRING OG METODER

### 3.1 Plan for prosjektgjennomføring

I starten av prosjektarbeid utarbeidet vi en fremdriftsplan og forprosjektrapport [Vedlegg 1] som viser hvordan prosjektet var tenkt gjennomført.

Vi brøt ned prosjektet i mindre arbeidsoppgaver slik at vi kunne gjennomføre det trinn for trinn og for å fordele oppgavene likt for effektiv ressursbruk.

### 3.2 Data

Datainnsamlingen kom hovedsakelig fra kommunens database og VA-ansvarlige. I tillegg til dette fikk vi en del data fra kabeletat, Statens kartverk, NGU og eklime. Til slutt utførte vi noen målinger av manglende data.

#### 3.2.1 Kommune

I rapporten *Overordnet saneringsplan* har Norconsult klassifisert datagrunnlaget som kommunen har som klasse C (Figur 15). Der mente de at kommunen bør legge inn flere ressurser til å oppdatere sin database for å øke påliteligheten fra simuleringer og modelleringer.

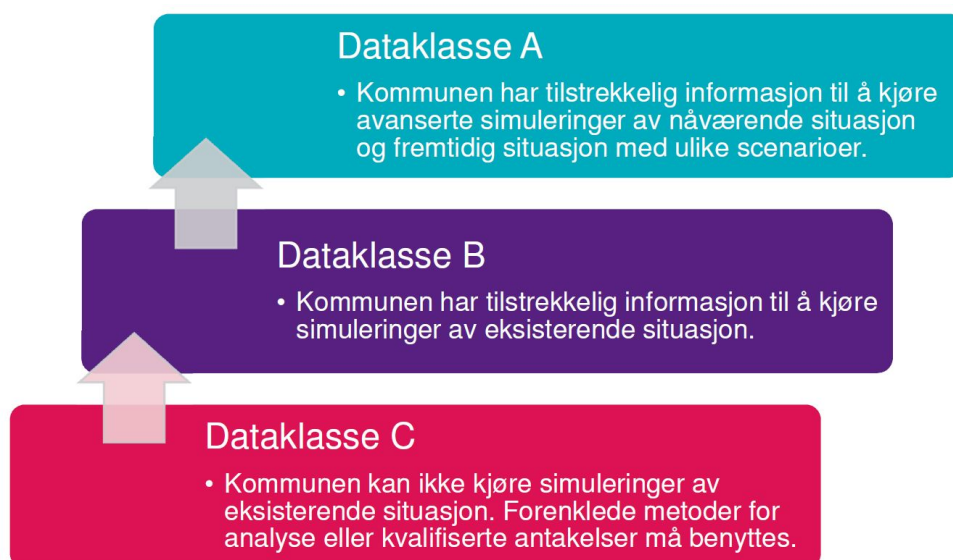
Da vi bearbeidet grunnlagsdataene opplevde vi at mange sluker, kummer og ledninger ikke hadde riktig plasseringer eller manglet høyder, samt feil ledningstyper. Det er ofte ressurskrevende å endre eller oppdatere i etterkant og kan gi en del usikkerheter i resultatet. Totalt sett synes vi at kommunen har en database med grei pålitelighet. Følgende data ble innsamlet fra Ålesund kommune:

- Opplysninger om ledningsnettets typer, materialer, alder, tilstander, lengder, høyder og beliggenhet ble innhentet både fra Gemini VA og Ålesund kommunes offentlig karttjeneste. Grunnlag fra Gemini VA fungerte som beslutningsstøtte til fornyelsesbehov. Videre eksporterte vi ledningsnettets i SOSI format sammen med grunnkart fra karttjenesten slik vi fikk laget en nokså komplett modell i Novapoint for videre prosjektering.

- Flomveikart fra kommunes offentlig karttjeneste viser vannets avrenning. Kartet er laget ut fra terrengmodell. Dette fører til at det kan være litt usikkerhet i den.
- Erfaringstall fra VA-ansvarlig som blant annet meterpris på utbyggingsprosjekt, varigheten på et grunnarbeid, hva er minste avstand mellom kummer fra grøft til høyspent og bygninger. Pålitelighet til disse tallene varierer mye fra hverandre.

Noen data er grovestimat mens andre kommer fra praksis. Vi synes generelt sett at dataene er nokså sikret siden disse dataene kommer fra prosjekt som faktisk har vært utført tidligere. Vi brukte disse verdiene i Novapoint-prosjektering og i anbudsbeskrivelsen

- I VA-Norm er det beskrevet mye informasjon om hvilke verdier vi skal bruke til å beregne overvann, PE og dimensjonering av ledningene. Normen henviser ofte til rapporter og VA/Miljø-blad fra Norsk Vann som angir foreslått beregningsgrunnlag. Disse anslås som høy sikkerhet.
- Data fra tidligere prosjekt som ligger i kommunes felles harddisk. Disse brukte vi til å sammenligne med prosjektet vårt og endret det i forhold til det som var utført. Dataene er godt sikret siden prosjektene ble gjennomført av erfarne prosjektledere.



Figur 15. Dataklassifisering hentet fra Norconsult, Saneringsplan s.19

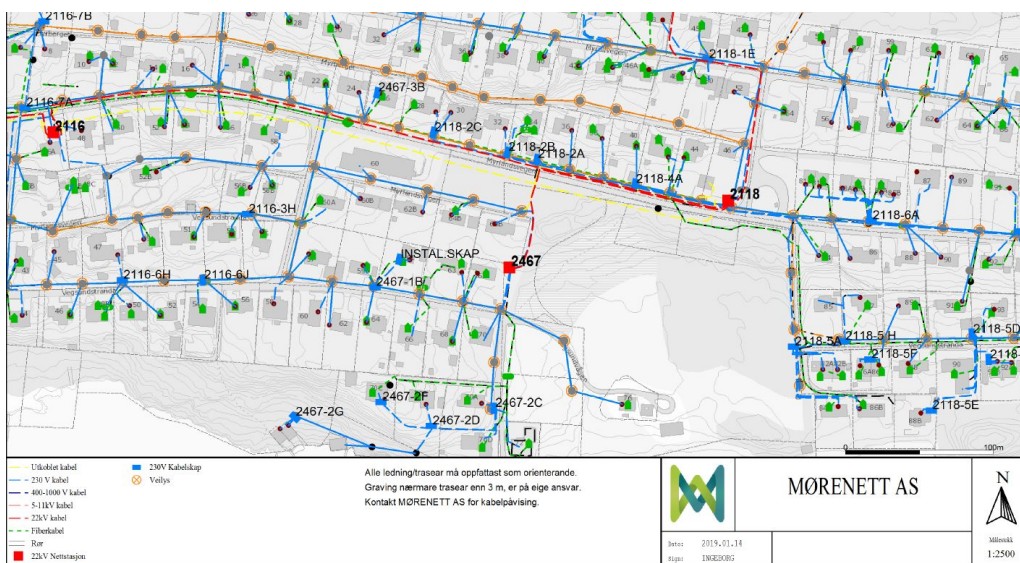
### 3.2.2 Kabeletat

Videre innhentet vi grunnlagsdata for kabler fra Mørenett og Telenor/Broadnet. Disse dataene ble hentet fra gravemelding.no.

Grunnlagsdata i SOSI format for strømkabler, fiberkabler og kabelkart med tegnforklaring (Figur 16) er hentet fra Mørenett. Vi satt SOSI-filene inn i Novapoint for å gjøre prosjekteringen lettere med tanke på at traséen ikke bør være nærme strømkabler. Det vil også være lettere å planlegge utskifting av gamle gatelys og luftspenn når man ser hvor kablene er. Usikkerheten med SOSI-filene er ganske store siden dataene ofte er utdatert og inneholder kun lengde og plassering.

VA-ansvarlig i kommunen mente ut fra erfaringer at kabler kan ligge andre plasser enn optegnet, så derfor regnes dataene fra Mørenett som lite pålitelige. Disse dataene egner seg dårlig for modellering pga. manglende høydedata, og vil kun være veiledende under prosjekteringsarbeidet.

Data fra Telenor/Broadnet inneholder TV- og fiberkabler i SOSI format. Dataene har veldig stor usikkerhet og er uegnet for modellering.



Figur 16. Kabelkart hentet fra Mørenett

### **3.2.3 Statens kartverk**

Høydemodellen hentet vi fra hoydedata.no og er driftet av Statens kartverk. Modellen er produsert ut i fra laserskanning fra fly, så disse har ofte høy sikkerhet. Laserskanninger rundt områder med tett skog er mindre sikre.

### **3.2.4 NGU**

Løsmassekartet er hentet fra Nasjonal løsmassedatabase og er driftet av NGU. Kartet viser hvilke type løsmasser som finnes i området. Kartet anses for å ha stor usikkerhet. Det viser kun ulike massers utbredelse og dannelsesmåte. Kartet viser ikke nøyaktig hvor massene ligger eller tykkelsen på dem. Dataene er dermed bare veiledende. I større prosjekt må prosjektleder bestille grunnundersøkelse for å redusere risiko for skade.

### **3.2.5 Eklima**

IVF-kurve ble hentet fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no). Nettsiden er driftet av Meteorologisk institutt. Kurven inneholder nedbørstatistikker som kommer fra gjennomsnittlig regn over flere år. Dataene har høy sikkerhet.

### **3.2.5 Målinger og befaringer**

Som nevnt i avsnitt 3.2.1 har kommunes VA-database mange feil og manglende informasjon. Vi lånte derfor GPS-utstyr til å gjennomføre oppmålinger for å oppdatere høydedata i området. På denne måten reduserte vi risiko for feil i prosjekteringen. Samtidig foretok vi befaringer mens vi var ute å målte [Vedlegg 12].

Dataene vi innsamlet er godt sikret siden avvik på moderne GPS er under 0,5 cm.

## ***3.3 Metodikk, databruk og gjennomført arbeid***

### **3.3.1 Redegjøre bakgrunn for fornyelse**

Å redegjøre bakgrunn for lednings fornyelsesbehov var basert på følgende kilder:

- *Overordnet saneringsplan*

- Opplysninger om eksisterende ledningsnett i området som hentet fra Gemini VA. Her så vi hvilken materialtyper, alder, dimensjoner, høyder, kuminformasjoner, rapporter og videoer fra kamerakjøringer.
- Ved å møte VA-ansvarlige i kommunen fikk vi avklart driftsforstyrrelser og status på pumpestasjoner i området angående drift-vann og drift-avløp. Deretter hadde vi møte med ansatte fra VAP-avdeling for å få vite om det er utskiftingsbehov av gateløp og standarder for veioppbygging.

### 3.3.2 Renoveringsmetoder

Foreslått fornyelsesmetoder er basert på bakgrunnskunnskap vi innsamlet og teorier som står i vann- og miljøteknikk og rapporter fra Norsk Vann.

For å bestemme hvilke NoDig-metoder passer best til prosjektet vårt, benyttet vi følgende kilder:

- *Smart ledningsfornyelse - bruk av NoDig-metoder*, (2016). Rapport 221, Norsk Vann
- *Vann og -avløpsteknikk*, (2014). Kapittel 13 *Ledningsteknologi for vann og avløp*
- VA/Miljø-blad nr. 90. *NoDig-metoder for hovedledninger - metodeoversikt*
- Møter med VA-ansvarlig for å avklare om de mest brukte metodene, erfaringer og begrensninger i å bruke dem

### 3.3.3 Nedslagsfelt

Kartlegging av nedslagsfelt ble utført på fire måter:

#### Befaringer på området

For å sjekke høyder av sluk og kummer sammenlignet vi terrenget fra grunnlagsdata og kart med det faktiske terrenget ut i feltet. Videre tok vi bilder for dokumentasjon og kartlegging av alt som var av betydning for prosjektet, og som ikke var registrert i Gemini VAs database.

Vi oppdaget at mange sluker ikke var registrert i de gamle boligfeltene, og det var mange kummer som manglet høyder. I tillegg til befaringer foretok vi også en del målinger med



GPS-utstyr som vi fikk låne av kommunen. Dette gjorde vi for å oppdatere databasen og få et mer komplett grunnlagsdata.

### **Ved bruk av simuleringsverktøyet Mike Urban**

Deretter lastet vi ned koordinatfestet høydemodell fra Kartverkets karttjeneste. Modellen brukes til å lage et terreng-kartlag i Mike Urban som viser høydeforskjell i prosjektområdet. Kartlaget er nyttig for å anta overvannsavrenningen.

### **Avløpsledningers renneretning som vises i Gemini VA**

De fleste ledningene er lagt i forhold til terreng med overdekning som ligger mellom 1,5 til 2 meter. Med tanke på dette vil det derfor være naturlig å vurdere at overvann renner i samme retning med avløpsledningene som ligger i grunn.

Ved å kombinere informasjon som ble samlet inn kunne vi lage et komplett nedslagsfelt til prosjektområdet med god nøyaktighet.

### **3.3.4 Dimensjonering**

Det var tre typer ledninger vi måtte dimensjoneres før vi kunne starte prosjekteringsarbeid: overvanns-, spillvanns- og forsyningsledning. Hensikten var å sjekke om minste dimensjonen som er oppgitt i VA-Norm kunne takle dimensjonerende vannføring gjennom ledningsnett. Videre om spillvannsledningene har selvrensende effekt. I tillegg til dette måtte vi undersøke om forsyningsledningen har nok kapasitet til brannvann, samtidig som den gir tilfredsstillende trykk og nok mengde.

Vi har utarbeidet en regnemaskin ved bruk av excelark for både overvann og spillvann (detaljert dimensjoneringsmetode er beskrevet i avsnitt 3.4). Forsyningsledningen sjekker vi ved bruk av EpaNet 2.0. Kommunen har en ferdig utbygget forsyningsmodell for hele Ålesund kommune. Vi benyttet modellen videre ved å sette inn nye hydranter på ønsket punkt og for å sjekke om uttaket har nok trykk om brann oppstår. Dette skal gjøres både under og etter anleggsperioden.

### 3.3.5 Valg av trasé

Det var tre hovedfaktorer som påvirket trasévalget vårt. Disse er som følger: økonomiske, tekniske og fremtidige utviklinger. Økonomiske og tekniske faktorer kan være blant annet:

- Overdekning
- Eksisterende anlegg og terrengforhold rundt gravsted, både over og i grunn. Mur, vegetasjon, stauder, hekk, gjerde, fjell, stikkledninger, kabler
- Plass for gjennomføring
- Grunnforhold
- Tilkobling til hovedledninger

Fremtidige utviklinger i området undersøkte vi ut ved å snakke med medarbeidere i kommunen og arealplaner som ligger offentlig ute for publikum. Det er hensiktsmessig å velge traséen til det nye ledningsnett i forhold til nye reguleringsplaner. Dimensjonen på ledningene dimensjoneres etter behov på de nye bebyggelsene som vil komme i fremtiden.

### 3.3.6 SHA-plan

SHA-planen utarbeidet vi ved hjelp av mal fra kommunen. Hovedtrekkene i SHA-planen er blant følgende:

- Kort beskrivelse av prosjektet med plantegning
- Roller og ansvar ved gjennomføring, med entrepriseform
- Fremdriftsplan for utførelse som skal utarbeides av entreprenør, og forslag til riggplass
- Sikkerhetstiltak for utførelse
- Avviksbehandling

### 3.3.7 Prosjekteringsgrunnlag

Den største delen av prosjektet vil være prosjekteringen. Grunnlaget utarbeides ut fra det vi har gjennomført tidligere og ved hjelp av prosjekteringsprogrammene Novapoint og AutoCAD:

- Innsamlet opplysninger om eksisterende anlegg og terrengforhold for å lage en digital modell.

- Modellen brukes videre til å bestemme overdekningen av det nye ledningsnett, tilkobling til hovednett og fra stikkledninger. Videre om den valgte traséen har stor nok avstand til eksisterende anlegg for å unngå unødvendige økonomisk belastninger.
- De ferdige dimensjonerte ledningene og valgt materiale skal legges inn i programmet for hver enkel trasé.
- Deretter plassere traséen som vi har planlagt på forhånd og finjusterer valget i modellen.
- Videre prosjektere i henhold til krav og retningslinjer som er oppgitt i VA-Norm som ledningsdimensjon, bend, fall, overdekning, kumavstand og dimensjon.
- Til slutt henter vi ut opplysninger om det planlagte arbeidet for utarbeidelse av konkurransegrunnlag og beregner hvor mye skal det graves, rives og bygges.

### **3.3.8 Veioppbygging**

Vi har ikke valgt å gjennomføre prosjekteringen av veioppbyggingen. Vi har ikke valgt å gjennomføre dette på grunn av at veier i anleggsområder skal oppbygges som sin opprinnelige stand. Vi har avklart med VA-ansvarlig og medarbeider fra VAP-avdelingen i kommunen om dette. Ut fra deres erfaringer mente de, så lenge det ikke skulle skje noen endringer i veioppbyggingen eller bredden av veien vil det være unødvendig å gjennomføre veiprosjektering.

Vi må fortsatt forholde oss til veistandarden som står i *Veg- og gatenorm for Ålesund* og videre utarbeide en post i prosjektbeskrivelsen for veioppbyggingen.

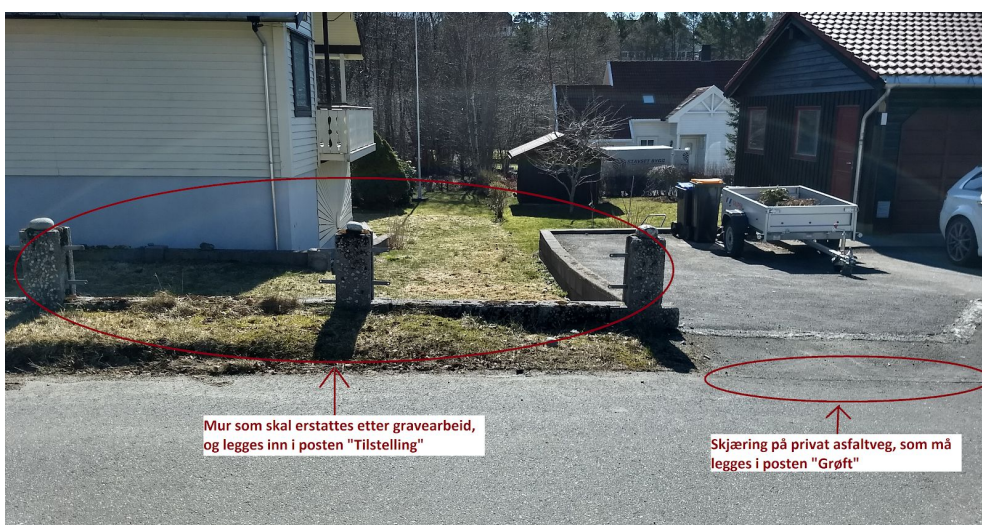
### **3.3.9 Anbudsbeskrivelse**

Anbudsbeskrivelsen ser vi som den viktigste delen i hele prosjektet. Dette er slik at entreprenør skal kunne gjennomføre prosjektet som er tiltenkt og de økonomiske rammer skal bevares må anbudet være beskrevet så nøyaktig som mulig.

Vi har utarbeidet anbudsbeskrivelsen ved hjelp av programvaren G-prog beskrivelse. Denne er laget ut fra prosjekteringsgrunnlaget vi har produsert, og andre spesielle lokale

forhold som utskifting av gatelys og strømpeføring. Vi brukte en mal som kommunen har utarbeidet og er basert på norsk standard NS3420. Malen er veiledende og inneholder kun de viktigste og vanligste postene som finnes i et VA-utbyggingsprosjekt. En legger til eller sletter poster etterhvert slik at hvert enkelt prosjekt blir tilpasset.

Mange av de postene vi har lagt inn i beskrivelsen var basert på erfaringer fra VA-ansvarlige i kommunen. Vi fikk veiledninger i hvordan programmet skulle brukes, hvilke poster vi bør legge til eller slette, spesifikasjon, og mengder som må legges i de forskjellige postene. Som figur 17 viser, at vi måtte foreta en del befaringer på området for å kartlegge og dokumentere eksisterende anlegg rundt byggeplass. Vi beskriver disse i posten for erstatning i slutten av byggefasen.



Figur 17. Bilde som ble tatt under befaring for dokumentasjon og mengde-kartlegging

### 3.3.10 Fremdriftsplan for utførelse

Fremdriftsplanen vil vise hvor lang tid et byggeprosjekt antageligvis vil vare fra forprosjekt til overtagelse. Den er for internt bruk i kommunen. Når entreprenøren har "vunnet" anbudet har de plikt til å lage en egen fremdriftsplan ut fra sine tidligere erfaringer. Da kan planen sammenlignes med den kommunen selv har laget for å følge opp prosjektet og korrigere den endelige planen i oppstartsmøtet.

Fremdriftsplanen utarbeidet vi ved hjelp av prosesskart og fra tidligere prosjekt som ligger i kommunes database. Prosesskart er et LEAN-verktøy som kommunen har utarbeidet. Denne inneholder alle trinnene i et utbyggingsprosjekt med linker til maler som skal brukes

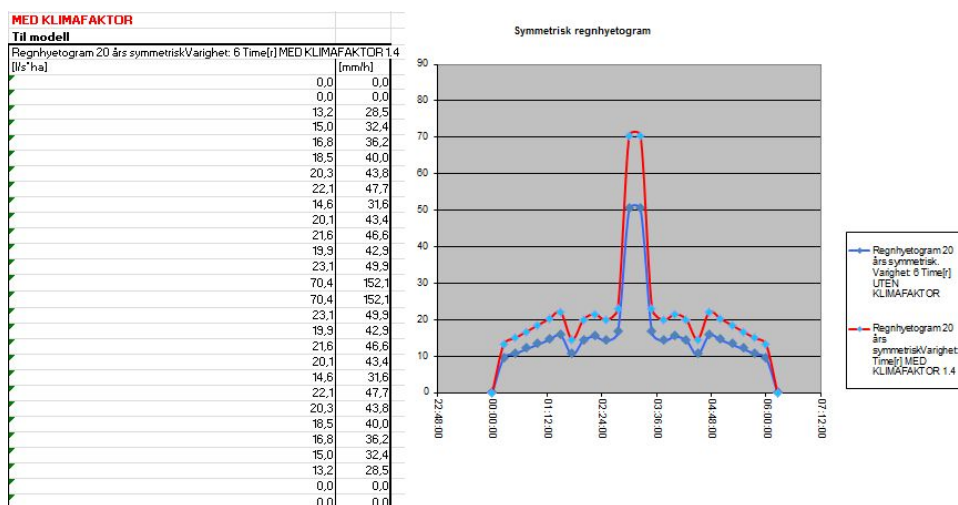
i hvert trinn. Utførende fremdriftsplan fra tidligere prosjekter viser nødvendige grunnarbeid i et byggeprosjekt, samt erfaringstall på hvor mange uker det kommer til å ta på hvert enkelt arbeid fra rigging til asfaltering.

### **3.3.11 Mike Urban simulering**

Vi har bygd en avløpsmodell i Mike Urban for prosjektområde. Modellen ble brukt til å simulere dagens ledningsnett for å se om den fungerer optimalt når nettet belastes med en nedbørsperiode som kommer hvert 20. år. Deretter kjørte vi en simulering på det nye ledningsnett vi har planlagt. Til slutt sammenlignet vi resultatene for å se hvor mye overvann avlastes fra nettet.

For å gjøre simulering mulig benyttet vi følgende data og kilde:

- Koordinatfestet grunnlagsdata i shp-format som er hentet fra kommunen. Eksempel på dette er bygning, vei, bru, anlegg med mere. Disse brukes videre til å lage et komplett kart for å beregne andel tette flate.
- Høydemodell fra Kartverket og høydedata er nyttig til å beregne topphøyde til kummer.
- Grunnlagsdata på eksisterende ledningsnett er hentet fra Gemini VA og importeres deretter inn i Mike Urban for feilretting.
- IVF-kurve inneholder nedbørsdata fra Ålesund kommune. Figur 18 viser at ved å omdanne kurven til et symmetrisk regnhyetogram (Ødegaard, 2014, s. 349) kan vi sette regndata inn i Mike Urban for å lage et kunstig regn. Regnet er en avgjørende faktor under simuleringen.



Figur 18. 20 års regn i mm/t for å lage et kunstig regn i Mike Urban

Deretter kjørte vi simulering med 20 års regn på avløpsmodellen og ble utført på følgende steg:

1. Retter alle feilene på data fra kommunen som er beskrevet i avsnitt 3.2.1
2. Bruke innebygd verktøy i Mike Urban for å forenkle ledningsnett og rette på feil. Dette brukes til interpolering av ledninger og kummer i forhold til terrenghøyde, nettforenklinger, automatisk generert og kalkulert nedslagsfelt, og, automatisk tilkobling av nedslagsfelt til node.
3. Koble kunstig regn til nedslagsfelt.
4. Oppgi andel tettete flate i % for det totale nedslagsfeltet
5. Simulere “Runoff” som viser hvor mye regnvann som rennes på overflaten av definerte nedslagsfeltene.
6. Simulere “Network” som belastes av “Runoff”. Dette viser mengder vann i m<sup>3</sup> som kommer inn i avløpsmodellen og videre til utløp i løpet av definert kunstig regn.
7. Resultatet brukes til slutt for presentasjon.

### 3.3.12 Møter, fremdrift og rapportering

En av utførende student jobber hos oppdragsgiver, slik at det ble avholdt mange uformelle møter med VA-ansvarlige i kommunen uten møtereferat. Vi fikk mye hjelp fra

oppdragsgiver underveis som blant annet informasjon innsamlinger, lett tilgang til tidligere prosjektdokumenter, maler, måleutstyr, dataprogrammer, praktisk opplysninger om hvordan trasé bør velges, hvordan man skal utarbeide forskjellige planer og anbudsbeskrivelsen.

Møter med veileder ble avholdt fire ganger i prosjektperioden. Temaet ble tatt opp var hovedsakelig statusoppdateringer og veiledninger i hva vi burde ta med i rapporten.

I tillegg til de uformelle møtene, leverte vi fremdriftslogg og fremdriftsrapport hver andre uke [Vedlegg 2] til veileder. Loggene inneholdt faktisk gjennomført aktiviteter i de to siste ukene og planlagt arbeid to uker framover. Rapporten beskriver mer om det som står i loggen om hva vi har lært og eventuelle avvik på fremdriften.

Hensikten med rapportering var å lett kunne følge opp prosjektet gjennom hele prosessen for både skolen og studentene. Gjennomgang av rapportene med veileder under møter var nyttig for at prosjektet vårt skulle gå i riktig spor.

### ***3.4 Beregninger og formler***

#### **3.4.1 Overvannsberegning og -dimensjonering**

Vi har utarbeidet et excelark som skal ta for seg beregning av overvannsmengde, i et valgt nedslagsfelt som er mindre enn 50 ha (VA-Norm, vedlegg B4), [Vedlegg 3]. Prinsippet for regnemaskinen er basert på den rasjonelle metoden og VA/Miljø-blad nr. 85:

1. Bestem tilrenningstiden ( $T_t$ ) på nedslagsfelt frem til sluk. Tiden varierer fra 3-15 min avhengig av terrengforhold. Området vi jobber i består stort sett av enebolig med stor hage som har lite andel tette flater. Vi velger derfor 15 min.
2. Bestem vannhastighet  $v$  (m/s) i ledning. Verdien ligger vanligvis mellom 1,5 til 2 m/s. Hastigheten er avhengig av ledningsmateriale og fall. Vi setter den til 1,5 m/s med hensyn på fall som er på 10%.
3. Beregn strømningsstid (s)  $T_s=L/v$ . (**Ligning 1**)

4. Beregn konsentrasjonstid (min),  $T_k = T_t + T_s$  (**Ligning 2**). Verdien bruker vi i IVF-kurven for Ålesund kommune til å finne ut nedbørsintensitet (i) sammen med anslått gjentaksintervall (z) på 20 år som er for boligområder.

5. Beregn den dimensjonerende vannmengden Q:

$$Q = c * i * A * K_f \text{ (Ligning 3)}$$

- c - Avrenningskoeffisient er satt til 0,5 på grunn av arealtypen i området er en blanding av enebolig og plen
- i (l/s\*ha) - Nedbørsintensitet avlest fra IVF-kurve
- A (ha) - Areal til nedslagsfelt som vi har valgt til å beregne
- K<sub>f</sub> - Klimafaktor på 1,4

6. Q bruker vi videre til å beregne dimensjon på overvannsledning D:

$$D^5 = \frac{f * L * Q^2 * 8}{g * \pi^2 * h} \text{ (Ligning 4)}$$

- f - Friksjonskoeffisient. Plast har en ruhet på 0,6 mm som tilsvarer 0,024 for friksjonskoeffisient. (tabell 1)
- L (m) - Lengden på ledningen
- Q (l/s) - Dimensjonerende vannmengde
- g (m/s<sup>2</sup>) - Gravitasjon satt til 9,81 m/s<sup>2</sup>
- h (m) - Høydeforskjell mellom ender av ledningen

Ulik friksjonskoeffisient f		
Friksjonskoeffisient f	Tilsvarende ruhet i mm	$\tau$ [N/m <sup>2</sup> ]
0,023	0,5	2,49
0,028	1	2,54
0,035	2	2,67

Tabell 1. Bestemmelse av friksjonskoeffisient til rør med tilsvarende ruhet

Vi har satt fall til 10%. Siden  $h = L * \text{fall}$ , faller L bort. Jo større fall ledning har desto mindre dimensjon trenger man, derfor velger vi minst preakseptert fall. I tillegg må vi passe på at Q har benevning som l/s som er det samme som dm<sup>3</sup>/s, og må omgjøres til m<sup>3</sup>/s for å få riktig resultat. Slik at den endelige ligningen til lednings indre diameter D blir:

$$D = \sqrt[5]{\left(\frac{f * Q^2 * 8}{g * \pi^2 * 0,01 * 10^6}\right)} \text{ (Ligning 5)}$$



### 3.4.2 Spillvannsmengde, -dimensjonering og selvrensing

På samme måte som overvannsberegning lagde vi et excelark for å bestemme minste dimensjon på spillvannsledning [Vedlegg 4]. Vi vil også se om den er selvrensende.

Excelarket ble bygd opp på følgende måte fra VA/Miljø-blad nr. 79 og 115:

1. Beregn PE ut fra folkeregister på Gemini VA [Vedlegg 14] ved å telle antall personer som er knyttet til den spillvannsledningen vi skal dimensjonere. 1 person tilsvare 1 PE, minste PE per boenhet er 2,5.
2. Beregn den maksimale vannføringen i spillvannsledning i et valgt område,  $Q_{maks}$  (l/s):

$$Q_{maks} = \frac{(P * Q_f * F_{maks} * K_{maks} + P * Q_a + P * Q_{lekk})}{24 * 60 * 60} + Q_{inf} * L \quad (\text{Ligning 6})$$

- P - PE
- $Q_f$  (l/s\*pe) - Normal forbruk per PE per døgn
- $F_{maks}$  - Maksimal døgnfaktor. Fastsatt til 2 på grunn av type bebyggelse (tabell 2)
- $K_{maks}$  - Maksimal timefaktor som er fastsatt til 2,5 (tabell 2)
- $Q_a$  (l/s\*pe) - Annet forbruk. Fastsatt til 0 siden det ikke er andre typer bebyggelse rundt
- $Q_{lekk}$  (l/s\*pe) - Lekkasje i røret. Satt til 0 siden ledninger er ny
- $Q_{inf}$  (l/s\*m) - Infiltrasjon fra fremmedvann inn i røret som settes til 0,0002
- L (m) - Lengden på ledningen

Type bebyggelse	Døgnfaktor, $F_{maks}$	Timefaktor, $K_{maks}$
Fritidsområder	2,0-4,0	2,0-4,0
Spredt eller samlet bebyggelse med overveiende landbruksvirksomhet	2,0-3,0	2,0-3,0
Mindre samlet bebyggelse med overveiende byvirksomhet	1,5-2,0	1,5-2,5
Større samlet bebyggelse med differensiert byvirksomhet	1,3-1,5	1,5-1,7

Tabell 2. Døgnfaktor og timefaktor avhengig av type bebyggelse

3. Beregn minst dimensjon ved fylt rør  $D_{fylt}$  (mm). Beregnet denne ved hjelp av  $Q_{maks}$  og (Ligning 4)
4. Velg en indre dimensjon som passer for ledningen. Den må minst være 150 mm (VA-Norm, 6.4)
5. Beregn vannhastighet  $v$  (m/s)

$$v = \sqrt{\frac{h \cdot D \cdot 2 \cdot g}{f \cdot L}} \quad (\text{Ligning 7})$$

6. Beregn vannføring ved fylt rør  $Q_{fylt}$  (l/s):

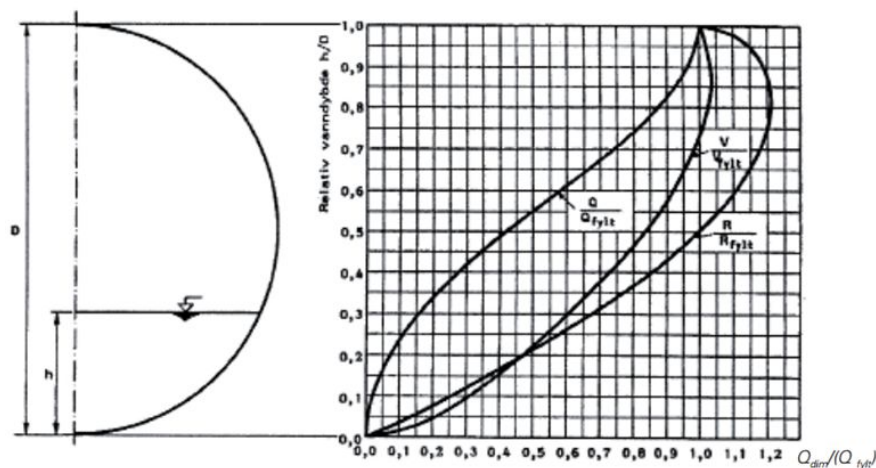
$$Q_{fylt} = v \cdot A = (v/10) \cdot \pi \cdot \frac{(D/100)^2}{4} \quad (\text{Ligning 8})$$

7. Beregn dimensjonerende vannføring,  $Q_{dim}$  (l/s):

$$Q_{dim} = \frac{a \cdot P \cdot Q_f \cdot F_{min}}{24 \cdot 60 \cdot 60} \quad (\text{Ligning 9})$$

- $a = 1 + \frac{23}{\sqrt{P}}$
- P - PE
- $Q_f$  - Normal forbruk per PE per døgn
- $F_{min}$  - Minste døgnfaktor fastsatt til 0,7

8.  $Q_{dim}/Q_{fylt}$ , ved å bruke denne verdien til å avlese  $h/D$  fra figur 19.



Figur 19. Delfyllingsdiagram

9. Beregn skjærspenning ved fylt rør  $\tau_{fylt}$  (N/m<sup>2</sup>):

$$\tau_{fylt} = \gamma \cdot R \cdot I \quad (\text{Ligning 10})$$

- $\gamma$  (N/m<sup>3</sup>) - Vannets spesifikke vekt, fastsatt til 10 000
- R (m) - Våt omkrets  $D/4$
- I - Ledningsfall fastsatt til 0,01 som er minste tillatt fall

10. Beregn maksimal skjærspenning i bunn av røret  $\tau_{maks}$  (N/m<sup>2</sup>):

$$\tau_{maks} = \tau_{fylt} \cdot 4 \cdot \frac{h}{D} \cdot \left(1 - \frac{h}{D}\right) \quad (\text{Ligning 11})$$

11. Sjekk om  $\tau_{\text{maks}} > \tau_{\text{min}}$  for kontroll av selvrensende effekt i røret, der  $\tau_{\text{min}}$  er 2 N/m<sup>2</sup> for spillvannsledninger, og 3-4 N/m<sup>2</sup> for fellesledninger.

Excelarket vi utarbeidet kan også brukes til å kontrollere om eksisterende anlegg har nok kapasitet og selvrensing. Man kan også sjekke om ledningen etter utført NoDig-renovering med redusert tverrsnitt kan takle vannføring fra området og om det er selvrensende.

### **3.5 Materialer**

Gjennom hele prosjektet var det to utstyr som ble benyttet for å få fram resultatene: GPS måleinstrument og kamera på mobil.

#### **3.5.1 GPS måleinstrument**

GPS-instrument fikk vi låne fra kommune sammen med kumåpner. Disse brukte vi til å måle høyder og koordinater til terreng, kum og sluk ute i feltet. Mange kummer manglet eller hadde feil topp- og bunnhøyde. Videre var det flere sluker som ikke var oppført i kommunes database.

For å bygge mest nøyaktig digital modell i Novapoint og Mike Urban var vi avhengig av en oppdatert database og terreng-grunnlag. Dette for å kunne utarbeide prosjekteringsgrunnlag og anbudsbeskrivelse. Påliteligheten av databasen spilte en stor rolle på hvor stor usikkerhet prosjektet kan være når vi skulle beregne total pris til prosjektet.



Figur 20. GPS-utstyr fra Topcon

### 3.5.2 Kamera

Da vi var ute på befaring tok vi bilder rundt det planlagte anleggsområdet. Bildene fungerer som dokumentasjon til byggeprosjektet for utarbeidelse av konkurransegrunnlag og for å unngå konflikt med grunneiere i ettertid. De dokumenterte eksisterende anleggene la vi så inn i postene med mengder i prosjektbeskrivelsen for å beregne total pris.

Det er et visst krav på bildene som ble tatt. De skal vise tydelig hvor bildene ble tatt og bør ha med nordpil og dato (Figur 21). For å gjenkjenne plassen bildet ble tatt fra, bør en ta med bygninger eller andre gjenkjennelige anlegg i omgivelsen. Nordpil og dato kan man tegne inn i ettertid.



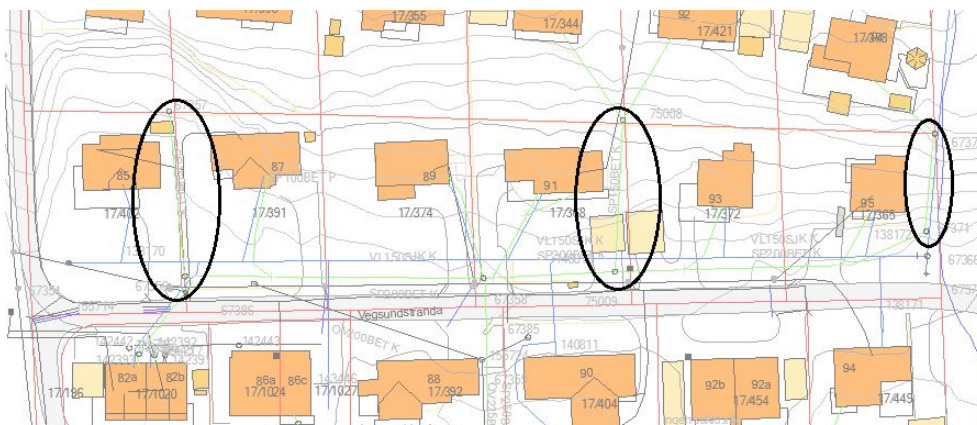
Figur 21. Viser eksempel av bilde som ble tatt fra befaring

## 4 RESULTATER

### 4.1 Foreslått fornyelsesmetoder

#### 4.1.1 NoDig

De ledningene som vi har kommet frem til som burde bli renoveret med NoDig er de tre spillvannsledningene som er ringet rundt på figur 22.



Figur 22. Kartutsnitt av østdelen hentet fra AutoCAD

Vi ser at ledningen i midten går under en garasje så her må en nesten bruke NoDig, hvis ikke må garasjen rives eller flyttes. Dette kan føre til unødvendige kostnader.

NoDig metoden vi vil foreslå er en innen semistrukturelle metoder og heter strømpeføring for avløpsledninger. Installasjonen skjer fra kum til kum. En filtstrømpe mettet med PE føres inn i eksisterende ledning og blir herdet med vanddamp.

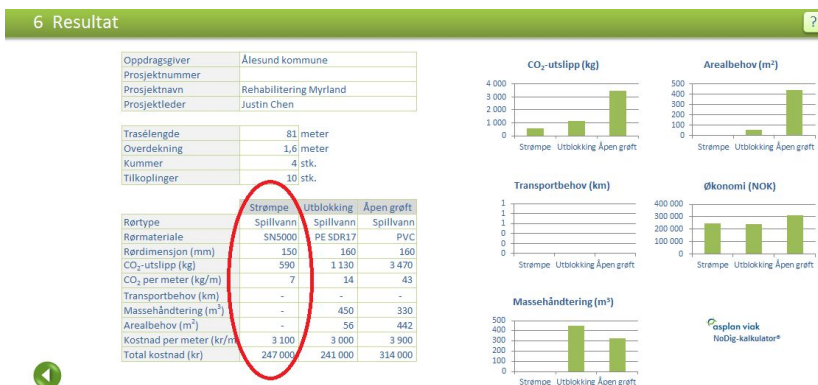
Metoden fører til at den innvendige diameteren til ledningen, blir redusert med omtrent 8 mm. Sammen med den nye og glatte rørveggen, vil denne tverrsnitt reduksjonen være ubetydelig. På tabell 3 ser vi også at selvrensing er tilfredsstillende etter strømperenovering.

Øst område		
67505	32,5	0,07 1,58885 NEI
67506	7	0,07 5,127709 JA
75011	10	0,07 18,25089 JA
67519	2,5	0,07 30,49134 JA
75010	22,5	0,07 2,039682 JA
67507	32,5	0,07 0,830025 NEI
67508	82,5	0,07 6,719801 JA
67514	45	0,07 2,292812 JA
67515	127,5	0,07 6,158949 JA

Tabell 3. Selvrensing etter strømpeføring fra excelark vi utarbeidet



Figur 23. Prinsippsskisse for strømperenovering hentet fra Norsk Vann rapport 221 [6]

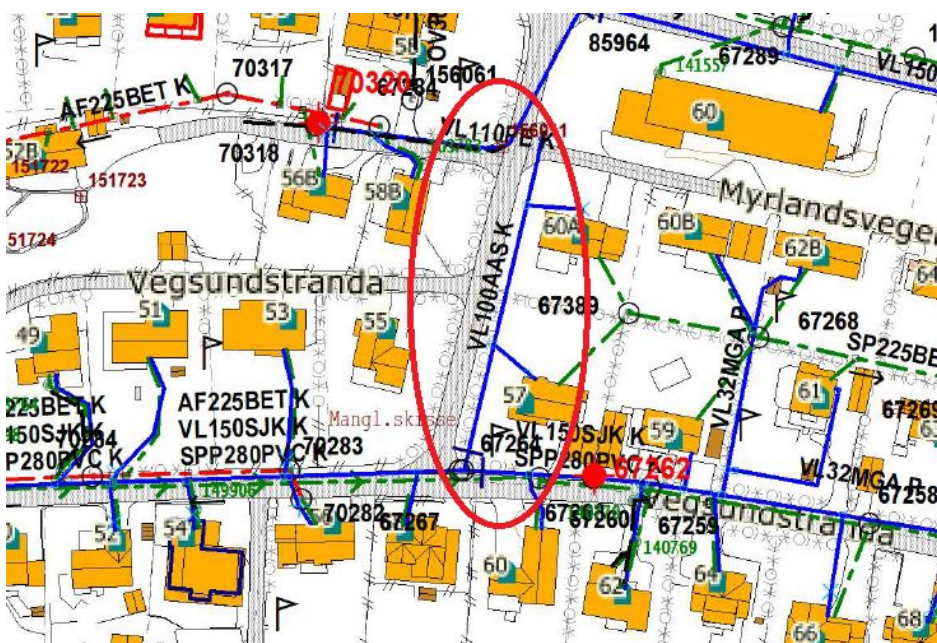


Figur 24. Grovestimater for NoDig sammenlignet med andre renoveringsmetoder utarbeidet av Asplan viak

Denne metoden er lettere å utføre enn tradisjonell graving. I dette tilfellet vil det også spare kostnader, spesielt med tanke på garasjen og graving i privat grunn. Denne metoden er også den NoDig metoden som er mest brukt i Ålesund kommune, så de har god kjennskap til den.

Ukjent grunnforhold, usikkerhet rundt beliggenheter av kabler og ledninger i grunn, samt ukjent materialtyper og dimensjoner gjør at strukturelle og ikke-strukturelle metoder er lite brukt i Ålesund. Det har vært forsøk på å bruke utblokking som er en strukturell metode tidligere, noe som har ført til uhell på grunn av ukjent plassering på ledninger rundt.

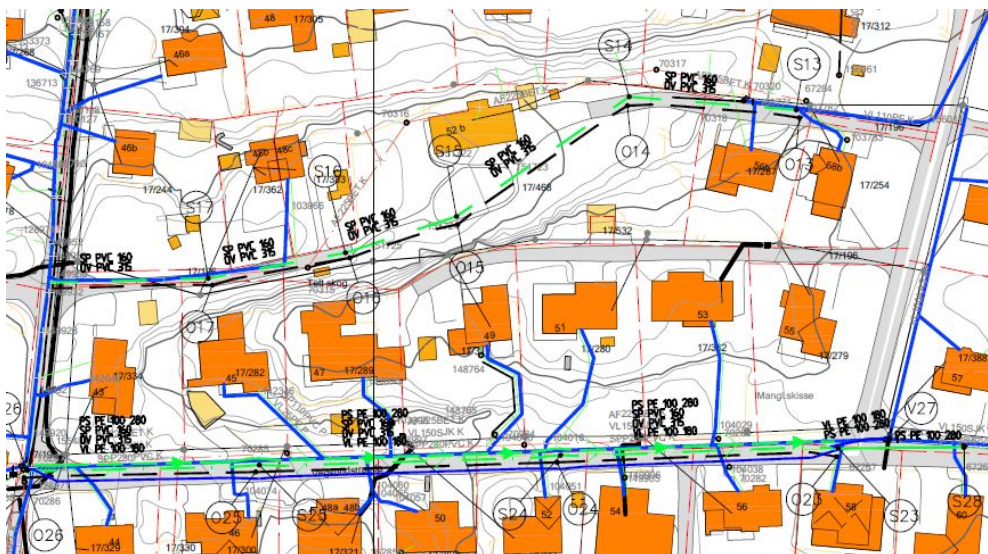
En bør ikke bruke NoDig-metoder for fornyelse på ledninger av asbest med hensyn til driftsproblematikk av materialet. Figur 25 viser en ledning av asbest. Vi er ganske sikker på at det ligger kun en vannledning i grunn på akkurat denne strekningen, men den må fortsatt graves opp på grunn av materialtypen.



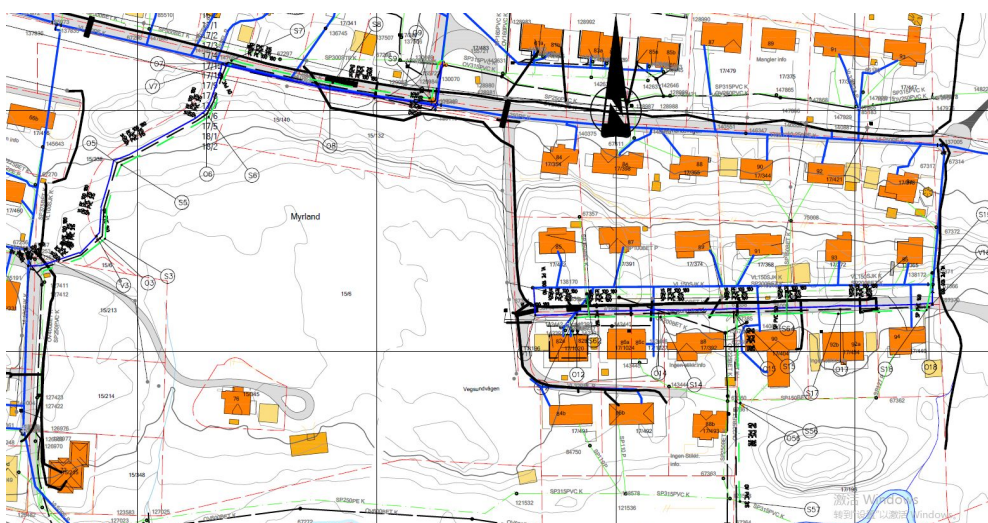
Figur 25. Asbest ledning på vest område hentet fra Gemini VA

#### 4.1.1 Konvensjonell graving

Med tanke på begrensninger til NoDig-metoder som er beskrevet i avsnitt 2.4.1 foreslår vi tradisjonell graving på de andre strekningene. Figur 26 og 27 viser plantegningene av de tiltenkte traséene.



Figur 26. Foreslått ledningstrasé med konvensjonell graving for vest delen



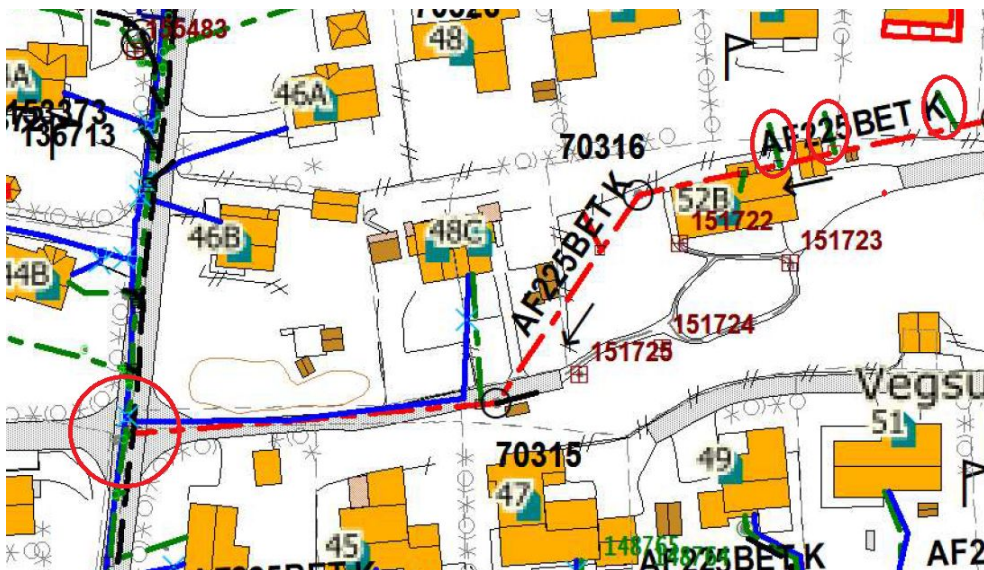
Figur 27. Foreslått ledningstrasé med konvensjonell graving for øst delen

Som nevnt i avsnitt 3.2.1 har Ålesund kommune en database med mye feil. En annen grunn til at vi foreslår separering er fordi ledninger som viser spillvannsledning i databasen kan være fellesledning i virkelighet. Dette vises på figur 29. Etter en del befaringer kom vi frem til at omkring 70% av private takrenner var koblet til spillvannsledninger. Dette gjør at store mengder av fremmedvann er påført ledningsnettet i dag.

Problematikken kan løses ved å legge separatsystem i området og pålegge grunneiere til å koble takrennene til ny overvannsledning som vil bli lagt. Forkontroll av takrenner skal beskrives i anbudet slik at entreprenøren kan sjekke om den er frakoblet fra spillvannsledningen eller ikke.



Figur 28 viser feil i Gemini. Felles-stikkledninger vises som spillvann til høyre. Venstre på kartet viser fellesledning som blir til spillvannsledning.



Figur 28. Eksempel på feil i kartdatabasen



Figur 29. Bilde av takrenne som er koblet til spillvannsledning som ble tatt under befarings

#### ***4.2 Kartlagt nedslagsfelt***

Figur 30 viser det tiltenkte nedslagsfeltet ved hjelp av dataene som er beskrevet i avsnitt 3.3.3. Området som er merket med polygon har separatsystem og overvann renner ut i en bekk som ligger sør for boligfeltet. Overvann fra resten av nedslagsfeltet transporteres

videre i fellessystem til pumpestasjoner og føres deretter videre mot et renseanlegg i Skråvika.



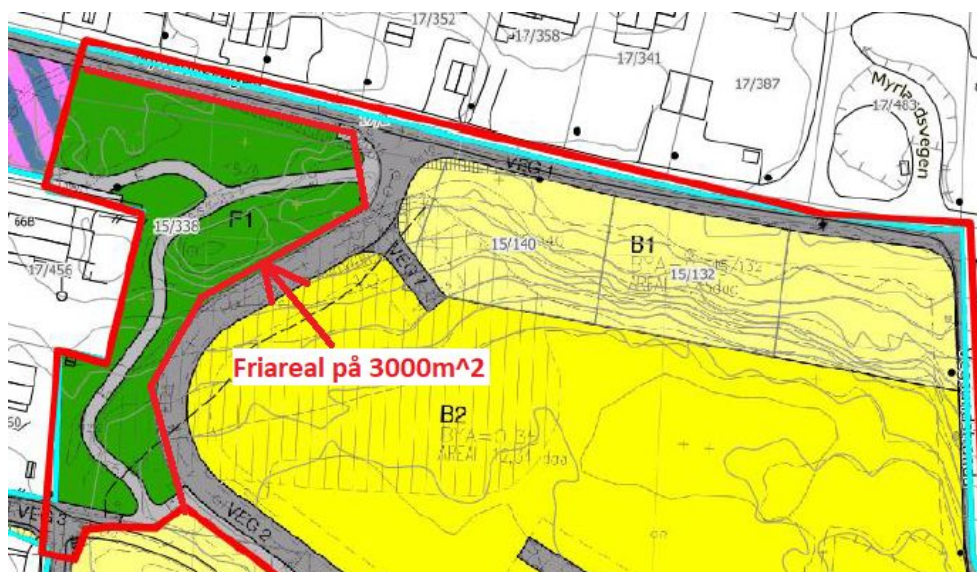
Figur 30. Inndeling av nedslagsfelt i Mike Urban

### 4.3 Mulige LOD-løsninger

Nesten hele prosjektområdet er bebygget med eneboliger som har hager. Det vil derfor være vanskelig og lite lønnsomt å etablere LOD-løsninger på de allerede bebygde områdene. En vil helst unngå å legge kommunale etableringer i privat grunn for å unngå konflikter med grunneiere, og for drift og vedlikehold i ettertid. LOD-løsninger vil derfor være best egnet for kommunal grunn eller bebyggelse under planlegging.

Etter at vi hadde innhentet opplysninger om nedslagsfeltet og videre snakket med ansvarlige i Ålesund kommune, fant vi ut at det var en ledig kommunal tomt som utgjorde totalt 3000 m<sup>2</sup> (figur 31). Denne tomten er regulert til friareal for et nytt boligfelt til 30 boenheter som skal bygges ved siden av. Videre så vi at flomveikartet i avsnitt 2.1.2 viser at det renner overvann gjennom dette området.

Dette området bør undersøkes nærmere for å se om det er muligheter til å bygge ut eventuelle fordrøyningsmagasin/basseng, eller grøft/bekker. Løsningen bør avklares tidligst mulig i planleggingsfasen med andre berørte parter i reguleringsplanen for å få best mulig resultat.



Figur 31. Kartutsnitt hentet fra ny reguleringsplan

Et annet alternativ kan være å asfaltere med porøs asfalt etter entreprenør er ferdig med grunnarbeid. Fordeler med en slik asfalt er at den demper overvannsavrenning, reduserer andel tette flater og er støysvakt. Ulempene med en slik asfalt er at den slites veldig raskt i forhold til vanlig asfalt og den krever hyppig vedlikehold. Dette gjør at porøs asfalt egner seg best i lite trafikkerte veier eller i boligfelt, noe som dette området er planlagt til å være.

#### **4.4 Dimensjonert ledningsnett og materialvalg**

##### **4.4.1 Overvannsledning**

Ferdig utarbeidet excelark er vedlagt i [Vedlegg 3]. Regnearket er basert på metoder og formler som er beskrevet i avsnitt 3.4.1. Resultatet fra beregningene og kravene i VA-Norm viser at 315 mm PVC overvannsrør med ringstivhet SN8 egner seg for alle traséene i prosjektet.

Vi bruker et stort nedslagsfelt på boligfeltet i østlig del av prosjektområdet. Dette er for å beregne overvannsmengden som belastes på overvannsledningen i sør. Nedslagsfeltet utgjør et område på omtrent 1,9 ha. Etter utregningen får vi en vannmengde på 82,46 l/s. Ved bruk av (Ligning 5) regnet vi ut og kom frem til at nødvendig rørdimensjon vil være 266,66 mm for å transportere overvann fra boligfeltet.

Resultatet viser at minste dimensjon for overvannsledninger som er oppgitt i VA-Norm skal være stor nok til å føre den dimensjonerende vannmengden fra boligfeltet.

Beregningene er basert på regn med 20 års returperioder.

Nedslagsfeltet vi dimensjonerer for er det største i hele prosjektområdet, så vi kan derfor konkludere med at overvannsledninger med indre diameter på 305 mm er stor nok for alle traséene. Figur 32 viser det utvalgte nedslagsfeltet som blir påført ledningsnett og renner til overvannsledningen sør som er ringet rundt.



Figur 32. Utvalgt nedslagsfelt for boligfeltet i østlig del for overvannsberegning

I henhold til VA-Norm avsnitt 7.1 og VA/Miljø-blad nr.10, 12 og 31 foreslår vi plastrør med materiale av PVC med ringstivhet SN8 for overvannsledningene. Dette materialet er mest brukt for de fleste nye selvfallsledningene i Ålesund kommune. Enkel montering, hydraulisk glatt, god motstand mot slitasje, formbestandighet, tetthet og elastisitet gjør at materialet passer best for dette prosjektet.

PP kan også brukes som materiale, men siden området ikke er utsatt for stor trafikk, jordtrykk eller bratt terreng, vil PVC derfor være et bedre valg.

#### 4.4.2 Spillvannsledning

Ferdig utarbeidet excelark er vedlagt i [Vedlegg 4]. Regnearket er basert på metoder og formler som er beskrevet i avsnitt 3.4.2. Resultatet viser at minste indre dimensjon som er

oppgitt i VA-Norm på 150 mm er godt egnet på alle traséene. På samme måte som overvannsrør foreslår vi 160 mm PVC med ringstivhet SN8 til spillvannsledningene i henhold til krav i VA-Norm avsnitt 6.1.

Det er ett unntak, nemlig den nye traséen som skal legges i det nye regulerte boligfeltet. Ved å øke dimensjonen til 315 mm får ledningen samme dimensjon som de eksisterende spillvannsledningene i nærområdet. Dette vil også gjøre at ledning får stor nok skjærspenning til selvrensing, samt få nok kapasitet til å håndtere fremmedvann fra andre ikke-separerte områder. Tabell 4 viser selvrensing ut fra beregnet PE i excelark.

55,139/0693		151	1,80253591	32,25998	0,7	0,995907	0,012272377	9,934210526	0,07	2,586868	JA
<b>Ledninger med dårlig fall og ikke selvrensing</b>											
25,17697846	151	1,25346064	22,43542	0,7	0,204814	0,009129027	4,804781562	0,07	1,251165	NEI	
10,82744834	151	4,93673361	88,36153	0,7	0,134057	0,001517143	74,5300879	0,07	19,40763	JA	
23,38691095	151	1,61460804	28,89952	0,7	0,213238	0,007378615	7,972352088	0,07	2,076	JA	
24,88816377	151	0,90539237	16,20542	0,7	0,168646	0,010406757	2,506835938	0,07	0,65278	NEI	
28,35635518	151	2,29462849	41,07106	0,7	0,359286	0,0087479	16,10189573	0,07	4,102834	JA	
29,60925995	151	1,7497737	31,31882	0,7	0,322921	0,01031078	9,363021421	0,07	2,438131	JA	
40,69005534	151	2,19678459	39,31978	0,7	0,627418	0,015956807	14,75798945	0,07	3,84298	JA	
<b>Nødvendig dimensjon</b>											
65,98178702	151	1,1110468	19,88639	0,7	0,897733	0,045143096	3,775	0,15	1,92525	NEI	
65,98178702	305	1,57904243	115,309	0,7	0,897733	0,007785457	7,625	0,08	2,2448	JA	
Døgnfaktor, Fmaks		Timefaktor, Kmaks		Økning i dimensjon		Selvrensing					
2,0-4,0		2,0-4,0									

Tabell 4. Viser nødvendig dimensjon og selvrensing fra utarbeidet excelark

Fra regnearket ser vi at det ligger to eksisterende ledninger i boligfelt øst som ikke er selvrensende. Dette kan løses ved å øke fall i den nye planlagte traséen.

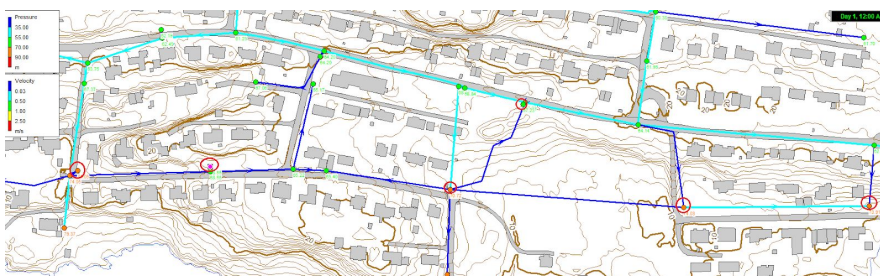
#### 4.4.3 Pumpeledning spillvann

På den nederste gaten i vest området skal en ny spillvanns pumpeledning etableres. Den er planlagt å legges i samme trasé ved siden av den trykløse spillvannsledningen. Vi foreslår å bruke 280 mm PE med 17 SDR-verdi pumpeledning. Vi beholder dimensjon på den eksisterende ledningen ved å avklare med VA-ansvarlig i kommunen. Valg av materialet er basert i henhold til VA-Norm avsnitt 6.21.

#### 4.4.4 Forsyningsledning

Resultat fra simuleringen i EPANET viser at minste indre dimensjon på 150 mm til brannvann skal være god nok med tanke på trykk, forbruk og brannvannuttak. Vi vil derfor velge 180 mm PE-rør med SDR verdi 11 i henhold til VA/Miljø-blad nr. 30 og VA-Norm avsnitt 5.1 og 5.4.

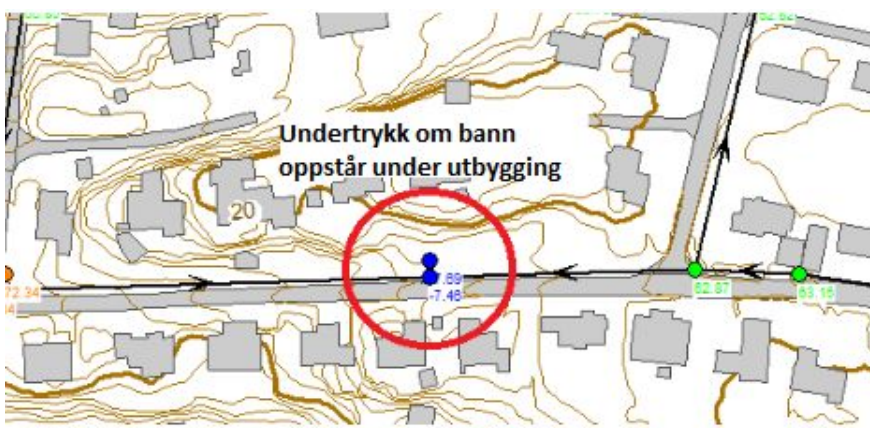
Vi foreslår plasseringer av hydranter i henhold til kravene som er beskrevet i avsnitt 2.3. Ved bruk av EPANET-modellen ser vi at alle de planlagte hydrantene har nok vannmengde og har store nok dimensjoner på ledningene de er tilkoblet til. Figur 33 viser plasseringen av de planlagte brannhydrantene. Modellen ligger i mappe for [Vedlegg 5].



Figur 33. Planlagt plassering av hydranter hentet fra simulering i EPANET

Under anleggsperioden skal det etableres en provisorisk vannledning for midlertidig vannforsyning for husene rundt. Ledningen skal minst ha en indre dimensjon på 50 mm. Figur 34 viser at dette vil føre til undertrykk på brannuttak om brann oppstår. Problemet kan løses på følgende måter:

- Øke indre dimensjon på provisorisk ledning til 90 mm
- Utføre gravearbeidet trinnvis ved å dele arbeidet på hele gaten i små gravearbeid, og videre skjote den provisorisk ledningen sammen med eksisterende rør trinn for trinn.
- Varsle brannvesenet i forkant om at gravearbeidet kan føre til undertrykk. Dersom brann oppstår må brannvesenet bruke brannbil som har vanntank til slokkingen.



Figur 34. Simulering som viser undertrykk ved uttak om brann oppstår under gravearbeid

#### ***4.5 SHA-plan for sikker utførelse***

Utarbeidet SHA-plan er lagt i [Vedlegg 6]. Denne planen skal sendes ut sammen med samordningskjema til Arbeidstilsynet før oppstart av utbyggingsprosjektet.

SHA-planen inneholder klar ansvarsfordeling gjennom hele anleggsperioden, mulige farer som kan oppstå og veiledning i hvordan avvik skal håndteres. Farene er vurdert ut fra lokale forhold og tilpasses for hvert enkelt prosjekt. Hensikten er å sørge for en tryggest mulig utførelse og kortest mulig reaksjonstid dersom uhell oppstår.

#### ***4.5 Prosjekteringsgrunnlag med trasévalg***

Detaljerte prosjekteringsfiler og tegninger er lagt ved i [Vedlegg 7]. Følgende filer er inkludert i vedlegget for hvert område:

- Novapointmodellen
- Detaljprosjekteringsfiler
  - AutoCAD tegninger, GH-tegning med detaljprosjektering og kumtegning for vannkum
  - Håndbok 139
  - Mengderapport
  - Alle tegningene i pdf er laget i henhold til VA-Norm avsnitt 3.2 *Målestokk*
    - Oversiktsplan - Målestokk: 1:2000
    - Lengdeprofil og høydeprofil - Målestokk:: 1:1000 og 1:200
    - Grøftetverrsnitt - Målestokk: 1:20
    - Tverrprofil - Målestokk: 1:100
    - Kumtegning - Målestokk: 1:50
    - Standardtegniner - Målestokk: 1:20

##### **4.5.1 Vest området**

Vi har kommet frem til at separering vil være den beste løsningen for deler av vest området. Bruk av NoDig metoder for fellesledninger vil ikke være optimalt siden vi må

legge ned en ekstra ledning. Dette på grunn av at vi skal ha en overvannsledning og en spillvannsledning.

Da vi startet prosjekteringen hadde vi planer om å følge traséen til den eksisterende ledningen. Ved å se på figur 35 vil man oppdage at den eksisterende ledningen (oransje linje) går under garasje og er for nærme hus. Da vi så dette prosjekterte vi en ny trasé (rød linje) som gikk over den eksisterende ledningen.

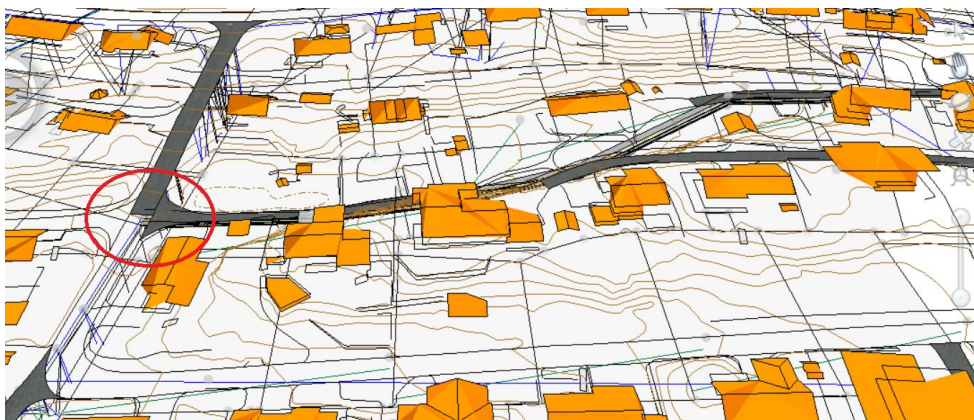
Ved å se nærmere på dette oppdaget vi at det var fjell i grunnen der vi hadde prosjektert ledningen. På bakgrunn av dette prosjekterte vi en helt ny trasé (grønn linje) som går nedenfor huset i midten. Traséen vil inneholde en spillvannsledning og en overvannsledning, som vil bli koblet til ledningsnettet på venstresiden på tegningen. Figur 26 viser en mer nøyaktig tegning.



Figur 35. Kartutsnitt av vest området hentet fra AutoCAD

Vi brukte Novapoint for å få mer nøyaktige høyder på endepunktene av ledningene slik at de er på samme høyde med de ledningene de skal sammenkobles med.

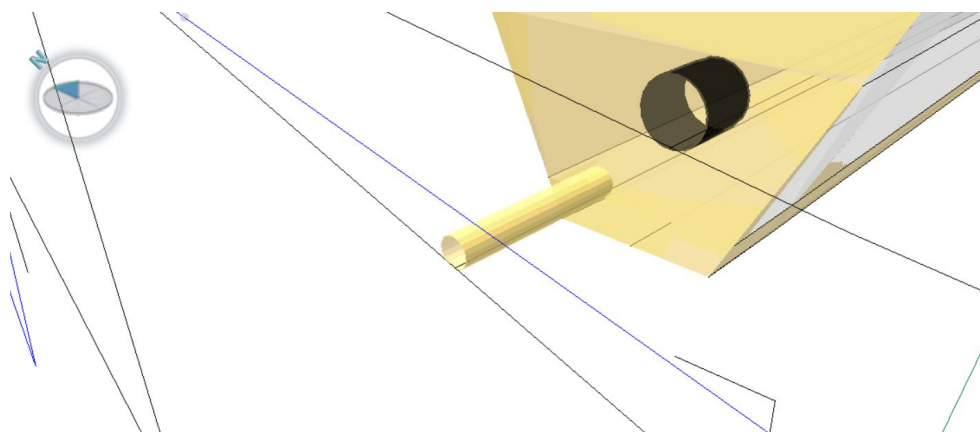




Figur 36. Kartutsnitt av deler fra vest området hentet fra Novapoint

Figur 37 viser traséen vi har prosjektert som treffer de eksisterende ledningene. Den beige-fargede ledningen er spillvannsledningen og den svarte er overvannsledning. Vannledningen er den blå linjen i midten, spillvannsledningen er den svarte linjen nederst og overvannsledningen er den svarte linjen øverst. Merk: Det er ikke normalt at overvannsledningen ligger høyere opp enn både vann- og spillvannsledningen.

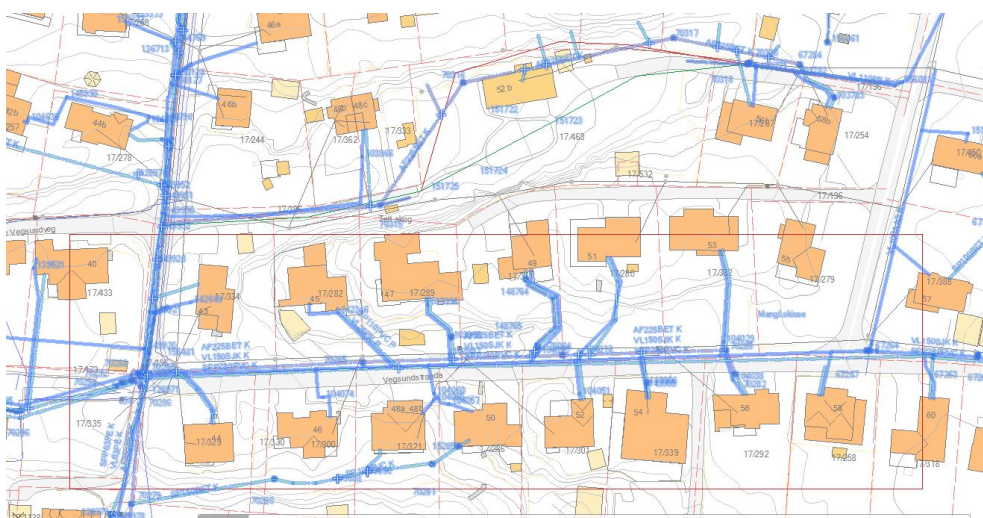
Etter at vi justerte høyden på enden av ledningene slik de treffer de ledningene som de skal kobles til, ble fallet på ledningen justert. I dette tilfellet ble overvannsledningen flyttet veldig høyt slik at minimumskravet for selvføll ikke ble oppfylt. Vi hevet derfor nærmeste kum med noen cm slik at dette kravet ble oppfylt. Dette gjorde at ledningen ble flyttet høyere enn 1,5 m. Dette er ikke optimalt, men siden det ikke er tungtrafikk i dette området vil dette ikke være av betydning. Ledningen vil være over frostfri dybde, noe som bør tas hensyn til.



Figur 37. Viser hvordan prosjektert ledning treffer eksisterende ledning

Videre har vi prosjektert ny trasé for ledningene som ligger sør for traséen som akkurat har blitt nevnt. Vi har tegnet et rektangel og hevet ut i blått de eksisterende ledningene for å vise området bedre. Ledningene som ligger der nå ligger litt nord for veien, så derfor har vi prosjektert ny trasé som går inne i veien. Dette gjør at det blir lettere å finne kummene og som videre vil gjøre det lettere for drift og rehabilitering på et senere tidspunkt.

Nå ligger det allerede en pumpeledning i veien, og den vil bli ødelagt om man graver i veien. Vi har snakket med Ålesund kommune om dette og har kommet frem til at det vil fortsatt være kostnadseffektivt å ødelegge den, slik at vi får prosjektert en ny pumpeledning samt tre nye ledningene. Figur 26 viser resultatet.



Figur 38. Vest området hentet fra AutoCAD

#### 4.5.2 Øst område

Figur 39 og 41 viser de tiltenkte traséene i øst området. Traséene er prosjektert i henhold til VA-Norm avsnitt 4.4 og er et resultat av følgende faktorer:

##### Tilpasning til eksisterende anlegg

På et rehabiliteringsprosjekt er man ofte avhengig av å kunne koble sammen det nye ledningsnett sammen med det eksisterende. Dette gjør at overdekning, fall og grøftetverrsnitt må tilpasses slik at ledningsnett blir sammenhengende.

##### Tilgjengelighet for stikkledninger

Grøftetverrsnittet skal være tilpasset for de eksisterende stikkledningene. Eksempel: Dersom mesteparten av de private vannledninger er på nordsiden av en vei, vil det være naturlig at den planlagte hovedvannledningen plasseres på nordsiden i grøften. Hensikten med dette er å unngå krysninger mellom vannledningen og spillvannsledningen, med hensyn på hygienisk barriere. Man vil ofte kunne unngå unødvendig rot og tilkoblingsfeil under anleggsperioden ved å gjøre dette.

### **Eksisterende kabler i grunn**

Det er hensiktsmessig å holde 2 m avstand fra kabler i grunn, spesielt høyspentkabler. Dette er for å unngå brudd av kabler under gravearbeid som er svært kostbart. Kryssing av kabler er ellers akseptabelt.

### **Eksisterende anlegg på grunn**

Det vil også være hensiktsmessig å holde 2 m avstand fra gjerder, stauder, hekker og lignende siden eier har krav på erstatninger om disse skulle blitt ødelagt.

Avstand mellom bygninger og ledninger skal minst være minst 4 m, med hensyn på plass for anleggsmaskin og andre bygningsskader.

### **Grunnforhold**

En bør helst unngå å legge ledninger i dårlig masse eller fjell siden tiltakene ofte er kostbare og vanskelig å utføre.

### **Tilgjengelighet**

En ønsker ofte å legge traséene i kommunal grunn eller vei slik at utførende har god fremkommelighet under byggetiden. Videre vil det bli lettere med tanke på drift og vedlikehold i fremtiden.

### **Kumavstand**

I følge VA-Norm avsnitt 6.14 er maks avstand mellom kummer satt til 80 m. VA-ansvarlig i kommunen mener ut fra erfaring at denne avstanden ikke bør være mer enn 70 m, med hensyn til drift og vedlikehold. Som et kostnadsbesparende ledd kan det etableres en

inspeksjonskum mellom to nedstigningskummer dersom inspeksjonskummen er innenfor denne avstanden.

### **Bend**

Bend i ledninger er prosjektert i henhold til VA-Norm avsnitt 6.11 *bend i grøft*. I tillegg må VA-produktbibliotek fra Novapoint benyttes. Dette er fordi alle bygningsdelene man prosjekterer, må finnes hos leverandør slik at de kan bestille varene til utførelse.

### **Overdekning og ledningsfall**

Ledninger som blir lagt for grunt kan bli påført frostskafer. Disse ledningene må ofte frostsikres. Ledninger som blir lagt for dypt fører ofte til driftsforstyrrelser. Det vil også være vanskelig å vedlikeholde slike ledninger. VA-ansvarlig i kommunen fortalte oss at omtrent 70% av omkostningene i et prosjekt er tilknyttet graving. Det vil derfor være kostnadseffektivt dersom vi kan prosjektere en trasé med overdekning som ligger mellom 1,5 og 2,5 m dypt i grunnen.

Figur 42 viser den første tiltenkte traséen i det østlige boligfeltet. Med minst fall på 10%, har traséen en overdekning på 4,4 m i enden. Dette er ikke optimalt, så derfor ble det prosjektert en ny trasé som vises på figur 43. Denne traséen følger den eksisterende ledningen mellom to hus med en avstand på 4 m mellom hvert hus. Den største overdekning blir på omtrent 3,5 m. Dette er litt mye men det er bedre enn 4,4 m med overdekning.

### **Fremtidige utviklinger**

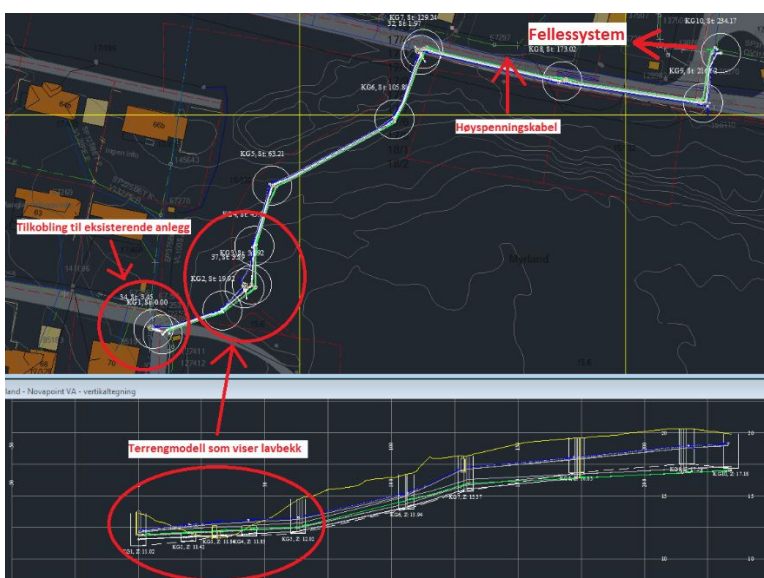
Når en skal legge nytt ledningsnett er det kostnadsbesparende å unngå endringer i ettertid med tanke på fremtidige planer. Det vil derfor være viktig å avklare med andre myndigheter som blant annet avdelinger i kommunen, vegvesenet, kabeletatene eller andre involverte om dette.

Figur 39 og 40 viser at vi har valgt en trasé som følger en kommunal vei under regulering. Veien skal ligge ved et nytt boligfelt med 30 boenheter. Traséen skal forsyne drikkevann til boligfeltet, samt føre vekk overvann og spillvann. Det finnes et lavbrekk der traséen skal gå som sannsynlig må fylles. Det vil trolig bli VAP-avdelingen som skal bygge den nye

veien, og de må forholde seg til dette. Det vil derfor være av stor betydning med tidlig avklaring om dette.

### Separering av fellessystem

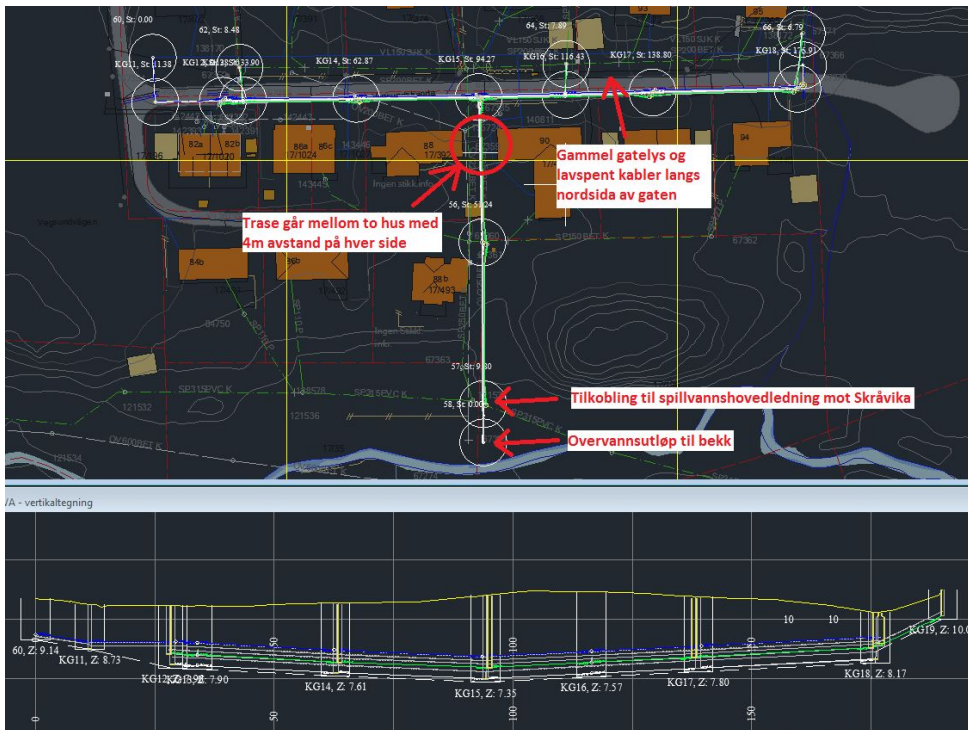
Separering av fellessystem er en annen grunn til at vi velger denne traséen. Som figur 39 viser, har ledningsnettets mot vest fellessystem. Overvannet som er påført nettet kommer fra et stort boligområde som ligger nordøst for traséen. Planen er da å omkoble overvannsledning fra det området via det planlagte overvannsrøret til et eksisterende overvannsrør i sør, og videre ut i resipient.



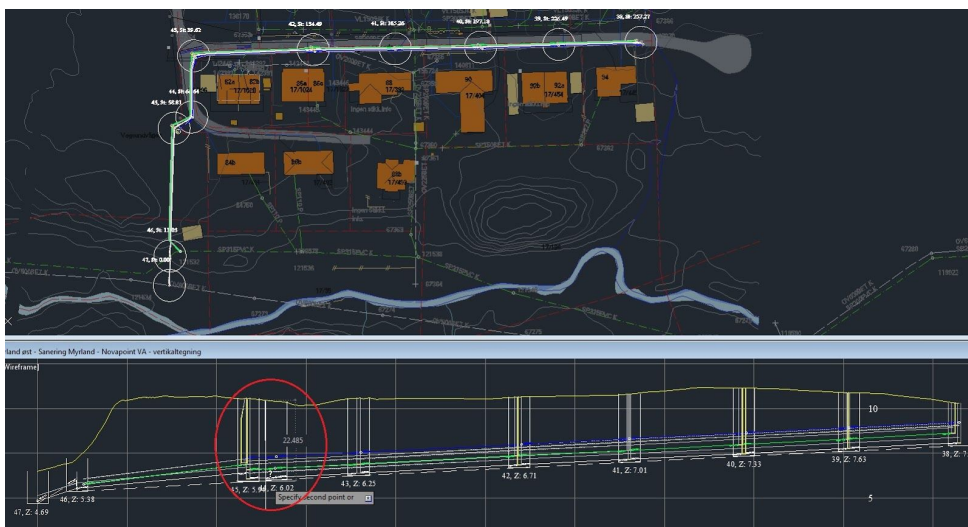
Figur 39. Trasé gjennom nytt regulert boligfelt



Figur 40. Ny reguleringsplan for boligbebyggelse med 30 boenheter



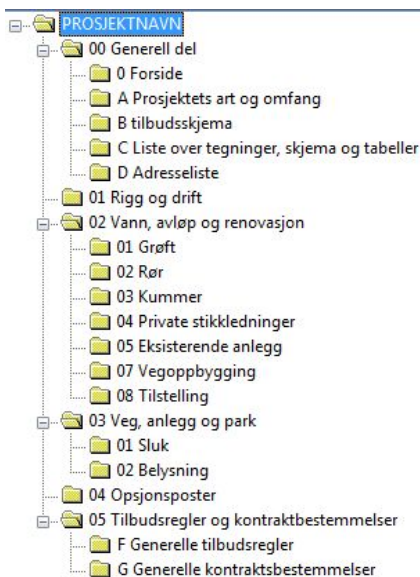
Figur 41. Trase gjennom boligfelt på østlig del



Figur 42. Den første tiltenkte traséen med 4,4 m overdekning

#### 4.6 Konkurransgrunnlag

Detaljert beskrivelse av hele utbyggingsprosjektet er vedlagt i [Vedlegg 8]. Samme som prosjekteringsgrunnlaget så vil konkurransgrunnlaget også være todelt for vest og øst området. Figur 43 viser de forskjellige hovedpostene i grunnlaget.



Figur 43. Hovedpostene i et VA-utbyggingsprosjekt

#### 4.6.1 Generell del

- Kort beskrivelse av prosjektet
- Tilbudsskjema med kostnad til prosjektet tilbys av entreprenør sammen med viktige frister
- Tegningsliste er produsert ut fra prosjekteringsgrunnlaget
- Kontaktinformasjon på alle deltakerne

#### 4.6.2 Rigg og drift

Rigg og drift er en detaljert beskrivelse og prising av arbeidene som er knyttet til forarbeid, administrasjon, prosjektoppfølgning og -organisering, provisoriske ledninger og midlertidig sandfangskum.

#### 4.6.3 Grøft

Utarbeidet ut i fra mengderapporter fra prosjekteringsgrunnlaget og dels fra befaringer. Hovedposten inneholder mengder løsmasse som skal graves og transporteres, asfalt som skal rives, antall meter skjæring på eksisterende asfalt som skal utføres, og hvor mye mengder på de forskjellige lagene som skal være i grøften.

#### **4.6.4 Rør**

Denne posten er beskrevet ut fra Håndbok 139. Der har vi lagt inn alle type rør som er prosjektert, rørdeler som er nødvendig for å skjøte sammen med eksisterende ledninger og delene som skal terses/tettes på enden. Arbeidene som er knyttet til strømpeforingen føres også inn i denne hovedposten.

#### **4.6.5 Kummer**

Denne posten er også beskrevet ut fra Håndbok 139. Vi har lagt inn beskrivelser på alle prosjekterte kummer, hydranter, samt tilkoblinger som skal inn i avløpskummer inn i delpostene. I beskrivelsen henviser vi også til installasjoner i kummene, og til kum- og standardtegninger som legges ved anbudet. Entreprenøren bruker disse tegningene til å utføre installasjoner og priser ut i fra dette.

#### **4.6.6 Private stikkledninger**

Denne posten inneholder en stykkliste for alle stikkledninger som skal tilkobles til de prosjekterte hovedledninger, samt en detaljert beskrivelse av dem. Beskrivelsen inneholder typer stikkledninger, materiale, utførelsesmetode og dimensjoner. Vi hentet informasjonen om stikkledningene fra Gemini VA.

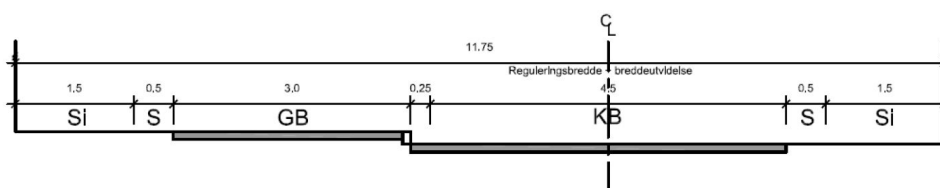
#### **4.6.7 Eksisterende anlegg**

Detaljert beskrivelse av type eksisterende anlegg som finnes rundt byggeplassen, både i og på grunn. Posten beskriver også mengder på kabelkryssing og -langføring, vegetasjonsrydding, demontering av bygninger med mere. Utarbeidet mengdetall kommer fra kartdatabase i Gemini VA som har grunnlag fra kabeletat og befaringer.

#### **4.6.8 Veioppbygging**

Posten er utarbeidet i henhold til *Veg- og gatenorm* for Ålesund kommune som vises på figur 44. Siden området er et boligfelt med mer enn 25 boenheter og på grunn av ingen endringer som er planlagt på den eksisterende veien, foreslår vi standard veioppbygging for atkomstveg II. Mengdetall kommer fra hvor mye asfalt som skal rives bort, og står i hovedposten "Grøft". Veien skal gjenfylles med samme mengde for veioppbyggingen.





To-feltsveg for flere enn 25 boenheter. A II-veg skal primært nyttes som atkomst til boligområder.

Vegtype ÅDT=100	Slite- lag *	Øvre bærelag	Nedre bærelag**	Forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a= 1,0		
				På grunn med fjell og stein- fylling med bæreevnegr.1,2 og 3	På grunn med sand, grus, morene (T2) med bæreevnegr.4	På grunn*** med grus, sand, morene (T3) med bæreevnegr.5
Fortau, GS	Agb 11 50 mm	--	Fk (0-32) 100 mm	100 mm	150 mm	250 mm
Atkomstveg	Agb 11 50 mm	Ap 32 60 mm	Fk (0-32) 100 mm	200 mm	300 mm	400 mm

Figur 44. Utsnitt fra Veg- og gatenorm for Ålesund kommune

#### 4.6.9 Tilstelling

Etter at byggearbeidet er ferdig skal alle ødelagte gjerder, murer, plen, trær, busker, hekker og lignende erstattes til sin opprinnelige stand av kommunen. Dette skal oppgis med mengde, type og lokalisering i posten slik at entreprenøren kan prise det. Mengdetall kommer fra befaringer og Gemini VA.

#### 4.6.10 Veg, anlegg og park

For å kunne utarbeide denne posten måtte vi avklare behov fra ansatte i VAP-avdelingen. Utskifting av gatesluk og mengde som skal utskiftes ble beskrevet ved hjelp av *Veg- og gatenorm* og Gemini VA.

Etter avklaringer med VAP var deres oppfatning at det er hensiktsmessig og kostnadsbesparende å skifte ut gamle gateløys med luftspenn når vi planlegger rehabiliteringsarbeidet (figur 45). Mengder for utskiftingsbehovet for ny kabelgrøft kom vi frem til ved hjelp av grunnlag på Mørenett.



Figur 45. Gamle gatelys og luftspenn som skal skiftes ut sammen med VA-utbyggingsprosjektet

#### **4.6.11 Opsjonsposter**

Posten inneholder alle de arbeidene prosjektleder antar, som skal være med i prosjektet. Den brukes til å utvide økonomisk estimat for prosjektet. Dette gjøres slik en unngår å måtte sende eventuelle søknader om mer økonomisk støtte i etterkant.

De arbeidene vi har tatt med i denne posten er blant annet fjellsprenging, transport av masser etter sprenging, pigging, rensing av berg og erstatninger av private stoppekraner. Mengdetallene kommer fra anslått fjell under løsmasser og kommunes database. Tykkelsen på løsmassene over fjell i hele prosjektområdet anslås til å være rundt 40 cm.

#### **4.6.12 Tilbudsregler og kontraktbestemmelser**

Denne posten er en generell beskrivelse om hvordan tilbud skal foregå og kontrakt skal være etter lover, forskrifter og norsk standard. Posten er en standard mal uten redigering.

#### **4.6.13 Prisestimat**

Etter at vi var ferdig med utarbeidelsen av prosjektbeskrivelsen estimerte vi hvor mye hele prosjektet kommer til å koste og får følgende resultat:

Grovt estimat med 15 000 kr./m av planlagt grøftelengde

Østlig del: 531 m med graving → 7 965 000 kr.

Østlig del: 81 m med NoDig-renovering → 247 000 kr. (Figur 24)

Totale østlig del: → 8 212 000 kr.

Vestlig del: 401 m med graving → 6 015 000 kr.

Totalt: Omtrent 14,2 mill.

Estimatet kommer ut i fra erfaringstall fra VA-ansvarlige i kommunen, så disse kan ha store usikkerheter. De mener at det er best å estimere for mye enn for lite, slik at man har budsjett til overs dersom avvik oppstår.

#### **4.7 Utførende fremdriftsplan**

Detaljert plan ligger i [Vedlegg 9]. Prosjektet er anslått til å vare i omtrent 35 uker fra forprosjektfase til overtagelse.

Uketallet er et grovt estimat som kommer fra arbeidsomfang og erfaringstall fra kommunen. Resultatet vil derfor kun være veiledende og kan inneholde usikkerheter. Foreslåtte aktiviteter kommer fra prosesskart, erfaringer og poster i anbudsbeskrivelsen. Dette synes vi er nøyaktig nok beskrevet trinn for trinn til utbyggingsprosjektet.

#### **4.8 Mike Urban simulering før og etter tiltak**

Ved å kjøre simulering med et 20 års regn og innen definert nedslagsfelt får vi resultat som vises på i tabell 5 og på figur 46. Ferdig modell og rapport fra simulering ligger i mappe for [Vedlegg 15].

	I løpet av et 6 timers regn	Vannmengde (l/s)
Før tiltak	50995,2 m <sup>3</sup> , 25% tette flate	2361
Etter tiltak	40776 m <sup>3</sup> , 20% tette flate	1888,7
Vannmengde redusert	10199,2 m <sup>3</sup>	472,3

Tabell 5. Resultat fra simuleringen før og etter tiltak

1 : Start volume in Pipes, Manholes and Structures	8,0 m <sup>3</sup>	1 : Start volume in Pipes, Manholes and Structures	8,0 m <sup>3</sup>
2 : End volume in Pipes, Manholes and Structures	2342,3 m <sup>3</sup>	2 : End volume in Pipes, Manholes and Structures	1717,1 m <sup>3</sup>
<b>3 : Total inflow volume</b>		<b>3 : Total inflow volume</b>	
Specified inflows		Specified inflows	
Runoff :	50995,2 m <sup>3</sup>	Runoff :	40796,0 m <sup>3</sup>
	50995,2 m <sup>3</sup> --> 50995,2 m <sup>3</sup>		40796,0 m <sup>3</sup> --> 40796,0 m <sup>3</sup>
<b>4 : Total diverted volume</b>		<b>4 : Total diverted volume</b>	
Operational, non-specified outflows		Operational, non-specified outflows	
Outlets :	48632,1 m <sup>3</sup>	Outlets :	39063,8 m <sup>3</sup>
	48632,1 m <sup>3</sup> --> 48632,1 m <sup>3</sup>		39063,8 m <sup>3</sup> --> 39063,8 m <sup>3</sup>
5 : Water generated in empty parts of the system :	14,7 m <sup>3</sup>	5 : Water generated in empty parts of the system :	13,8 m <sup>3</sup>
6 : Continuity Balance = (2-1) - (3-4+5) :	-43,5 m <sup>3</sup>	6 : Continuity Balance = (2-1) - (3-4+5) :	-36,9 m <sup>3</sup>
Continuity Balance max value :	0,7 m <sup>3</sup>	Continuity Balance max value :	0,7 m <sup>3</sup>
Continuity Balance min value :	-53,9 m <sup>3</sup>	Continuity Balance min value :	-49,8 m <sup>3</sup>

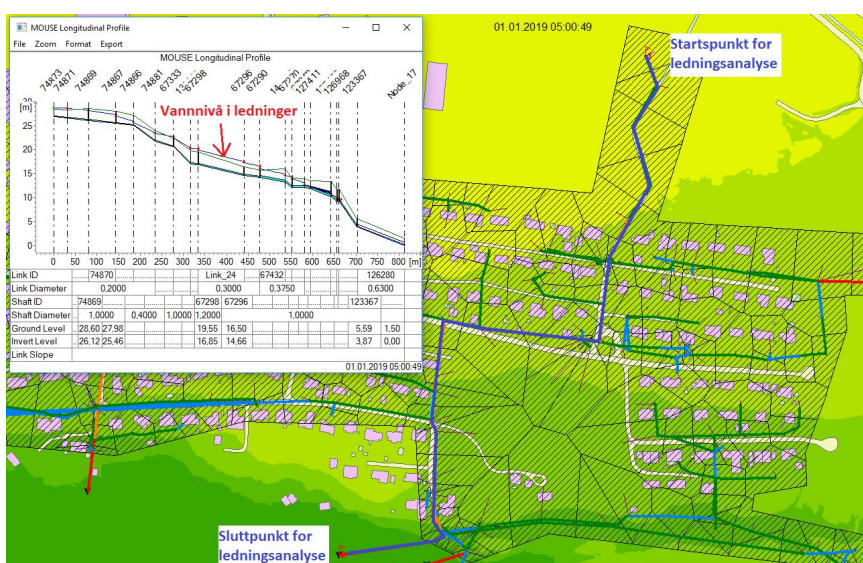
Figur 46. Total mengde regnvann som belaster ledningsnett før (venstre) og etter (høyre)

Før oppstarten av simuleringen måtte vi oppgi andel tette flate. Sammen som kunstig regn er tette flater den andre avgjørende faktoren for at simuleringen skal være nøyaktig.

Verdien kommer dels fra beregninger av de gjennomsnittlige tette flatene på alle nedslagsfeltene (Ødegaard, 2014, s. 351) og dels fra programberegning fra grunnlagsdata på tette flate. Ved hjelp av begge beregningene og hensyn på usikkerhet, antar vi en andel tette flate på er 25% for hele nedslagsfeltet.

Etter separeringen skal andel tette flater reduseres til 20%. Denne verdien kommer også fra antagelse og kan gi stor usikkerhet. Til slutt får vi en vannmengde-reduksjon på 472,3 l/s gjennom hele ledningsnettet og inn til pumpestasjonene.

Figur 47 viser resultatet fra simuleringen, og hvor i ledningsnett som sliter mest med å lede bort overvannet. Denne funksjonen er nyttig når man planlegger utskifting.



Figur 47. Simulering i Mike Urban som viser innstrømning i ledningsnett under 20 års regn

## 5 DRØFTING

### 5.1 Prosjektgjennomføring

#### 5.1.1 Fremdrift og aktiviteter

I forprosjektet ble det utviklet en fremdriftsplan [vedlegg 1]. Prosjektet ble brutt ned i mindre oppgaver i starten slik at vi fikk organisert og fordelt oppgavene likt. Vi møttes en til to ganger i uken etter behov. Der diskuterte vi blant annet fremgangsmåter, løsning til de forskjellige oppgavene og de ulike resultatene vi kom frem til. Planen med fremdriftsplanen var å følge den slavisk, men det viste seg til å ikke være enkelt.

Den første tiden av prosjektet ble brukt til innhenting av informasjon, spesielt om NoDig siden vi ikke har hatt noen erfaringer med det fra før. Videre tok prosjekteringen mye lengre tid enn antatt. Dette var på grunn av endringer underveis og problemer med datamaskiner. Deretter brukte vi lengre tid enn antatt i Mike Urban. Dette var på grunn av mye feil på ledningsnett, lite kunnskap, samt lite hjelp å få.

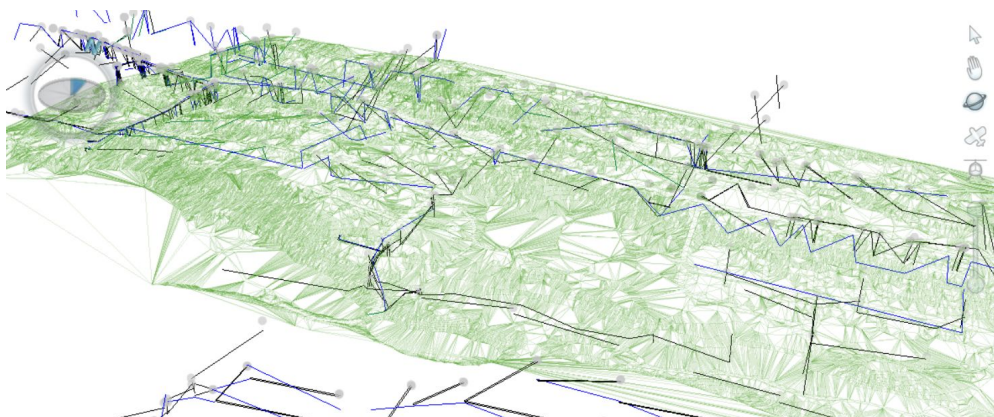
Til sammen førte dette til at det ble gjort noen nedprioriteringer av oppgavene, spesielt når det gjelder LOD-løsninger og veiprosjekteringen.

### 5.2 Feilkilder

#### 5.2.1 Manglende data

Figur 48 viser grunnlagsdata på terreng og eksisterende ledningsnett som ble hentet fra databasen i kommunen. Mange av ledningene manglet en del data. Dette gjør at ledningene går ned til 0-punkt og opp igjen. Vi endret disse manuelt etterhvert som vi trengte dataene. Manuelle endringer kan gjøre at det blir en potensiell feilkilde.

For å rette på ledningen tok vi data for kumhøyder i Gemini VA og la dette inn for ledningen i Novapoint. Dette vil være en nokså nøyaktig metode om ledningen i terrenget går rett frem, men kan være en feilkilde om ledningen går i kurve.

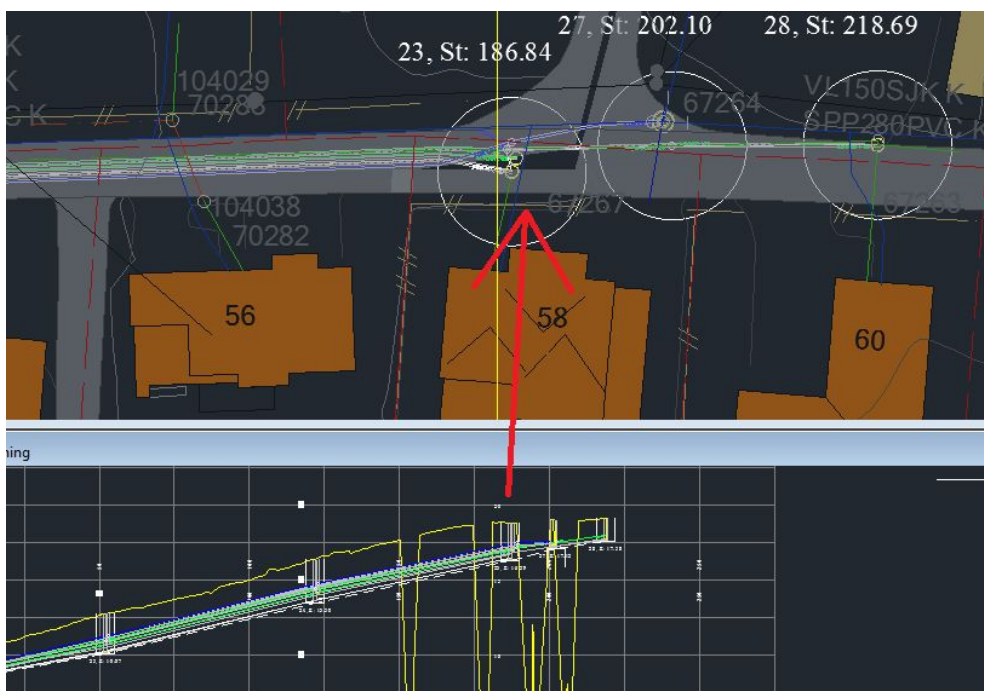


Figur 48. Eksempel på manglende data hentet fra Ålesund kommune

Kart som ble brukt i dette prosjektet var ofte ikke nøyaktige, og var kun veiledende for å finne ut hva som var i grunnen. Tidligere var GPS lite brukt. Dette kan være grunnen til hvorfor data fra Ålesund kommune er dårlig.

Nå skal alle nyanlegg måles inn med GPS med høy nøyaktighet og videre bli lagt inn i kommunes kartdatabase. Dette vil gjøre rehabilitering av ledningsnett lettere å utføre i fremtiden samt øke påliteligheten til resultat.

### 5.2.2 Feil i terrengmodell



Figur 49. Feil i terrengmodell

Da vi innhentet grunnlagsdata for å lage terrengmodellen skjedde det en overlappingsfeil som gjorde at et område manglet data. Figur 49 viser at modellen ikke har høydedata på et lite område midt i veien, som gjorde at vi måtte anta terrenghøyden rundt traséen. Dette har gjort at prosjekteringsarbeidet vi har jobbet med, ble unøyaktig for noen strekninger.

### **5.2.3 Mike Urban**

Mike Urban er et nokså nytt program. Vi har derfor ikke hatt noen erfaringen med programmet før dette prosjektet. Ettersom programmet også er nytt for Ålesund kommune gjorde dette at de ikke kunne hjelpe oss med simuleringen eller med problemer som oppsto. Som nevnt i avsnitt 3.2 importerte vi et ledningsnett fra Gemini VA som har mye feil. Dette førte til at vi måtte gjøre manuelle endringer i avløpsmodellen. Til sammen gjorde dette at simuleringene og beregningene tok lengre tid å utføre enn antatt. Det vil da også være naturlig å anta at resultatet vi fikk kan være feil på grunn av de manuelle endringene vi gjorde og lite erfaringer, så en bør regne med en usikkerhet.

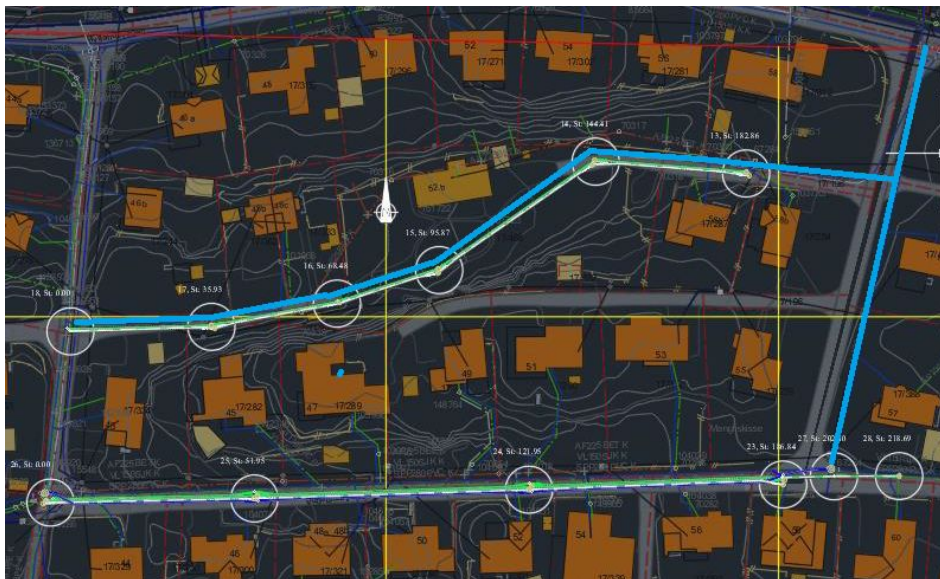
### **5.2.4 Anbudsbeskrivelsen**

På grunn av manglende kompetanse og ingen praksiserfaringer, er de fleste postene som ligger i konkurransegrunnlaget erfaringsbaserte tall fra VA-ansvarlige i Ålesund kommune. Dette kan føre til feil i anbudsbeskrivelsen, så en bør anta en del usikkerheter i den.

## **5.3 Forbedringspotensial**

### **5.3.1 Forbedringspotensial i prosjekteringen**

Etter vi var ferdig med prosjekteringsarbeidet kom vi frem til at vi burde ha prosjektert et ringsystem for vannledningene. Figur 50 viser området vi har prosjektert og det som burde vært prosjektert. Ringsystem reduserer spyling og gir bedre vannkvalitet. I tillegg til dette ville asbest ledningen som ligger der nå blitt fjernet.



Figur 50. Vannledninger (lysblå) som burde ha vært prosjektert

### 5.3.2 Forbedringspotensial gjennom sidemannskontroll

Plantegningene, resultatene og beskrivelsen som vi har kommet frem til skal være en del av videre arbeid i kommunen. Før anbudet legges ut, skal en sidemannskontroll bli utført av ansvarlig ingeniør fra kommunen, og til slutt godkjennes av teamleder. Dette gjør at de usikkerhetene som er nevnt over, bli redusert.

Et avtalt møte med ansvarlig ingeniør mens kontrollen pågår, vil derfor være kompetansehevende for oss som har utført prosjektet.



## 6 KONKLUSJON

Vi har fått i oppdrag fra Ålesund kommune å se nærmere på fornyelsesmetoder til å utbedre gamle og dårlige ledninger for å redusere overløpsdrift og holde rensekravene i Myrland. Til slutt skal vi lage en anbudsbeskrivelse av hele prosjektet. Prosjektet skal være gjennomførbart.

I denne oppgaven har vi jobbet med problemstillingene:

1. Hvordan løse problematikken med fremmedvann i Myrland med tanke på ledningsfornyelse?
2. Hvordan redusere overløpsdriften i pumpestasjonene i Myrland?
3. Hvordan velge egnet trasé som vil redusere driftsproblematikk i fremtiden?

Vi startet prosjektet med å vurdere ledningsfornyelser og kom frem til at vi måtte fornye mye av ledningsnettets på grunn av gamle og dårlige ledninger.

Deretter så vi nærmere på de ulike løsningene for fornyelse. Vi kom frem til at bruk av NoDig-metoder vil være den beste løsningen for tre spillvannsledninger, der den ene ledningen går under en garasje. Denne metoden vil både være lettere å utføre og mer kostnadsbesparende enn tradisjonell graving.

For resten av ledningsnettets kom vi frem til at tradisjonell graving vil være den beste løsningen. Med denne metoden får vi erstattet fellesledningene med seperatsystem for å fjerne mye av fremmedvannet i ledningsnettets. Overvannet vil bli ført ut til resipient. Dette vil redusere pumpekostander, overløpsdriften, samt øke slamkvaliteten og renseseffekten på renseanlegget på Skråvika.

Videre dimensjonerte vi ledningsnettets i henhold til de lokale kravene for Ålesund kommune. Vi brukte utarbeidet regneark til å beregne dimensjonene til spill- og overvannsledningene. Til å beregne forsyningsledningene ble det gjort simuleringer i EPANET for å se om de fikk tilfredsstillende trykk og nok mengde ved brannvannuttak.

Etter dimensjoneringen var ferdig hentet vi inn data fra Ålesund kommune, mørenett og andre etater som ble brukt til prosjekteringsgrunnlaget. Disse dataene hadde noe usikkerheter i seg, men de var gode nok for dette prosjektet.

Deretter startet vi med prosjekteringen. Traséene ble prosjektert i kommunale veier og tomter med tanke på økonomiske, tekniske og fremtidige utviklinger. Dette gjorde vi for å få en mest mulig kostnadseffektiv grøft som vil gjøre det lettere å drifte, vedlikeholde og rehabilitere i fremtiden.

Etter prosjektering var ferdig, utarbeidet vi en SHA-plan for sikker utførelse av prosjektet. Planen inneholder farer som kan oppstå og hvordan en håndterer dem.

Videre kartla vi nedbørfeltet og gjorde simuleringer i Mike Urban før og etter tiltakene. Dette ble gjort for å se reduksjonen av vannmengden gjennom ledningsnett og inn til pumpestasjonene.

Til slutt utarbeidet vi en anbudsbeskrivelse ved hjelp av programvaren G-prog for hele prosjektet. Anbudsbeskrivelsen inneholder blant annet de nødvendige tekniske plantegningene for utførelse av prosjektet, materialtyper og dimensjoner. Ut i fra grove estimater og erfaringstall fra VA-ansvarlige i kommunen kom vi frem til at prosjektet vil ta omtrent 35 uker å utføre og vil koste omkring 14,2 million kroner.

Løsningene som vi har kommet frem til har gode muligheter til å fjerne store mengder fremmedvann fra dagens ledningsnett, samt redusere pumpekostnader og overløpsdrift i Myrland. Prosjekteringsgrunnlaget og anbudsbeskrivelsen synes vi er kvalitetssikret, selv om vi har brukt noen dårlige datakilder som har økt usikkerheten på sluttproduktet. Med innspill fra sidemannskontroll tror vi at prosjektet vil være gjennomførbart.

Denne oppgaven har gitt oss et større innblikk innenfor større VA-prosjekt. Oppgaven har gitt oss erfaringer i hvordan å tenke langsiktig og helhetlig i sammenlignbare prosjekter. Vi har blant annet sett nærmere på NoDig metoder, dimensjonering, prosjektering og simulering som har hevet kompetansen vår innenfor dette.

Denne oppgaven har vært interessant, lærerik og utfordrende, noe som har gjort oss mer nysgjerrig til å jobbe videre med VA-prosjekter fremover. Vi har sett hvor viktig det er å samarbeide både med hverandre og med andre parter. Vi er fornøyd med løsningene og resultatene vi har kommet frem til og håper også at Ålesund kommune vil bli fornøyd.

## 7 REFERANSER

- [1] E. Sivertsen. (2016). *Vi trenger nye løsninger for overvannshåndtering*. Sintef.  
Hentet: 04.05.2019
- [2] Norconsult. (2018). *Overordnet saneringsplan, transportsystem for vann, avløp og overvann*. Ålesund kommune.
- [3] H. Ødegaard. (2014). *Vann- og avløpsteknikk* (2. utgave). Norsk Vann.
- [4] NTNU, *EpaNet*, hentet 13.05.2019 fra  
<https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/EpaNet>.
- [5] Roadex network, *Veger på myr - konstruksjonsløsninger*. Hentet 15.04.2019 fra  
<https://www.roadex.org/nb/e-learning/leksjon/veger-pa-myr/7-konstruksjonslosninger/>.
- [6] H. Nystog Aas, E. Killingmo og V. Busk. (2016). *Smart ledningsfornyelse - bruk av NoDig-metoder* (Rapport 221). Norsk Vann.
- [7] O. Lindhold, S. Endresen, S. Thorolfsson, S. Sægrov, G. Jakobsen, og L. Aaby. (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering* (Rapport 162). Norsk Vann.
- [8] Norconsult. (2012). *Resipientundersøkelse i Ålesund og Sula kommuner 2012*. Norconsult. Hentet 08.05.2019 fra  
<https://www.fylkesmannen.no/globalassets/fm-more-og-romsdal/dokument-fimmr/miljo-og-klima/forureining/kunngjoringsdokument/resipientundersokelse-i-alesund-og-sula.pdf>.
- [9] J. Røstum, S. Bruaset, T. Sekse, B. Bjørnsen, C. Uribe og E. Markhus. (2014). *Åpen flomveger i bebygde områder* (Rapport 204). Norsk Vann.
- [10] H. J. Haugen og Asplan Viak. (2018). *Rørinspeksjon av hovedledninger for vann og avløp* (rapport 234). Norsk Vann.
- [11] I. Halvorsen. *Fra 3D prosjektering av VA til Beskrivelse*. Hentet 08.05.2019 fra  
<http://www.delegia.com/app/Data/ProjectImages/13626/2019/3D-prosjektering.pdf>.

- [12] Trimble. Hentet 08.05.2019 fra <https://www.novapoint.no/produkter/novapoint>.
- [13] Meteorologisk institutt. (2019). *Klima siste 150 år*. Hentet 10.05.2019 fra <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>.
- [14] Norsk Vann <https://norskvann.no/>.
- [15] VA-Norm <http://va-norm.no/alesund/>.
- [16] VA/Miljø-blad <http://www.va-blad.no/>.
- [17] Miljø-direktoratet, *Fylkesmannens myndighet for utslipp av forurenset overvann*. Hentet 16.05.2018 fra <https://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/tema-a-a/overvanning/veiledning-til-fm/veiledning-fm-overvann.pdf>.
- [18] Simon Haraldsen. (2017). *Forurensningsmyndighetenes oppfølging av forurenset veivann*. Fylkesmannen. Hentet 16.05.2018 fra <https://www.fylkesmannen.no/contentassets/f06837ba8a2344ac8148a3ee918563d3/artikkel-i-vann-nr.-2-2017-av-simon-haraldsen.pdf>

## 8 VEDLEGG

Vedlegg 1	Forprosjektrapport og fremdriftsplan
Vedlegg 2	Logger og fremdriftsrapporter
Vedlegg 3	Excelark - dimensjonering av overvann
Vedlegg 4	Excelark - dimensjonering av spillvann
Vedlegg 5	EPANET - modell for vannforsyning
Vedlegg 6	SHA-plan
Vedlegg 7	Prosjekteringsgrunnlag
Vedlegg 8	Konkurransesgrunnlag
Vedlegg 9	Utførende fremdriftsplan
Vedlegg 10	Overløp fra pumpestasjoner, Heimdal og Vegsundstrand
Vedlegg 11	Rørinspeksjoner
Vedlegg 12	Foto fra befaringer
Vedlegg 13	Nye reguleringsplaner, industriområde og boligfelt
Vedlegg 14	Folkeregister
Vedlegg 15	Mike Urban simulerings filer
Vedlegg 16	Overordnet saneringsplan